



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2022 00475

(22) Data de depozit: 04.08.2022

(41) Data publicării cererii:
28.02.2024 BOPI nr. 2/2024

(71) Solicitant:
• SIMTECH INTERNATIONAL S.R.L.,
STR.FETEȘTI, NR.52, SECTOR 3,
BUCUREȘTI, B, RO

(72) Inventatori:
• TĂNĂSESCU GABRIEL, STR.FETEȘTI,
NR.52, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO;
• MAFTEI ANA MĂDĂLINA,
STR.PANSELELOR, NR.1, SECTOR 4,
BUCUREȘTI, B, RO;
• NOTINGHER PETRU, DRUMUL TABEREI,
NR.103, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO

(54) METODA DE CALCUL AL INDICILOR DE SĂNĂTATE
ȘI AL DURATELOR DE VIAȚĂ CONSUMATE ȘI RĂMASE
A ÎNTRERUPTOARELOR ELECTRICE DE PUTERE DE MEDIE
TENSIUNE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă de calcul al indicilor de sănătate și al duratelor de viață consumată și rămasă ale întreruptoarelor electrice de putere de medie tensiune. Metoda, conform invenției, constă în alegerea factorilor de diagnostic, care urmează a fi monitorizați on-line și off-line în decursul unei anumite perioade de timp sau pentru întreaga durată de funcționare a întreruptorului, alegerea factorului de relevanță, în funcție de condițiile de funcționare a întreruptorului, analizarea structurii fiecărui factor de diagnostic, respectiv a mărimilor fizice care îl definesc, și determinarea indicilor de diagnostic, calcularea indicilor de sănătate aferenți factorilor de diagnostic monitorizați off-line și celor monitorizați on-line, calcularea valorii indicelui de sănătate global și a valorilor duratei de viață consumate, respectiv rămasă, aprecierea privind starea de sănătate a întreruptorului și recomandarea privind menținerea acestuia în exploatare.

Revendicări: 3
Figuri: 12

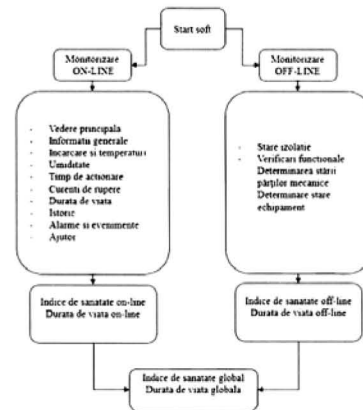


Fig. 1



Metoda de calcul al indicilor de sanatate si al duratelor de viata consumate si ramase a intreruptoarelor electrice de putere de medie tensiune

Prezenta invenție se referă la o metoda de calcul al indicilor de sanatate si al duratelor de viata consumate si ramase ale intreruptoarelor electrice de putere de medie tensiune, plecand de la date experimentale prelevate atât on-line cât și off-line.

1. Intreruptoare de putere de medie tensiune

1.1. Structura

Un intreruptor de putere de medie tensiune este un aparat electric de comutatie mecanica destinat a inchide, suporta si deschide curenti nominali de functionare si curenti de avarie, cum sunt curentii de suprasarcina si cei de scurtcircuit.

Din punct de vedere funcțional, principalele părți componente ale intreruptorului sunt: cilindrul izolant, camera de stingere, fluidul de stingere, dispozitivul de actionare si sistemul mecanic de susținere funcțională.

Camera de stingere si fluidul de stingere a arcului electric sunt componente vitale, defectările lor făcând imposibilă funcționarea intreruptoarelor, componentele cele mai vulnerabile fiind fluidul de stingere si materialele utilizate pentru piesele metalice. Cilindrul izolant , dispozitivul de actionare si sistemul mecanic de sustinere functionala sunt părți mai puțin vulnerabile, dacă sunt proiectate și executate corespunzător.

În linii mari, intreruptorul poate fi privit ca fiind alcătuit din două mari subsansambluri: cilindrul izolant cu partea incuvabilă a intreruptorului si dispozitivul de actionare.

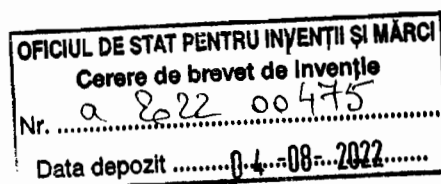
In SEN , la medie tensiune, cele mai utilizate medii de stingere sunt : uleiul, vidul si hexaflorura de sulf (fig.2).

Intreruptoare cu vid

Principiul de functionare a intreruptorului cu vid este simplu. In vid rigiditatea dielectrica la tensiuni relativ mari (peste 15 kV) este asigurata la distante relativ mici intre contacte (2,5mm). La separarea contactelor arcul electric vaporizeaza metalul electrozilor. Vaporii metalici se difuzeaza rapid in vid, tinand seama ca presiunea este de $10^{-4} - 10^{-6}$ mm Hg si apoi se condenseaza in contact cu peretii recipientului. Astfel vidul se reface, iar aparatul este din nou in stare de functionare (Figura 3. Camera de stingere a unui intreruptor cu vid)

Aceste aparate s-au dezvoltat din necesitatea de a satisface cerintele din exploatare si anume de a dispune de un aparat autonom (fara fluide si instalatii auxiliare), cu cheltuieli reduse de explotare si capabil sa deconecteze atat curenti mici inductivi cat si sarcinile capacitive, fiind superior celorlalte tipuri de intreruptoare de medie tensiune.

Asemenea intreruptoare se construiesc pentru tensiuni nominale $U_n = 7,2 \div 25$ kV, curenti nominali $I_n = 630 \div 2500$ A si capacitati de rupere $I_r = 8 \div 50$ kA.



PK
 [Handwritten signature]

INTRERUPATOARE CU ULEI

Intrerupatoarele cu ulei se folosesc atat ca intrerupatoare de medie cat si inalta tensiune si folosesc ca mediu de stingere a arcului electric uleiul electroizolant.

Inchiderea mediului de ardere a arcului electric intr-o camera izolanta cu o forma constructiva de volum redus, a spatiului in care arcul electric se dezvolta, a creat conditii de stingere a arcului electric mai favorabile, reducandu-se lungimea si durata de existenta a acestuia. In acelasi timp, desi presiunea in camera de stingere atinge valori mari de 60 – 100 atm, presiunea pe peretii cuvei se reduce la 1,5 – 2 atm, micșorand pericolul exploziei. Totusi pericolul exploziilor si al incendiilor nu a fost total inlaturat, in plus, cantitatile mari de ulei au determinat gabarite speciale ale acestor aparate, modificari de instalatii si dificultati de exploatare legate de faptul ca partile mai importante ale aparatelor, in caz de defectiuni, nu pot fi examinate fara golirea cuvelor. Din aceste motive, in prezent, utilizarea intrerupatoarelor cu ulei mult este redusa si limitata la puteri de rupere mici (150÷500 MVA) in instalatii nesupuse supravegherii, iar constructia lor in tehnica europeana a incetat si a fost inlocuita cu cea a intrerupatoarelor cu ulei putin.

Intrerupatoarele cu ulei putin se caracterizeaza prin intensificarea actiunii de racire a arcului electric dupa principiul jetului de fluid si expandarii. In aceste conditii, cantitatea de ulei se reduce foarte mult, insa intreaga masa de ulei participa la procesul stingerii arcului electric. Partea activa a fiecarui pol (camera de stingere) este continuta in anvelope izolante, in general cilindrice, avand prizele de curent la extremitati. Contactul mobil, in afara unor cazuri rare, se prezinta sub forma unei tije de cupru, care se deplaseaza in axa camerei de stingere sau paralel cu aceasta (Figura 4. Camera de stingere a unui intrerupator cu ulei putin).

Cand aparatul se afla in pozitia deconectat, intre extremitatile camerei de stingere se aplica intreaga tensiune la borne. In aceste conditii, pentru realizarea izolatiei fata de pamant, care nu mai este obtinuta cu ajutorul uleiului mineral electroizolant ca in cazul intrerupatoarelor cu ulei mult, s-au adoptat diferite modalitati tehnice, in functie de tipul constructiv si de tensiunea nominala a aparatului.

Ruperea curentului in camera de stingere are loc in momentul trecerii lui prin valoarea zero, cand energia introdusa in arcul electric este nula si cand intre contacte se injecteaza un jet de ulei proaspat, provenit fie ca o consecinta a descompunerii acestuia si a formarii unei presiuni suplimentare, fie de la un dispozitiv mecanic (pompa cu piston). Uneori sunt combinate ambele solutii.

Din punct de vedere constructiv, camera de stingere a intrerupatoarelor cu ulei putin este, in general, prevazuta cu discuri si alveole sau cu buzunare cu ulei, in care stingerea arcului electric se poate efectua in una dintre urmatoarele trei variante: cu suflaj axial (longitudinal), cu suflaj transversal sau cu suflaj mixt.

Camera de stingere cu suflaj axial este formata dintr-un cilindru izolant, in care sunt dispusi pereti despartitori perpendiculari pe axa contactului mobil. In acest fel, se formeaza un labirint cu un numar mare de alveole sau buzunare, care cantin o anumita cantitate de ulei. Arcul electric, intins prin deplasarea contactului mobil descompune o mare parte din uleiul continut in camera si vaporizeaza o alta parte. Gazele formate, imping uleiul din buzunare asupra coloanei arcului, pe care o deionizeaza puternic, mai ales la trecerea curentului prin zero; ele sunt apoi esapate prin deschiderile canalului de trecere a contactului mobil, intr-un sens sau altul, conform conceptiei constructive a intrerupatorului, provocand a stfel suflajul axial. Datorita faptului ca sectiunea de evacuare a gazelor este redusa, presiunea din interiorul camerei este ridicata, atingand la constructiile obisnuite, valori normale de 50-70 atm. In aceste conditii, se poate considera ca stingerea arcului electric se va efectua satisfacator, nu numai la deconectarea curentilor de scurtcircuit ci si la aceea a curentilor mici, inductivi si capacitivi.

Camera de stingere cu suflaj transversal este asemanatoare celei cu suflaj axial, cu deosebirea ca deschiderile de suflaj sunt practicate lateral. Gazele rezultate din descompunerea

uleiului, create de partea închisă a alveolelor sunt esapate prin aceste deschideri, suflând arcul electric transversal. Practicarea deschiderilor laterale este astfel făcută, încât este evitată amorsarea arcului electric între diferitele jeturi de gaze ionizate conductoare în afara camerei de stingere. Ținându-se seama că secțiunea de evacuare a gazelor este mare, presiunea din camera este mai redusă decât în camera cu suflaj axial. Din această cauză, la aceeași viteză de deplasare a contactelor mobile, aptitudinea de rupere a unor curenți cu intensități mici este mai redusă.

Camera cu suflaj mixt remediază în bună măsură inconvenientul celei cu suflaj transversal, reducând numărul deschiderilor laterale. Plecând de la contactul mobil, arcul electric care se formează, întâlnește mai întâi câteva buzone deschise, care favorizează punerea sub presiune a camerei, apoi mai multe buzone închise în care suflajul se efectuează transversal (pentru întreruperea curenților intensi) și din nou câteva buzone închise, unde suflajul este longitudinal (pentru întreruperea curenților cu intensități reduse).

Deoarece stingerea arcului electric, în întrerupătoarele cu ulei puțin se efectuează după aceleași principii, variantele constructive ale camerelor de stingere sunt asemănătoare. Principalele diferențe se referă numai la dispunerea camerei de stingere în cilindrul exterior, fixarea acesteia la partea inferioară sau la capacul superior, viteza contactelor mobile și alegerea materialelor electroizolante de construcție, în directă legătură cu creșterea presiunilor interioare și a capacității de rupere.

INTRERUPATOARE CU SF₆

Etapile de stingere a arcului electric în SF₆ sunt după cum urmează:

- Faza curenților intensi. În această fază arcul electric constă dintr-o plasmă de mare conductivitate electrică și de temperatură mare (aprox. 25.000K) corespunzând unei densități de masă extrem de mici și unei viteze de curgere extrem de mari. În această plasmă se găsesc și vapori metalici proveniți din piesele de contact. Dimensiunile corecte ale geometriei ajutorului asigură o curgere neturbulentă și evită fenomenul de refluxare.
- Faza termică. Înainte de trecerea curenților prin valoarea 0, diametrul plasmă scade continuu, iar în momentul trecerii curenților prin valoarea 0 diametrul arcului este extrem de mic (aproximativ 1 mm). Caracteristic acestei faze este producerea intensă de turbulente, cauzată de sosirea în ajutor a gazului cu temperatura redusă și viteza mică și coliziunea cu plasmă caracterizată prin temperatură mare și viteză mare. Reaprierea sau stingerea definitivă a arcului electric se decide în această fază și depinde în cea mai mare măsură de formarea turbulentei.
- Faza dielectrică. După ce arcul electric a fost stins, plasmă de înaltă conductivitate electrică a fost înlocuită cu gaz neconductor dar cald, în care există purtători de sarcină liberi. Acești purtători de sarcină pot distorsiona câmpul electric în ajutorul izolant. În această fază apare, între piesele de contact ale întrerupătorului, tensiunea tranzitorie de restabilire, care constituie solicitarea dielectrică maximă a întrerupătorului după o întrerupere reușită.

Primele variante de întrerupătoare cu SF₆ au apărut în anii 60 și se bazează pe principiul întrerupătoarelor pneumatice, adică cu instalații de compresie auxiliare, lucrând la două presiuni.

Principiul funcționării camerelor de stingere cu autocompresie este prezentat în figura 5. Exemplificat pentru o cameră de stingere folosită la întrerupătoarele AEG. Presiunea gazului SF₆ în interiorul camerei este de 5 bari.

În poziția închisă a) se stabilește continuitatea circuitului prin contactul fix tubular 6 și contactul mobil de tip tulipa 4. Prin acționarea asupra tijei de comandă, solidară cu cilindrul de autocompresie 2 și contactul mobil 4 apare arcul electric între contactul fix și contactul de arc din interiorul tulipei 6.

Contactul mobil împreună cu cilindrul de autocompresie se deplasează în direcția pistonului fix 1, comprimând gazul și obligându-l să treacă prin orificiile de cilindru și să patrundă în zona

arcului electric unde se realizeaza un puternic suflaj longitudinal datorita formei duzei 5, ceea ce contribuie la rapida stingere arcului electric. Capacul prins de camera de stingere prin intermediul flansei 7 cuprinde un filtru de alumina 9, rolul de a curata gazul de florurile metalice ce se formeaza. Refacerea rapida a rigiditatii dielectrice a gazului SF6, ofera acestui tip de intrerupator posibilitatea de a fi utilizat la deconectarea sarcinilor capacitive.

Utilizând principiul modulului pot fi construite intrerupatoare pentru tensiuni foarte înalte cu mai multe camere de stingere.

Actionarea acestor intrerupatoare se face pneumatic cu ajutorul cilindrului 16 si a pistonului solidar cu tija 15. Duzele din materiale conductoare sunt executate din metale sau grafit.

În prezent duzele la intrerupatoare se fac cel mai adesea din teflon care prezinta niste proprietati speciale: rezistenta mecanica mare, prelucrabilitate usoara, rezistenta la temperaturi ridicate.

Înterupatoarele cu autocompresie impun anumite cerinte asupra mecanismului de actionare. Astfel pentru a învinge blocajul ajutorului si presiunea dinamica a arcului electric pistonul trebuie antrenat de energie în resoarte, sau mecanisme oleopneumatice, astfel încât pretul de cost al intrerupatorului creste.

A treia generatie de intrerupatoare cu SF6 denumite intrerupatoare cu autosuflaj sau autoexpansiune se bazeaza pe rotirea arcului provocata de un câmp magnetic produs de o bobina parcursa în momentul deschideri de propriul curent de rupere. Sub actiunea arcului electric gazul încalzit produce o presiune ridicata care este folosita la curgerea gazului si implicit la deionizarea arcului electric.

Mecanisme de actionare ale intrerupatoarelor de medie tensiune

Aceste mecanisme sunt ansamble distincte sau incluse in intrerupatoarele de medie tensiune si au rolul de a transmite energia de actionare la contactele mobile ale intrerupatorului. Energia necesara este relativ mare pentru a asigura viteza mare de deplasare a contactelor la deconectarea curentilor de scurtcircuit.

Mecanismele de actionare trebuie sa mentina intrerupatorul blocat in pozitia deschis si inchis, dupa caz, in orice conditii de functionare (vibratii, trepidatii, trecerea curentului de scurtcircuit de soc).

Din punct de vedere al modului de inmagazinare si de eliberare a energiei, mecanismele de actionare ale intrerupatoarelor de medie tensiune pot fi clasificate astfel:

- mecanisme de actionare cu acumulare de energie in resoarte (de tipurile constructive MR, MRL, MRI), la care prin intermediul unui ax actionat de un electromotor (sau manual cu o manivela), energia potentiala se inmagazineaza in resoartele de inchidere ale intrerupatorului. La primirea comenzii de inchidere o parte din aceasta energie este utilizata pentru inchiderea intrerupatorului, iar cealalta parte serveste la armarea resortului de deschidere;
- mecanisme de actionare cu electromagnet solenoidal (DSI), care folosesc ca sursa de acumulare a energiei in rasoarte un electromagnet de curent continuu tip plonjor;
- mecanisme de actionare pneumatice, care folosesc energia potentiala inmagazinata in aerul comprimat (MPI).

Dintre mecanismele prezentate anterior cele mai utilizate sunt mecanismele cu acumulare de energie in resoarte.

Elementele principale ale acestor mecanisme (indiferent de tipul constructiv) sunt: sistemul de acumulare a energiei; sistemul de transmitere a energiei; sistemele de clichetare si declicetare; sistemele de semnalizare si blocaj.

Sistemul de acumulare a energiei se compune dintr-un motor electric conectat la retea de tensiune operativa ce transmite miscarea axului principal printr-un sistem de transmisie (roti dintate si lant, sau angrenaj melc-roata-melcata). Acumularea energiei se face in doua resoarte

tensionate simultan in paralel (la unele tipuri acumularea se asigura printr-un singur resort). Dispozitivul permite si armarea manuala operativa a resoartelor cu ajutorul unei manivele amovibile. La aceste mecanisme acumularea de energie se realizeaza lent, iar eliberarea brusca (de exemplu la acumulare $t = 5s$ si la eliberare $t' = 0,1s$).

In figura 6. este prezentat mecanismul cu acumulare de energie in resoarte de tip MRI. Axul principal are doua parti distincte: axul de armare 6, solidar permanent cu resortul de inchidere 5 si axul intreruptorului 8, solidar permanent cu resortul de deschidere 2. Aceste doua axe se pot roti independent pe durata acumularii energiei si respectiv a deschiderii, fiind solidare intre ele prin intermediul cuplei 7 numai pe durata inchiderii.

Operatia de armare consta in tensionarea resortului 5 prin rotirea axului 6, si blocarea prin sistemul de clichetare 3. Prin cupla 7 se realizeaza solidarizeaza axul 6 cu axul 8. Pentru inchiderea intreruptorului se comanda clichetul 3 care duce la tensionarea resortului 2. La deschiderea intreruptorului se comanda clichetul 1 iar cupla 7 desolidarizeaza axele 6 si 8. Aceste mecanisme sunt cu libera deschidere deoarece exista prioritatea deschiderii fata de inchidere.

1.2. Durate de viata

Durata de viață a unui intreruptor reprezintă intervalul de timp de la intrarea în exploatare si până la scoaterea definitivă din funcțiune, în urma atingerii starii de sfârșit de viață a acestuia. Starea de sfârșit de viață a unui intreruptor se poate defini ca starea de sfârșit de utilizare a intreruptorului, adică acea stare în care, din motive de costuri, în urma unor defectări a unor componente care fac imposibilă funcționarea sa, acesta nu se mai repară și este retras definitiv din exploatare.

Intervalul de timp de la punerea în funcțiune și până la un anumit moment din exploatare constituie durata de viață consumată. Intervalul de timp de la un anumit moment din exploatare până la scoaterea definitivă din exploatare reprezintă durata de viata ramasa sau rezerva de durată de viață.

Durată de viață, durata de viață consumată și rezerva de durată de viață ale unui intreruptor depind de calitatea proiectării, calitatea materialelor și de calitatea fabricației acestuia, dar și de condițiile de exploatare. Rezerva de durată de viață la un moment dat este dependentă de condițiile în care va fi exploatat intreruptorul până la scoaterea definitivă din exploatare.

Durata de viață se estimeaza la punerea în exploatare, dacă se dispune de suficientă experiență de exploatare și se presupun anumite condiții de exploatare. Estimarea duratei de viata poate fi făcută pe baza unei metode de calcul al duratei de viață, respectiv extrapolând rezultatele obținute pe diferite modele de intreruptor, încercate până la atingerea criteriului de sfârșit de viață, în anumite condiții de încercare. Durata de viață estimata la punerea în funcțiune a intreruptorului poate fi numită și durată de viață normată.

Duratele de viață consumată și rămasă se calculează și trebuie corelate cu condițiile de exploatare.

Nu există o teorie completă și nici un model satisfăcător de calcul al duratelor de viață ale întreruptoarelor supuse solicitărilor reale din exploatare. Ca modele de calcul al duratelor de viață ale acestora se acceptă modele aproximative stabilite pe considerente mai mult sau mai puțin fundamentate științific și pe măsurări pe modele fizice supuse unor îmbătrâniri unifactor (termic, electric, mecanic) accelerate prin solicitări superioare celor din exploatare, adoptând factori relevanți de diagnostic și criterii adecvate de sfârșit de viață.

2. Indice de sanatate

Indicele de sănătate (IS) este un factor global de evaluare a stării generale a unui echipament electroenergetic, la un anumit moment din exploatarea sa [1] și se calculează, în general, pe baza celor mai reprezentativi factori de diagnostic (sau de stare) care caracterizează funcționarea și starea echipamentului.

Pentru calculul lui IS sunt propuși mai mulți factori de diagnostic legați de starea echipamentului, aleși în funcție de modul de monitorizare, de încercările efectuate asupra echipamentului și de existența unei baze de date cu valorile acestora [2-3]. Valorile lui IS , se calculează cu relația [1]:

$$IS = \frac{\sum_{i=1}^n c_i \cdot ID_i}{\sum_{i=1}^n 4 \cdot c_i}, \quad (1)$$

în care n reprezintă numărul de factori de diagnostic considerați, c_i este o nota de pondere (factorul de relevanță) acordată fiecărui factor de diagnostic i în starea echipamentului (pe o scară de la 1 la 10 se acordă 10 ponderii foarte mari), iar ID_i reprezintă indicele de diagnostic asociat factorului de diagnostic i (cu valorile 0, 1, 2, 3 și 4, 4 fiind valoarea maximă).

Un echipament electroenergetic major (generator, motor, întreruptor, linie electrică, aparatură de protecție și comutație) este un sistem complex, îndeplinind, în general, o funcție principală și anumite funcții conexe. Diferite componente ale echipamentului pot fi tratate ca sisteme de sine stătătoare [4], îndeplinind funcții specifice sau complementare acestora.

Elaborarea unei metode de analiză a stării unui echipament electrodinamic pe baza indicelui de sănătate trebuie să parcurgă următorii pași:

- Definirea funcției principale și a funcțiilor complementare;
- Identificarea componentelor vitale pentru îndeplinirea funcțiunii principale;
- Ierarhizarea componentelor vulnerabile;
- Stabilirea factorilor de diagnostic;
- Stabilirea indicatorilor de stare pentru fiecare factor de diagnostic;
- Identificarea surselor de obținere a datelor pentru valorile indicatorilor de stare;
- Identificarea valorilor reglementate pentru indicatorii de stare;
- Cuantificarea calitativă a factorului de diagnostic;
- Cuantificarea numerică a indicatorilor de stare;
- Stabilirea gradului de relevanță a datelor obținute prin monitorizare on-line, respectiv, off line.

3. Indicele de sănătate al intreruptoarelor

3.1. Factori de diagnostic

Experiența de operare a intreruptoarelor de putere de medie tensiune a condus la stabilirea unor factori de diagnostic pentru cele două mari subansambluri ale acestora, respectiv pentru cilindrul izolant cu partea incuvabilă a intreruptorului și dispozitivul de acționare. Pentru cilindrul intreruptorului s-au adoptat următorii factori de diagnostic: calitatea fluidului de stingere, încărcarea intreruptorului, curenții de rupere, electroeroziunea contactelor, numărul de acționari, timpii de comutare, starea garniturilor, starea conexiunilor, pierderile de mediu de stingere, nivelul fluidului de stingere, împământarea și numărul lucrărilor de mentenanță. Pentru dispozitivul de acționare se utilizează ca factori de diagnostic: simultaneitatea comutarilor și calitatea comutarilor.

Fiecare factor de diagnostic este o funcție de anumite mărimi relevante pentru factorul de diagnostic, denumite și indicatori de stare. Aceste mărimi se ierarhizează după gradul lor de relevanță în cadrul factorului de diagnostic. Datorită diferențelor de la o țară la alta, nu toți factorii de diagnostic au o structură reglementată. Factorii asupra cărora s-a obținut un consens au fost adoptați și prezentați în standarde, ghiduri sau recomandări (fig.10).

3.2. Indici de diagnostic



Valorile indicilor de diagnostic ID_i asociati factorilor de diagnostic se determina in functie de structura factorilor de diagnostic considerati, pe baza calificativelor acordate starii intreruptorului in functie de fiecare factor de diagnostic.

3.2.1. Factori de diagnostic definiti de o singura marime fizica

In cazul factorilor de diagnostic definiti de o singura marime fizica (factor de pierderi, rezistivitate electrica, indice de polarizare etc.), se masoara valorile marimii respective si se compara cu valorile maxime admisibile pentru o anumita stare a echipamentului. Aceste valori maxime sunt stabilite de norme si standarde si corespund unor stari ale echipamentului, caracterizate de calificativele de stare notate cu A (pentru stare Periculoasa), B (Foarte slaba), C (Slaba), D (Satisfacatoare) si E (Buna). Fiecarei stari i se atribuie o valoare a indicelui de diagnostic ID_i , respectiv 4 pentru starea A, 3 pentru B, 2 pentru C, 1 pentru D si 0 pentru E.

3.2.2. Factori de diagnostic definiti de mai multe marimi fizice

In cazul factorilor de diagnostic definiti de mai multe marimi fizice (calitatea uleiului, analiza gazelor etc.) valorile indicilor de diagnostic ID_i se determina pe baza valorilor unor factori de analiza (calitate) F asociati factorilor de diagnostic, calculati cu relatia

$$F = \frac{\sum_{i=1}^m n_i \cdot p_i}{\sum_{i=1}^m p_i} \quad (2)$$

in care m reprezintă numărul de indicatori de stare (marimi fizice) considerați în cazul factorului de diagnostic analizat, n_i reprezintă nota (scorul, valoarea cuantificată cantitativ) acordata indicatorului de stare i si p_i factorul de pondere (ierarhizare) a relevanței sau importanței indicatorului de stare i pentru aprecierea degradării stării echipamentului corespunzătoare factorului de diagnostic analizat.

Valoarea notei n_i se obține pe baza cuantificării plajei de valori acceptată de reglementări, care dau calificativele FB-foarte bun, B-bun, S-satisfăcător si NS-nesatisfăcător pentru plajele de valori ale indicatorului de stare i . De regulă, se convine următoare cuantificare cantitativă: pentru FB – $n_i = 4$, pentru B – $n_i = 3$, pentru S – $n_i = 2$ si pentru NS – $n_i = 1$.

Factorul de pondere p_i nu este standardizat și se stabilește de la caz la caz, pe o anumită scară, de exemplu de la 1 la 5 sau de la 1 la 10, in funcție de experiența și preferința evaluatorului.

Phv
C.A.A.



Pe baza valorilor lui F se atribuie calificativele de stare (A, B, C, D, E), carora li se asociază valorile indicelui de diagnostic ID (4, 3, 2, 1, 0) (ca și în par. 3.2.1).

4. Ierarhizarea relevanței factorilor de diagnostic.

Experiența de operare a intreruptoarelor arată că nu toți factorii sunt la fel de relevanți atunci când se evaluează starea tehnică a unui intreruptor, sau, mai exact, când se analizează cauzele de funcționare neadecvată sau de defectare, mergând până la distrugerea intreruptorului. Se impune astfel o ierarhizare a importanței relative (criticității) a factorilor de diagnostic atunci când se evaluează starea tehnică a unui intreruptor oarecare. De exemplu, factorul caracteristicii cinematice este mult mai relevant /important decât factorul imbatranire, dar este la fel de relevant ca și factorul de calitate a izolației sau ca și calitatea fluidului de stingere.

Ierarhizarea relevanței factorilor de diagnostic se poate face utilizând valorile factorului de relevanță (de pondere, de criticitate) c_i . Valorile acestuia se stabilesc pe o scară de la 1 la 10, valoarea 1 fiind atribuită factorilor de importanță minimă, iar valoarea 10 factorilor de maximă importanță.

Deoarece $1 \leq ID_i \leq 4$, valoarea numerică a lui IS este un număr subunitar cuprins între 0,25 și 1. Valoarea 1 corespunde stării tehnice foarte bune a echipamentului, în timp ce valoarea 0,25 corespunde la un echipament cu stare tehnică nesatisfăcătoare.

Evaluarea calitativă a stărilor tehnice ale intreruptoarelor se poate face în categorii de stare, ca de exemplu: „foarte bună”, „satisfăcătoare”, „foarte slabă” și „periculoasă”, termenii putând avea semnificații diferite și implicând măsuri corective diferite. O propunere de corelare a valorilor indicilor de sănătate cu aceste calificative, similar cu cea de la transformatoare de putere, este dată în tabelul din figura 9.

Evaluarea indicelui de sănătate cu relația (1) presupune că intreruptorul este tratat ca un tot unitar, ca un sistem unic, iar toate datele utilizate la evaluarea factorilor de diagnostic sunt date măsurate sau evaluate în același moment. Practic, nu toate datele pot fi prelevate la același moment, unele fiind determinate prin monitorizare on-line, altele prin monitorizare off-line.

5. Calculul indicelui de sănătate pentru date exclusiv off-line

Dacă nu există monitorizare on-line, indicele de sănătate IS se calculează folosind numai factorii de diagnostic pentru care se fac măsurători periodice, la intervale mari de timp, de ordinul lunilor, impuse de normele tehnice.

În consecință, indicele de sănătate IS se recalculează cu relația (1) doar la introducerea în baza de date a noilor măsurători efectuate, în medie la 6/12 luni., factorii respectivi nu se consideră în relația (3).

În mod evident, indicele de sănătate calculat astfel are semnificație doar în cazul operatorului respectiv și nu se pot face comparații cu experiența altor operatori care utilizează o listă cu mai puțini sau mulți factori de diagnostic. O lista relativ completa de factori de diagnostic este prezentată în tabelul din figura 10.

6. Calculul indicelui de sănătate pentru date mixte

Dacă intreruptorul prezinta o monitorizare on-line, atunci vor exista date prelevate în timp real și date măsurate la diferite intervale mari de timp. În consecință, indicele de sănătate nu mai poate fi calculat cu relația (1). În acest caz se calculeaza un indice de sănătate cu datele obținute prin monitorizare off-line (IS_{off}) și un indice de sănătate cu datele obținute prin monitorizare on-line (IS_{on}), folosind relația (1), pentru factorii de diagnostic corespunzători moriitorizării off-line, respectiv on-line.

Evaluarea stării tehnice a intreruptorului se face în acest caz cu ajutorul unui indice de sănătate global, definit cu relația (3):

$$IS_g = \alpha \cdot IS_{off} + \beta \cdot IS_{on} \quad (3)$$

unde IS_{off} reprezinta indicele de sanatate corespunzător factorilor de diagnostic off-line, IS_{on} – indicele de sanatate corespunzător factorilor de diagnostic on-line, iar α și β – ponderi acordate indicilor de sanatate IS_{off} și, respectiv IS_{on} .

Pentru calculul indicilor de sanatate IS_{off} și, respectiv, IS_{on} se pot adopta factorii de diagnostic prezentati in tabelele din figurile 11 și 12.

Indicele de sănătate global IS_g se recalculează de fiecare dată când se actualizează valorile înregistrate pentru factorii de diagnostic on-line. Valorile sale sunt subunitare ($IS_g < 1$).

O problemă complicată rămâne atribuirea de valori pentru ponderile α și β . După primul an se poate porni cu $\alpha = \beta = 0,5$, apoi, la fiecare an se corectează α și β , în funcție de ponderea parametrilor online și offline.

7. Durata de viata consumata si ramasa

Cunoscand durata de viata estimata (DV) a intreruptoarelor (garantata de producatorul acestora), se poate calcula durata de viata consumata (DV_c) si durata de viata ramasa (DV_r) pe baza indicelui de sanatate global al intreruptoarelor de medie putere IS_g folosind relatiile (4) si (5):

$$DV_c = (1 - IS_g). DV \quad (4)$$

$$DV_r = IS.DV \quad (5)$$

Se pot calcula duratele de viata off- si on-line pe baza indicilor de sanatate aferenti (fig.1), astfel pentru on-line avem relatiile :

$$DV_{c_on} = (1 - IS_{on}). DV_{on} \quad (6)$$

$$DV_{r_on} = IS_{on}.DV_{on} \quad (7)$$

iar pentru off-line relatiile :

$$DV_{c_off} = (1 - IS_{off}). DV_{off} \quad (8)$$

$$DV_{r_off} = IS_{off}.DV_{off} \quad (9)$$

8. Aplicatia Software

Schema generala a aplicatiei software este prezentata in figura 1. Aplicatia software are doua sectiuni principale corespunzatoare monitorizării on-line și monitorizării off-line.

Aplicatia de monitorizare on-line asigura vizualizarea și analiza parametrilor în timp real, cu intreruptorul in funcțiune (sub tensiune și cu toți senzorii montați). Datele achiziționate on-line se asigura prin blocurilor de intrare, pentru analiza si diagnosticarea stării intreruptorului. Cu datele furnizate de fiecare modul in parte se calculează indicele de sănătate on-line.

Aplicatia de monitorizare off-line asigura analiza stării intreruptorului pe baza datelor obtinute în încercările cu intreruptorul retras din exploatare, cuprinse în rapoartele generate în urma acestor încercări și introduse de operatori in blocurile de analiză. Se calculează indicele de sănătate off-line, durata de viață rămasă.

Serverul baza de date (**SBD**) este masina pe care este instalat software-ul de analiza si pe care se stocheaza datele analizate. Serverul de baza date are doua legaturi una catre internet si una catre rețeaua locala (sistem de operare de tip Microsoft Windows Server, Baza de date : Microsoft SQL Server).

8. Metoda de calcul al indicilor de sanatate si al duratelor de viata consumate si ramase

Pentru calculul indicilor de sanatate si al duratelor de viata consumate si ramase ale unui intreruptor de putere de medie tensiune se efectueaza urmatoarele:

8.1. Se aleg factorii de diagnostic care urmeaza a fi monitorizati on-line si off-line in decursul unei anumite perioade de timp sau pentru intreaga durata de functionarea a intreruptorului. Pentru aceasta se pot folosi tabelele din figurile 11 si 12 sau se pot propune si alti factori de diagnostic pe care utilizatorul ii poate monitoriza;

8.2. In functie de conditiile de functionare a intreruptorului se aleg valorile factorului de relevanta c_i (intre 1 si 10);

8.3. Se analizeaza structura structura fiecarui factor de diagnostic, respectiv marimile fizice care il definesc si se determina indicii de diagnostic ID_i .

8.3.1. Daca factorul de diagnostic este definit de o singura marime fizica, indicele de diagnostic se determina in conformitate cu par. 3.2.1;

8.3.2. Daca factorul de diagnostic este definit de mai multe marimi fizice/factori de pondere ($j = 1 \dots m$), se stabilesc valorile notei n_j si factorului de pondere p_j pentru fiecare marime fizica si se calculeaza factorul de analiza F cu relatia (2). Pe baza valorilor lui F se determina valorile indicilor de diagnostic (in conformitate cu par. 3.2.2 si figura 8);

8.4. Cu relatia (1) se calculeaza valorile indicilor de sanatate aferenti factorilor de diagnostic monitorizati off-line (IS_{off}) si celor monitorizati on-line (IS_{on});

8.5. Se calculeaza valoarea indicelui de sanatate global (IS_g), cu relatia (3);

8.6. Se calculeaza valorile duratei de viata consumata DV_c (cu relatia (4)) si duratei de viata ramase (cu relatia (5));

8.7. Pe baza valorilor marimilor IS_g , DV_c si DV_r se fac aprecieri privind starea de sanatate a intreruptorului si recomandari privitoare la mentinerea sa in exploatare.

Problema tehnica pe care o rezolvă invenția constă în aceea că se propune o metoda de calcul al indicilor de sanatate si al duratelor de viata consumate si ramase ale intreruptoarelor electrice de putere de medie tensiune. S-a realizat o aplicație software cu ajutorul căreia se calculeaza aceste marimi, plecand de la date experimentale prelevate atât on-line cât și off-line.

Prin aplicarea invenției se obțin următoarele avantaje:

1. Calculul valorilor indicilor de sanatate ale intreruptoarelor de putere de medie tensiune si, pe baza acestora, evaluarea calitativă si ierarhizarea stărilor tehnice ale acestora;

2. Calculul duratelor de viață consumate și rămase după funcționarea în anumite perioade;

3. Aplicația software se poate integra cu ușurință în aplicațiile de monitorizare și diagnosticare utilizate pentru determinarea stărilor intreruptoarelor aflate în exploatare.

Figurile 1, 12 reprezintă:

Fig.1. Schema generală a aplicației software

Fig.2. Mediile de stingere versus tensiunea nominală

Fig.3. Camera de stingere a unui intreruptor cu vid

Fig.4. Camera de stingere a unui intreruptor cu ulei puțin

Fig.5. Camera de stingere cu autocompresie

Fig.6. Mecanism de acumulare a energiei în resoarte MRI

Fig.7. Exemplu de calcul nota*pondere

Fig.8. Stabilirea calificativelor de stare și a valorilor indicilor de diagnostic (ID) în cazul unui factor de diagnostic caracterizat de mai multe mărimi fizice, pe baza factorului de analiză F

Fig.9. Evaluarea stării tehnice a intreruptoarelor pe baza IS

Fig.10. Factorii de diagnostic utilizați la calculul indicelui de sănătate global (IS_g)

Fig.11. Factorii de diagnostic utilizați în calculul indicelui de sănătate IS_{off}

Fig.12. Factorii de diagnostic utilizați în calculul indicelui de sănătate IS_{on}

REVENDICARI

S-a realizat metoda de calcul al indicilor de sanatate si al duratelor de viata consumate si ramase a intreruptoarelor electrice de putere de medie tensiune, plecand de la date experimentale prelevate atât on-line cât și off-line.

1. Calculul valorilor indicilor de sanatate ale intreruptoarelor de putere de medie tensiune si, pe baza acestora, evaluarea calitativă si ierarhizarea stărilor tehnice ale acestora;

2. Calculul duratelor de viață consumate si rămase după funcționarea în anumite perioade;

3. Aplicația software se poate integra cu ușurință în aplicațiile de monitorizare și diagnosticare utilizate pentru determinarea stărilor intreruptoarelor aflate în exploatare.

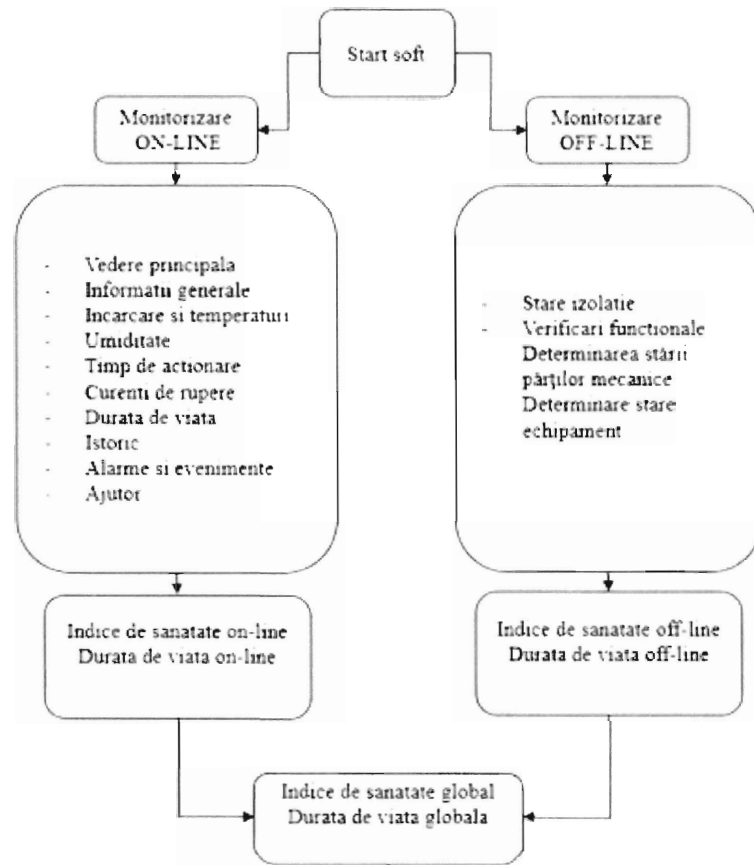


Fig.1.

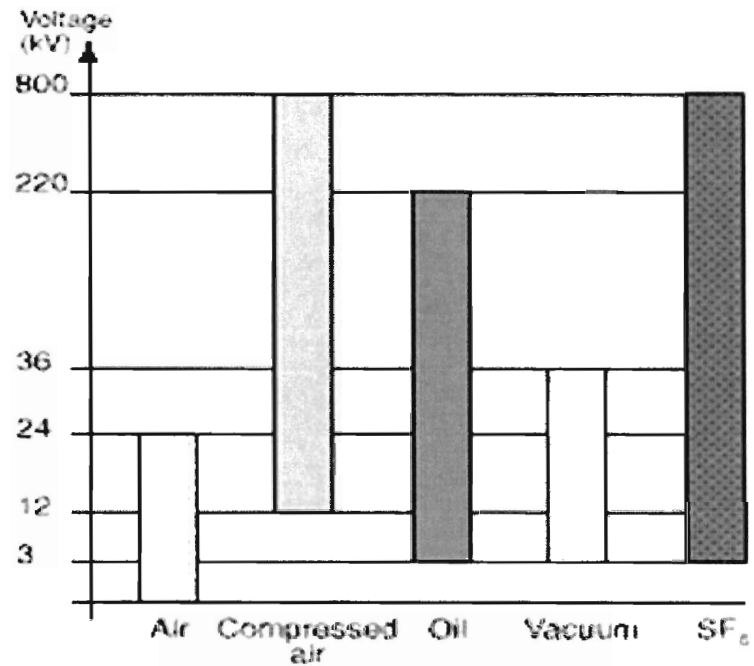


Fig.2.

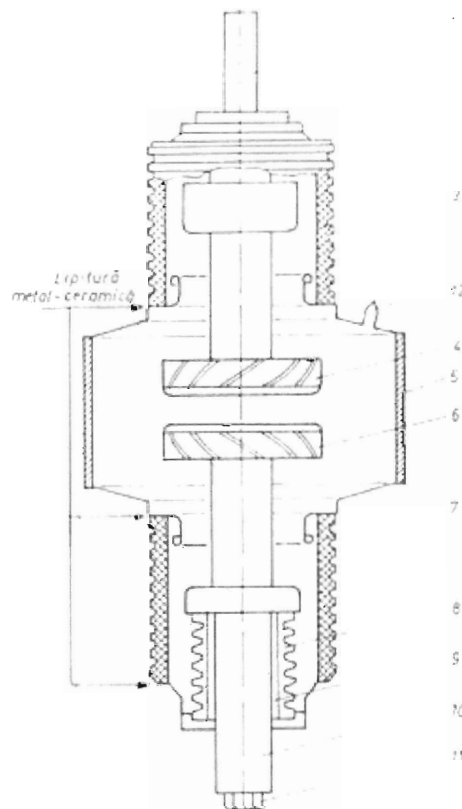


Figura 3.

1-piesa fixare contact, 2-saiba piesei fixe de contact, 3, 7-izolatori ceramici,
4-piesa fixa de contact, 5-ecran metalic, 6-contact mobil, 8-burduf metalic,

9-ghidaj, 10-piesa de contact, 11-racord mecanic la sistemul de actionare,
12-racord de vidare (sertizat).

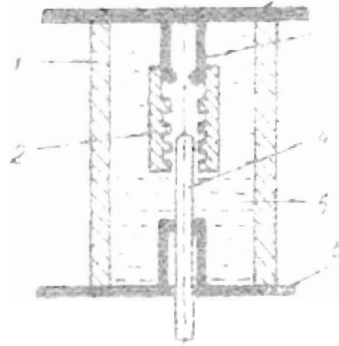
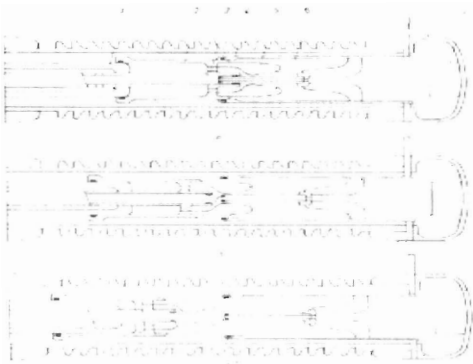


Figura 4

1-aneloapa, 2-camara de rupere, 3-contact fix, 4-contact mobil, 5-uiei,
6-priza de curent.



Camera de stingere cu autocompresie

- 1- piston fix,
- 2- cilindru de compresie,
- 3- piesa de contact,
- 4- contact pentru contactul nominal,
- 5- ajutoraj izolant,
- 6- piesa de contact pentru arcul electric,
- 7- flanse de racord,
- 8- cavitate,
- 9- filtru de alumina (Al₂O₃).

Fig.5

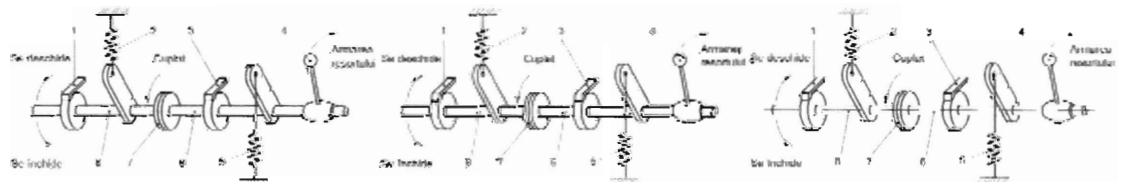


Figura 6

1, 3-zavoare, 2-resort de deschiderea, 4-maneta de armare, 5-resort, 6, 8-axuri,7-cupla.

Nr. crt	Timpul comutare	Factor de pondere- p_i	n_i	$n_i * p_i$
1.	Timpul închidere [s]/ $p_1=2$	2	3	6
2.	Timpul deschidere/ [s] $p_2=3$	3	3	9

Fig.7

Nr. Crt.	Factor de analiza F	Calificativ	Indice de diagnostic ID
1	$4 \leq F$	FB	4
2	$3 \leq F < 4$	B	3
3	$2 \leq F < 3$	S	2
4	$1 \leq F < 2$	NS	1

Fig.8

IS	Starea tehnică	Recomandări
$0.9 < IS \leq 1.0$	Foarte bună	Mentenanța normală
$0.75 < IS \leq 0.9$	Bună	Mentenanța normală
$0.6 < IS \leq 0.75$	Acceptabila	Mărirea numărului de teste de diagnosticare
$0.35 < IS \leq 0.6$	Foarte slabă	Planificare înlocuirii sau reparării echipamentului
$IS < 0.35$	Necorespunzătoare	Evaluare imediată a riscului. Înlocuirea sau repararea echipamentului

Fig.9

Nr. Crt.	Factori de diagnostic	c_i	ID_i
1	Incarcarea	10	4,3,2,1
2	Verificare etanșitate	6	4,3,2,1
3	Verificări funcționale	10	4,3,2,1
4	Verificări caracteristici cinematice	10	4,3,2,1

5	Incerari izolatie (circuite primare si secundare)	10	4,3,2,1
6	Rezistentele ohmice ale cailor de curent	6	4,3,2,1
7	Vechime	3	4,3,2,1
8	Calitate ulei electroizolant	10	4,3,2,1
9	Mecanism de actionare	5	4,3,2,1
10	Determinari globale	5	4,3,2,1

Fig.10

Nr. Crt.	Factori de diagnostic off-line	c_i	ID_i
1	Verificare etanseitate	10	4,3,2,1
2	Verificari functionale	10	4,3,2,1
3	Verificari caracteristici cinematice	10	4,3,2,1
4	Vechime	3	4,3,2,1
5	Mecanism de actionare	5	4,3,2,1

a) intreruptor in vid

Nr. Crt.	Factori de diagnostic off-line	c_i	ID_i
1	Incerari izolatie (circuite primare si secundare)	10	4,3,2,1
2	Rezistentele ohmice ale cailor de curent	6	4,3,2,1
3	Calitate ulei electroizolant	10	4,3,2,1
4	Determinari globale	5	4,3,2,1

b) intreruptor in ulei

Fig.11.

Nr. Crt.	Factori de diagnostic on-line	c_i	ID_i
1	Verificare etanseitate	10	4,3,2,1
2	Verificari functionale	10	4,3,2,1
3	Verificari caracteristici cinematice	10	4,3,2,1
4	Vechime	3	4,3,2,1
5	Mecanism de actionare	5	4,3,2,1

a) intreruptor in vid/hexaflorura

Nr. Crt.	Factori de diagnostic on-line	c_i	ID_i
1	Verificare etanseitate	10	4,3,2,1
2	Verificari functionale	10	4,3,2,1
3	Verificari caracteristici cinematice	10	4,3,2,1
4	Vechime	3	4,3,2,1
5	Mecanism de actionare	5	4,3,2,1

b) intreruptor in ulei

Fig.12.