



(12) **BREVET DE INVENȚIE**

Hotărârea de acordare a brevetului de invenție poate fi revocată
în termen de 6 luni de la data publicării

(21) Nr. cerere: 99-00669	(61) Perfecționare la brevet: Nr.
(22) Data de depozit: 11.06.1999	(62) Divizată din cererea: Nr.
(30) Prioritate:	(86) Cerere internațională PCT: Nr.
(41) Data publicării cererii: 29.12.2000 BOPI nr. 12/2000	(87) Publicare internațională: Nr.
(42) Data publicării hotărârii de acordare a brevetului: 30.11.2004 BOPI nr. 11/2004	(56) Documente din stadiul tehnicii: US 5854731; 4717985; FR 2554271; 2439405; 2220105; DE 3730829
(45) Data eliberării și publicării brevetului: BOPI nr.	
(71) Solicitant: CERNAT DAN, BACĂU, RO	
(73) Titular: CERNAT DAN, BACĂU, RO	
(72) Inventatori: CERNAT DAN, BACĂU, RO	
(74) Mandatar:	

(54) **METODĂ DE PROTECȚIE LA SUPRASARCINĂ A
ECHIPAMENTELOR ENERGETICE, FOLOSIND ANALIZA IMAGINII
TERMICE**

(57) **Rezumat:** Invenția se referă la o metodă de protecție la suprasarcină a echipamentelor energetice, folosind analiza imaginii termice, destinată utilizării la echipamentele energetice care necesită protecție la suprasarcină, ca, de exemplu, cabluri de forță, transformatoare de putere, motoare și generatoare electrice etc. Metoda constă în monitorizarea temperaturii punctelor critice ale echipamentului de protejat, determinată prin calcul, compararea acestora cu o valoare limită și luarea deciziei de deconectare a echipamentului, la depășirea valorii limită, metoda conform invenției cuprinzând următoarele etape corespunzătoare fluxului operațional al sistemului de protecție utilizat: a) citirea valorii curentului din circuitul primar al echipamentului energetic de protejat; b) compararea valorii citite a curentului cu o valoare de scurtcircuit, prestabilă; c) semnalizarea stării de scurtcircuit și declanșarea protecției, în cazul depășirii valorii de scurtcircuit, prestabilite; d) calcularea temperaturii folosind formula de recurență a imaginii termice: $\theta^{(K)} = \theta^{(K-1)} + \Delta t [A \theta^{(K-1)} + B [I^{(K)}]^2]$, unde: A, B sunt coeficienți, $\theta^{(K)}$ - temperatura la pasul curent, respectiv, temperatura de calculat, $\theta^{(K-1)}$ - temperatura calculată la pasul anterior, Δt - intervalul de timp dintre două măsurători, $I^{(K)}$ - valoarea curentului ce străbate echipamentul la pasul curent; d) compararea

valorii calculate a temperaturii cu o valoare critică, prestabilă; e) semnalizarea stării de suprasarcină și declanșarea protecției, în cazul depășirii valorii critice, prestabilite.

Revendicări: 1
Figuri: 2

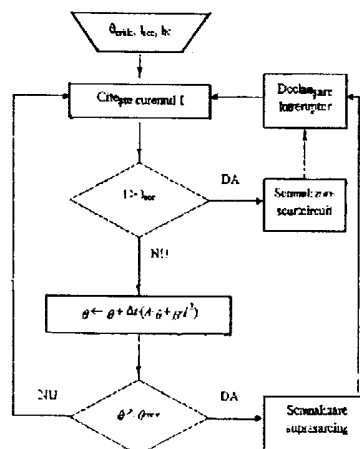


Fig. 2

Invenția se referă la o metodă de protecție la suprasarcină a echipamentelor energetice, folosind analiza imaginii termice, destinată utilizării la echipamentele energetice care necesită protecție la suprasarcină, ca, de exemplu, cabluri de forță, transformatoare de putere, motoare și generatoare electrice etc.

Sunt cunoscute metode de protecție la suprasarcină care se bazează pe utilizarea unor caracteristici timp-curent ($I=I(t)$), ce determină temporizarea declanșării în funcție de curentul ce străbate echipamentul protejat. O astfel de metodă de protecție la suprasarcină nu este eficace în cazul echipamentelor energetice cu masă mare și deci cu constante de timp de încălzire și răcire mari. De asemenea, utilizarea pentru protecția suprasarcină a caracteristicii timp-curent ($I=I(t)$) nu ține cont de regimul de funcționare anterior apariției suprasarcinii.

În cele ce urmează este prezentată o metodă de protecție la suprasarcină a echipamentelor energetice bazată pe analiza imaginii termice, însemnând identificarea printr-o imagine topografică a punctelor celor mai calde corespunzătoare celor mai ridicate temperaturi.

Analiza imaginii termice este un procedeu de modelare numerică a câmpului termic tranzitoriu din interiorul unui dispozitiv, pe baza măsurării parametrilor funcționali ai acestuia, de exemplu, determinarea câmpului termic din interiorul unui cablu de putere prin monitorizarea permanentă a curentului ce îl străbate sau determinarea câmpului termic din interiorul unui motor electric, pe baza măsurării curentului absorbit și a turației rotorului.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția se referă la protecția la suprasarcină a echipamentelor energetice prin analiza imaginii termice, ce constă în monitorizarea temperaturii punctelor critice (determinată prin calcul, în funcție de curentul absorbit și de alți parametri) și compararea acesteia cu o valoare limită, depășirea valorii limită prestabilite ducând la luarea deciziei de deconectare a echipamentului. De notat este faptul că acest criteriu de declanșare la suprasarcină este un criteriu termic și nu unul bazat pe valoarea intensității curentului ce străbate echipamentul, monitorizarea temperaturii, și nu a intensității curentului, fiind cea care permite utilizarea la limita maximă a echipamentelor.

Metoda conform invenției constă în monitorizarea temperaturii punctelor critice ale echipamentului de protejat, determinată prin calcul, compararea acesteia cu o valoare limită și luarea deciziei de deconectare a echipamentului, la depășirea valorii limită, metoda cuprinzând următoarele etape corespunzătoare fluxului operațional al sistemului de protecție utilizat : a) citirea valorii curentului din circuitul primar al echipamentului energetic de protejat; b) compararea valorii citite a curentului cu o valoare de scurtcircuit, prestabilă; c) semnalizarea stării de scurtcircuit și declanșarea protecției, în cazul depășirii valorii de scurtcircuit, prestabilite; d) calcularea temperaturii folosind formula de recurență a imaginii termice; d) compararea valorii calculate a temperaturii cu o valoare critică, prestabilă; e) semnalizarea stării de suprasarcină și declanșarea protecției, în cazul depășirii valorii critice, prestabilite.

Metoda conform invenției înlătură dezavantajele din stadiul tehnicii, prezentând următoarele avantaje:

- permite asigurarea unei protecții eficace la suprasarcină a echipamentelor energetice prin urmărirea simultană a temperaturii mai multor puncte critice a echipamentului de protejat, deconectarea efectuându-se în cazul atingerii temperaturii critice, în oricare din punctele monitorizate;

- permite extinderea domeniului de funcționare a echipamentelor energetice peste valorile nominale ale parametrilor de funcționare ale acestora, până la atingerea valorilor lor critice.

În continuare, se prezintă un exemplu de realizare a invenției, în legătură cu fig. 1 și 2, care reprezintă:

- fig.1, schema bloc a unui sistem de protecție cu microprocesor, care implementează metoda conform invenției;

- fig.2, diagrama logică de funcționare a sistemului de protecție la suprasarcină din fig.1.

În fig.1 este prezentată schema bloc a unui sistem de protecție cu microprocesor, ce funcționează pe principiul analizei imaginii termice. Sistemul de protecție, conform fig.1, are în alcătuire un bloc de senzori de curent **1** pentru citirea valorii curentului din circuitul primar al echipamentului energetic de protejat, semnalul obținut fiind transferat unui bloc de adaptare **2**, analogic, având rol de filtrare a eventualelor perturbații și de adaptare a mărimilor analogice de la ieșire, cu valorile admise de un convertor analog-numeric **3**, care transformă semnalele analogice primite, în semnale numerice pe care le transferă unui bloc logic programabil **4**, ce calculează, în funcție de valorile corespunzătoare semnalului de curent furnizat, temperatura echipamentului energetic de protejat, care se afișează pe un panou de comandă și control **5**, de la care se poate da comanda de declanșare a protecției prin acționarea, prin intermediul unui bloc de ieșire **6**, al unui întrerupător **I**, în cazul în care temperatura depășește o valoare critică prestabilită.

Valoarea curentului din circuitul primar este citită de blocul de senzori de curent **1** și este transferată blocului de adaptare **2**, analogic. Blocul de adaptare **2**, analogic, are rolul de a filtra eventualele perturbații și de a adapta mărimile analogice de la ieșire cu valorile admise de convertorul analog - numeric **3**. Convertorul analog - numeric **3** transformă semnalele analogice în valori numerice și le transferă blocului logic programabil **4**. Blocul logic programabil **4** calculează temperatura echipamentului de protejat, în funcție de valorile curentului, furnizate de convertorul analog - numeric **3**. Dacă temperatura depășește valoarea critică, se dă comandă de declanșare, pe panoul de comandă și control **5** fiind afișată în permanență starea în care se află echipamentul de protejat.

În fig.2 este prezentată diagrama logică de funcționare a sistemului de protecție la suprasarcină descris mai sus.

Se impun de către utilizator temperatura critică și pragul de scurtcircuit. Periodic se citește curentul din circuitul primar. Dacă acesta depășește pragul de scurtcircuit, se dă comandă de deconectare a echipamentului și se semnalizează scurtcircuitul. Dacă valoarea curentului este mai mică decât valoarea de scurtcircuit, se calculează temperatura în funcție de valoarea curentului, temperatura calculată la pasul anterior și intervalul de timp dintre două măsurători succesive. Dacă temperatura este mai mare decât temperatura critică, se dă comandă de deconectare și se semnalizează suprasarcină. Supratemperatura echipamentului protejat este monitorizată pe curba de răcire și pe perioadele de timp în care echipamentul nu este alimentat.

Analiza imaginii termice presupune monitorizarea permanentă a temperaturii echipamentului de protejat. Întrucât, calculul câmpului termic al întregului echipament de protejat nu se poate realiza în timp real cu un sistem de calcul cu posibilități medii de calculare, se va avea în vedere monitorizarea punctelor celor mai fierbinți ale echipamentului (susceptibile de deteriorare în cazul suprasarcinilor). Aceasta se realizează prin intermediul următoarelor relații:

$$\theta^{(k)} = \theta^{(k-1)} + f(\Delta t, \theta^{(k-1)}, I^{(k)}, \dots) \quad (1)$$

unde: $\theta^{(k)}$ temperatura la pasul curent (temperatura de calculat)
 $\theta^{(k-1)}$ temperatura calculată la pasul anterior
 Δt intervalul de timp dintre două măsurători
 $I^{(k)}$ valoarea curentului ce străbate echipamentul la pasul curent.

Funcția f din relația (1) a fost aleasă de forma:

$$f(\Delta t, \theta^{(k-1)}, I^{(k)}, \dots) = \Delta t \cdot [A\theta^{(k-1)} + B[I^{(k)}]^2] \quad (2)$$

Prin urmare, ecuația ce stă la baza monitorizării temperaturii va fi:

$$\theta^{(k)} = \theta^{(k-1)} + \Delta t \cdot [A\theta^{(k-1)} + B[I^{(k)}]^2] \quad (3)$$

Coeficienții A și B au fost determinați în cazul unui cablu electric, după cum urmează. S-a determinat, prin metoda elementului finit, câmpul termic în regim tranzitoriu, în secțiunea transversală a cablului, după care, pentru punctul cel mai cald, s-au selectat valorile temperaturii $\{\theta^{(1)}, \dots, \theta^{(n)}\}$ la momentele de timp $\{t_1, \dots, t_n\}$. Pe setul de valori astfel determinate, s-a aplicat metoda regresiei curbilinii, prin metoda celor mai mici pătrate, obținându-se astfel coeficienții A și B .

De notat faptul că expresia funcției f (relația 2) poate varia în funcție de natura și parametrii constructivi ai echipamentului protejat (de exemplu, în cazul unui motor electric mai poate interveni în expresia funcției f și valoarea turației acestuia).

De asemenea, se remarcă posibilitatea urmăririi simultane a temperaturii mai multor puncte critice a echipamentului protejat prin utilizarea mai multor relații de tipul relației (3), deconectarea efectuându-se în cazul atingerii temperaturii critice, în oricare din punctele monitorizate.

Metoda conform invenției (fig.2) cuprinde următoarele etape corespunzătoare fluxului operațional al sistemului de protecție prezentat :

- a) citirea valorii curentului din circuitul primar al echipamentului energetic de protejat;
- b) compararea valorii citite a curentului cu o valoare de scurtcircuit, prestabilită;
- c) semnalizarea stării de scurtcircuit și declanșarea protecției, în cazul depășirii valorii de scurtcircuit, prestabilite;
- d) calcularea temperaturii folosind formula de recurență a imaginii termice, dată de relația (3);
- e) compararea valorii calculate a temperaturii cu o valoare critică, prestabilită;
- f) semnalizarea stării de suprasarcină și declanșarea protecției, în cazul depășirii valorii critice, prestabilite.

Metoda prezentată a fost implementată în cadrul unui sistem de protecție, ce a fost realizat și testat în variantă experimentală, rezultatele fiind prezentate în teza de doctorat a autorului, intitulată *"Contribuții la elaborarea sistemelor cu microprocesor pentru protecția instalațiilor energetice"* (9 iunie 1999, Universitatea Politehnica București).

Revendicare

Metodă de protecție la suprasarcină a echipamentelor energetice, folosind analiza imaginii termice, pentru utilizarea într-un sistem de protecție având în alcătuire un bloc de senzori de curent (1) pentru citirea valorii curentului din circuitul primar al echipamentului energetic de protejat, semnalul obținut fiind transferat unui bloc de adaptare (2), analogic, având rol de filtrare a eventualelor perturbații și de adaptare a mărimilor analogice de la ieșire, cu valorile admise de un convertor analog-numeric (3) care transformă semnalele analogice primite în semnale numerice pe care le transferă unui bloc logic programabil (4) ce calculează, în funcție de valorile corespunzătoare semnalului de curent furnizat, temperatura echipamentului energetic de protejat, care se afișează pe un panou de

RO 119498 B1

comandă și control (5) de la care se poate da comanda de declanșare a protecției prin acționarea unui întreruptor (I), în cazul în care temperatura depășește o valoare critică prestabilită, **caracterizată prin aceea că** cuprinde următoarele etape:

- a) citirea valorii curentului din circuitul primar al echipamentului energetic de protejat;
- b) compararea valorii citite a curentului cu o valoare de scurtcircuit, prestabilită; 150
- c) semnalizarea stării de scurtcircuit și declanșarea protecției, în cazul depășirii valorii de scurtcircuit, prestabilite;
- d) calcularea temperaturii folosind formula de recurență a imaginii termice:
$$\theta^{(k)} = \theta^{(k-1)} + \Delta t \cdot [A\theta^{(k-1)} + B[I^{(k)}]^2];$$
unde: A, B sunt coeficienți 155
 - $\theta^{(k)}$ temperatura la pasul curent (temperatura de calculat);
 - $\theta^{(k-1)}$ temperatura calculată la pasul anterior;
 - Δt intervalul de timp dintre două măsurători;
 - $I^{(k)}$ valoarea curentului ce străbate echipamentul la pasul curent;
- e) compararea valorii calculate a temperaturii cu o valoare critică, prestabilită; 160
- f) semnalizarea stării de suprasarcină și declanșarea protecției, în cazul depășirii valorii critice, prestabilite.

Președintele comisiei de examinare: **ing. Dumitru Daniela**

Examinator: **ing. Apostol Cristina**

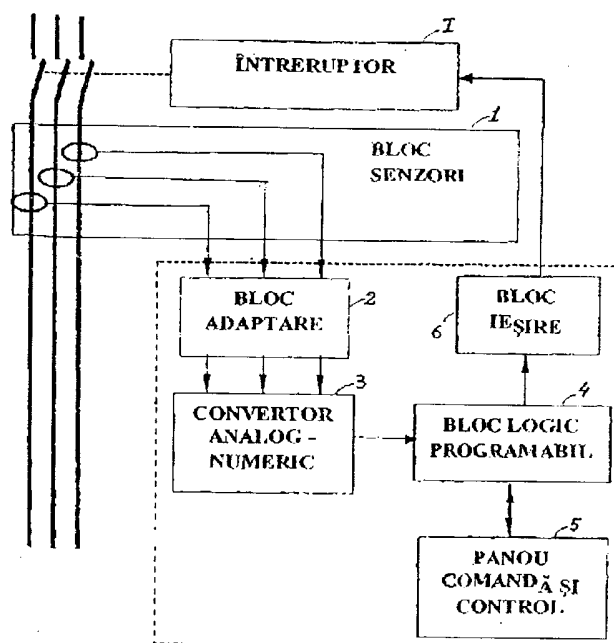


Fig. 1

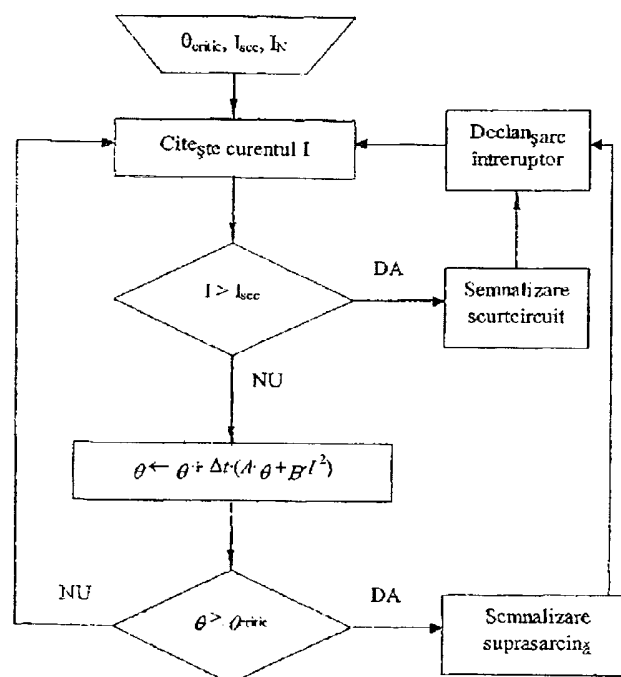


Fig. 2