



(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2010 00435

(22) Data de depozit: 14.05.2010

(41) Data publicării cererii:
30.11.2011 BOPI nr. 11/2011

(71) Solicitant:
• UNIVERSITATEA TEHNICĂ "GHEORGHE
ASACHI" DIN IAȘI,
BD.PROF.D.MANGERON NR. 67, IAȘI, IS,
RO

(72) Inventatori:
• ADAM MARICEL, STR. PĂCURARI
NR. 150 BL. 589 SC. A, ET.2, AP. 6, IAȘI, IS,
RO;
• BARABOI ADRIAN, STR. RÂPEI NR.15,
IAȘI, IS, RO;
• PANCU MIHAI CĂTĂLIN, BD. SOCOLA
NR.8A, BL.H2, ET.5, AP.20, IAȘI, IS, RO

(54) PROCEDEU ȘI APARAT PENTRU MONITORIZAREA CURSEI CONTACTELOR ÎNTRERUPĂTOARELOR

(57) Rezumat:

Prezenta invenție se referă la un procedeu și la un aparat pentru monitorizarea cursei contactelor întrerupătoarelor. Procedeu conform invenției constă din realizarea unei echivalențe între un sistem mecanic de transmisie a mișcării al unui întrerupător și un sistem electric cu elemente RLC, la care, prin determinarea sarcinii electrice din circuit, se determină cursa contactului mobil al întrerupătorului. Aparatul conform invenției este format dintr-un traductor de forță (TF) care preia informația despre forța de acționare de la un mecanism de acționare (MA) al unui întrerupător (I) de înaltă tensiune și o aplică unui model electric cu elemente RLC al unui sistem mecanic de transmitere a mișcării al întrerupătorului (I); o structură hardware-software (SH-S) supraveghează curentul din circuitul modelului RLC, prin intermediul unui microcontroler, și comandă modificarea valorii inductanței (L) variabile, respectiv, închiderea și/sau deschiderea unor contacte ($I_1, \dots, I_8$)

ale modelului electric RLC, în concordanță cu valorile sarcinii electrice din modelul electric RLC care echivalează cu deplasarea contactului mobil, această informație fiind stocată într-o memorie nevolatilă.

Revendicări: 2
Figuri: 5

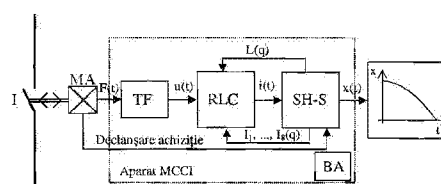
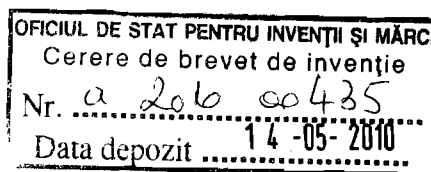


Fig. 5





PROCEDEU ȘI APARAT PENTRU MONITORIZAREA CURSEI CONTACTELOR ÎNTRERUPĂTOARELOR

Invenția se referă la un procedeu care permite supravegherea on-line și off-line a cursei contactelor mobile ale întrerupătoarelor, respectiv la un aparat, realizat pe baza acestei procedeu.

În prezent, pentru obținerea unor caracteristici cinematice ale întrerupătoarelor, se utilizează procedeul înregistrării cursei liniare sau unghiulare a unui punct accesibil de pe lanțul cinematic de transmisie a mișcării la contactele mobile. În funcție de tipul constructiv al întrerupătorului, punctul accesibil de pe lanțul cinematic al acestuia, la care se atașează traductorul de deplasare, poate fi (de exemplu în cazul întrerupătoarelor de înaltă tensiune cu ulei puțin, de tip IO) sau nu sub tensiunea de serviciu a rețelei electrice. Există mai multe posibilități de înregistrare a cursei printre care, tehnica: cu tambur; cu oscilograf cu bucle; numerică; cu osciloscop cu memorie etc., [1], [2], [3]. Aceste tehnici au fost dezvoltate ca procedee off-line și sunt folosite cu ocazia punerilor în funcțiune, a reviziilor și a reparațiilor întrerupătoarelor, [4], [5], [6]. Ele nu permit supravegherea cursei contactelor mobile ale întrerupătorului atunci când acesta se află sub tensiunea de serviciu și deci nu pot determina din timp eventualele situații anormale care pot apare în funcționarea acestuia.

Procedeul și aparatul pentru monitorizarea cursei contactelor întrerupătoarelor, **conform invenției**, înlătură neajunsurile menționate mai sus prin aceea că, datorită similitudinii dintre ecuațiile care descriu regimurile tranzitorii ale proceselor de natură mecanică, respectiv electrică, există posibilitatea ca sistemul mecanic de transmisie a mișcării al unui întrerupător, după reducerea acestuia, să fie convertit într-un sistem electric cu următoarele echivalențe între mărimi:

$F(t)$, forța de excitație a sistemului mecanic $\Leftrightarrow u(t)$, tensiunea de alimentare;

$x(t)$, deplasarea (cursa) mecanică $\Leftrightarrow q(t)$, sarcina electrică;

r , coeficientul de amortizare $\Leftrightarrow R$, rezistența electrică;

m , masa $\Leftrightarrow L$, inductanța electrică;

K , constanta de elasticitate $\Leftrightarrow 1/C$, inversul capacității,

apoi, cu ajutorul aparatului care conține circuitul electric cu elemente RLC care modelează sistemul mecanic de transmisie a mișcării al unui tip de întrerupător se poate monitoriza cursa contactelor mobile la acționarea întrerupătorului când acesta este sub tensiunea de serviciu, dar și când este scos de sub tensiune; aparatul propus are ca mărime de intrare informația despre forța de excitație produsă de mecanismul de acționare al întrerupătorului, aflat la potențial nul, preluată de la un traductor de forță, iar ca mărime de ieșire sarcina electrică, care reprezintă deplasarea din sistemul mecanic.

În continuare este descris un exemplu de realizare, în legătură și cu Fig.1, ..., 5 care reprezintă:

- Fig.1, sistemul mecanic cu un grad de libertate (a), respectiv circuitul electric serie RLC (b);
- Fig.2, sistemul mecanic de transmisie a mișcării al unui întrerupător de înaltă tensiune;
- Fig.3, forțele care acționează asupra sistemului mecanic;
- Fig.4, modelul electric al sistemului mecanic de transmisie a mișcării;
- Fig.5, schema de principiu a aparatului pentru monitorizarea cursei contactelor mobile.

Dacă două sisteme de naturi diferite sunt descrise, din punct de vedere matematic, de ecuații ce au aceeași formă, atunci este posibilă studierea proceselor dintr-un sistem pe baza proceselor din celălalt sistem, [7].

Se consideră un sistem mecanic liniar cu un singur grad de libertate alcătuit din masa m , asupra căruia acționează forța de excitație $F(t)$, forța elastică dată de un resort caracterizat de constanta de elasticitate K și forța de amortizare vâscoasă proporțională cu viteza dată de un amortizor, ce are coeficientul de amortizare r , Fig.1a. Aplicând legea echilibrului dinamic se obține următoarea ecuație care descrie răspunsul în timp al sistemului mecanic:

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} + r \frac{dx}{dt} + Kx = F(t). \quad (1)$$

Pentru circuitul electric serie din Fig.1b, ecuația diferențială care descrie răspunsul acestuia este:

$$L \frac{d^2 q}{dt^2} + R \frac{dq}{dt} + \frac{1}{C} q = u(t). \quad (2)$$

Se poate constata că ambele sisteme sunt descrise de ecuații diferențiale de aceeași formă. Dacă se pun în corespondență mărimile: $u(t)$, tensiunea de alimentare $\Leftrightarrow F(t)$, forța de excitație a sistemului mecanic; $q(t)$, sarcina electrică $\Leftrightarrow x(t)$, deplasarea (cursa) mecanică; R , rezistența electrică $\Leftrightarrow r$, coeficientul de amortizare; L , inductanța electrică $\Leftrightarrow m$, masa; $1/C$, inversul capacității $\Leftrightarrow K$, constanta de elasticitate, atunci comportarea sistemului mecanic din Fig.1a poate fi studiată cu ajutorul circuitului electric din Fig.1b, pe baza corelațiilor stabilite.

Datorită faptului că sistemul mecanic de transmisie a mișcării al întrerupătoarelor presupune existența mai multor elemente mecanice în mișcare, este necesară o înlocuire dinamică a întregului sistem printr-un singur element înlocuitor, denumit element de referință. Acestuia, dacă se află în mișcare de translație, i se asociază masa redusă precum și forța redusă a întregului sistem. În cazul unei mișcări de rotație a elementului de referință, se vorbește în mod corespunzător de momentul redus de inerție și momentul redus al forței.

Noțiunea de masă redusă (de moment de inerție redus) se introduce pe baza principiului egalității dintre energia cinetică a elementului de referință cu cea a tuturor elementelor sistemului. Pentru masa redusă, m_{red} , a sistemului mecanic se va obține expresia:

$$m_{red} = \sum_{i=1}^n \left[m_i \left(\frac{v_i}{v_k} \right)^2 + J_i \left(\frac{\omega_i}{\omega_k} \right)^2 \right], \quad (3)$$

unde: v_k este viteza elementului de referință; v_i -viteza elementului i al sistemului; ω_i -viteza unghiulară a elementului i ; m_i , J_i -masa și momentul de inerție ale elementului i .

Dacă elementul de referință efectuează o mișcare de rotație, atunci momentul de inerție redus J_{red} , are expresia:

$$J_{red} = \sum_{i=1}^n \left[m_i \left(\frac{v_i}{\omega_k} \right)^2 + J_i \left(\frac{\omega_i}{\omega_k} \right)^2 \right], \quad (4)$$

unde ω_k este viteza unghiulară a elementului de referință.

Noțiunea de forță redusă (de moment redus) rezultă din principiul egalității dintre lucrul elementar efectuat de forța redusă aplicată într-un mod determinat pe elementul de referință, și suma lucrurilor elementare efectuate de forțele ce acționează asupra tuturor elementelor sistemului. Pentru forța redusă, F_{red} , aplicată elementului de referință k se va obține relația:

$$F_{red} = \frac{1}{\cos \alpha_k} \sum_{i=1}^n \left(F_i \frac{v_i}{v_k} \cos \alpha_i + M_i \frac{\omega_i}{\omega_k} \right), \quad (5)$$

unde: F_i -forța aplicată elementului i ; M_i -momentul cuplului de forțe aplicat elementului i ; v_k -viteza punctului de aplicație al forței reduse; α_k -unghiul dintre $\bar{v}_k$ și $\bar{F}_{red}$; v_i -viteza punctului de aplicație al forței $\bar{F}_i$; α_i -viteza unghiulară a elementului i ; α_i -unghiul dintre $\bar{v}_i$ și $\bar{F}_i$.

Dacă elementul de referință efectuează o mișcare de rotație, atunci expresia momentului redus al forței M_{red} este:

$$M_{red} = \sum_{i=1}^n \left(F_i \frac{v_i}{\omega_k} \cos \alpha_i + M_i \frac{\omega_i}{\omega_k} \right), \quad (6)$$

unde ω_k este viteza unghiulară a elementului de referință k .

Deci, în cazul sistemului mecanic al întrerupătoarelor prin alegerea unui element (punct) de referință (de obicei se alege locul de acțiune al forței active principale sau pe contactul mobil) și calcularea masei reduse (momentului de inerție redus), respectiv a forței reduse (momentului redus) se va putea exprima mișcarea sistemului mecanic pe baza ecuației (1), în care m va fi masa redusă, iar $F(t)$ forța redusă. Apoi, cu ajutorul unui circuit electric serie RLC care reprezintă modelul sistemului mecanic de transmisie a mișcării, se pot studia procesele tranzitorii ale sistemului și se determină parametrii cinematici ai întrerupătoarelor pentru manevra de închidere respectiv deschidere, în situații diverse.

Fie, spre exemplu, sistemul mecanic de transmisie a mișcării al unui întrerupător de înaltă tensiune de tip IO, Fig.2, [6]. Pentru determinarea masei reduse a sistemului mecanic, masă redusă atașată pistonului cu dublu efect, se iau în considerare cinci elemente cu masele lor concentrate și anume: pistonul cu dublu efect 1 (masa lui va cuprinde: masa tijei și a pistonului cu dublu efect și masa pistonului amortizorului de închidere 6), bielele 2, manivelele 3, bielele 4 și tijele mobile de contact 5 (la masa tijei se adaugă masa pistonului amortizorului de deschidere 9 și pentru cursa în contact - pentru manevra de închidere - în plus, masa pistonului și resortului anticavitație 8).

În Fig.3 este prezentat lanțul cinematic al întrerupătorului și forțele ce acționează în timpul manevrei de închidere sau deschidere (sunt neglijate frecările), la diferite poziții ale elementului de referință, asupra sistemului mecanic, și anume: $\bar{F}_a$, forța activă dată de dispozitivul de acționare; $\bar{F}_i$, forța amortizorului de închidere; $\bar{F}_d$, forța amortizorului de deschidere; $\bar{F}_{ac}$, forța dată de resortul dispozitivului anticavitație; $\bar{F}_t$, forța dată de resortul „tumbler” (elementul 7, Fig.2).

Expresia masei reduse (3) și a forței reduse (5) depind de raporturile dintre vitezele elementelor lanțului cinematic și viteza elementului de referință, care la rândul lor, pe durata

acționării întrerupătorului, depind de poziția elementului de referință (de deplasarea acestuia). Pentru a lua în considerare variația masei reduse și a forței reduse cu deplasarea, se va împărți cursa totală în mai multe intervale $(0, \dots, n)$, iar pe aceste intervale masa și forța redusă se vor considera constante.

Forța activă $\overline{F}_a$, acționează direct asupra elementului de referință (pistonul cu dublu efect) pe direcția de deplasare a acestuia, deci nu este necesară reducerea acestei forțe, sensul ei schimbându-se de la manevra de închidere la cea de deschidere. Ea este produsă de presiunea ajunsă la piston (pe suprafața de închidere sau deschidere), presiune care provine de la mecanismul de acționare oleopneumatic, [8]. Presiunea ajunsă la pistonul cu dublu efect, pe durata închiderii sau deschiderii, este variabilă în timp ceea ce duce la apariția unei forțe active variabile.

Forțele date de amortizoarele de închidere, respectiv deschidere se vor considera proporționale cu viteza, iar forțele date de resorturi proporționale cu deplasarea. Aceste forțe se vor reduce corespunzător la elementul de referință considerat în funcție de pozițiile acestuia.

În Fig.4 se prezintă circuitul electric serie RLC de simulare al sistemului mecanic de transmisie a mișcării al întrerupătorului, în urma reducerii maselor și a forțelor (schema dată corespunde poziției deschis a întrerupătorului), [9]. Notațiile au următoarele semnificații: $u(t)$ este sursa de tensiune care echivalează forța activă rezultantă; L -inductanța corespunzătoare masei reduse a sistemului; R_1 -rezistența care echivalează coeficientul de amortizare vâscoasă datorat forței de refulare pe durata manevrei de închidere; R_2 -rezistența care echivalează coeficientul de amortizare vâscoasă al forței date de amortizorul de închidere; R_3 -rezistența care echivalează coeficientul de amortizare vâscoasă al forței reduse date de amortizorul de deschidere; C_1 -capacitatea care echivalează inversul constantei de elasticitate al forței reduse date de resortul dispozitivului anticavitațional; C_2 -capacitatea care echivalează inversul constantei de elasticitate al forței reduse date de resortul „tumbler”; $I_1, \dots, I_8$ sunt contacte comandate care duc la introducerea sau scoaterea din circuit a unor elemente în concordanță cu desfășurarea proceselor pe durata manevrei de închidere sau deschidere. Modificarea valorii inductanței L (care echivalează masa redusă) se face în concordanță cu valoarea sarcinii electrice din circuit (care echivalează deplasarea contactului mobil) la un moment dat.

Schema de principiu a aparatului pentru monitorizarea cursei contactelor mobile ale întrerupătoarelor, MCCI, realizat pe baza procedurii descris, este prezentată în Fig.5. Aparatul, **conform invenției**, cuprinde: - traductorul de forță, TF; - modelul electric, RLC, al sistemului mecanic de transmitere a mișcării al întrerupătorului; - structura hardware-

software, SH-S, controlată cu microcontroler; - blocul de alimentare, BA. Traductorul TF preia informația despre forța de acționare $F(t)$ de la mecanismul de acționare, MA, al întrerupătorului de înaltă tensiune I și o aplică corespunzător modelului electric, RLC, model specific fiecărui tip de întrerupător. Curentul, $i(t)$, din circuitul serie al modelului electric este monitorizat cu ajutorul structurii hardware-software, SH-S, care, prin intermediul unui microcontroler, comandă modificarea valorii inductanței variabile L , respectiv închiderea și/sau deschiderea contactelor $I_1, \dots, I_8$, în concordanță cu valorile sarcinii electrice, q , din circuit. Valoarea sarcinii electrice, la un moment dat, corespunde cu poziția contactului mobil la momentul respectiv. Structura SH-S stochează informația despre cursa contactului mobil pe durata manevrei executate într-o memorie nevolatilă (EEPROM și/sau SD card) corespunzătoare. Aparatul, în funcție de mărimea memoriei, poate stoca un număr mai mic sau mai mare de curse de închidere, respectiv deschidere ale contactelor mobile ale întrerupătorului supravegheat. Fiecare cursă efectuată va fi memorată, înregistrându-se totodată data și ora la care a avut loc manevra respectivă. Datele memorate, prin intermediul interfeței seriale și/sau de pe SD-card, vor fi transferate într-un calculator, într-o bază de date specifică a întrerupătorului, după care vor putea fi analizate ținându-se seama și de istoricul acestuia.

Bibliografie

1. Adam M., Baraboi A., Ciobanu R., Monitorizarea și diagnosticarea întrerupătoarelor de putere, Editura Gh. Asachi, Iași, 2001.
2. Maksymiuk J., Mecanisme aparaturale electrice de conectare. Editura Tehnică, București, 1970.
3. Zoran Stanisc, Heinz Wernli, Methods and apparatus for analyzing high voltage circuit breakers, brevet SUA, 6963203, 2005.
4. Conecini I., Rășanu S., Tomescu I., Ionescu A., Cartea electricianului din stații și posturi de transformare. Editura Tehnică, București, 1986.
5. * * *, PE 116. Normativ de încercări și măsurători la echipamente și instalații electrice, ICEMENERG, București.
6. * * *, 3.2.FT 57 - 82. Fișă tehnologică privind revizia întrerupătoarelor de înaltă tensiune 123-420 kV și a mecanismelor de acționare, ICEMENERG, București.
7. Bogdan R. C., Larionescu D., Cononovici S., Sinteza mecanismelor plane articulate. Editura Academiei, București, 1976.
8. * * *, Carte tehnică pentru mecanisme oleopneumatice tip MOP-1, Electroputere Craiova.
9. Adam M., Baraboi A., Pancu C., Pispiris S., New approach regarding the kinematics characteristics analysis of circuit breakers, 8th WSEAS International Conference on Electric Power Systems, High Voltages, Electric Machines "POWER '08", Venice, Italia, 2008, p. 77-80.

REVENDICĂRI

1. Procedeu de supraveghere a cursei contactelor întrerupătoarelor **caracterizat prin aceea că** prin cunoașterea structurii constructive a întrerupătorului și a forțelor care acționează asupra sistemului de transmisie a mișcării, este posibilă reducerea maselor (momentelor de inerție) și a forțelor (momentelor forțelor) la un element de referință, apoi, pe baza echivalenței dintre mărimile unui sistem mecanic și cele ale unui sistem electric, sistemul mecanic redus al întrerupătorului este convertit într-un sistem electric cu elemente (RLC), la care, prin cunoașterea sarcinii electrice din circuit, se cunoaște cursa contactului mobil al întrerupătorului.
2. Aparat pentru monitorizarea cursei contactelor întrerupătoarelor **caracterizat prin aceea că**, conform revendicării 1, este format din: - traductorul de forță, (TF) care preia informația despre forța de acționare de la mecanismul de acționare, (MA), al întrerupătorului de înaltă tensiune (I); - modelul electric serie (RLC), al sistemului mecanic de transmitere a mișcării al întrerupătorului; - structura hardware-software, (SH-S), care supraveghează curentul prin circuitul serie prin intermediul unui microcontroler și care comandă modificarea valorii inductanței variabile, respectiv închiderea și/sau deschiderea contactelor (I1, ..., I8), în concordanță cu valorile sarcinii electrice din circuitul serie (RLC) și respectiv, stochează informația despre cursa contactului mobil pe durata manevrei executate într-o memorie nevolatilă corespunzătoare.

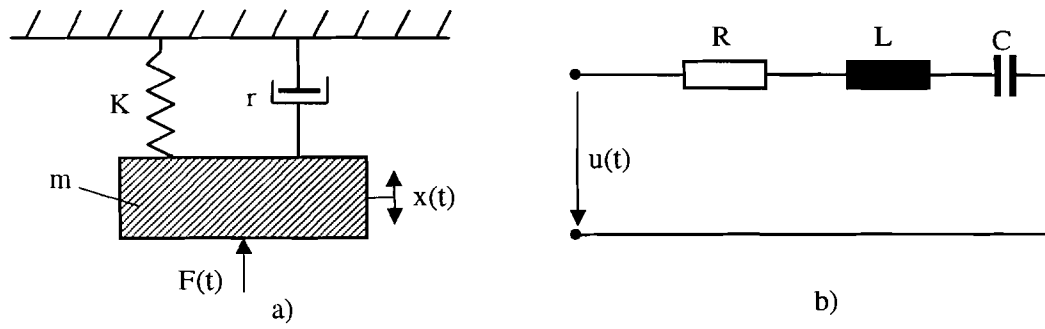


Fig.1

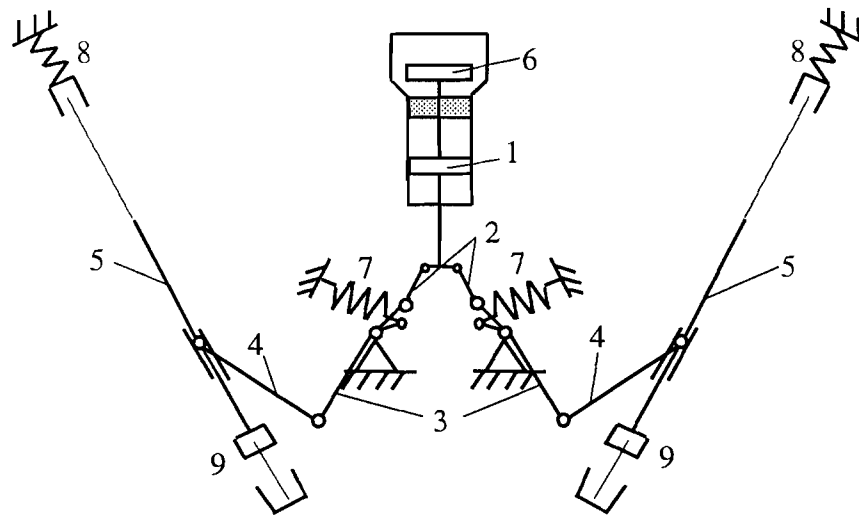


Fig.2

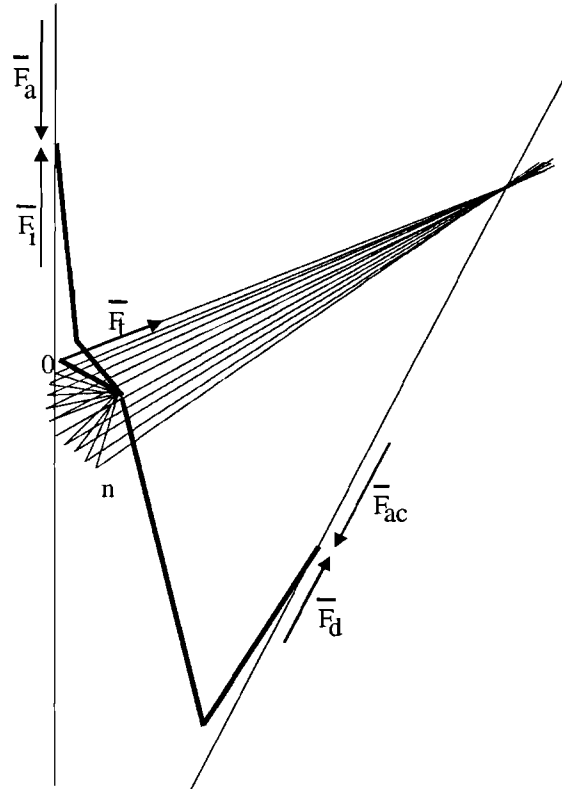


Fig.3

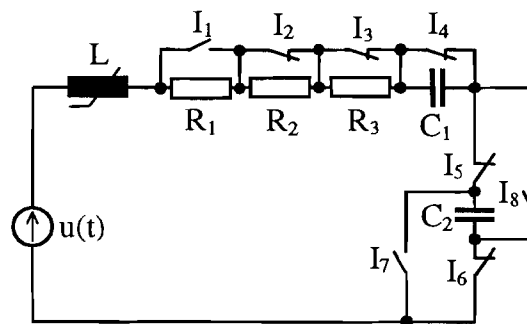


Fig.4

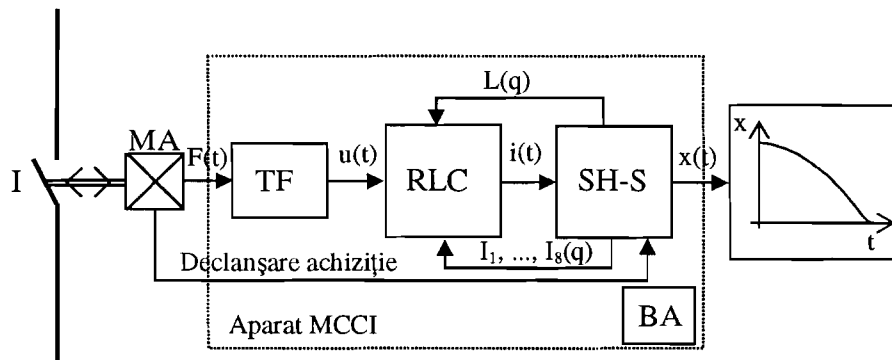


Fig.5