

(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2021 00720**

(22) Data de depozit: **26/11/2021**

(41) Data publicării cererii:
30/05/2023 BOPI nr. **5/2023**

(71) Solicitant:
• UNIVERSITATEA POLITEHNICA DIN
BUCUREȘTI, SPLAIUL INDEPENDENȚEI
NR.313, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO

(72) Inventatori:
• JITIANU GHEORGHE, ALEEA LUNCA
SIRETULUI NR.4, BL.D 43, SC.C, AP.42,
SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;

• GHICULESCU LIVIU DANIEL,
BD. RÂMNICU SĂRAT NR. 4, BL. H9, SC. 1,
AP. 8, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO;
• DRUMEA ANDREI, BD.UNIRII, NR.11,
BL.2B, SC.2, AP.31, SECTOR 4,
BUCUREȘTI, B, RO;
• PETRE RĂZVAN-ADRIAN, BD.ANUL 1864,
NR.57, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO

(54) **METODĂ ȘI SISTEM DE MONITORIZARE ȘI OPTIMIZARE
A GRADULUI DE POLUARE A SPAȚIULUI DINTRE
ELECTROZI ÎN PROCESUL DE PRELUCRARE
PRIN MICRO-ELECTROEROZIUNE**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă și la un sistem pentru monitorizarea și optimizarea gradului de poluare a spațiului dintre electrozi în procesul de prelucrare prin micro-electroeroziune. Metoda conform invenției constă în aceea că la sfârșitul fiecărui ciclu de descărcare electroerozivă se aplică brusc între electrozi, fără pantă de creștere, un nou impuls de la aceeași sursă de tensiune, dar de energie redusă, și se determină întârzierea la străpungere a spațiului dintre electrozi în raport cu o durată, iar dacă această întârziere este necorespunzătoare, se declanșează o procedură de scădere a energiei furnizate spațiului de lucru. Sistemul conform invenției cuprinde un circuit (T2, C, T3) de încărcare-descărcare a unui condensator, în paralel cu un circuit (Redm, T1) principal de generare a impulsurilor electroerozive, gestionat de un bloc logic complex format din temporizatoare (Ti, To, TMtd), un circuit (N) cu prag de tensiune, un comparator (BCT) de durate, un bloc (Bape) de analiză statistică și circuite (Rdt1, Rst2) basculante bistabile, organizat în așa fel încât, premergător oricărei descărcări, se determină întârzierea la amorsare în raport cu o durată prestabilă și se micșorează încărcarea energetică a interstițiului, în caz nefavorabil.

Revendicări: 4
Figuri: 2

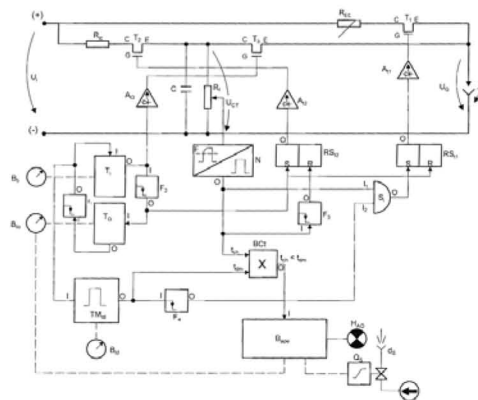
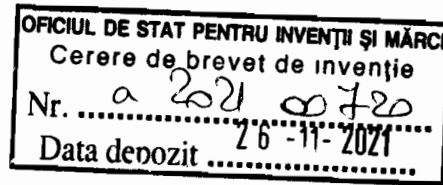


Fig. 1

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).



**DESCRIEREA**

Invenția se referă la o metodă și un sistem pentru monitorizarea și optimizarea gradului de poluare a spațiului dintre electrozi în procesul de prelucrare prin micro-electroeroziune, în vederea protecției electrozilor la deteriorarea prin arc electric, ca urmare a acumulării reziduurilor prelucrării, precedată de scăderea rigidității dielectrice a spațiului de descărcare, până la lipsa întârzierii la amorsare a descărcărilor.

În această situație străpungerea spațiului se face pe parcursul creșterii tensiunii dintre electrozi de la valoarea zero din pauza dintre impulsurile de tensiune aplicate până la valoarea de mers în gol a tensiunii sursei de furnizare a energiei (a generatorului de impulsuri electroerozive). Repetarea acestor descărcări, produse fără să pornească de la tensiunea de mers în gol, accelerează procesul de scădere a rigidității dielectrice, iar spațiul dintre electrozi tinde să devină conductor rezistiv, propice pentru amorsarea arcurilor electrice.

Se cunosc diverse tehnici de protecție pe baza urmării nivelului de tensiune de la care se produc descărcările, care intervin prin diminuarea încărcării energetice a spațiului de lucru, dar după ce fenomenul s-a produs deja.

Acest lucru este dezavantajos pentru regimurile de prelucrare prin micro-electroeroziune, unde se folosesc electrozi cu dimensiuni submilimetrice, iar condițiile de evacuare a reziduurilor prelucrării sunt foarte dificile, pericolul de distrugere atât a electrodului cât și a piesei crescând vertiginos.

Scopul invenției este creșterea siguranței prelucrării prin controlul mai riguros al rigidității spațiului de lucru umplut cu dielectric în vederea eliminării pericolului de arcuri electrice.

Problema pe care o rezolvă invenția este protecția ridicată a electrozilor de dimensiuni submilimetrice folosiți în prelucrările prin microelectroeroziune.

Metoda conform invenției înlătură acest dezavantaj prin aceea că, premergător fiecărei descărcări, se testează rigiditatea dielectrică prin aplicarea unui impuls de energie mică și durată scurtă, de la aceeași sursă de tensiune cu cele de lucru, iar impulsul de lucru se aplică numai dacă impulsul de testare nu a amorsat un timp minim predeterminat, în caz contrar descărcarea de lucru programată eliminându-se, dar aceste cazuri se analizează și statistic pe un eșantion predeterminat și dacă se depășește un anumit procent se intervine prin mărirea pauzei dintre impulsurile de lucru și / sau prin creșterea debitului lichidului de spălare a spațiului de lucru.

Sistemul conform invenției înlătură dezavantajul menționat prin aceea că în paralel cu circuitul principal de furnizare a impulsurilor de lucru se introduce un condensator care se încarcă rapid printr-un prim element de comutație în pauza dintre impulsurile de prelucrare și se conectează brusc, printr-un al doilea element de comutație, în paralel pe interstițiu, imediat după terminarea pauzei dintre impulsurile de prelucrare și dacă condensatorul nu se descarcă în interstițiu un timp minim determinat, se deschide un al treilea element de comutație al circuitului principal de lucru care va furniza descărcarea prelucrării. Dacă condensatorul se descarcă înaintea terminării impulsului de durată minimă generată de un prim timer declanșat la sfârșitul pauzei dintre impulsurile de prelucrare, elementul de comutație al circuitului principal de furnizare a impulsurilor de lucru comandat de un prim circuit basculant bistabil resetabil nu se mai deschide. Tranzițiile tensiunii pe condensatorul menționat se monitorizează de un circuit cu prag, de tip trigger Schmidt, iar scăderea sub nivelul setat determină blocarea elementului de comutație pentru încărcarea condensatorului prin intermediul unui al doilea circuit basculant bistabil resetabil. Dacă scăderea tensiunii pe condensator se produce pe nivelul logic 1 al impulsului generat de primul timer menționat,

un circuit de comparare a duratelor va genera un impuls către un bloc de analiză statistică care, pe baza unor majorități a acestei situații în cadrul unui eșantion de lungime prefixată, va solicita corectarea gradului de poluare a interstițiului, fie prin creșterea duratei dintre impulsurile de prelucrare, fie prin creșterea debitului lichidului de spălare a spațiului dintre electrozi, fie amândouă, ponderat.

Se dă mai jos un exemplu de realizare a invenției în legătură cu figurile 1 și 2:

- fig. 1, schema de principiu a sistemului pentru punerea în aplicare invenției; formele de undă ale semnalelor în diferite puncte de test sunt date în figurile 2a ... 2h
- fig. 2a, forma de undă a semnalului de tact pentru crearea descărcărilor electroerozive, la ieșirea timer-ului T_i ,
- fig. 2b, semnalul generat de timer-ul T_{Mtd} pentru crearea duratei minime admise pentru întârzierea la amorsare a descărcărilor,
- fig. 2c, forma de undă a semnalului de comandă a elementului de comutație T_3 , de conectare bruscă la interstițiu a condensatorului C de testare a rigidității dielectrice,
- fig. 2d, forma de undă a tensiunii la bornele condensatorului C de testare a rigidității dielectricului din spațiul de descărcare / prelucrare, în diferite cazuri posibile,
- fig. 2e, forma de undă a semnalului de comandă a elementului de comutație T_2 , pentru încărcarea condensatorului C de testare a rigidității dielectrice a spațiului dintre electrozi
- fig. 2f, forma de undă a semnalului de comandă a elementului de comutație T_1 , care generează descărcările electroerozive nepericuloase,
- fig. 2g, forma de undă a tensiunii dintre electrozi, conținând descărcări nepericuloase și impulsuri de testare în condiții de rigiditate dielectrică scăzută, dar și un ciclu fără descărcare (distanță prea mare între electrozi)

- fig. 2h, forma de undă a curentului în descărcările nepericuloase

În figura 1 se dă un exemplu de sistem pentru punerea în aplicare a metodei, conform invenției, la o instalație de prelucrare prin micro-electroeroziune a fantelor cu dimensiuni submilimetrice. Formele de undă în diferitele puncte ale sistemului sunt prezentate în fig. 2.

De la polul (+) al unei surse de curent continuu, cu tensiunea de mers în gol U_i , al cărei pol negativ (-) se leagă la piesa de prelucrat, **EP**, se transmit prin circuitul serie format din rezistorul variabil **Redm** și elementul de comutație **T1** (în cazul cel mai frecvent, un tranzistor de tip IGBT) - pe care îl vom numi în continuare "tranzistor", impulsuri ale tensiunii de prelucrare (forță) la electrodul - sculă **ES**, într-o succesiune determinată.

Între polul (+) al sursei și electrodul **ES** este introdus un alt circuit serie format din rezistorul **Ric**, tranzistorul **T2** și tranzistorul **T3**. Între emiterul **E** al tranzistorului **T2** și colectorul **C** al tranzistorului **T3** este introdus un condensator **C**, în general de ordinul a 1 nF, conectat cu cealaltă bornă la piesa **EP**. Electrozii de comandă, **G**, ai tranzistoarelor **T1**, **T2** și **T3** sunt comandați prin niște amplificatoare cu separare galvanică, **At1**, **At2**, respectiv **At3**, de la un bloc de gestionare a impulsurilor care va fi prezentat mai jos. Informația de tensiune pe condensatorul **C** se transmite către blocul de gestionare a impulsurilor printr-un divizor rezistiv **Rf**.

Blocul de gestionare a impulsurilor conține un prim timer, **Ti**, legat în buclă închisă cu un al doilea timer, **To**, prin intermediul a două circuite sensibile la fronturile negative, **F1** între ieșirea **O** a timerului **To** și intrarea **I** a timerului **Ti**, respectiv **F2** între ieșirea **O** a timerului **Ti** și intrarea **I** a timerului **To**. Timerul **Ti** formează secvența de nivel logic 1 din diagrama prezentată în fig. 2a, iar timerul **To** formează secvența de nivel logic 0 a aceleiași diagrame. Ieșirea **O** circuitului sensibil la front negativ **F1** se mai leagă și cu intrarea **I** a unui al treilea timer **TMtd**, cu rolul de formare a impulsului cu nivel logic 1 din fig. 2c.

Semnalul de la ieșirea timerului **Ti** se transmite direct la poarta **G** a tranzistorului **T3**, prin intermediul unui prim amplificator de impulsuri, cu separare galvanică, **At3** și are forma de undă **UBT3**, prezentată în fig. 2b fiind sincronă cu semnalul de tact **Tkt** din fig. 2a.

Forma de undă a tensiunii pe condensatorul **C** este preluată, divizat, de circuitul cu prag, **N**, de tip trigger Schmidt, având ieșire cu separare galvanică. Impulsul format la ieșirea **O** a acestui circuit este transmis la intrările **I1** a unui circuit cu funcție logică **SI**, la intrarea **I** a unui al treilea circuit sensibil la tranziția 1/0, **F3**, respectiv o primă intrare, **tch**, a circuitului de comparare a duratelor **BCt**.

Impulsurile de la ieșirea **O** a celui de-al treilea timer, **TMtd**, sunt transmise la a doua intrare, **tmd**, a circuitului de comparare a duratelor, **BCt** și la intrarea **I** a celui de-al patrulea circuit sensibil la fronturi negative, **F4** a cărui ieșire **O** se conectează cu intrarea **I2** a circuitului cu funcție logică **SI**.

Ieșirea **O** celui de-al doilea circuit sensibil la front negativ, **F2**, se leagă cu intrarea de setare, **S**, a unui prim circuit basculant bistabil resetabil, **RSt2**, respectiv cu cea de resetare, **R**, a unui al doilea circuit basculant resetabil, **RSt1**. Ieșirea **O** a circuitului sensibil la front negativ **F3** se conectează la intrarea de resetare, **R**, a circuitului bistabil **RSt2**.

Ieșirile **O** ale circuitelor basculante bistabile resetabile **RSt1**, respectiv, **RSt2** se leagă prin amplificatoare de impulsuri cu separare galvanică **At1** și **At2** cu electrozii de comanda, **G** ai tranzistoarele **T1**, respectiv **T2**.

Ieșirea **O** a circuitului comparator de durate, **BCt**, transmite, în cazul în care durata impulsului de la ieșirea circuitului cu prag, **N**, notată **tch** este mai mică decât durata impulsului generat de timerul **TMtd**, notată **tdm**, un semnal, **tch < tdm**, către un bloc de analiză statistică pe un eșantion determinat, cu rol de avertizare și protecție a electrozilor, **Bape**. Acest bloc decide refacerea rigidității dielectricului fie prin mărirea pauzei, **to**, dintre

impulsurile de prelucrare, la ieșirea sa **O1**, fie prin creșterea debitului dielectricului de spălare introdus în interstițiu de o pompa, la ieșirea sa **O2**, prin intermediul unui ventil hidraulic analogic, **Qs**, fie o combinație a acestora. În același timp, avertizează operatorul prin avertizorul **Hao**.

Duratele timerelor **Ti**, **To** și **TMtd** sunt programabile de către operator prin elementele de reglare **Bti**, **Bto**, respectiv **Btd**.

În continuare se va explica funcționarea schemei sistemului, cu ajutorul diagramelor din fig. 2. În figură sunt indicate, prin săgeți, și fronturile sau punctele semnificative ale formelor de undă care devin cauze pentru declanșarea altor forme de undă din diferite puncte de test ale schemei din fig.1 (relația cauză - efect). Liniile verticale întrerupte dintre fig.2b și 2d servesc la ușurarea înțelegerii corelării unor momente de timp în desfășurarea proceselor.

Timerele programabile **Ti** și **To**, conectate în buclă închisă, generează semnalul de tact, **Tkt**, din fig. 2a, în care **ti** reprezintă durata impulsului de tensiune aplicat între electrozi - în care este așteptată producerea descărcării electroerozive, dacă distanța dintre aceștia o permite, iar **to** pauza dintre descărcări, destinată refacerii rigidității dielectrice a spațiului în care s-a produs descărcarea.

Pe frontul de sfârșit al pauzei **to** se declanșează impulsul de nivel logic 1 creat de timerul **TMtd**, având semnificația duratei minime admise, **tdm**, a întârzierii la amorsare a descărcării, conform fig. 2b.

Tranzistorul **T3**, care are rolul de a conecta rapid la interstițiu condensatorul **C**, deja încărcat la nivelul tensiunii **Ui**, este comandat saturat / blocat sincron cu semnalul de tact, **Tkt**, în acord cu diagrama **UBT3** din diagrama prezentată în fig. 2.c.

Încărcarea condensatorului **C** este asigurată de tranzistorul **T2**, comandat saturat pe durata pauzei **to** (condiția obligatorie de dimensionare a schemei: $3C \times Ric \ll to$). Deschiderea

tranzistorului **T2** este comandată la apariția tranziției 1 / 0, care aduce ieșirea **O** a circuitului basculant resetabil **RSt2** în nivel logic 1. Această tranziție determină și blocarea tranzistorului **T1**, prin resetarea circuitului basculant **RSt1**.

Primul impuls de tensiune din *fig. 2d* corespunde situației în care străpungerea spațiului dintre electrozi, sesizată la ieșirea **O** a circuitului cu prag **N**, s-a produs în timpul palierului de nivel logic 1 de la ieșirea timerului **TMtd** (a se vedea linia verticală întreruptă între diagramele din *fig. 2d* și *fig. 2b*). În această situație circuitul basculant **RSt2** este resetat și tranzistorul **T2** se blochează. Tranzistorul **T1**, blocat deja la sfârșitul duratei **ti** prin resetarea circuitului bistabil **RSt1** nu va mai intra în conducție, această stare fiindu-i comandată doar de tranziția 1 / 0 (prin **F4**) care apare la ieșirea timerului **TMtd**, și numai dacă tensiunea pe condensatorul **C** este peste pragul fixat al circuitului **N**, condiție verificată de circuitul logic **SI**. Între electrozi va apărea doar un impuls dreptunghiular de tensiune, scurt, de testare a rigidității dielectrice, cu durata mai mică decât cea de control prescrisă prin timerul **TMtd**.

Al doilea impuls de tensiune din *fig. 2d* corespunde situației în care străpungerea spațiului dintre electrozi s-a produs după terminarea impulsului de control generat de timerul de control **TMtd**. (*fig. 2b*). Prin deschiderea tranzistorului **T2** (*fig. 2e*) la începutul pauzei **to**, tensiunea pe condensatorul **C** crește rapid, dar exponențial, până la valoarea **Ui** și rămâne în continuare pe acest palier. Când se termină impulsul de control, **tdm**, se comandă saturarea tranzistorului **T1** (a se vedea prima săgeată cauză - efect dintre *fig. 2b* și *2f*) și tensiunea pe condensator rămâne la valoarea **Ui**, dar va apărea și între electrozi (**Ug**, *fig. 2.g*). La un moment dat (aleatoriu) se va produce amorsarea descărcării, susținută de curentul generat de sursă prin **Redm** și **T1**, tensiunea pe condensator va scădea sub pragul fixat pentru circuitul **N** și, ca urmare, tranzistorul **T2** se va bloca (a se vedea a doua săgeată dintre *fig. 2d* și *2e*). După expirarea timpului programat pentru descărcare, **ti**, se va bloca și **T1**, dar se va redeschide **T2**. Curentul în descărcarea electroerozivă este dat în *fig 2.h*. Procesul continuă în

aceeași logică până se termină prelucrarea și în diagrama din *fig. 2g* se observă impulsuri de tensiune de (*test*), de prelucrare (*edm*), dar și un ciclu (*lipsă descărcare*).

Blocul de comparare a duratelor de impulsuri, **BCt**, primește la intrarea **tdm** (un impuls cu durata minimă a întârzierii la amorsare admisă) impulsul generat de timerul **TMtd** a cărui durată o compară cu nivelul logic 1 primit de la circuitul cu prag, **N**, notat **tch** și dacă durată $tch < tdm$, transmite la ieșirea sa **O** un impuls (cu durata egală cu cea a impulsurilor de tensiune marcate cu "test" în *fig. 2g*). Aceste impulsuri sunt preluate de blocul de analiză statistică într-un eșantion de cicluri prefixat, **Bape**, care, dacă depășesc un procent admis din numărul de cicluri de descărcare în care descărcările electroerozive au fost eliminate (fără curent *ie*), se intervine pentru refacerea rigidității dielectrice fie prin mărirea pauzei **to** dintre descărcări (ieșirea **O1**), fie prin creșterea debitului lichidului de spălare **Qs** (ieșirea **O2**), fie ambele ponderat. În același timp este atenționat operatorul prin elementul **Hao**.

Invenția prezintă următoarele avantaje:

- Crește gradul de protecție a electrozilor cu dimensiuni submilimetrice folosiți în procesul de prelucrare prin micro-electroeroziune
- Micșorează uzura electrozilor și crește productivitatea pe ansamblul procesului de prelucrare prin micro-electroeroziune

REVENDICĂRI

1. Metodă de monitorizare și optimizare a gradului de poluare a spațiului dintre electrozi în procesul de prelucrare prin micro-electroeroziune, **caracterizată prin aceea că**, pentru evaluarea gradului de poluare, de la o sursă comună de tensiune, la sfârșitul fiecărui ciclu de descărcare, format dintr-o primă fază de furnizare a energiei de prelucrare, urmată de o a doua fază de restabilire a rigidității dielectrice, se aplică brusc între electrozi, fără pantă de creștere, un nou impuls, dar de energie redusă și se determină întârzierea la străpungere a spațiului dintre electrozi în raport cu o durată prestabilită.
2. Metodă conform revendicării 1, **caracterizată prin aceea că**, dacă durata întârzierii la străpungere a spațiului de către impulsul de energie redusă este mai mică decât durata prestabilită, în următorul ciclu de descărcare se elimină furnizarea energiei de prelucrare în prima fază a ciclului de descărcare.
3. Metodă conform revendicării 2, **caracterizată prin aceea că**, dacă pe un eșantion de cicluri de descărcare se depășește un anumit procent de cicluri fără furnizarea de energie de prelucrare, se solicită scăderea gradului de poluare, fie prin creșterea duratei fazei de restabilire a rigidității dielectrice, fie prin creșterea debitului de spălare forțată a spațiului dintre electrozi, fie amândouă, ponderat.

4. Sistem pentru monitorizarea și optimizarea gradului de poluare a spațiului dintre electrozi în procesul de prelucrare prin micro-electroeroziune, gestionat de un generator de impulsuri dreptunghiulare furnizate de la o sursă de tensiune U_i , prin intermediul unui circuit serie format dintr-un prim rezistor, R_{edm} și un prim element de comutație, T_1 , comandat în stare de conducție, respectiv blocare la momente de timp determinate, pentru punerea în aplicare a metodei de la revendicarea 1 este **caracterizat prin aceea că**, în paralel cu circuitul de furnizare a impulsurilor de prelucrare se introduce un circuit de încărcare rapidă în pauza dintre impulsurile de prelucrare creată de un prim timer, T_o , a unui condensator, C , de la aceeași sursă de tensiune U_i , prin intermediul unui al doilea rezistor, R_{ic} , înseriat cu un al doilea element de comutație, T_2 , care se introduce în starea de conducție la începutul duratei creată de primul timer menționat, T_o , prin intermediul unui prim circuit basculant bistabil de tip resetabil, R_{St2} , conectarea bruscă a condensatorului încărcat la spațiul de lucru fiind asigurată de un al treilea element de comutație, T_3 , introdus în starea de conducție pe o durată creată de un al doilea timer, T_i , cele două timere fiind conectate în buclă închisă prin intermediul unor circuite sensibile la tranzițiile ON/OFF, F_1 , între T_o și T_i , respectiv F_2 , între T_i și T_o , la sfârșitul impulsului creat de timerul T_o , fiind declanșat un impuls cu durată programabilă, creat de un al treilea timer, T_{Mtd} , tranzițiile tensiunii pe condensatorul C menționat fiind urmărite de un circuit cu prag, N , de tip trigger Schmidt, a cărui ieșire se conectează la o primă intrare a unui circuit

cu funcția logică **ȘI**, la o primă intrare a unui circuit comparator de durate, **BCT** și, prin intermediul unui al treilea circuit sensibil la tranziția ON/OFF, **F3**, la intrarea de resetare a primului circuit basculant resetabil menționat, **RSt2**, ieșirea celui de al treilea timer menționat, **TMtd**, se mai conectează,

prin intermediul unui al patrulea circuit sensibil la tranzițiile ON/OFF, **F4**, la a doua intrare a circuitului **ȘI** menționat și la a doua intrare a circuitului comparator de durate, **BCT**, ieșirea circuitului **ȘI** fiind conectată la intrarea de introducere în starea ON a unui al doilea circuit basculant bistabil de tip resetabil, **RSt1**, cu rol de comandă a elementului de comutație **T1**, menționat, circuit bistabil a cărui intrare de introducere în starea OFF, împreună cu intrarea de introducere în stare ON a primului circuit basculant menționat, **RSt2** se conectează la ieșirea circuitului sensibil la front **F2** menționat, ieșirea circuitului comparator de durate **BCT**, menționat, se conectează la intrarea unui bloc de analiză statistică și avertizare protecție electrozi, **Bape**, care, în situația în care durata impulsului generat de al treilea timer menționat, **TMtd**, este mai mare decât durata impulsului format de circuitul cu prag, **N**, menționat, le analizează statistic pe un eșantion de descărcări și, dacă e cazul, solicită corectarea spălării insuficiente fie prin creșterea duratei pauzei dintre impulsurile de prelucrare, **To**, fie prin creșterea debitului lichidului de spălare forțată, sau ambele, însoțite de avertizarea operatorului instalației de prelucrare prin micro-electroeroziune.

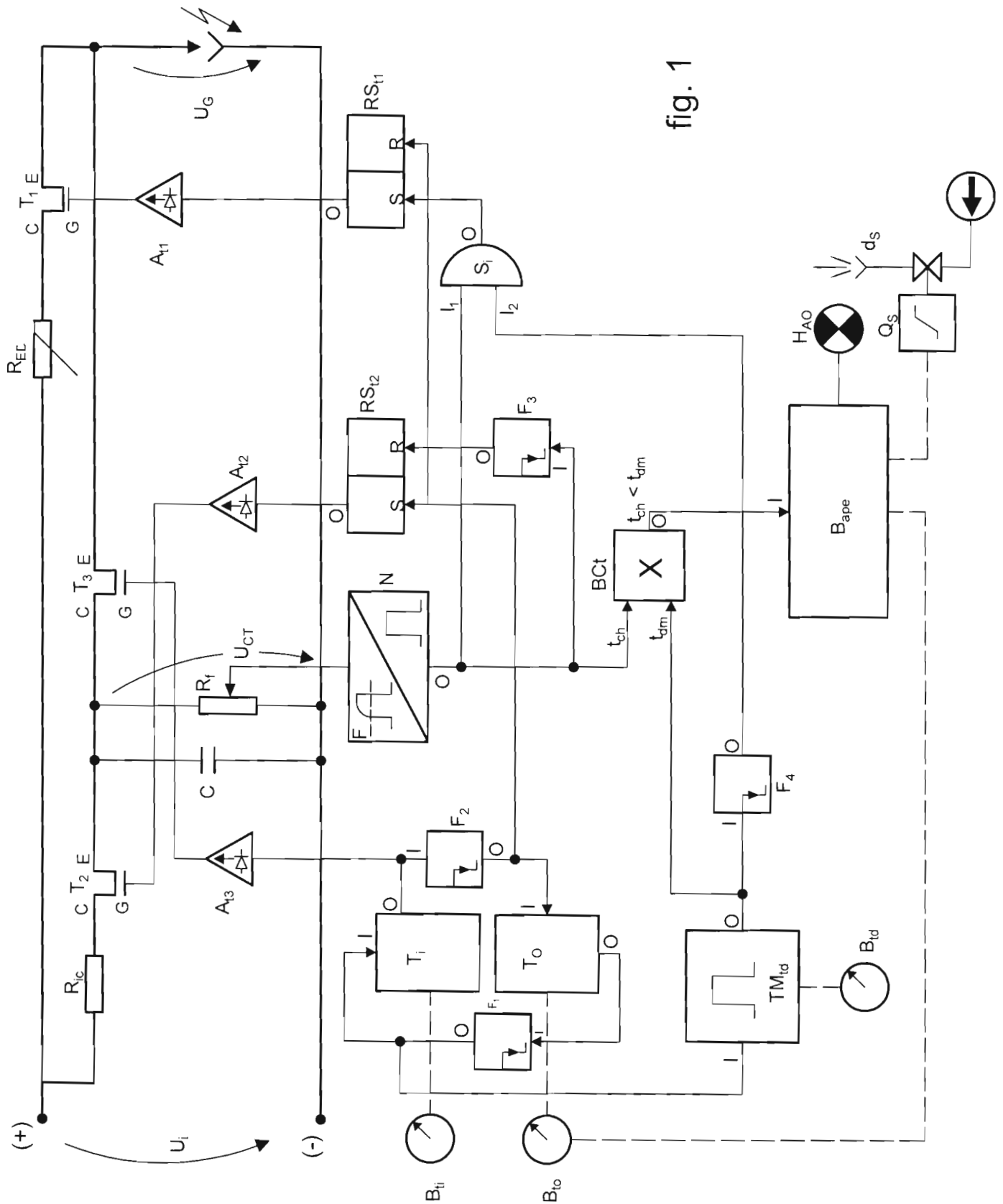


fig. 1

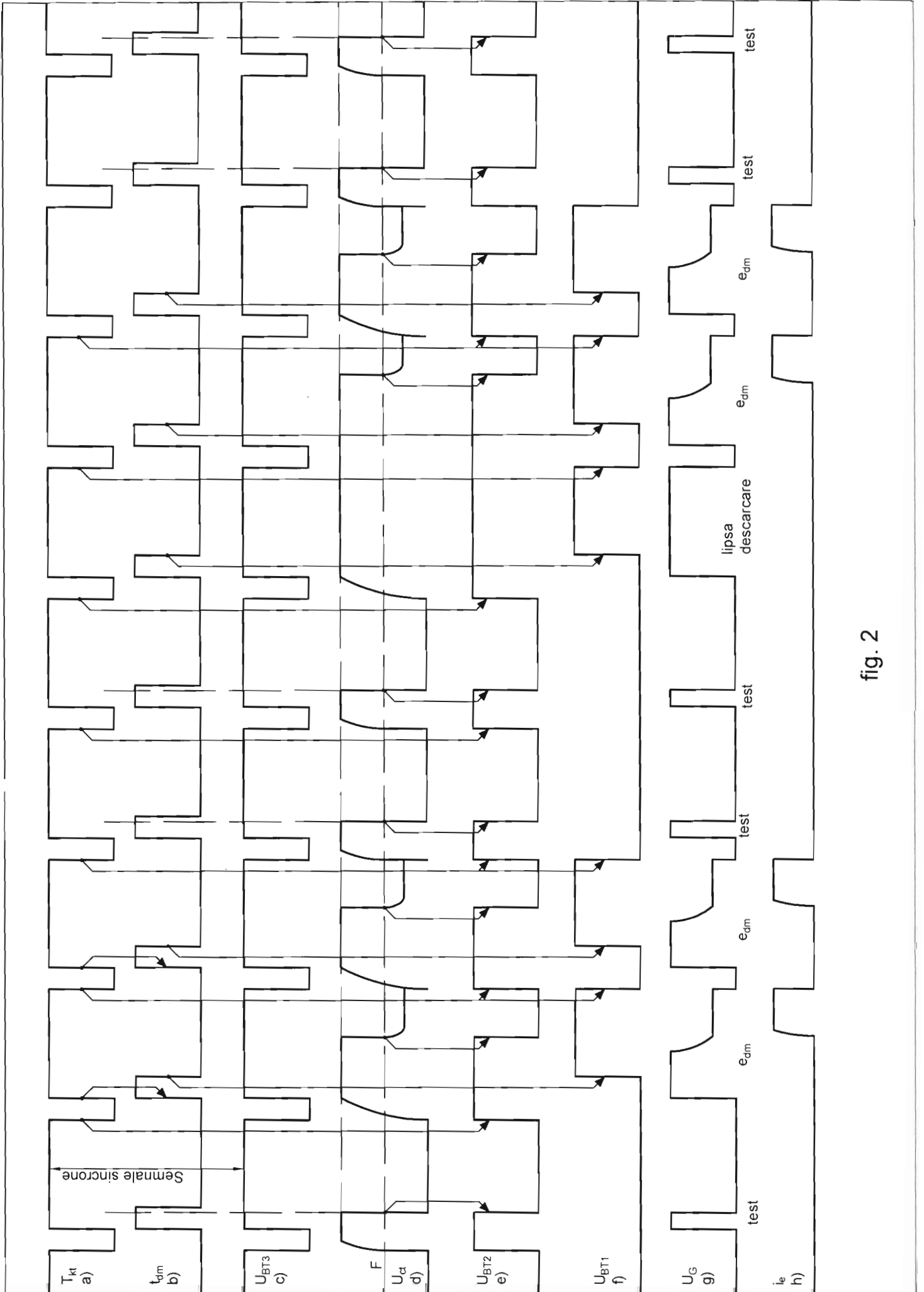


fig. 2