



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2022 00479

(22) Data de depozit: 08.08.2022

(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) METODĂ DE CALCUL AL DURATELOR DE VIAȚĂ  
ALE SISTEMELOR DE IZOLAȚIE ALE MAȘINILOR  
ELECTRICE DE MEDIE ȘI MARE PUTERE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă de calcul al duratelor de viață ale sistemelor de izolație ale mașinilor electrice de medie și mare putere. Metoda, conform invenției, utilizează o aplicație software care permite calculul duratelor de viață consumate și rămase ale sistemelor de izolație ale mașinilor electrice după funcționarea într-o anumită perioadă de timp, plecând de la valorile rezistențelor de izolație determinate off-line la trei momente după punerea în funcțiune a mașinii electrice respective, condițiile de funcționare fiind descrise prin modul de variație în timp a temperaturii de lucru a sistemului de izolație.

Revendicări: 1  
Figuri: 4

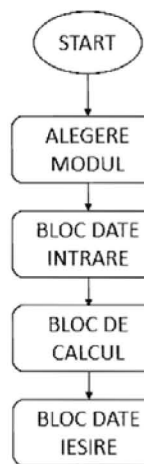


Fig. 1



OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI	
Cerere de brevet de invenție	
Nr. ....	a 2022 00 479
Data depozit .....	08-08-2022

39

## **Metoda de calcul al duratelor de viata ale sistemelor de izolatie ale masinilor electrice de medie si mare putere**

Prezenta invenție se referă la o metoda si la un pachet software de calcul al duratelor de viata ale sistemelor de izolatie ale masinilor electrice de medie si mare putere.

În literatura de specialitate se găsesc mai multe definiții pentru durata de viata unui agregat electro-energetic: economica, tehnica, strategica, echivalenta etc. In acest brevet se opereaza cu durata de viata tehnica aferenta sistemului de izolatie al unei masini electrice, prin care se intelege „durata de functionare a sistemului de izolatie dupa care acesta nu-si mai poate indeplini functia de izolare electrica a infasurarilor fata de miezul feromagnetic al masinii”. Izolatia poate ajunge in aceasta stare, fie datorita procesului general (continuu) de imbatranire si, deci, de reducere a rezistentei de izolatie, fie datorita aparitiei accidentale a unui defect local al izolatiei (strapungere, scurtcircuit etc.).

Durata de viata a unei masini electrice este determinata de duratele de viata ale componentelor sale (sistem de izolatie, rulmenti etc.), starea de „sfarsit de viata” a masinii fiind considerata ca acea stare în care, din motive de costuri, în urma unor defectări a unei componente care face imposibilă funcționarea masinii, acesta nu se mai repară și este retrasa definitiv din exploatare. Experimental se constata ca la masinile de medie si mare putere defectele aparute la sistemele de izolatie ale statoarelor si care pot contribui la scoaterea din functiune a masinii sunt relativ importante, putand ajunge pana la 37 % din totalul defectelor [1]. In [2] se arata ca numarul defectelor hidrogenatoarelor datorate defectelor izolatiilor poate ajunge pana la 56 %. Prin urmare, estimarea starilor de sanatate si a duratelor de viata ale sistemelor de izolatie este absolut necesara pentru estimarea cat mai exacta a duratelor de viata ale masinilor din care acestea fac parte.

Durata de viata a unei izolatii/sistem de izolatie se defineste ca fiind intervalul de timp in care, sub actiunea solicitarilor, valoarea uneia dintre proprietatile sale (numita factor de diagnostic) se modifica dincolo de o valoare limita, numita criteriu de sfarsit de viata [3]. Cel mai adesea se determina durata de viata sau anduranta unei izolatii supusa unui singur tip de solicitari: termice, electrice, mecanice, radiative etc. Alegerea criteriului de sfarsit de viata se face in conformitate cu standardele aflate in vigoare, in functie de natura izolatiei, tipul si intensitatea solicitarii, importanta strategica a echipamentului etc.

Deoarece toate procesele de degradare conduc la reducerea duratelor de viata ale izolatiilor, au fost dezvoltate mai multe metode (modele) de estimare a acestora, bazate pe incercari electrice, termice si mecanice accelerate [3...5]. Imbatranirea accelerata poate fi realizata sub actiunea unui singur factor de degradare (imbatranire unifactor), sau a mai multor factori

(imbatranire multifactor) [4...5].

Durata de viață a unei componente a sistemului de izolație, în raport cu un anumit factor de diagnostic, se determină, de regulă, pe cale experimentală în urma supunerii acelei componente la diferite tipuri de solicitări accelerate: termice, electrice, mecanice, radiative etc. Estimarea duratelor de viață se face pe baza unor modele de imbatranire în funcție de numărul (unifactor, multifactor) și tipurile de solicitări (constante, variabile, în cicluri).

În cadrul metodei de estimare a duratelor de viață propuse se consideră doar solicitările termice, atât constante, cât și variabile în timp. Ca factor de diagnostic al stării de imbatranire a izolației se propune rezistența de izolație a înfășurării statorice măsurată față de miezul statoric (pământ).

#### 1. Modelul Dakin

Pentru estimarea duratei de viață a unei izolații se utilizează modelul lui Dakin, în care se consideră că degradarea izolațiilor sub acțiunea solicitărilor termice se produce datorită unor reacții chimice a căror viteză caracteristică  $v_R$  variază cu temperatura după legea lui Arrhenius:

$$v_R = v_0 \cdot \exp\left(-\frac{E_a}{R \cdot T}\right), \quad (1)$$

în care  $v_0$  este un factor pre-exponential, ce depinde atât de anumite condiții chimice (conținut de apă, oxigen etc.),  $E_a$  este energia de activare a reacției de degradare predominantă (măsurată în J/mol),  $R = 8,3144$  J/mol·K – constanta universală a gazelor și  $T$  – temperatura termodinamică [7].

Durata de viață  $D$  a unui material electroizolant supus unei îmbătrâniri termice la temperatura constantă  $\theta$  (măsurată în grade Celsius) are expresia :

$D(T) = A \exp\left(\frac{b}{T}\right)$	(2)
---	-----

unde  $A$  și  $b$  sunt constante specifice de materialul, iar  $T = 273,15 + \theta$  este temperatura absolută (în grade Kelvin).

În ipoteza că în procesul de îmbătrânire termică a sistemului de izolație intervin numai reacții care pot fi echivalate printr-o singură reacție chimică de tip Arrhenius, atunci pentru o anumită plajă de variație a temperaturii de funcționare, parametrii  $A$  și  $b$  rămân constanți și se poate defini o dreaptă a duratei de viață (relația 3):

$\ln D = a + b/T, \quad \text{cu} \quad a = \ln A.$	(3)
---	-----

Cu ajutorul relației (3) se poate calcula durata de viață  $D$  corespunzătoare funcționării izolației la orice valoare a temperaturii  $T$ .

Într-un anumit interval de timp  $\Delta t$  de la începutul funcționării sistemului de izolație la o temperatură dată  $T_n$ , durata de viață consumată este  $D_c = \Delta t$ , iar durata de viață consumată relativ  $D_{cr}$  este

$D_{cr} = \frac{D_c}{D} = \frac{\Delta t}{D} \quad (\text{ur sau } \%)$	(4)
---	-----

unde  $D$  este durata de viață estimată calculată cu (2)

Durata de viață rămasă  $D_r$  este

$$D_r = D - D_c. \quad (5)$$

Daca in timpul functionarii sistemului de izolatie temperatura este variabila ( $T = T(t)$ ), durata de viață consumata relativa (in intervalul  $\Delta t$ )  $D_{cr}(\Delta t)$  se calculeaza cu relatia 34

$$D_{cr}(\Delta t) = \frac{1}{A} \cdot \int_0^{\Delta t} e^{-b/T(t)} dt \quad (6)$$

Durata de viață consumată in intervalul  $\Delta t$ ,  $D_c(\Delta t)$  este:

$$D_c(\Delta t) = D_{cr}(\Delta t) \cdot D \quad (7)$$

iar durata de viata ramasa  $D_r(\Delta t)$  după functionarea in intervalul  $\Delta t$ , la temperatura variabila  $T(t)$  este:

$$D_r(\Delta t) = D - D_c(\Delta t) \quad (8)$$

Asadar, cunoscand valorile parametrilor  $a$  si  $b$  ai dreptei duratei de viata si curba temperaturii  $T(t)$  (se pot determina in orice moment duratele de viata consumate si ramase ale sistemului de izolatie al unei masini de mare putere. Problema se complica in cazurile in care utilizatorul masinii nu cunoaste acesti parametri.

## II. Metoda de calcul al duratelor de viata

Metoda de calcul al duratelor de viata propusa se aplica masinilor electrice de medie si mare putere pentru care nu se cunosc valorile parametrilor  $a$  si  $b$  ai dreptelor duratelor de viata.

Metoda se bazeaza pe masurarea, prin metoda CABS [3] a rezistentelor de izolatie ale infasurarilor statorice ale masinii in trei momente diferite.

1. Se considera trei momente  $t_a$ ,  $t_b$  si  $t_c$ , la care se masoara rezistentele de izolatie  $R$ , respectiv  $R(t_a)$ ,  $R(t_b)$  si  $R(t_c)$ . Se recomanda ca  $t_a$  sa fie momentul punerii in functiune a masinii ( $t_a = 0$ ).
2. Se considera intervalele de timp  $[t_a, t_b]$  si  $[t_b, t_c]$  si se impart, fiecare, in  $N$  subintervale egale de latime  $\Delta t_{ab}$  si, respectiv  $\Delta t_{bc}$ :

$$\Delta t_{ab} = \frac{(t_b - t_a)}{N} \quad \text{si} \quad \Delta t_{bc} = \frac{(t_c - t_b)}{N} \quad (9)$$

3. Se considera cunoscute valorile temperaturii de functionare ale izolatiilor infasurarilor statorice in momentele  $t_i$  si  $t_j$ :

$$t_i = t_a + i \cdot \Delta t_{ab}, i = 1 \dots N \quad t_j = t_b + j \cdot \Delta t_{bc}, j = 1 \dots N \quad (10)$$

respectiv  $T(t_i)$ ,  $i = 1 \dots N$  si  $T(t_j)$ ,  $j = 1 \dots N$ , unde  $T(t_i)$  si  $T(t_j)$  se masoara in K ( $T(t) = 273.15 + \theta(t)$ ,  $\theta$  – temperatura in °C) (fig.1)

4. Se calculeaza temperaturile medii (echivalente) pe intervalele  $[t_a, t_b]$  si  $[t_b, t_c]$  cu relatiile (11):

$$T_{m,ab} = \frac{\Delta t_{ab}}{t_b - t_a} \cdot \sum_{i=1}^N T(t_i) \quad T_{m,bc} = \frac{\Delta t_{bc}}{t_c - t_b} \cdot \sum_{j=1}^N T(t_j) \quad (11)$$

5. Se definesc valorile criteriului de sfarsit de viata  $R_{sv}$  (de exemplu,  $R_{sv} = 100 \text{ M}\Omega$ ).
6. Se calculeaza duratele de viata consumate relative pe intervalul  $[t_a, t_b]$  (respectiv,  $D_{cr,ab}$ ) si pe intervalul  $[t_b, t_c]$  (respectiv,  $D_{cr,bc}$ ) cu relatiile (2.11):

$$D_{cr,ab} = \frac{R(t_a) - R(t_b)}{R(t_a) - R(t_{sv})} \quad D_{cr,bc} = \frac{R(t_b) - R(t_c)}{R(t_a) - R(t_{sv})} \quad (12)$$

7. Se calculeaza duratele de viata consumate in intervalele  $[t_a, t_b]$  ( $D_{c,ab}$ ),  $[t_b, t_c]$  ( $D_{c,bc}$ ) si  $[t_a, t_c]$  ( $D_{c,ac}$ ) cu relatiile (2.12): 36

$D_{c,ab} = D_e(T_n) \cdot D_{cr,ab}$	$D_{c,bc} = D_e(T_n) \cdot D_{cr,bc}$	(13)
---------------------------------------	---------------------------------------	------

$$D_{c,ac} = D_e(T_n)(D_{cr,ab} + D_{c,bc}),$$

unde  $D_e(T_n)$  este durata de viata estimata corespunzatoare functionarii la temperatura nominala  $T_n$ . Marimea  $D_e(T_n)$  se calculeaza pe baza parametrilor  $a$  si  $b$  ai dreptei de durata de viata :

$D_e(T_n) = A \cdot e^{\frac{b}{T_n}}$	(14)
--	------

unde  $A = e^a$ .

8. Se calculeaza duratele de viata ramase dupa functionarea masinii pana in momentul  $t_b$  ( $D_r(t_b)$ ) si  $t_c$  ( $D_r(t_c)$ ) cu relatiile (15).

$$D_r(t_a) = D_e(T_n) - D_{c,ab} \qquad D_r(t_c) = D_e(T_n) - D_{c,ac} \qquad (15)$$

9. Daca parametrii  $a$  si  $b$  ai dreptei duratei de viata nu se cunosc, acestia se determina pe baza valorilor rezistentelor de izolatii masurate la momentele  $t_a$  ( $R(t_a)$ ),  $t_b$  ( $R(t_b)$ ) si  $t_c$  ( $R(t_c)$ ).

9.1. Se calculeaza temperaturile medii (echivalente) asociate intervalelor  $[t_a, t_b]$  ( $T_{m,ab}$ ) si  $[t_b, t_c]$  ( $T_{m,bc}$ ) cu relatiile (16) :

$T_{m,ab} = \frac{\Delta t_{ab}}{t_b - t_a} \cdot \sum_{i=1}^N T(t_i)$	$T_{m,bc} = \frac{\Delta t_{bc}}{t_c - t_b} \cdot \sum_{i=1}^N T(t_j)$	(16)
--	--	------

9.2. Se calculeaza valorile parametrilor  $a$  si  $b$  cu relatiile (17).

$a = \ln \frac{\Delta t_{ab}}{D_{cr,ab}} + \frac{T_{m,ab}}{T_{m,bc} - T_{m,ab}} \cdot \ln \left( \frac{\Delta t_{bc}}{\Delta t_{ab}} \cdot \frac{D_{cr,bc}}{D_{cr,ab}} \right)$	$b = \frac{T_{m,ab} \cdot T_{m,bc}}{T_{m,ab} - T_{m,bc}} \cdot \ln \left( \frac{\Delta t_{bc}}{\Delta t_{ab}} \cdot \frac{D_{cr,ab}}{D_{cr,bc}} \right)$	(17)
---	--	------

10. Se calculeaza valoarea duratei de viata estimate pentru functionarea masinii la temperatura nominala  $T_n$ , respectiv  $D_e(T_n)$  cu relatia (14).

11. Se calculeaza duratele de viata consumate si ramase corespunzatoare functionarii masinii pana la un moment oarecare  $t_x$  de la punerea in functiune (respectiv , de la momentul  $t_0$ ).

11.1. Se imparte intervalul  $[t_0, t_x]$  in  $N$  subintervale de latime egala  $\Delta t_x = (t_x - t_0)/N$ . In general, valoarea lui  $N$  se alege astfel incat  $\Delta t_x$  sa fie de pana la 30 minute.

11.2. Din bazele de date se extrag valorile temperaturii  $T$  (sau se calculeaza cu relatia  $T(t) = 273.15 + \theta(t)$ ,  $\theta$  – temperatura in °C) la momentele  $t_k$  (respectiv  $T(t_k)$ ),  $t_k = t_0 + k\Delta t_k$ ,  $k=1, 2, \dots, N$ .

11.3. Se calculeaza durata de viata consumata relativa pana la momentul  $t_x$  ( $D_{cr,ox}$ ) cu relatia (18) :

$D_{cr,ox} = e^a \sum_{k=1}^N e^{\frac{b}{T(t_k)}}$	(18)
---	------

11.4. Se calculează duratele de viață consumată ( $D_{c,ox}$ ) și rămasă ( $D_{r,x}$ ) cu relațiile (19):

$D_{c,ox} = D_{cr,ox} \cdot D_e(T_n)$	$D_{r,x} = D_e(T_n) - D_{c,ox}$	(2.18)
---------------------------------------	---------------------------------	--------

Nota. Erorile introduse de metoda de calcul propusă sunt cu atât mai mici, cu cât valorile lui  $N$  sunt mai mari.

### III. Aplicatia SOWTARE

Schema logică a unui modul al aplicației software de calcul a duratelor de viață ale sistemelor de izolație ale transformatoarelor este prezentată în fig.1. Conform schemei logice, aplicația software parcurge următorii pași:

Pasul 1: deschiderea ferestrei principale (figura 2) și alegerea metodei folosite, în funcție de variația temperaturii, tipul conexiunii și tipul sistemului de izolație.

Pasul 2: după alegerea metodei se deschide o fereastră de calcul.

Pasul 3: se introduc de la tastatură datele necesare calculării duratelor de viață.

Pasul 4: se apasă butonul „Calculare” și se execută programul.

Pasul 5: se afișează rezultatele.

Fereastra principală a aplicației este prezentată în figura 2.

În figura 3 este prezentată un exemplu pentru calcularea duratelor de viață a uleiului la temperatură variabilă cunoscută, în situația în care constantele  $a$  și  $b$  ale dreptelor de viață din modelul de îmbătrânire termică Dakin sunt cunoscute. Datele de intrare  $a$  și  $b$  sunt introduse de la tastatură. Temperatura  $T$  este extrasă din baza de date dintr-un fișier text ce conține valorile temperaturii uleiului electroizolant.

În figura 4 se arată determinarea duratelor de viață consumate și rămase când se cunosc rezistențele de izolație.

Se dă în continuare un exemplu de realizare a invenției în legătură cu figurile 1, .... 4, care reprezintă:

Fig.1. Schema logică a aplicației software

Fig.2. Fereastra principală a aplicației software –metoda SIMTECH

Fig.3. Metoda Dakin la temperatura variabilă – determinarea constantelor  $a$  și  $b$

Fig.4. Metoda Dakin când se cunosc rezistențele de izolație – determinarea duratelor de viață consumate și rămase

Conform schemei logice a modulelor, din fig.1, aplicația software parcurge următorii pași:

Pasul 1: deschiderea ferestrei principale (figura 2) și alegerea metodei folosite în funcție de variația temperaturii, tipul conexiunii și tipul izolației.

Pasul 2: după alegerea metodei se deschide fereastra secundară, fereastra de calcul.

Pasul 3: se introduc de la tastatură datele necesare calculării.

Pasul 4: se apasă butonul „Calculare” și se execută programul.

Pasul 5: se afisează rezultatele.

Aplicatia software s-a realizat in programul Visual Studio, folosind limbajul de programare C#. Aceasta are posibilitatea de a calcula durata de viata a sistemelor de izolatie ale masinilor electrice de medie si mare putere atunci cand se cunosc parametrii dreptelor Dakin, precum si a rezistentelor de izolatie ale infasurarilor.

Problema tehnica pe care o rezolvă invenția constă în aceea că se propune o metoda de calcul, printr-un pachet software, a duratelor de viata ale sistemelor de izolatie ale masinilor electrice de medie si mare putere pe baza masurarii rezistentelor de izolatie ale masinilor aflate in exploatare la trei momente alese de utilizator. Metoda de calcul este stabilită în ipoteza că îmbătrânirea izolatiei masinii electrice se produce preponderent datorită solicitarii termice a acestuia, în condiții reale de funcționare. Se acceptă ipoteza suplimentară că procesul de îmbătrânire termică a sistemului de izolație este uniform în tot sistemul și ca ractia preponderenta de degradare a izolatiei nu se modifică în timp.

Metoda de calcul stabilește relații de calcul al parametrilor dreptelor duratelor de viață, ale duratelor de viață consumate și ale duratelor de viață rămase, pentru masinile electrice care functioneaza la temperaturi constante si/sau variabile.

Rezistența de izolație este determinată prin metoda curenților de absorbtie resorbție in pe baza standardelor in vigoare.

Prin aplicarea invenției se obțin următoarele avantaje:

1. Aplicația software propusă permite calculul duratelor de viață consumate si rămase ale sistemelor de izolatie după orice interval de funcționare, la temperaturi constante si/sau variabile, utilizând ca factor de diagnostic rezistența de izolație.
2. Masurarea rezistentelor de izolatie in trei momente dupa punerea in functiune permite determinarea parametrilor dreptei de viata.
3. Pe baza parametrilor dreptelor duratelor de viata se pot calcula duratele de viata estimate pentru functionarea la orice temperatura constanta si a duratelor de viata consumate si ramase pentru functionarea la temperatura constanta sau variabila.
4. Aplicatia software propusă este ușor de folosit, are instrucțiuni clare de introducere a datelor cerute, iar măsurimile de ieșire se salveaza într-o bază de date, fiind astfel posibilă analiza evoluției acestora în timp.

5. Aplicația software se poate integra cu ușurință în aplicațiile de monitorizare și diagnosticare utilizate pentru determinarea stărilor masinilor electrice de medie și mare aflate în exploatare. 33



## Bibliografie

- [1] .W. T. Thomson, "A review of on-line condition monitoring techniques for three-phase squirrelcage induction motors—past, present and future," in *2nd IEEE International Symposium on Diagnostics for Electrical Machines, Power Electronics and Drives -SDEMPED '99*, Gijon, Spain, 1999, pp. 3-17.
- [2] R. Bruetsch, M. Tari, K. Froehlich, T. Weiers, R. Vogelsang, Insulation Failure Mechanisms of Power Generators, *IEEE Electrical Insulation Magazine*, Vol. 24, No.4, pp. 17-25, 2008.
- [3] P.V.Notingher, G.Tanasescu, "Determination of Estimated, Consumed and Remaining Lifetimes of Paper-oil Transformers Insulation Based on Winding Insulation Resistance", *Proceedings of 1018 IEEE International Conference on High Voltage Engineering and Application (ICHVE)*, Atena, 10-13 Sept. 2018, Paper PTM-02.
- [4]. C.Zagar-Rusu, P.V.Notingher, V.Navrapescu, G. Mares, Gilda Rusu-Zagar, Tanta Setnescu, R. Setnescu, Method for estimating the duration of life insulation of electric motors, *Proceedings of 8<sup>th</sup> International Symposium on ADVANCED TOPICS IN ELECTRICAL ENGINEERING*, Bucharest, 23-25 May, 2013, Paper MATEL P3, pp. 1-6, 2013, ISBN 978-1-4673-5978-8
- [5] C. Rusu-Zagar, P. V. Notingher, C. Stancu, Ageing and Degradation of Electrical Machines Insulation, 16<sup>th</sup> International Symposium MATERIALS, METHODS & TECHNOLOGIES (MMT), June 11-15, 2014, Elenite Holiday Village, Bulgaria, *Journal of International Scientific Publications: Materials, Methods & Technologies*, Vol. 8, 2014, pp. 526-546, ISSN 1314-7269
- [6]. P. V. Notingher, L.M. Dumitran, C. Stancu, G. Tanasescu, E. Balescu, The Ageing States Assessment for Electrical Machines Insulation Systems by Absorption/ Resorption Currents, *Proceedings of The International Conference on Electrical Engineering (ICEE-07)*, Hong Kong, 8-12 July 2007, Paper ICEE-275, CD ROM, ISBN 962-276-7619-26-4.
- [7] P.V.Notingher, *Materiale pentru electrotehnica. Structura. Proprietati*, Vol. I, Editura POLITEHNICA PRESS, 2005, ISBN 973-8499-81- 0

## REVEDICARI

31

S-a realizat o metoda si o aplicatie software cu ajutorul careia se calculeaza duratele de viață estimate, consumate si ramase ale unui sistem de izolație utilizat în masini electrice de medie si mare putere, plecand de la masuratorile (off-line) ale rezistentelor de izolatie masurate la trei momente dupa punerea in functiune a masinii electrice.

Prin aplicarea invenției se obțin următoarele avantaje:

1. Aplicatia software propusa permite calculul duratelor de viață consumate si rămase după funcționarea în anumite perioade, utilizând ca factor de diagnostic rezistențe de izolație.

2. Dacă parametrii dreptelor duratelor de viață sunt cunoscuți, pentru factorul de diagnostic rezistență de izolație, calculele duratelor de viață consumate și rămase se pot face utilizând relații de calcul relativ simple.

3. Dacă parametrii dreptei duratei de viață nu sunt cunoscuți, aceștia se pot calcula în funcție valorile rezistențelor de izolație măsurate la cel puțin trei momente succesive din intervalul de timp în care masina electrica a funcționat si a curbei de variație în timp a temperaturii de lucru a înfășurărilor.

4. Dacă nu se cunoaște curba de variație în timp a temperaturii, cu ajutorul valorilor rezistențelor de izolație masurate la trei momente distincte de la punerea în funcțiune a masinii se pot calcula duratele de viață consumate si ramase, cu ajutorul relațiilor propuse.

5. Aplicatia software propusa este ușor de folosit, are instrucțiuni clare de introducere a datelor cerute, iar mărimile de ieșire se salveaza într-o bază de date, fiind astfel posibilă analiza evoluției acestora în timp.

7. La cererea beneficiarilor se pot adăuga și alte module de calcul al duratelor de viață consumată și rămasă.

8. Aplicatia software se poate integra cu ușurință în aplicațiile de monitorizare și diagnosticare utilizate pentru determinarea stărilor hidrogenatoarelor aflate în exploatare.

30

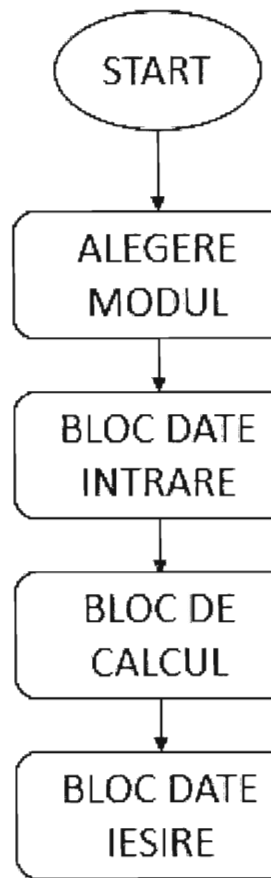


Fig.1.

29



**Metoda folosita**

- Metoda Simtech
- Metoda Simtech**
- Metoda Dakin cu rezistente de izolatie
- Metoda Dakin cu constantele ad si bd
- Metoda Montsinger cu constantele am
- Trecerea din Dakin in Montsinger

**Metoda folosita**

Metoda Simtech

**Variatia temperaturii**

Temperatura constanta

**Tipul izolatiei**

Mica

Fig.2




**Metoda Dakin la temperatura variabila**

<p><b>Metoda folosita</b> Metoda Dakin cu constantele ad si bd</p> <p><b>Variatia temperaturii</b> Temperatura variabila</p> <p><b>Tipul izolatiei</b> Harter + Ulei</p> <p style="text-align: center;"><b>OK</b></p>	<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">Constanta ad 16.17</td> <td style="width: 50%;">Intervalul de timp t1 [Ani] 4</td> </tr> <tr> <td>Constanta bd [K] 9770</td> <td>Temperatura [C] 70</td> </tr> <tr> <td>Durata de viata estimata [ani] 25.12</td> <td>Intervalul de timp t2 [Ani] 8</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Temperatura [C] 80</td> </tr> </table> <p style="text-align: center;"><b>Calculare</b></p> <p>Durata de viata relativ consumata in 4 ani: 0.16              Durata de viata relativ consumata in 8 ani: 0.51              Durata de viata consumata in 4 ani: 3.96 ani              Durata de viata consumata in 8 ani: 12.79 ani              Durata de viata ramasa dupa 4 ani: 21.17 ani              Durata de viata ramasa dupa 8 ani: 12.33 ani</p>	Constanta ad 16.17	Intervalul de timp t1 [Ani] 4	Constanta bd [K] 9770	Temperatura [C] 70	Durata de viata estimata [ani] 25.12	Intervalul de timp t2 [Ani] 8		Temperatura [C] 80
Constanta ad 16.17	Intervalul de timp t1 [Ani] 4								
Constanta bd [K] 9770	Temperatura [C] 70								
Durata de viata estimata [ani] 25.12	Intervalul de timp t2 [Ani] 8								
	Temperatura [C] 80								

Fig.3

29



**SIMTECH**  
INTERNATIONAL  
SYMBOL OF TECHNOLOGY

### Metoda DakIn cand se cunosc rezistentele de izolatie

**Metoda folosita**  
Metoda Dakin cu rezistente de izolatate

**Variatia temperaturii**  
Temperatura constanta

**Tipul izolatiei**  
Hafne • Ulei

**OK**

Rezistenta de izolatate la t0 [GΩ]	5.00	Intervalul de timp t1 [Ani]	4
Rezistenta de izolatate la t1 [GΩ]	4.8425	Temperatura [C]	70
Rezistenta de izolatate la t2 [GΩ]	4.415	Intervalul de timp t2 [Ani]	8
Rezistenta la startul de viata [GΩ]	0.1	Temperatura [C]	80

**Calculeaza**

Valoarea constantei ad: -21.4602  
Valoarea constantei bd: 12100.5141 K  
Energia de activare: 100.6094 KJ/moi

Fig.4