



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2015 00721

(22) Data de depozit: 07/10/2015

(41) Data publicării cererii:  
29/04/2016 BOPI nr. 4/2016

(71) Solicitant:  
• EDMING SERV CONSULT SRL,  
ALEEA LUNCA SIRETULUI NR. 4, BL. D43,  
SC. C, AP. 42, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B,  
RO

(72) Inventatori:  
• JITIANU GHEORGHE,  
ALEEA LUNCA SIRETULUI NR. 4, BL. D4,  
SC. C, AP. 42, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B,  
RO

(54) METODĂ ȘI ECHIPAMENT PENTRU MAXIMIZAREA  
NUMĂRULUI COINCIDENȚELOR MOMENTELOR AMORSĂRII  
UNOR DESCĂRCĂRI ELECTROEROZIVE ÎNTR-UN MEDIU  
DIELECTRIC LICHID, SUPUS SONOCAVITAȚIEI CU UN  
ANUMIT MOMENT PRESTABILIT AL FAZELOR UNDEI  
ULTRASONICE ASOCIATE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă pentru maximizarea numărului coincidențelor momentelor amorsării unor descărcări electroerozive într-un mediu dielectric lichid, supus sonocavitației cu un anumit moment prestabilit al fazelor unde ultrasonice asociate, și la un echipament pentru implementarea acestei metode, destinate a fi utilizate în instalații de prelucrare prin electroeroziune. Metoda conform invenției constă din cuplarea tensiunii de străpungere a spațiului dintre electrozi, de fiecare dată, cu o semiperioadă înaintea fazei unde ultrasonice aleasă pentru stabilirea momentului de coincidență, și din modificarea distanței dintre electrozi în sensul de creștere sau scădere, fie pe baza unei majorități rezultate din analiza momentului descărcărilor, în raport cu unghiul de fază ales al unui tren de unde ultrasonice, fie pe baza unei tendințe de deteriorare a procesului manifestate prin consecutivitatea producerii descărcărilor înainte de momentul ales pentru coincidență, respectiv, după momentul de coincidență prestabilit. Echipamentul conform invenției este alcătuit din două circuite identice de încărcare, respectiv, de descărcare a două condensatoare, și dintr-un circuit de discriminare a semiperioadelor impare de cele pare, și cuprinde un prim circuit complex, cu o topologie formată din circuite logice, pentru aplicarea tensiunii cu o semiperioadă înaintea semiperioadei selectate, un al doilea circuit complex, cu o topologie formată din circuite logice, pentru discriminarea momentului descărcărilor în raport cu unghiul de fază prestabilit, precum și un al

treilea circuit complex, format din circuite logice cu o topologie de realizare a unei statistici în cadrul trenului de perioade ale unde ultrasonice, care determină o consecutivitate pe un al doilea tren de perioade de lungime prestabilită mai mică decât a primului tren și, pe baza rezultatelor obținute, decide modificarea distanței dintre electrozi.

Revendicări: 4  
Figuri: 4

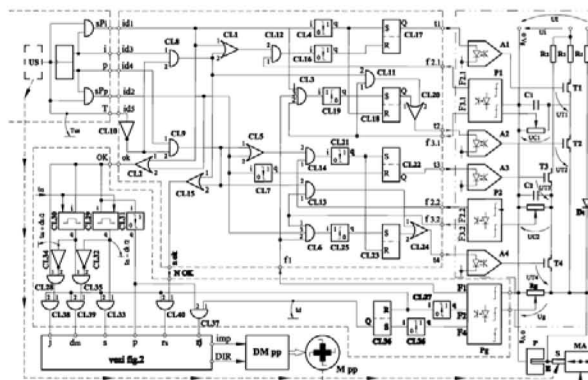
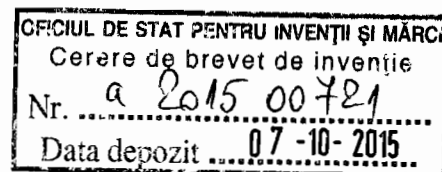


Fig. 1

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).





**Metodă și echipament pentru maximizarea numărului coincidențelor momentelor amorșării unor descărcări electroerozive într-un mediu dielectric lichid supus sonocavitației cu un anumit moment prestabilit al fazelor undei ultrasonice asociate**

### **Descrierea**

Invenția se referă la o metodă pentru maximizarea numărului coincidențelor momentelor amorșării unor descărcări electroerozive într-un mediu dielectric lichid supus sonocavitației cu un anumit moment prestabilit al fazelor undei ultrasonice asociate și la echipamentul de punere în aplicare a metodei în cazul în care energia este asigurată de două condensatoare care se descarcă alternativ în spațiul de lucru.

Se cunosc tehnici de combinare a procesului de prelucrare prin electroeroziune a materialelor conductoare electric prin efectul descărcărilor electrice dintre un electrod numit sculă și un altul numit piesă, ambele cufundate într-un dielectric lichid în care, simultan, se propagă și unde ultrasonice. Mai mult decât atât, se cunosc tehnici de combinare a electroeroziunii cu ultrasunetele având particularitatea că însuși electrodul sculă este solidar cu sonotrodul generator de unde ultrasonice și astfel este supus efectului de sonocavitație. Cercetările au arătat că dacă descărcările electroerozive se produc într-o anumită fază a undei ultrasonice cresc performanțele prelucrării concretizate prin creșterea vitezei de prelevare a materialului și, în același timp, prin scăderea rugozității suprafeței prelucrate, performanțe puse cel mai bine în evidență la energii mici de prelucrare. Apare restricția că durata descărcărilor nu trebuie să depășească durata unei semiperioade a undei ultrasonice (în general mai mică de 25  $\mu$ s), ceea ce a condus la ideea de a folosi, cu predilecție, ca energie de prelucrare energia furnizată prin descărcarea unui condensator în spațiul dintre electrozi. Pentru ca efectul favorizant al undei ultrasonice să se producă sistematic ar trebui ca fiecare descărcare să se producă în aceeași semiperioadă a semnalului generator de unde. Însă, aici apare o dificultate majoră cauzată de faptul că ultrasunetele sunt un fenomen strict periodic, iar electroeroziunea este un proces aleatoriu și, deci, o sincronizare reală devine imposibilă.

În plus, se impune o foarte bună stabilitate a distanței dintre electrozi, dificultate accentuată de faptul că la energii mici de prelucrare (pentru superfinisări și / sau microprelucrări de fante și găuri cu deschideri submilimetrice) această distanță este în domeniul a 10 μm, ceea ce conduce la scurtcircuite aleatorii în interstițiul de prelucrare, urmate de îndepărtări și apropieri frecvente ale electrozilor. Pe durata deplasărilor electrodului sculă (mai uzual) nu se mai produc descărcări electroerozive.

Este, de asemenea, cunoscut că odată aplicată tensiunea între electrozi, străpungerea spațiului se produce cu întârziere (sau nu se produce deloc), funcție de distanța dintre electrozi și conductibilitatea locală a spațiului umplut cu dielectric lichid. La energii mici de prelucrare (cum este cazul prezentei aplicații) ionizarea remanentă după fiecare descărcare este foarte mică, deci o conductibilitate foarte redusă, ceea ce impune ca descărcările să poată fi amorstate numai și numai dacă cei doi electrozi sunt la distanță foarte mică unul de altul, cu riscul scurtcircuitelor dintre aceștia.

Tehnicile cunoscute de combinare a electroeroziunii cu ultrasunetele fie lasă ca fiecare fenomen să se desfășoare independent, fie descărcările condensatoarelor în spațiul dintre electrozi sunt pilotate de semnalul generator de ultrasunete, în așa fel încât tensiunea să apară între electrozi numai pe durata semiperioadei favorabile a undei ultrasonice, care fiind scurtă, nu oferă timp suficient pentru străpungerea spațiului. În ambele cazuri probabilitatea producerii descărcărilor în cadrul semiperioadei favorabile este foarte redusă.

Din considerentele prezentate, metodele și echipamentele care combină electroeroziunea cu ultrasunetele au importante limitări de performanță în ceea ce privește productivitatea procesului de prelucrare și rugozitatea suprafeței obținute.

Scopul invenției este creșterea productivității procesului de prelucrare prin electroeroziune la energii mici și creșterea calității suprafeței prelucrate.

Problema pe care o rezolvă invenția este optimizarea procesului de prelucrare prin electroeroziune la energii mici, combinat cu ultrasunetele generatoare de sonocavitație în spațiul dintre electrozi, prin creșterea probabilității ca descărcările electroerozive să se producă pe durata semiperioadei favorabilă a undei ultrasonice.

Metoda pentru maximizarea numărului coincidențelor momentelor amorsării unor descărcări electroerozive într-un mediu dielectric lichid supus sonocavitației cu un anumit moment prestabilit al fazelor undei ultrasonice asociate, conform invenției, înlătură dezavantajele de mai sus prin aceea că tensiunea de străpungere a spațiului dintre electrozi se aplică, de fiecare dată, cu o semiperioadă înaintea fazei undei ultrasonice aleasă pentru stabilirea momentului de coincidență, completată cu aceea că momentul coincidenței se reglează prin deplasări ale electrozilor cu un increment de mărime convenabilă în sensul de apropiere, în cazul în care majoritatea descărcărilor pe durata unui prim număr prestabilit de perioade succesive ale undei ultrasonice amorsează după momentul ales pentru coincidență al fazei undei ultrasonice și cu același increment în sensul de îndepărtare, în cazul în care majoritatea descărcărilor pe durata numărului de perioade succesive menționat se produce anterior momentului ales pentru coincidență și se mai completează cu aceea că în cazul în care un al doilea număr prestabilit de perioade consecutive, semnificativ mai mic decât primul număr menționat, nu prezintă amorsare pe durata fazei alese pentru coincidență se comandă apropierea imediată a electrozilor cu incrementul menționat, iar în cazul în care pe durata celui de-al doilea număr menționat de perioade consecutive amorsările se produc pe durata fazei imediat anterioară celei alese pentru coincidență se comandă îndepărtarea imediată a electrozilor cu incrementul menționat.

Echipamentul pentru maximizarea numărului coincidențelor momentelor amorsării unor descărcări electroerozive într-un mediu dielectric lichid supus sonocavitației cu un anumit moment prestabilit al fazelor undei ultrasonice asociate, compus din două circuite identice de încărcare a două condensatoare prin două elemente de comutație și de descărcare în spațiul dintre electrozi prin alte două elemente de comutație și dintr-un circuit de discriminare a semiperioadelor numite convențional impare de cele pare,

înlătură dezavantajele de mai sus prin aceea că gestionarea comenzilor de încărcare, respectiv descărcare alternativă a celor două condensatoare este asigurată de un prim circuit complex care are o topologie formată din circuite logice care asigură spațiului dintre electrozi aplicarea tensiunii cu o semiperioadă înaintea semiperioadei aleasă ca favorabilă, mai conține un al doilea circuit complex care are o topologie formată din circuite logice pentru discriminarea momentului descărcărilor, în cadrul unui tren de perioade ale unei ultrasonice, în raport cu unghiul de fază prestabilit și mai conține un al treilea circuit complex format din circuite logice organizate într-o topologie care realizează o statistică în cadrul trenului menționat și determină fie o majoritate în cadrul acestui tren, fie determină o consecutivitate pe un al doilea tren de perioade de lungime prestabilită semnificativ mai mică decât a primului tren menționat, iar pe baza rezultatelor obținute se decide modificarea cu un increment a distanței dintre electrozi.

Se dă mai jos un exemplu de realizare a invenției în legătură cu fig. 1, 2, 3 și 4 care reprezintă:

- Fig. 1 – Schema generală a echipamentului pentru punerea în aplicare a metodei
- Fig. 2 – Schema circuitului de analiză statistică și generare a comenzilor de corecție a distanței dintre electrozi
- Fig. 3a) – Forma de undă a semnalului în fază cu unda ultrasonică; sincron și cu semnalul din punctul *OK* din fig.1
- Fig. 3b) – Forma de undă a semnalului pe electrodul de comandă al elementului de comutație T1
- Fig. 3c) – O variantă de formă de undă a tensiunii la bornele condensatorului C1 din fig.1
- Fig.3d) - Forma de undă a semnalului pe electrodul de comandă al elementului de comutație T2
- Fig.3e) - Forma de undă a semnalului pe electrodul de comandă al elementului de comutație T3
- Fig.3f) - O variantă de formă de undă a tensiunii la bornele condensatorului C2 din fig.1

- Fig. 3g) - Forma de undă a semnalului pe electrodul de comandă al elementului de comutație T4
- Fig.3h) – Forma de undă a tensiunii dintre electrozii sculă, S și piesă, P din fig.1
- Fig. 4a) - Forma de undă a semnalului în fază cu unda ultrasonică; sincron și cu semnalul din punctul OK din fig.1 (identică cu fig. 3a)
- Fig. 4b) – Forma de undă rezultată din programarea unghiului de fază al semiperioadei favorabile a undei ultrasonice, ales pentru sincronizare,  $t_\alpha$
- Fig. 4c) - Forma de undă a tensiunii dintre electrozii sculă, S și piesă, P din fig.1; identică cu fig. 3h)
- Fig.4d) - Forma de undă a semnalului la ieșirea circuitului bistabil CL36 din fig.1,  $t_d$  în acord cu forma de undă a tensiunii dintre electrozi
- Fig.4e) – Impuls pentru marcarea descărcărilor care s-au produs după domeniul admis pentru coincidență,  $t_\alpha + dt/2$ , la ieșirea circuitului CL38 din fig.1
- Fig.4f) - Impuls pentru marcarea descărcărilor care s-au produs în domeniul admis pentru coincidență,  $t_\alpha \pm dt/2$ , la ieșirea circuitului CL39 din fig.1
- Fig. 4g) - Impuls pentru marcarea descărcărilor care s-au produs înaintea domeniului admis pentru coincidență,  $t_\alpha - dt/2$ , la ieșirea circuitului CL33 din fig.1
- Fig. 4h) – Impuls pentru marcarea perioadelor undei ultrasonice în care nu s-au produs descărcări, la ieșirea circuitului CL37 din fig. 1
- Fig. 4i) – Impuls pentru marcarea descărcărilor care s-au produs înaintea semiperioadei favorabile, la ieșirea circuitului CL40 din fig. 1.

În fig.1 și fig. 2 se dă un exemplu de echipament pentru punerea în aplicare a metodei, conform invenției, la o instalație de prelucrare a găurilor sau microfantelor cu deschidere mică în materiale conductoare electric.

Echipamentul are în componere un servomecanism comandat incremental în ambele sensuri cu scopul menținerii distanței optime dintre electrozii între care se produc descărcările electroerozive, unul numit sculă, E și celălalt piesă de prelucrat, P care este

MS

legată la un pol comun al unui grup de surse. Cei doi electrozi sunt cufundați într-un bazin umplut cu dielectric, nefigurat în schemă.

Tensiunea dintre electrozi este monitorizată printr-un prim divizor rezistiv ( $R_g$ ). Electroful E este solidar cu un sonotrod, S care generează undele ultrasonice cu efect de sonocavitație asupra electrofului ca efect al oscilațiilor produse de generatorul US.

Un prim circuit de discriminare a unor semiperioade convenite ca favorabile pentru electroeroziune ale undei ultrasonice în semiperioade, numite convențional, impare și pare se interpune între generatorul de ultrasunete, US și schema acestui echipament.

Un circuit de forță este compus, pe de o parte, dintr-un circuit serie rezistență ( $R_t$ ) și diodă ( $D_t$ ) conectat între o primă sursă ( $U_t$ ) și electroful sculă (E) și, pe de altă parte, dintr-un circuit generator al impulsurilor de descărcare electroerozivă compus, la rândul său, dintr-un prim condensator ( $C_1$ ) care se încarcă de la o a doua sursă ( $U_i$ ) cu tensiunea de mers în gol semnificativ mai mare decât a primeia menționată, prin intermediul unui prim element de comutație ( $A_1$ ), comandat în stările de conducție și blocare de un prim amplificator cu separare galvanică ( $A_1$ ) și se descarcă în spațiul dintre electrozi prin intermediul unui al doilea element de comutație ( $T_2$ ), comandat în stările de conducție și blocare de un al doilea amplificator cu separare galvanică ( $A_2$ ).

Un al doilea condensator ( $C_2$ ) se încarcă de la a doua sursă menționată prin intermediul unui al treilea element de comutație ( $T_3$ ), comandat în stările de conducție și blocare de un al treilea amplificator cu separare galvanică ( $A_3$ ) și se descarcă în spațiul dintre electrozi prin intermediul unui al patrulea element de comutație ( $T_4$ ), comandat în stările de conducție și blocare de un al patrulea amplificator cu separare galvanică ( $A_4$ ).

Tranzițiile prin câte două praguri a tensiunilor pe fiecare din cele două condensatoare menționate, un prim prag aflat în apropierea tensiunii de mers în gol a celei de a doua surse menționate și un al doilea prag aflat sub nivelul la care se consideră că o descărcare a amorsat, sunt monitorizate pe baza unor informații primite printr-un al doilea ( $RC_1$ ) și un al treilea ( $RC_2$ ) divizor rezistiv de un prim ( $P_1$ ), respectiv un al doilea ( $P_2$ ) circuit de comutație cu prag și separare galvanică. Fiecare din circuitele cu prag menționate emite la ieșire câte un semnal corespunzător tranzițiilor în sens crescător și descrescător prin primul, respectiv al doilea prag menționate.

Circuitul discriminator al semiperioadelor impare și pare menționat este format din două circuite cu funcția logică ȘI și un circuit basculant bistabil în schemă de divizor cu doi și crează semnale ce se transmit echipamentului pentru punerea în aplicare a metodei, prin cinci ieșiri care vor fi nominalizate mai departe.

Pentru punerea în aplicare a metodei, un prim circuit complex al echipamentului, având rolul de a gestiona comenzile necesare formării impulsurilor de descărcare electroerozivă, are un prim set de intrări care se conectează cu ieșirile circuitului de discriminare a semiperioadelor menționat astfel :

- o primă intrare, notată *id1*, conectată cu o primă ieșire a circuitului de discriminare, notată *sPi*, corespunzătoare impulsului sincron cu semiperioada convenabilă impară,
- o a doua intrare, notată *id2*, conectată cu o a doua ieșire, notată *sPp*, corespunzătoare impulsului sincron cu semiperioada convenabilă pară,
- o a treia intrare, notată *id3*, conectată cu o a treia ieșire, notată *i*, corespunzătoare perioadei considerată convențional impară,
- o a patra intrare, notată *id4*, conectată cu o a patra ieșire, notată *p*, corespunzătoare perioadei considerată pară și
- o a cincea intrare, notată *id5*, conectată cu o a cincea ieșire, notată *T*, corespunzătoare tactului sincron cu perioadele undelor ultrasonice.

Un doilea set de intrări al acestui prim circuit complex se conectează la ieșirile celor două circuite de comutație cu prag și separare galvanică menționate astfel:

- o a șasea intrare, notată *f3.1*, conectată cu prima ieșire menționată a primului circuit cu prag menționat (P1), notată *F3.1*, o a șaptea intrare, notată *f2.1*, conectată cu a doua ieșire a acestui circuit cu prag, notată *F2.1*,
- o a opta intrare, notată *f3.2*, conectată cu prima ieșire menționată a celui de-al doilea circuit cu prag menționat (P2), notată *F3.2*,
- o a noua intrare, notată *f2.2*, conectată cu a doua ieșire a acestui al doilea circuit cu prag, notată *F2.2*.



Acest prim circuit complex mai are o intrare, notată  $f1$ , prin care primește o informație că au avut loc tranziții printr-un al treilea nivelul de tensiune aflat în domeniul în care se definește scurcircuitul între electrozi.

Pe baza informațiilor primite la toate intrările menționate, circuitul emite semnale la un prim set de ieșiri legate la intrările amplificatoarelor de comandă ale elementelor de comutație din circuitul de forță menționat, astfel:

- o primă ieșire, notată  $t1$ , legată la intrarea primului amplificator, simbolizat  $A1$ , al primului element de comutație menționat (T1),
- o a doua ieșire, notată  $t2$ , legată la intrarea amplificatorului, simbolizat  $A2$ , al celui de-al doilea element de comutație menționat (T2),
- o a treia ieșire, notată  $t3$ , legată la intrarea amplificatorului, simbolizat  $A3$ , al celui de-al treilea element de comutație menționat (T3),
- o a patra ieșire, notată  $t4$ , legată la intrarea amplificatorului, simbolizat  $A4$ , al celui de-al patrulea element de comutație menționat (T4).

De asemenea, mai emite semnale la un al doilea set de ieșiri, astfel:

- o a cincea ieșire, notată  $ok$ , prin care emite un semnal corespunzător semiperioadelor impare și pare convenabile producerii descărcărilor electroerozive și
- o a șasea ieșire, notată  $nok$ , prin care emite un semnal corespunzător semiperioadelor care preced pe cele impare și pare convenabile.

Acest prim circuit complex are o topologie logică prezentată sub formă de rețea de conexiuni între intrările menționate ( $id1$ ,  $id2$ ,  $id3$ ,  $id4$ ,  $id5$ ,  $f3.1$ ,  $f2.1$ ,  $f3.2$ ,  $f2.2$  și  $f1$ ) și elemente logice de diverse tipuri, conectate, la rândul lor, între ele și la ieșirile menționate ( $t1$ ,  $t2$ ,  $t3$ ,  $t4$ ,  $ok$  și  $nok$ ), topologie ce va fi prezentată în continuare.

Prima intrare  $id1$  este conectată cu o primă intrare a unui prim circuit cu funcție logică SAU, **CL1**, cu o primă intrare a unui al doilea circuit cu funcție logică SAU, **CL2**, cu o primă intrare a unui prim circuit cu funcție logică ȘI, **CL3**, și cu intrarea  $i$  a unui prim circuit sensibil la tranziții negative 1/0, **CL4**.

Intrarea a doua,  $id2$  este conectată cu prima intrare a unui al unui al treilea circuit cu funcție logică SAU, **CL5**, cu prima intrare a unui al doilea circuit cu funcție logică ȘI, **CL6**, cu intrarea  $i$  a unui al doilea circuit sensibil la tranziții negative 1/0, **CL7**, și cu a

doua intrare a celui de-al doilea circuit cu funcție logică SAU menționat (CL2) a cărei ieșire este conectată cu cea de-a cincea ieșire menționată, *ok*, a acestui prim circuit complex.

Intrarea a treia, *id3* este conectată cu prima intrare a unui al treilea circuit cu funcție logică ȘI, CL8.

Intrarea a patra, *id4* este conectată cu prima intrare a unui al patrulea circuit cu funcție logică ȘI, CL9.

Intrarea a cincea, *id5* este conectată la intrarea unui prim circuit logic inversor, CL10, a cărei ieșire este conectată cu a doua intrare a celui de-al treilea circuit ȘI menționat (CL8) și cu a doua intrare a celui de-al patrulea circuit ȘI menționat (CL9).

Intrarea a șasea, *f3.1* este conectată cu a doua intrare a primului circuit cu funcție ȘI menționat (CL3) și cu prima intrare a unui al cincilea circuit cu funcție logică ȘI, CL11.

Intrarea a șaptea, *f2.1* se conectează cu prima intrare a unui al șaselea circuit cu funcție logică ȘI, CL12.

Intrarea a opta, *f3.2* se conectează cu a doua intrare a celui de-al doilea circuit ȘI menționat (CL6) și cu prima intrare a unui al șaptelea circuit cu funcție logică ȘI, CL13.

Intrarea a noua, *f2.2* se conectează cu prima intrare a unui al optulea circuit cu funcție logică ȘI, CL14.

În sfârșit, intrarea a zecea, *f1* se conectează cu a treia intrare a primului circuit ȘI menționat (CL3) și cu a treia intrare a celui de-al doilea circuit ȘI menționat (CL6).

În continuarea topologiei, ieșirea celui de-al treilea circuit ȘI menționat (CL8) se conectează cu a doua ieșire a celui de-al cincilea circuit ȘI menționat (CL11), cu a doua intrare a primului circuit SAU menționat (CL1) și cu prima ieșire a unui al patrulea circuit cu funcție logică SAU, CL15.

Ieșirea celui de-al patrulea circuit ȘI menționat (CL9) se conectează cu a doua intrare a celui de-al treilea circuit SAU menționat (CL5), cu a doua intrare a celui de-al șaptelea circuit ȘI menționat (CL13) și cu a doua intrare a celui de-al patrulea circuit SAU menționat (CL15), a cărei ieșire se conectează cu a șasea ieșire menționată, *nok*, a acestui prim circuit complex.

Ieșirea primului circuit SAU menționat (CL1) se conectează cu a doua intrare a celui de-al șaselea circuit SI menționat (CL12), a cărui ieșire se conectează cu intrarea  $i$  a unui al treilea circuit sensibil la tranziții negative 1/0, CL16, a cărui ieșire  $q$  se conectează la intrarea de resetare,  $R$  a unui prim circuit basculant bistabil de tip RS, CL17. I

Ieșirea  $q$  a primului circuit sensibil la tranziții negative menționat (CL4) se conectează cu intrarea de resetare,  $R$  a unui al doilea circuit basculant bistabil de tip RS, CL18, și cu intrarea de setare a primului circuit basculant bistabil menționat (CL17) a cărui ieșire  $Q$  se conectează la ieșirea  $t1$  a acestui prim circuit complex, destinată comenzilor primului element de comutație (T1).

Ieșirea primului circuit ȘI menționat (CL3) se conectează la intrarea  $i$  a unui prim circuit sensibil la tranziții pozitive 0/1, CL19, a cărui ieșire  $q$  se conectează cu intrarea de setare,  $S$  a celui de-al doilea circuit basculant menționat (CL18), a cărui ieșire  $Q$  se conectează cu prima ieșire a unui al cincilea circuit cu funcție logică SAU, CL20.

Ieșirea celui de-al cincilea circuit ȘI menționat (CL11) se conectează cu a doua intrare a celui de-al cincilea circuit SAU menționat (CL20), a cărui ieșire se conectează la ieșirea  $t2$  a acestui prim circuit complex, destinată comenzilor celui de-al doilea element de comutație menționat (T2).

Ieșirea celui de-al treilea circuit SAU menționat (CL5) se conectează la a doua intrare a celui de-al optulea circuit SI menționat (CL14) a cărui ieșire se conectează la intrarea  $i$  a unui al patrulea circuit sensibil la tranziții negative 1/0, CL21, a cărui ieșire,  $q$  se conectează la intrarea de resetare a unui al unui al treilea circuit basculant bistabil de tip RS, CL22, și la intrarea de resetare,  $R$  a unui al patrulea circuit basculant bistabil de tip RS, CL23.

Ieșirea  $q$  a celui de-al doilea circuit sensibil la tranziții negative menționat (CL7) se conectează la intrarea de setare,  $S$  a celui de-al treilea circuit basculant menționat (CL22) a cărui ieșire  $Q$  se conectează cu ieșirea  $t3$  a acestui prim circuit complex, destinată comenzilor celui de-al treilea element de comutație menționat (T3).

Ieșirea celui de-al șaptelea circuit ȘI menționat (CL13) se conectează cu prima intrare a unui al șaselea circuit cu funcție logică SAU, CL24.

Ieșirea celui de-al doilea circuit ȘI menționat (CL6) se conectează cu intrarea  $i$  a unui al doilea circuit sensibil la tranziții pozitive 0/1, **CL25**, a cărui ieșire,  $q$  se conectează cu intrarea de setare a celui de-al patrulea circuit basculant bistabil menționat (CL23), a cărui ieșire  $Q$  se conectează cu a doua intrare a celui de-al șaselea circuit SAU menționat (CL24) care are ieșirea conectată la ieșirea  $t4$  a acestui prim circuit complex, destinată comenzilor celui de-al patrulea element de comutație menționat (T4).

Echipamentul pentru punerea în aplicare a metodei mai are în componență un al doilea circuit complex cu rolul de a face discriminarea descărcărilor în funcție de momentul în care s-au produs în raport cu unghiul de fază al undei ultrasonice.

Acest al doilea circuit complex are un prim set de intrări conectate cu ieșirile dedicate ale primului circuit complex menționat, prima intrare, notată *OK*, conectată cu cea de-a cincea ieșire, *ok*, a doua intrare, notată *NOK*, conectată cu cea de-a șasea ieșire, *nok*.

În plus, mai are o intrare prin care culege tensiunea de la ieșirea primului divizor potențiomtric menționat ( $R_g$ ) ale cărei tranziții prin trei praguri, primul imediat sub nivelul tensiunii de mers în gol a celei de-a doua surse menționate ( $U_i$ ), al doilea la nivelul tensiunii sub care se consideră că a amorțat descărcarea și un al treilea la nivelul sub care se consideră existența unui scurtcircuit între electrozi, sunt analizate de un al treilea circuit cu praguri și separare galvanică,  $P_g$ , care emite la o primă ieșire a sa, notată *F4*, un nivel logic 1 pe durata existenței tensiunii de mers în gol între electrozi, la o a doua ieșire, notată *F2*, un nivel logic 0 în momentul amorțării descărcărilor, iar la a treia ieșire, notată *F1*, un nivel logic 0 când tensiunea dintre electrozi este la o valoare apropiată de referința (0VG) surselor de putere ( $U_i$  și  $U_t$ ).

A treia ieșire a celui de-al treilea circuit cu praguri,  $P_g$ , se conectează cu cea de-a zecea intrare,  $f1$ , a primului circuit complex menționat, prima ieșire, *F4* se conectează cu intrarea  $i$  a unui al cincilea circuit sensibil la tranziții negative 1/0, **CL26**, iar a doua ieșire, *F2* se conectează cu intrarea  $i$  a unui al șaselea circuit sensibil la tranziții negative 1/0, **CL27**.

Prima intrare menționată, *OK*, a acestui al doilea circuit complex menționat se conectează cu prima intrare a unui al nouălea circuit cu funcție logică ȘI, **CL28**, cu intrarea unui prim circuit basculant monostabil, **CL29**, care emite la ieșirea sa un impuls cu durata mai mică decât marginea inferioară a domeniului prestabilit ( $ta - dt/2$ ), cu intrarea unui al doilea circuit basculant monostabil, **CL30**, care emite la ieșirea sa un impuls cu durata prescrisă din exterior mai mare decât marginea superioară a domeniului prestabilit ( $ta + dt/2$ ), dar mai mică decât durata unei semiperioade a unei ultrasonice și cu intrarea *i* a unui al șaptelea circuit sensibil la tranziții negative 1/0, **CL31**.

Ieșirea primului circuit monostabil menționat (**CL29**), se conectează cu intrarea unui al doilea circuit logic inversor, **CL32**, și cu prima intrare a unui al zecelea circuit cu funcția logică ȘI, **CL33**.

Ieșirea celui de-al doilea circuit monostabil menționat (**CL30**) se conectează cu intrarea unui al treilea circuit inversor, **CL34**, și cu prima intrare a unui al unsprezecelea circuit cu funcția logică ȘI, **CL35**.

Ieșirea *q* a celui de-al cincilea circuit sensibil la tranziții negative menționat (**CL26**) se conectează la intrarea de setare a unui al cincilea circuit basculant bistabil de tip RS, **CL36**, a cărui ieșire *Q* se conectează cu prima intrare a unui al doisprezecelea circuit cu funcție logică ȘI, **CL37**.

Ieșirea celui de-al nouălea circuit ȘI menționat (**CL28**) se conectează cu prima intrare a unui al treisprezecelea circuit cu funcție logică ȘI, **CL38**.

Ieșirea celui de-al unsprezecelea circuit ȘI menționat (**CL35**) se conectează cu prima intrarea unui al patrusprezecelea circuit cu funcție logică ȘI, **CL39**.

A doua intrare, menționată, a acestui al doilea circuit complex, *NOK* se conectează cu prima intrare a unui al cincisprezecelea circuit cu funcție logică ȘI, **CL40**.

Ieșirea *q* a celui de-al șaselea circuit sensibil la tranziții negative menționat (**CL27**) se conectează cu intrarea de resetare *R* a celui de-al cincilea circuit basculant menționat (**CL36**) și cu a doua intrare a fiecăruia din circuitele ȘI menționate, al zecelea (**CL33**), al treisprezecelea (**CL38**), al patrusprezecelea (**CL39**) și al cincisprezecelea (**CL40**).

Ieșirea *q* a celui de-al șaptelea circuit sensibil la tranziții negative menționat (**CL31**) se conectează cu a doua intrare a celui de-al doisprezecelea circuit ȘI menționat (**CL37**) și

cu o primă intrare, notată  $p$ , a unui al treilea circuit complex cu rol de analiză statistică și formare a deciziilor de corectare a spațiului dintre electrozi.

Acest al treilea circuit complex mai are o a doua intrare, notată  $j$ , care se conectează cu ieșirea celui de-al treisprezecelea circuit ȘI menționat (CL38), o a treia intrare, notată  $dm$ , care se conectează cu ieșirea celui de-al patrusprezecelea circuit ȘI menționat (CL39), o a patra intrare, notată  $s$ , care se conectează cu ieșirea celui de-al zecelea circuit ȘI menționat (CL33), o a cincea intrare, notată  $rs$ , care se conectează cu ieșirea celui de-al cincisprezecelea circuit ȘI menționat (CL40) și o a șasea intrare, notată  $rj$ .

Topologia logică a acestui al treilea circuit complex este realizată în așa fel încât prima intrare menționată,  $p$ , la care se primesc impulsuri de marcarea a sfârșitului fiecărei perioade a undei ultrasonice, este conectată cu intrarea de numărare,  $d$ , a unui prim numărător, CL41, programat la un număr  $N$  de impulsuri.

A doua intrare menționată,  $j$ , la care se primesc impulsuri corespunzătoare descărcărilor care s-au produs în timpul semiperioadei selectate, dar după domeniul acceptat al momentului prefixat, este conectată la intrarea de numărare,  $d$ , a unui al doilea numărător, CL42, programat la un număr  $N/2$  de impulsuri,

A treia intrare menționată,  $dm$ , la care se primesc impulsuri corespunzătoare descărcărilor care s-au produs în timpul semiperioadei selectate și în domeniul acceptat al momentului prefixat, este conectată la intrarea de numărare,  $d$ , a unui al treilea numărător, CL43, programat la același număr  $N/2$  de impulsuri.

A patra intrare menționată,  $s$ , la care se primesc impulsuri corespunzătoare descărcărilor care s-au produs în timpul semiperioadei selectate, dar înaintea domeniului acceptat al momentului prefixat, se conectează cu intrarea de numărare a unui al patrulea numărător, CL44, programat la același număr  $N/2$  de impulsuri.

A cincea intrare menționată,  $rs$ , la care se primesc impulsuri corespunzătoare descărcărilor care s-au produs în semiperioada anterioară celei selectate, se conectează cu intrarea de numărare,  $d$ , a unui al cincilea numărător, CL45, programat la un număr de impulsuri  $M$  de valoare semnificativ mai mică decât numărul  $N$  menționat.

În sfârșit, a șasea intrare menționată,  $r_j$ , la care se primesc impulsuri corespunzătoare sfârșitului perioadelor undei ultrasonice pe durata cărora nu s-au produs descărcări, se conectează cu intrarea  $d$  a unui al șaselea numărător, **CL46**, programat cu același număr  $M$  menționat.

Stările celor de-al doilea, al treilea și al patrulea numărătoare sunt citite de un circuit de comparare numerică, **CL47**, prin intermediul conexiunilor între ieșirea de date  $Q1$  a celui de-al doilea numărător menționat (**CL42**) și intrarea, notată  $n1$ , a circuitului de comparare (**CL47**), a conexiunii dintre ieșirea de date  $Q2$  a celui de-al patrulea numărător menționat (**CL44**) și intrarea, notată  $n2$ , a circuitului de comparare (**CL47**), a conexiunii dintre ieșirea de date  $Q3$  a celui de-al treilea numărător menționat (**CL43**) și intrarea, notată  $n3$ , a circuitului de comparare (**CL47**).

Ieșirea, notată cu  $B$ , a primului numărător menționat (**CL41**), care emite un semnal când s-a atins numărul  $N$  programat, se conectează cu prima intrare a unui al șaisprezecelea circuit cu funcție logică ȘI, **CL47**, cu intrarea unui al patrulea circuit inversor, **CL48**, a cărei ieșire se conectează cu prima ieșire a unui al șaisprezecelea circuit cu funcție logică ȘI, **CL49**, cu prima intrare a unui al șaptesprezecelea circuit cu funcție logică ȘI, **CL50**, cu prima intrare a unui al optsprezecelea circuit cu funcție logică ȘI, **CL51**, și cu intrarea, notată  $C$ , a circuitului de comparare menționat, **CL47**.

Circuitul de comparare, **CL47** emite la o primă ieșire a sa, notată  $n1M$ , un impuls sincron cu impulsul primit la intrarea  $C$ , în cazul în care în urma comparației rezultă că numărul citit la intrarea sa  $n1$  este mai mare decât cele primite la intrările  $n2$  și  $n3$  menționate, ieșire care se conectează cu prima intrare a unui al șaptelea circuit cu funcție logică SAU, **CL52**, și cu intrarea de setare,  $S$ , a unui al șaselea circuit basculant bistabil de tip RS, **CL53**.

La a doua sa ieșire a circuitului de comparare, **CL47**, notată cu  $n2M$ , emite un semnal sincron cu impulsul primit la intrarea sa  $C$  în cazul în care în urma comparației rezultă că numărul citit la intrarea sa  $n2$  este mai mare decât cele primite la intrările  $n1$  și  $n2$ menționate, ieșire care se conectează cu intrarea de resetare a celui de-al șaselea circuit basculant menționat, **CL53**, și cu a doua intrare a celui de-al șaptelea circuit SAU

menționat, CL52, a cărui ieșire se conectează cu a doua intrare a celui de-al șaisprezecelea circuit ȘI menționat, CL49.

Ieșirea, notată *Q1* a celui de-al șaselea circuit basculant bistabil menționat, CL53, se conectează cu a doua intrare a celui de-al optsprezecelea circuit ȘI menționat, CL51.

Ieșirea, notată cu *Q2*, a celui de-al șaselea circuit basculant bistabil menționat, CL53, se conectează cu a doua intrare a celui de-al șaptesprezecelea circuit ȘI menționat, CL50.

Ieșirea celui de-al șaisprezecelea circuit ȘI menționat, CL49, se conectează cu intrarea unui al cincilea circuit inversor, **CL54**, a cărui ieșire se conectează cu prima intrare a unui al nouăsprezecelea circuit cu funcție logică ȘI, **CL55**.

Ieșirea de confirmare a atingerii numărului de impulsuri programat, *B* a celui de-al doilea numărător menționat, CL42, se conectează cu prima intrare a unui al douăzecilea circuit cu funcție logică ȘI, **CL56**, și cu a doua intrare a celui de-al nouăsprezecelea numărător menționat, CL55.

Ieșirea de confirmare a atingerii numărului de impulsuri programat, *B* a celui de-al patrulea numărător menționat, CL44 se conectează cu prima intrare a unui al douăzecișicincilea circuit cu funcție logică ȘI, **CL57**, și cu a treia intrare a celui de-al nouăsprezecelea circuit ȘI menționat, CL55.

Ieșirea de confirmare a atingerii numărului de impulsuri programat, *B*, a celui de-al treilea numărător menționat, CL43 se conectează cu a doua ieșire a celui de-al șaisprezecelea circuit ȘI menționat, CL47.

Ieșirea de confirmare a atingerii numărului de impulsuri programat, *B* a celui de-al șaselea numărător programat, CL46 se conectează cu a patra intrare a celui de-al nouăsprezecelea circuit ȘI menționat, CL55 și cu a doua intrare a celui de-al douăzecilea circuit ȘI menționat, CL56.

Ieșirea de confirmare a atingerii numărului de impulsuri programat, *B* a celui de-al cincilea numărător menționat, CL45 se conectează cu a cincea intrare a celui de-al nouăsprezecelea circuit ȘI menționat, CL55 și cu a doua intrare a celui de-al douăzecișiuulea circuit ȘI menționat, CL57.

Ieșirea celui de-al optsprezecelea circuit ȘI menționat, CL51 se conectează cu cea de-a treia intrare a celui de-al douăzecilea circuit ȘI menționat, CL56.



Ieșirea celui de-al șaptesprezecelea circuit ȘI menționat, CL50 se conectează cu ce-a de-a treia intrare a celui de-al douăzecișunulea circuit ȘI menționat, CL57.

Ieșirea celui de-al șaisprezecelea circuit ȘI menționat, CL57 se conectează cu intrările de inițializare,  $L$  ale celor șase numărătoare menționate, CL41, CL42, CL43, CL44, CL45 și CL46.

Ieșirea celui de-al nouăsprezecelea circuit ȘI menționat, CL55 se conectează cu ce-a de-a treia intrare a celui de-al șaisprezecelea circuit ȘI menționat, CL47 și cu intrarea,  $i$  a unui al treilea circuit basculant monostabil, CL58.

Ieșirea celui de-al douăzecilea circuit ȘI menționat, CL56 se conectează cu intrarea de setare a unui al șaselea circuit basculant bistabil de tip RS, CL59.

Ieșirea celui de-al douăzecișunulea circuit ȘI menționat, CL57 se conectează cu intrarea de resetare a celui de-al șaselea circuit basculant bistabil menționat, CL59, a cărui ieșire,  $Q$  se conectează la prima ieșire, notată  $DIR$ , a acestui cel de-al treilea circuit complex, prin care stabilește sensul de deplasare a electrodului sculă, iar ieșirea  $q$  celui de-al treilea circuit basculant menționat, CL58 se conectează la a doua ieșire, notată  $imp$ , a acestui al treilea circuit complex prin care se transmite impulsul de realizare a incrementului de deplasare al electrodului sculă prin intermediul driverului motorului pas cu pas DMpp și a lanțului cinematic aferent.

În schemele din fig. 1 și 2 nu sunt prezentate sursele de alimentare pentru circuitele de comandă electronice și nici potențialele de referință pentru diferitele părți ale schemei.

Echipamentul prezentat în fig.1 și 2, cu referire și la diagramele din fig. 3 și fig. 4, funcționează în modul în care va fi prezentat mai departe.

În diagrama din fig. 3a) este reprezentată o succesiune de impulsuri sincrone cu oscilația generatorului de ultrasunete, în care sunt numerotate în ordine crescătoare semiperioadele, de nivel logic 1, considerate favorabile procesului de prelucrare prin electroeroziune. Pe fiecare impuls se marchează domeniul programat pentru momentul descărcării, de lățime  $dt$ . Pentru ușurarea urmăririi funcționării, acest domeniu este

marcat și pe diagramele care urmează. Semnalul din punctul *ok* al schemei este sincron cu semnalul din această diagramă.

În diagrama din fig. 3b) este prezentat semnalul pe electrodul de comandă al elementului de comutație T1 prin care se asigură încărcarea condensatorului C1; nivelul logic 1 corespunde conducerii elementului de comutație.

În diagrama din fig.3c) este prezentată forma de undă a tensiunii pe condensatorul C1, în care:  $U_i$  este tensiunea de mers în gol a sursei principale de putere,  $U_t$  este tensiunea de mers în gol a sursei secundare de testare a stării interstiului, F3 este un nivel de tensiune fixat sub nivelul tensiunii de mers în gol,  $U_i$ , peste care se consideră că s-a încărcat condensatorul la un nivel de tensiune care asigură energia programată pentru descărcare, F2 este un nivel de tensiune sub care se consideră că descărcările au amorsat, F1 este un nivel de tensiune, aflat în apropierea potențialului 0Vg și sub care se consideră că s-a produs un scurtcircuit între electrozi; produsul  $R_t \times C_p$  reprezintă constanta de timp a circuitului de testare a scurtcircuitului, unde  $C_p$  este capacitatea parazită a conexiunilor electrice dintre electrozi, iar  $R_t$  este rezistența de limitare.

În diagrama din fig. 3d) este prezentat semnalul pe electrodul de comandă al elementului de comutație T2, prin care se descarcă condensatorul C1 în spațiul dintre electrozi; nivelul logic 1 corespunde conducerii elementului de comutație.

În diagrama din fig. 3e) este prezentat semnalul pe electrodul de comandă al elementului de comutație T3 prin care se asigură încărcarea condensatorului C2; nivelul logic 1 corespunde conducerii elementului de comutație.

În diagrama din fig. 3f) este prezentată forma de undă a tensiunii pe condensatorul C2. Notațiile au aceleași semnificații ca și cele de la fig. 3c).

În diagrama din fig. 3g) este prezentat semnalul pe electrodul de comandă al elementului de comutație T4, prin care se descarcă condensatorul C2 în spațiul dintre electrozi; nivelul logic 1 corespunde conducerii elementului de comutație.

În diagrama din fig. 3h) este prezentată forma de undă rezultată între cei doi electrozi, ca urmare a secvențelor de încărcare și descărcare a celor două condensatoare, funcție și de distanța dintre electrozi. Diagrama conține o succesiune de secvențe reale, dar nu

neapărat reproductibilă întocmai și are numai rolul de a folosi la explicarea funcționării echipamentului.

Diagramele din fig. 4 constituie o continuare a diagramelor din fig. 3 și, pentru o urmărire mai comodă a explicațiilor pentru funcționarea echipamentului, diagrama din fig. 4a) este identică cu cea din fig. 3a), iar diagrama din fig. 4c) este identică cu diagrama din fig. 3h).

În diagrama din fig.4b) este prezentat un tren de impulsuri care însoțește impulsurile sincronizate cu unda ultrasonică, dar având nivelul logic 1 poziționat numai până la mijlocul domeniului de timp,  $t_a$ , care definește unghiul de fază,  $\alpha$ , al undei ultrasonice prestabilit pentru coincidența cu amorsarea descărcării electroerozive. Din acest tren de impulsuri se extrag valorile programate marginile domeniului pentru programarea duratelor circuitelor basculante monostabile CL29 și CL30 din fig.1.

În diagrama din fig. 4d) este prezentat semnalul de la ieșirea circuitului basculant bistabil CL36, care definește întârzierea la amorsare a descărcărilor,  $t_d$ .

În diagrama din fig. 4e) este reprezentat semnalul generat la ieșirea circuitului logic CL38 și care definește descărcările a căror amorsare s-a produs în cadrul semiperioadei favorabile, dar peste domeniul stabilit pentru coincidență.

În diagrama din fig. 4f) este reprezentat semnalul generat la ieșirea circuitului logic CL39 și care definește descărcările a căror amorsare s-a produs în interiorul domeniului stabilit pentru coincidență.

În diagrama din fig. 4g) este reprezentat semnalul generat la ieșirea circuitului logic CL33 și care definește descărcările a căror amorsare s-a produs în cadrul semiperioadei favorabile, dar înaintea domeniului stabilit pentru coincidență.

În diagrama din fig. 4h) este reprezentat semnalul generat la ieșirea circuitului logic CL37 și care definește sfârșitul perioadelor în cadrul cărora nu s-au produs amorsări ale descărcărilor.

În diagrama din fig. 4i) este reprezentat semnalul generat la ieșirea circuitului logic CL40 și care definește perioadele în cadrul cărora descărcările s-au produs înaintea semiperioadei favorabile a undei ultrasonice.

În diagramele din fig. 3 și 4 apar niște benzi verticale, de lățime  $dt$ , care marchează lățimea domeniului în care sunt considerate că s-au produs coincidențele dintre momentul amorsării descărcărilor și unghiul de fază programat al undei ultrasonice.

În explicarea funcționării echipamentului se pornește de la premisa că sursele circuitelor de comandă și cele două surse de forță,  $U_t$  și  $U_i$ , sunt cuplate. De asemenea, generatorul de ultrasunete este în funcțiune, dar semnalul sincronizat cu acesta poate fi înlocuit cu orice alt semnal periodic cu impulsuri dreptunghiulare și factor de umplere, de preferat, în jur de 1:2. Se mai presupune că cei doi electrozi sunt la o distanță care nu permite ca spațiul dintre ei să poată fi străpuns.

În diagramele din fig. 3a) și 4a) se presupune că semiperioadele cu nivel logic 1 sunt cele favorabile pentru producerea descărcărilor.

La apariția primei tranziții 1 / 0 la ieșirea  $sPi$ , de exemplu, a circuitului discriminator al semiperioadelor undei ultrasonice, preluată de circuitul sensibil la tranziții negative CL4, circuitul basculant bistabil RS CL17 este comutat în starea cu nivel logic 1 pe ieșirea sa  $Q$ . Acest nivel se transmite, prin intermediul amplificatorului cu separare galvanică A1, la terminalul de comandă al elementului de comutație T1 ( poate fi de tip MOSFET sau IGBT), care astfel intră în stare de conducție. Ca urmare, condensatorul C1 se încarcă până la nivelul tensiunii de mers în gol,  $U_i$ .

În perioada următoare (pe care o putem numi a doua) a undei ultrasonice, la apariția tranziției 1/ 0 la ieșirea  $sPp$  a circuitului discriminator, preluată de circuitul sensibil la tranziții negative CL7, circuitul basculant bistabil RS CL22 este comutat în starea cu nivel logic 1 pe ieșirea sa  $Q$ . Acest nivel se transmite, prin intermediul amplificatorului cu separare galvanică A3, la terminalul de comandă al elementului de comutație T3, care astfel intră în stare de conducție. Ca urmare, și condensatorul C2 se încarcă până la nivelul tensiunii de mers în gol,  $U_i$ .

La a treia perioadă (împară) la ieșirea  $i$  a circuitului discriminator apare nivel logic 1 pe toată durata perioadei, iar la ieșirea circuitului logic inversor CL10 apare nivel logic 1 numai pe durata semiperioadei cu nivel logic 0 a acestei perioade (deci anterioară semiperioadei considerată favorabilă). Ca urmare, la ieșirea circuitului ȘI CL8 apare

nivel logic 1. Întrucât nivelul tensiunii pe condensatorul C1 este peste pragul F3, la intrarea 1 a circuitului ȘI CL11 se găsește nivel logic 1, care, împreună cu nivelul logic 1 de la intrarea 2 a sa, determină la ieșirea circuitului SAU CL20 nivel logic 1. Acest nivel se transmite, prin intermediul amplificatorului A2, la electrodul de comandă al elementului de comutație T2 și determină intrarea sa în conducție.

În consecință, între cei doi electrozi apare tensiunea de mers în gol  $U_i$  existentă pe condensatorul C1.

Lucrurile se întâmplă la fel și în timpul celei de-a patra perioade (pară), când între electrozi apare tensiunea de mers în gol  $U_i$  existentă pe condensatorul C2. În acest caz intră în discuție circuitele CL9, nivelul F3 al tensiunii pe condensatorul C2, CL13, CL24, amplificatorul A4 și elementul de comutație T4.

Întrucât electrozii sunt la distanță mare unul față de altul, încă de la prima depășire a nivelului F4, circuitul cu prag și separare galvanică  $P_g$  (vezi fig. 3h) și fig. 4c)) determină o tranziție la intrarea circuitului sensibil la tranziții pozitive CL26 și acesta, la rândul său, determină apariția nivelului logic 1 la ieșirea  $Q$  a circuitului basculant RS CL36. Acest nivel logic este prezent la intrarea 1 a circuitului ȘI CL37 și, împreună cu nivelul logic 1 de scurtă de la ieșirea circuitului sensibil la tranziții pozitive CL31 care apare la sfârșitul fiecărei perioade (impară sau pară), determină un impuls la ieșirea circuitului ȘI CL37 (diagrama din fig. 4h)). În continuare, acest impuls este contorizat de numărătorul CL46 (vezi fig. 2) în contul perioadelor fără amorsare. După un număr  $M$  de asemenea perioade, la ieșirea B a numărătorului CL46 apare un impuls care va determina executarea unui pas în sensul de apropiere ce trebuie executat de motorul pas cu pas. Acest pas de apropiere este cerut, pe de o parte, pe calea circuitului ȘI CL53 și circuitului basculant monostabil CL56 (impulsul) și, pe de altă parte, pe calea circuitului ȘI CL54, circuitului basculant bistabil CL57, a cărui ieșire  $Q$  determină sensul de rotire al motorului.

Trebuie observat că elementele de comutație T2 și T4 intră în conducție alternativ și, astfel, nu va apărea o simultaneitate a prezenței ambelor condensatoare de lucru între cei doi electrozi (vezi fig. 3d) și 3g)).

Această logică de funcționare se păstrează până la apariția primei descărcări electroerozive între electrozi ca urmare a intrării în domeniul distanței care face posibilă străpungerea spațiului umplut cu dielectric.

Pentru explicarea în continuarea funcționării echipamentului, presupunem că descărcarea s-a produs pe durata unei semiperioade favorabile impare, dar înaintea marginii inferioare a domeniului stabilit pentru realizarea coincidenței, de exemplu cea notată cu 1 în diagramele din fig.3a) și 4c). În momentul scăderii tensiunii pe condensatorul C1 sub nivelul pragului F2 (sub care se consideră că descărcarea a amorsat), apare nivel logic 0 la intrarea I a circuitului ȘI CL12 și, ca urmare, la ieșirea circuitului sensibil la tranziții negative CL16 apare un impuls care resetează circuitul basculant bistabil CL17. La ieșirea sa, Q apare nivel logic 0 care determină blocarea elementului de comutație T1, prin intermediul amplificatorului A1. În acest mod, spațiului dintre electrozi i se va ceda numai energia acumulată în condensatorul C1.

La sfârșitul semiperioadei favorabile impare, nivelul logic 0 de la ieșirea i a circuitului discriminator al perioadelor se transmite până la ieșirea circuitului logic CL11, iar tranziția 1/ 0 de la ieșirea circuitului sensibil la tranziții negative CL4 va reseta circuitul bistabil CL18. Prin intermediul circuitului SAU CL20 și amplificatorului A2, circuitul de comutare T2 se va bloca, iar circuitul de comutare T1 va reintra în conducție datorită setării circuitului bistabil CL17 și amplificatorului A1. În acest mod, condensatorul C1 se va reîncărca pentru un nou ciclu.

Lucrurile se întâmplă similar și în cazul producerii unei descărcări pe durata unei semiperioade favorabile pare. În acest caz, se va bloca elementul de comutație T3 la producerea descărcării (scăderea tensiunii pe condensatorul C2 sub pragul F2) și apoi va reintra în conducție la sfârșitul perioadei pare, iar elementul de comutație T4 va sta în stare de conducție pe toată durata perioadei pare. Pe durata perioadei pare ieșirea circuitului SAU CL5 se află la nivel logic 1, iar scăderea tensiunii pe condensatorul C2 sub pragul F2 va reseta circuitul basculant CL22 și va bloca elementul de comutație T3, prin intermediul amplificatorului A3. Acest element de comutație va reintra în conducție la sfârșitul semiperioadei favorabile pare. La sfârșitul semiperioadei favorabile pare

elementul de comutație T4 se va bloca, prin resetarea circuitului bistabil CL23 care va transmite nivelul logic 0 la electrodul său de comandă.

La începutul fiecărei semiperioade favorabile (marcată prin impulsul de nivel logic 1 la ieșirea circuitului logic SAU CL2) la ieșirile  $q$  ale circuitelor basculante monostabile CL29 respectiv CL30 se generează câte un impuls de durată  $ta - dt/2$ , respectiv  $ta + dt/2$ , unde  $ta$  este mijlocul domeniului programat, din exterior, pentru obținerea coincidențelor dintre momentul descărcărilor și unghiul de fază al oscilației ultrasonice.

La fiecare descărcare produsă, ca urmare a scăderii tensiunii dintre electrozi sub pragul F2, circuitul cu prag  $P_g$  va determina o tranziție 1/0 la intrarea circuitului sensibil la tranziții negative CL27. În acest mod circuitul basculant bistabil CL36 va fi resetat, iar la intrările notate cu 2 ale circuitelor ȘI CL38, CL39, CL33 și CL40 vor apărea impulsuri scurte de nivel logic 1.

În situația în care descărcarea are loc după marginea superioară a domeniului prescris pentru coincidență, la ieșirea circuitului ȘI CL38 apare un impuls care va fi contorizat pentru decizia de apropiere a electrozilor (diagrama din fig. e)).

Dacă descărcarea are loc înaintea marginii inferioare a domeniului prescris pentru coincidență, la ieșirea circuitului ȘI CL33 apare un impuls care va fi contorizat pentru decizia de îndepărtare a electrozilor (diagrama 4g)).

În situația în care descărcarea are loc în limitele domeniului prescris pentru coincidență, la ieșirea circuitului ȘI CL39 apare un impuls care va fi contorizat pentru decizia de menținere a distanței dintre electrozi (diagrama 4f)).

La ieșirea circuitului logic SAU CL15 apar nivele logice 1 la începutul fiecărei semiperioade imediat anterioare celor favorabile.

În situația în care descărcările se produc în cadrul acestor semiperioade care preced pe cele favorabile, la ieșirea circuitului ȘI CL40 apare un impuls care va fi contorizat pentru decizia de îndepărtare imediată (diagrama 4i)).

Un exemplu de creare a deciziilor de modificare a distanței dintre electrozi pe baza unei analize statistice a momentului amorsării, raportat la unghiul de fază al unde ultrasonice este prezentat în fig. 2.

În schema din fig. 2, punctele de intrare notate  $j$ ,  $s$ ,  $dm$ ,  $p$ ,  $rj$ ,  $rs$  corespund ieșirilor circuitelor logice din fig. 1 astfel:

- $j$  primește impulsuri care marchează descărcări ce s-au produs în semiperioada favorabilă, dar după marginea superioară a domeniului prestabilit pentru coincidență (ieșirea circuitului CL38 și diagrama 4e))
- $s$  primește impulsuri care marchează descărcări ce s-au produs în semiperioada favorabilă, dar înaintea marginii inferioare a domeniului prestabilit pentru coincidență (ieșirea circuitului CL33 și diagrama 4g))
- $dm$  primește impulsuri care marchează descărcări ce s-au produs în semiperioada favorabilă și în interiorul domeniului prestabilit pentru coincidență (ieșirea circuitului CL39 și diagrama 4f))
- $p$  primește impulsuri la sfârșitul fiecărei perioade favorabile (ieșirea circuitului CL31)
- $rj$  primește impulsuri care marchează perioade în care nu s-au produs descărcări (ieșirea circuitului CL37 și diagrama 4h))
- $rs$  primește impulsuri care marchează descărcări ce s-au produs anterior semiperioadei favorabile (ieșirea circuitului CL40 și diagrama 4g)).

Numărătorul CL41 este programat cu numărul  $N$ , corespunzător lungimii trenului de unde ultrasonice pe care se face analiza statistică. Numărătoarele CL42, CL43 și CL44 sunt programate cu numărul  $N/2$  (50%).

În cazul în care fiecare din numărătoarele menționate a atins numărul programat, la ieșirile  $B$  emit impulsuri care marchează o decizie de modificare cu un increment a distanței dintre electrozi (mai puțin CL43) și, în același timp, inițializează celelalte numărătoare din acest grup.

Dacă, după terminarea trenului de unde ultrasonice, niciunul din numărătoarele CL42, CL43 și CL44 nu a atins numărul programat (50%), la intrarea  $C$  a circuitului de comparare CL47 apare un impuls care comandă compararea între ele a numerelor



înregistrate în număratoarele CL42 ( $Q1 \rightarrow n1$ ), CL43 ( $Q3 \rightarrow n3$ ), respectiv CL44 ( $Q3 \rightarrow n3$ ).

În cazul în care  $n2$  este cel mai mare număr, la ieșirea  $n2M$  apare un semnal care setează circuitul basculant bistabil CL53 și, pe calea CL52, CL55 și CL57, se stabilește sensul de îndepărtare a electrozilor.

În cazul în care  $n1$  este cel mai mare număr, la ieșirea  $n1M$  apare un semnal care resetează circuitul basculant bistabil CL53 și, pe calea CL51, CL54 și CL57, se stabilește sensul de apropiere a electrozilor.

Totodată, pe calea CL48, CL49, CL52, CL53, CL56 se generează impulsul corespunzător incrementului de deplasare.

Trebuie observat că în cazul în care majoritatea au fost descărcările în domeniul prestabilit ( $n3$  cel mai mare număr), nu se mai emite niciun impuls de deplasare și distanța dintre electrozi se păstrează.

Pentru situațiile în care, în cadrul unui tren de unde ultrasonice, se produc un număr de  $M \ll N$  evenimente consecutive, la ieșirile  $B$  ale număratoarelor CL45 și CL46 apar impulsuri care determină modificarea imediată a distanței dintre electrozi, fără să se mai aștepte finalizarea analizei pe eșantionul de lungime  $N$ .

Dacă s-au produs  $M$  descărcări în semiperioada anterioară celei favorabile, la ieșirea numărătorului CL45 apare impulsul care determină îndepărtarea imediată a electrozilor.

Dacă au fost  $M$  perioade fără să se fi produs vreo descărcare, la ieșirea numărătorului CL46 apare un impuls care determină apropierea imediată a electrozilor. În ambele aceste două situații, număratoarele care activează în cadrul eșantionului  $M$  se initializează și se reia analiza statistică.

O instalație concretă conține și un bloc pentru depistarea scurtcircuitelor dintre electrozi și elaborarea unei strategii de îndepărtare a acestuia, dar acesta nu face obiectul prezentei invenții.

Invenția prezintă următoarele avantaje:

- asigură o bună stabilitate a procesului de prelucrare prin electroeroziune la energii mici și foarte mici,
- crește productivitatea procesului și îmbunătățește calitatea suprafeței prelucrate.

**Metodă si echipament pentru maximizarea numărului coincidențelor momentelor amorsării unor descărcări electroerozive într-un mediu dielectric lichid supus sonocavitației cu un anumit moment prestabilit al fazelor undei ultrasonice asociate**

### **Revendicări**

1. Metodă pentru maximizarea numărului coincidențelor momentelor amorsării unor descărcări electroerozive într-un mediu dielectric lichid supus sonocavitației cu un anumit moment prestabilit al fazelor undei ultrasonice asociate, descărcări a căror energie este asigurată prin descărcarea alternativă în spațiul dintre electrozi a două condensatoare încărcate în prealabil de la o sursă de tensiune, caracterizată prin aceea că tensiunea de străpungere a spațiului dintre electrozi se aplică, de fiecare dată, cu o semiperioadă înaintea fazei undei ultrasonice aleasă pentru stabilirea momentului de coincidență.

2. Metodă conform revendicării 1, la care corecțiile de spațiu dintre electrozi se fac prin deplasări incrementale, caracterizată prin aceea că momentul coincidenței se reglează prin deplasări ale electrozilor cu un increment de mărime convenabilă în sensul de apropiere, în cazul în care majoritatea descărcărilor pe durata unui prim număr prestabilit de perioade succesive ale undei ultrasonice amorsează după momentul prestabilit pentru coincidență al fazei undei ultrasonice și cu același increment în sensul de îndepărtare, în cazul în care majoritatea descărcărilor pe durata numărului de perioade succesive menționat se produce anterior momentului prestabilit pentru coincidență.

3. Metodă conform revendicărilor 1 și 2, caracterizată prin aceea că în cazul în care un al doilea număr prestabilit de perioade consecutive, semnificativ mai mic decât primul număr menționat, nu prezintă amorsare pe durata fazei alese pentru coincidență se comandă apropierea imediată a electrozilor cu incrementul menționat, iar în cazul în care pe durata celui de-al doilea număr menționat de perioade consecutive amorsările se produc pe durata fazei imediat anterioară celei alese pentru coincidență se comandă îndepărtarea imediată a electrozilor cu incrementul menționat.

4. Echipament pentru maximizarea numărului coincidențelor momentelor amorsării unor descărcări electroerozive într-un mediu dielectric lichid supus sonocavitației cu un anumit moment prestabilit al fazelor undei ultrasonice asociate, echipament în compunerea căruia intră un servomecanism comandat incremental în ambele sensuri cu scopul menținerii distanței optime dintre electrozii între care se produc descărcările electroerozive, unul numit sculă, E și celălalt piesă de prelucrat, P care e legată la un pol comun al unui grup de surse, iar tensiunea dintre electrozi este monitorizată printr-un prim divizor rezistiv (Rg), un prim circuit de discriminare a unor semiperioade convenite ca favorabile pentru electroeroziune ale undei ultrasonice în semiperioade, numite convențional, impare și pare, un circuit de forță compus, pe de o parte dintr-un circuit serie rezistență și diodă conectat între o primă sursă (Ut) și electrodul sculă (E) și un circuit generator al impulsurilor de descărcare electroerozivă compus dintr-un prim condensator (C1) care se încarcă de la o a doua sursă (Ui) cu tensiunea de mers în gol semnificativ mai mare decât a primeia menționată, prin intermediul unui prim element de comutație (A1), comandat în stările de conducție și blocare de un prim amplificator cu separare galvanică (A1) și se descarcă în spațiul dintre electrozi prin intermediul unui al doilea element de comutație (T2), comandat în stările de conducție și blocare de un al doilea amplificator cu separare galvanică (A2), dintr-un al doilea condensator (C2) care se încarcă de la a doua sursă menționată prin intermediul unui al treilea element de comutație (T3), comandat în stările de conducție și blocare de un al treilea amplificator cu separare galvanică (A3) și se descarcă în spațiul dintre electrozi prin intermediul unui al patrulea element de comutație (T4), comandat în stările de conducție și blocare de un al patrulea amplificator cu separare galvanică (A4), iar tranzițiile prin câte două praguri a tensiunilor pe fiecare din cele două condensatoare menționate, un prim prag aflat în apropierea tensiunii de mers în gol a celei de a doua surse menționate și un al doilea prag aflat sub nivelul la care se consideră că o descărcare a amorsat, sunt monitorizate pe baza unor informații primite printr-un al doilea (RC1) și un al treilea (RC2) divizor rezistiv de un prim (P1), respectiv un al doilea (P2) circuit de comutație cu prag și separare galvanică, care emit la ieșire, fiecare, câte un semnal corespunzător tranzițiilor în sens

crescător și descrescător prin primul, respectiv al doilea prag menționate, echipament care pentru punerea în aplicare a metodei de la revendicările 1, 2 și 3 este caracterizat prin aceea că are în componență un prim circuit complex cu rolul de a gestiona comenzile necesare formării impulsurilor de descărcare electroerozivă care are un prim set de intrări care se conectează cu ieșirile circuitului de discriminare a semiperioadelor menționat, o primă intrare, notată  $id1$ , conectată cu o primă ieșire a circuitului de discriminare, notată  $sPi$ , corespunzătoare impulsului sincron cu semiperioada convenabilă impară, o a doua intrare, notată  $id2$ , conectată cu o a doua ieșire, notată  $sPp$ , corespunzătoare impulsului sincron cu semiperioada convenabilă pară, o a treia intrare, notată  $id3$ , conectată cu o a treia ieșire, notată  $i$ , corespunzătoare perioadei considerată convențional impară, o a patra intrare, notată  $id4$ , conectată cu o a patra ieșire, notată  $p$ , corespunzătoare perioadei considerată pară, o a cincea intrare, notată  $id5$ , conectată cu o a cincea ieșire, notată  $T$ , corespunzătoare tactului sincron cu perioadele undelor ultrasonice, mai are un doilea set de intrări care se conectează la ieșirile celor două circuite de comutație cu prag și separare galvanică menționate astfel încât o a șasea intrare, notată  $f3.1$ , conectată cu prima ieșire menționată a primului circuit cu prag menționat (P1), notată  $F3.1$ , o a șaptea intrare, notată  $f2.1$ , conectată cu a doua ieșire a acestui circuit cu prag, notată  $F2.1$ , o a opta intrare, notată  $f3.2$ , conectată cu prima ieșire menționată a celui de-al doilea circuit cu prag menționat (P2), notată  $F3.2$ , o a noua intrare, notată  $f2.2$ , conectată cu a doua ieșire a acestui al doilea circuit cu prag, notată  $F2.2$ , și mai are o intrare, notată  $f1$ , prin care primește o informație că au avut loc tranziții printr-un al treilea nivelul de tensiune aflat în domeniul în care se definește scurcircuitul între electrozi, circuit complex care pe baza informațiilor primite la toate intrările menționate emite semnale la un prim set de ieșiri legate la intrările în amplificatoarele de comandă ale elementelor de comutație din circuitul de forță menționat, o primă ieșire, notată  $t1$ , legată la intrarea primului amplificator, simbolizat  $A1$ , al primului element de comutație menționat (T1), o a doua ieșire, notată  $t2$ , legată la intrarea amplificatorului, simbolizat  $A2$ , al celui de-al doilea element de comutație menționat (T2), o a treia ieșire, notată  $t3$ , legată la intrarea amplificatorului, simbolizat  $A3$ , al celui de-al treilea element de comutație menționat (T3),

o a patra ieșire, notată  $t4$ , legată la intrarea amplificatorului, simbolizat  $A4$ , al celui de-al patrulea element de comutație menționat ( $T4$ ), mai emite semnale la un al doilea set de ieșiri, o a cincea ieșire, notată  $ok$ , prin care emite un semnal corespunzător semiperioadelor impare și pare convenabile producerii descărcărilor electroerozive și o a șasea ieșire, notată  $nok$ , prin care emite un semnal corespunzător semiperioadelor care preced pe cele impare și pare convenabile, iar acest prim circuit complex are o topologie logică prezentată sub formă de rețea de conexiuni între intrările menționate ( $id1$ ,  $id2$ ,  $id3$ ,  $id4$ ,  $id5$ ,  $f3.1$ ,  $f2.1$ ,  $f3.2$ ,  $f2.2$  și  $f1$ ) și elemente logice de diverse tipuri, conectate, la rândul lor, între ele și la ieșirile menționate ( $t1$ ,  $t2$ ,  $t3$ ,  $t4$ ,  $ok$  și  $nok$ ), astfel încât prima intrare  $id1$  este conectată cu o primă intrare a unui prim circuit cu funcție logică SAU, **CL1**, cu o primă intrare a unui al doilea circuit cu funcție logică SAU, **CL2**, cu o primă intrare a unui prim circuit cu funcție logică ȘI, **CL3**, și cu intrarea  $i$  a unui prim circuit sensibil la tranziții negative 1/0, **CL4**, intrarea a doua,  $id2$  este conectată cu prima intrare a unui al unui al treilea circuit cu funcție logică SAU, **CL5**, cu prima intrare a unui al doilea circuit cu funcție logică ȘI, **CL6**, cu intrarea  $i$  a unui al doilea circuit sensibil la tranziții negative 1/0, **CL7**, și cu a doua intrare a celui de-al doilea circuit cu funcție logică SAU menționat (**CL2**) a cărei ieșire este conectată cu cea de-a cincea ieșire menționată,  $ok$ , a acestui prim circuit complex, intrarea a treia,  $id3$  este conectată cu prima intrare a unui al treilea circuit cu funcție logică ȘI, **CL8**, intrarea a patra,  $id4$  este conectată cu prima intrare a unui al patrulea circuit cu funcție logică ȘI, **CL9**, intrarea a cincea,  $id5$  este conectată la intrarea unui prim circuit logic inversor, **CL10**, a cărei ieșire este conectată cu a doua intrare a celui de-al treilea circuit ȘI menționat (**CL8**) și cu a doua intrare a celui de-al patrulea circuit ȘI menționat (**CL9**), intrarea a șasea,  $f3.1$  este conectată cu a doua intrare a primului circuit cu funcție ȘI menționat (**CL3**) și cu prima intrare a unui al cincilea circuit cu funcție logică ȘI, **CL11**, intrarea a șaptea,  $f2.1$  se conectează cu prima intrare a unui al șaselea circuit cu funcție logică ȘI, **CL12**, intrarea a opta,  $f3.2$  se conectează cu a doua intrare a celui de-al doilea circuit ȘI menționat (**CL6**) și cu prima intrare a unui al șaptelea circuit cu funcție logică ȘI, **CL13**, intrarea a noua,  $f2.2$  se conectează cu prima intrare a unui al optulea circuit cu funcție logică ȘI, **CL14**, iar intrarea a zecea,  $f1$  se conectează cu a treia intrare a primului circuit ȘI menționat (**CL3**)

și cu a treia intrare a celui de-al doilea circuit ȘI menționat (CL6), ieșirea celui de-al treilea circuit ȘI menționat (CL8) se conectează cu a doua ieșire a celui de-al cincilea circuit ȘI menționat (CL11), cu a doua intrare a primului circuit SAU menționat (CL1) și cu prima ieșire a unui al patrulea circuit cu funcție logică SAU, **CL15**, ieșirea celui de-al patrulea circuit ȘI menționat (CL9) se conectează cu a doua intrare a celui de-al treilea circuit SAU menționat (CL5), cu a doua intrare a celui de-al șaptelea circuit ȘI menționat (CL13) și cu a doua intrare a celui de-al patrulea circuit SAU menționat (CL15), a cărei ieșire se conectează cu a șasea ieșire menționată, *nok*, a acestui prim circuit complex, ieșirea primului circuit SAU menționat (CL1) se conectează cu a doua intrare a celui de-al șaselea circuit SI menționat (CL12), a cărei ieșire se conectează cu intrarea *i* a unui al treilea circuit sensibil la tranziții negative 1/0, **CL16**, a cărei ieșire *q* se conectează la intrarea de resetare, *R* a unui prim circuit basculant bistabil de tip RS, **CL17**, ieșirea *q* a primului circuit sensibil la tranziții negative menționat (CL4) se conectează cu intrarea de resetare, *R* a unui al doilea circuit basculant bistabil de tip RS, **CL18**, și cu intrarea de setare a primului circuit basculant bistabil menționat (CL17) a cărei ieșire *Q* se conectează la ieșirea *t1* a acestui prim circuit complex, destinată comenzilor primului element de comutație (T1), ieșirea primului circuit ȘI menționat (CL3) se conectează la intrarea *i* a unui prim circuit sensibil la tranziții pozitive 0/1, **CL19**, a cărei ieșire *q* se conectează cu intrarea de setare, *S* a celui de-al doilea circuit basculant menționat (CL18), a cărei ieșire *Q* se conectează cu prima ieșire a unui al cincilea circuit cu funcție logică SAU, **CL20**, ieșirea celui de-al cincilea circuit ȘI menționat (CL11) se conectează cu a doua intrare a celui de-al cincilea circuit SAU menționat (CL20), a cărei ieșire se conectează la ieșirea *t2* a acestui prim circuit complex, destinată comenzilor celui de-al doilea element de comutație menționat (T2), ieșirea celui de-al treilea circuit SAU menționat (CL5) se conectează la a doua intrare a celui de-al optulea circuit SI menționat (CL14) a cărei ieșire se conectează la intrarea *i* a unui al patrulea circuit sensibil la tranziții negative 1/0, **CL21**, a cărei ieșire, *q* se conectează la intrarea de resetare a unui al unui al treilea circuit basculant bistabil de tip RS, **CL22**, și la intrarea de resetare, *R* a unui al patrulea circuit basculant bistabil de tip RS, **CL23**, ieșirea *q* a celui de-al doilea circuit sensibil la tranziții negative menționat (CL7) se conectează la intrarea de setare, *S*

a celui de-al treilea circuit basculant menționat (CL22) a cărui ieșire  $Q$  se conectează cu ieșirea  $t3$  a acestui prim circuit complex, destinată comenzilor celui de-al treilea element de comutație menționat (T3), ieșirea celui de-al șaptelea circuit ȘI menționat (CL13) se conectează cu prima intrare a unui al șaselea circuit cu funcție logică SAU, CL24, ieșirea celui de-al doilea circuit ȘI menționat (CL6) se conectează cu intrarea  $i$  a unui al doilea circuit sensibil la tranziții pozitive 0/1, CL25, a cărui ieșire,  $q$  se conectează cu intrarea de setare a celui de-al patrulea circuit basculant bistabil menționat (CL23), a cărui ieșire  $Q$  se conectează cu a doua intrare a celui de-al șaselea circuit SAU menționat (CL24) care are ieșirea conectată la ieșirea  $t4$  a acestui prim circuit complex, destinată comenzilor celui de-al patrulea element de comutație menționat (T4),

și mai are în componență un al doilea circuit complex cu rolul de a face discriminarea descărcărilor în funcție de momentul în care s-au produs în raport cu unghiul de fază al undei ultrasonice, circuit complex care are un prim set de intrări conectate cu ieșirile dedicate ale primului circuit complex menționat, prima intrare, notată  $OK$ , conectată cu cea de-a cincea ieșire,  $ok$ , a doua intrare, notată  $NOK$ , conectată cu cea de-a șasea ieșire,  $nok$  și mai are o intrare prin care culege tensiunea de la ieșirea primului divizor potențiomtric menționat (Rg) ale cărei tranziții prin trei praguri, primul imediat sub nivelul tensiunii de mers în gol a celei de-a doua surse menționate ( $U_i$ ), al doilea la nivelul tensiunii sub care se consideră că a amorsat descărcarea și un al treilea la nivelul sub care se consideră existența unui scurtcircuit între electrozi, sunt analizate de un al treilea circuit cu praguri și separare galvanică, PG, care emite la o primă ieșire a sa, notată  $F4$ , un nivel logic 1 pe durata existenței tensiunii de mers în gol între electrozi, la o a doua ieșire, notată  $F2$ , un nivel logic 0 în momentul amorsării descărcărilor, iar la a treia ieșire, notată  $F1$ , un nivel logic 0 când tensiunea dintre electrozi este la o valoare apropiată de referința (0VG) surselor de putere ( $U_i$  și  $U_t$ ), această a treia ieșire a celui de-al treilea circuit cu praguri, PG, se conectează cu cea de-a zecea intrare,  $f1$ , a primului circuit complex menționat, prima ieșire,  $F4$  se conectează cu intrarea  $i$  a unui al cincilea circuit sensibil la tranziții negative 1/0, CL26, iar a doua ieșire,  $F2$  se conectează cu intrarea  $i$  a unui al șaselea circuit sensibil la tranziții negative 1/0, CL27, prima intrare menționată,  $OK$ , a acestui al doilea circuit complex menționat se conectează cu prima

intrare a unui al nouălea circuit cu funcție logică ȘI, **CL28**, cu intrarea unui prim circuit basculant monostabil, **CL29** care emite la ieșirea sa un impuls cu durata mai mică decât marginea inferioară a domeniul prestabilit, cu intrarea unui al doilea circuit basculant monostabil, **CL30**, care emite la ieșirea sa un impuls cu durata prescrisă din exterior mai mare decât marginea superioară a domeniului prestabilit, dar mai mică decât durata unei semiperioade a undei ultrasonice și cu intrarea  $i$  a unui al șaptelea circuit sensibil la tranziții negative 1/0, **CL31**, ieșirea primului circuit monostabil menționat (**CL29**) se conectează cu intrarea unui al doilea circuit logic inversor, **CL32**, și cu prima intrare a unui al zecelea circuit cu funcția logică ȘI, **CL33**, ieșirea celui de-al doilea circuit monostabil menționat (**CL30**) se conectează cu intrarea unui al treilea circuit inversor, **CL34**, și cu prima intrare a unui al unsprezecelea circuit cu funcția logică ȘI, **CL35**, ieșirea  $q$  a celui de-al cincilea circuit sensibil la tranziții negative menționat (**CL26**) se conectează la intrarea de setare a unui al cincilea circuit basculant bistabil de tip RS, **CL36**, a cărui ieșire  $Q$  se conectează cu prima intrare a unui al doisprezecelea circuit cu funcție logică ȘI, **CL37**, ieșirea celui de-al nouălea circuit ȘI menționat (**CL28**) se conectează cu prima intrare a unui al treisprezecelea circuit cu funcție logică ȘI, **CL38**, ieșirea celui de-al unsprezecelea circuit ȘI menționat (**CL35**) se conectează cu prima intrarea unui al patrusprezecelea circuit cu funcție logică ȘI, **CL39**, a doua intrare, amintită, a acestui al doilea circuit complex, **NOK** se conectează cu prima intrare a unui al cincisprezecelea circuit cu funcție logică ȘI, **CL40**, ieșirea  $q$  a celui de-al șaselea circuit sensibil la tranziții negative menționat (**CL27**) se conectează cu intrarea de resetare  $R$  a celui de-al cincilea circuit basculant menționat (**CL36**) și cu a doua intrare a fiecăruia din circuitele ȘI menționate, al zecelea (**CL33**), al treisprezecelea (**CL38**), al patrusprezecelea (**CL39**) și al cincisprezecelea (**CL40**), ieșirea  $q$  a celui de-al șaptelea circuit sensibil la tranziții negative menționat (**CL31**) se conectează cu a doua intrare a celui de-al doisprezecelea circuit ȘI menționat (**CL37**) și cu o primă intrare, notată  $p$ , a unui al treilea circuit complex cu rol de analiză statistică și formare a deciziilor de corectare a spațiului dintre electrozi, circuit complex care mai are o a doua intrare, notată  $j$ , care se conectează cu ieșirea celui de-al treisprezecelea circuit ȘI menționat (**CL38**), o a treia intrare, notată  $dm$ , care se conectează cu ieșirea celui de-al patrusprezecelea circuit ȘI menționat (**CL39**),



o a patra intrare, notată  $s$ , care se conectează cu ieșirea celui de-al zecelea circuit ȘI menționat (CL33), o a cincea intrare, notată  $rs$ , care se conectează cu ieșirea celui de-al cincisprezecelea circuit ȘI menționat (CL40) și o a șasea intrare, notată  $rj$ , iar topologia logică a acestui al treilea circuit complex este realizată în așa fel încât prima intrare menționată,  $p$ , la care se primesc impulsuri de marcarea a sfârșitului fiecărei perioade a unei ultrasonice, este conectată cu intrarea de numărare,  $d$ , a unui prim numărător, CL41, programat la un număr  $N$  de impulsuri, a doua intrare menționată,  $j$ , la care se primesc impulsuri corespunzătoare descărcărilor care s-au produs în timpul semiperioadei selectate, dar după domeniul acceptat al momentului prefixat, este conectată la intrarea de numărare,  $d$ , a unui al doilea numărător, CL42, programat la un număr  $N/2$  de impulsuri, a treia intrare menționată,  $dm$ , la care se primesc impulsuri corespunzătoare descărcărilor care s-au produs în timpul semiperioadei selectate și în domeniul acceptat al momentului prefixat, este conectată la intrarea de numărare,  $d$ , a unui al treilea numărător, CL43, programat la același număr  $N/2$  de impulsuri, a patra intrare menționată,  $s$ , la care se primesc impulsuri corespunzătoare descărcărilor care s-au produs în timpul semiperioadei selectate, dar înaintea domeniului acceptat al momentului prefixat, se conectează cu intrarea de numărare a unui al patrulea numărător, CL44, programat la același număr  $N/2$  de impulsuri, a cincea intrare menționată,  $rs$ , la care se primesc impulsuri corespunzătoare descărcărilor care s-au produs în semiperioada anterioară celei selectate, se conectează cu intrarea de numărare,  $d$ , a unui al cincilea numărător, CL45, programat la un număr de impulsuri  $M$  de valoare semnificativ mai mică decât numărul  $N$  menționat, iar a șasea intrare menționată,  $rj$ , la care se primesc impulsuri corespunzătoare sfârșitului perioadelor unei ultrasonice pe durata cărora nu s-au produs descărcări, se conectează cu intrarea  $d$  a unui al șaselea numărător, CL46, programat cu același număr  $M$  menționat, stările celor de-al doilea, al treilea și al patrulea numărătoare sunt citite de un circuit de comparare numerică, CL47, prin intermediul conexiunilor între ieșirea de date  $Q1$  a celui de-al doilea numărător menționat (CL42) și intrarea, notată  $n1$ , a circuitului de comparare (CL47), a conexiunii dintre ieșirea de date  $Q2$  a celui de-al patrulea numărător menționat (CL44) și intrarea, notată  $n2$ , a circuitului de comparare (CL47), a conexiunii dintre ieșirea de date  $Q3$  a celui de-al treilea numărător menționat

(CL43) și intrarea, notată  $n3$ , a circuitului de comparare (CL47), ieșirea, notată cu  $B$ , a primului numărator menționat (CL41), care emite un semnal când s-a atins numărul  $N$  programat, se conectează cu prima intrare a unui al șaisprezecelea circuit cu funcție logică ȘI, CL47, cu intrarea unui al patrulea circuit inversor, CL48, a cărui ieșire se conectează cu prima ieșire a unui al șaisprezecelea circuit cu funcție logică ȘI, CL49, cu prima intrare a unui al șaptesprezecelea circuit cu funcție logică ȘI, CL50, cu prima intrare a unui al optsprezecelea circuit cu funcție logică ȘI, CL51, și cu intrarea, notată  $C$ , a circuitului de comparare menționat, CL47, care emite la o primă ieșire a sa, notată  $n1M$ , un impuls sincron cu impulsul primit la intrarea  $C$ , în cazul în care în urma comparației rezultă că numărul citit la intrarea sa  $n1$  este mai mare decât cele primite la intrările  $n2$  și  $n3$  menționate, ieșire care se conectează cu prima intrare a unui al șaptelea circuit cu funcție logică SAU, CL52, și cu intrarea de setare,  $S$ , a unui al șaselea circuit basculant bistabil de tip RS, CL53, la a doua sa ieșire, notată cu  $n2M$ , circuitul de comparare emite un semnal sincron cu impulsul primit la intrarea sa  $C$  în cazul în care în urma comparației rezultă că numărul citit la intrarea sa  $n2$  este mai mare decât cele primite la intrările  $n1$  și  $n2$ menționate, ieșire care se conectează cu intrarea de resetare a celui de-al șaselea circuit basculant menționat, CL53, și cu a doua intrare a celui de-al șaptelea circuit SAU menționat, CL52, a cărui ieșire se conectează cu a doua intrare a celui de-al șaisprezecelea circuit ȘI menționat, CL49, ieșirea, notată  $Q1$  a celui de-al șaselea circuit basculant bistabil menționat, CL53, se conectează cu a doua intrare a celui de-al optsprezecelea circuit ȘI menționat, CL51, ieșirea, notată cu  $Q2$ , a celui de-al șaselea circuit basculant bistabil menționat, CL53, se conectează cu a doua intrare a celui de-al șaptesprezecelea circuit ȘI menționat, CL50, ieșirea celui de-al șaisprezecelea circuit ȘI menționat, CL49, se conectează cu intrarea unui al cincilea circuit inversor, CL54, a cărui ieșire se conectează cu prima intrare a unui al nouăsprezecelea circuit cu funcție logică ȘI, CL55, ieșirea de confirmare a atingerii numărului de impulsuri programat,  $B$  a celui de-al doilea numărator menționat, CL42, se conectează cu prima intrare a unui al douăzecilea circuit cu funcție logică ȘI, CL56, și cu a doua intrare a celui de-al nouăsprezecelea numărator menționat, CL55, ieșirea de confirmare a atingerii numărului de impulsuri programat,  $B$  a celui de-al patrulea numărator menționat, CL44 se

conectează cu prima intrare a unui al douăzecișicincilea circuit cu funcție logică ȘI, CL57, și cu a treia intrare a celui de-al nouăsprezecelea circuit ȘI menționat, CL55, ieșirea de confirmare a atingerii numărului de impulsuri programat, *B*, a celui de-al treilea numărător menționat, CL43 se conectează cu a doua ieșire a celui de-al șaisprezecelea circuit ȘI menționat, CL47, ieșirea de confirmare a atingerii numărului de impulsuri programat, *B* a celui de-al șaselea numărător programat, CL46 se conectează cu a patra intrare a celui de-al nouăsprezecelea circuit ȘI menționat, CL55 și cu a doua intrare a celui de-al douăzecilea circuit ȘI menționat, CL56, ieșirea de confirmare a atingerii numărului de impulsuri programat, *B* a celui de-al cincilea numărător menționat, CL45 se conectează cu a cincea intrare a celui de-al nouăsprezecelea circuit ȘI menționat, CL55 și cu a doua intrare a celui de-al douăzecișunulea circuit ȘI menționat, CL57, ieșirea celui de-al optsprezecelea circuit ȘI menționat, CL51 se conectează cu cea de-a treia intrare a celui de-al douăzecilea circuit ȘI menționat, CL56, ieșirea celui de-al șaptesprezecelea circuit ȘI menționat, CL50 se conectează cu ce-a de-a treia intrare a celui de-al douăzecișunulea circuit ȘI menționat, CL57, ieșirea celui de-al șaisprezecelea circuit ȘI menționat, CL57 se conectează cu intrările de inițializare, *L* ale celor șase numărătoare menționate, CL41, CL42, CL43, CL44, CL45 și CL46, ieșirea celui de-al nouăsprezecelea circuit ȘI menționat, CL55 se conectează cu ce-a de-a treia intrare a celui de-al șaisprezecelea circuit ȘI menționat, CL47 și cu intrarea, *i* a unui al treilea circuit basculant monostabil, CL58, ieșirea celui de-al douăzecilea circuit ȘI menționat, CL56 se conectează cu intrarea de setare a unui al șaselea circuit basculant bistabil de tip RS, CL59, ieșirea celui de-al douăzecișunulea circuit ȘI menționat, CL57 se conectează cu intrarea de resetare a celui de-al șaselea circuit basculant bistabil menționat, CL59, a cărui ieșie, *Q* se conectează la prima ieșire, notată *DIR*, a acestui cel de-al treilea circuit complex, prin care stabilește sensul de deplasare a electrodului sculă, iar ieșirea *q* celui de-al treilea circuit basculant menționat, CL58 se conectează la a doua ieșire, notată *imp*, a acestui al treilea circuit complex prin care se transmite impulsul de realizare a incrementului de deplasare al electrodului sculă prin intermediul driverului motorului pas cu pas DMpp și a lanțului cinematic aferent.

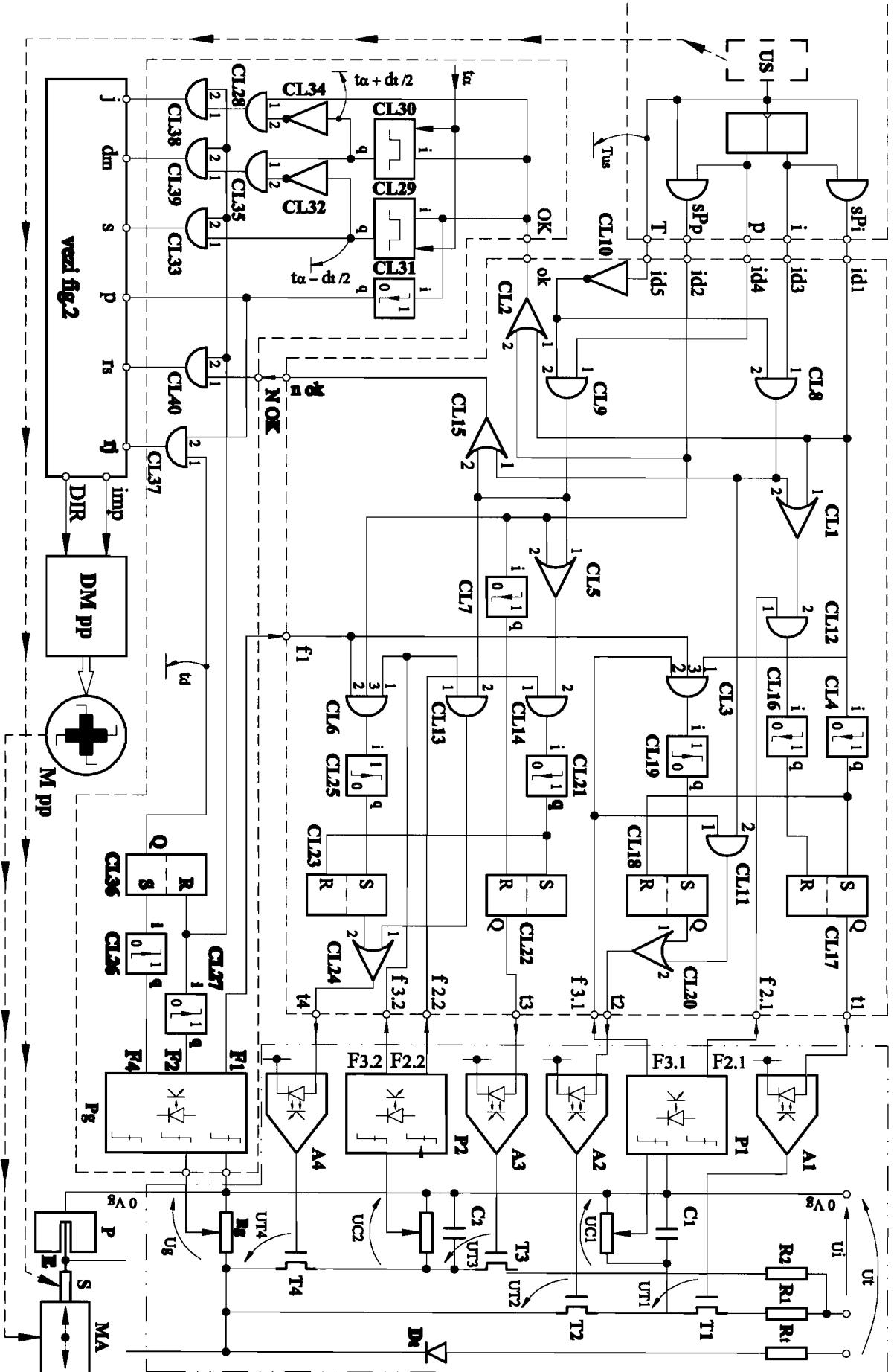


fig. 1

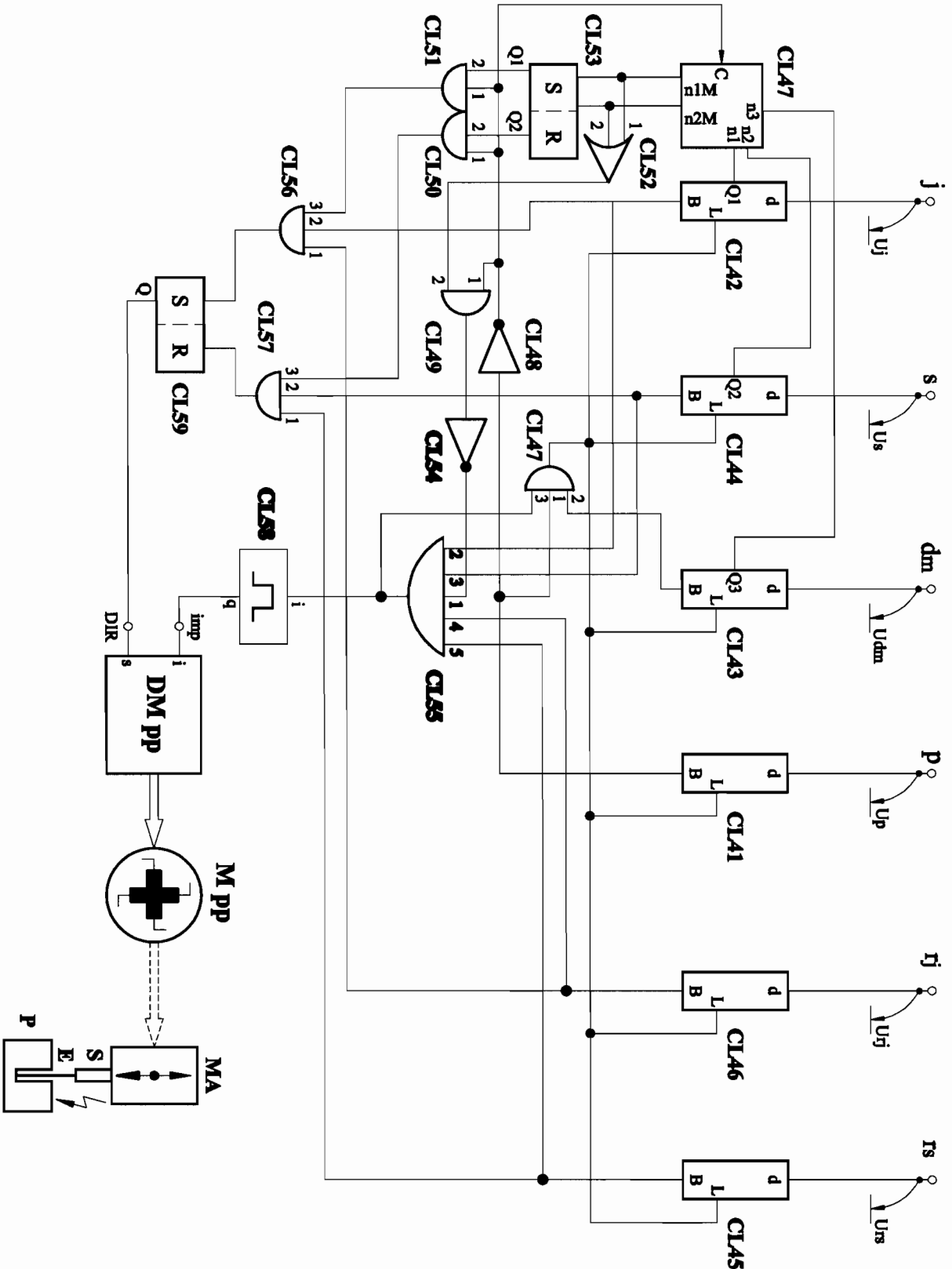


fig.2

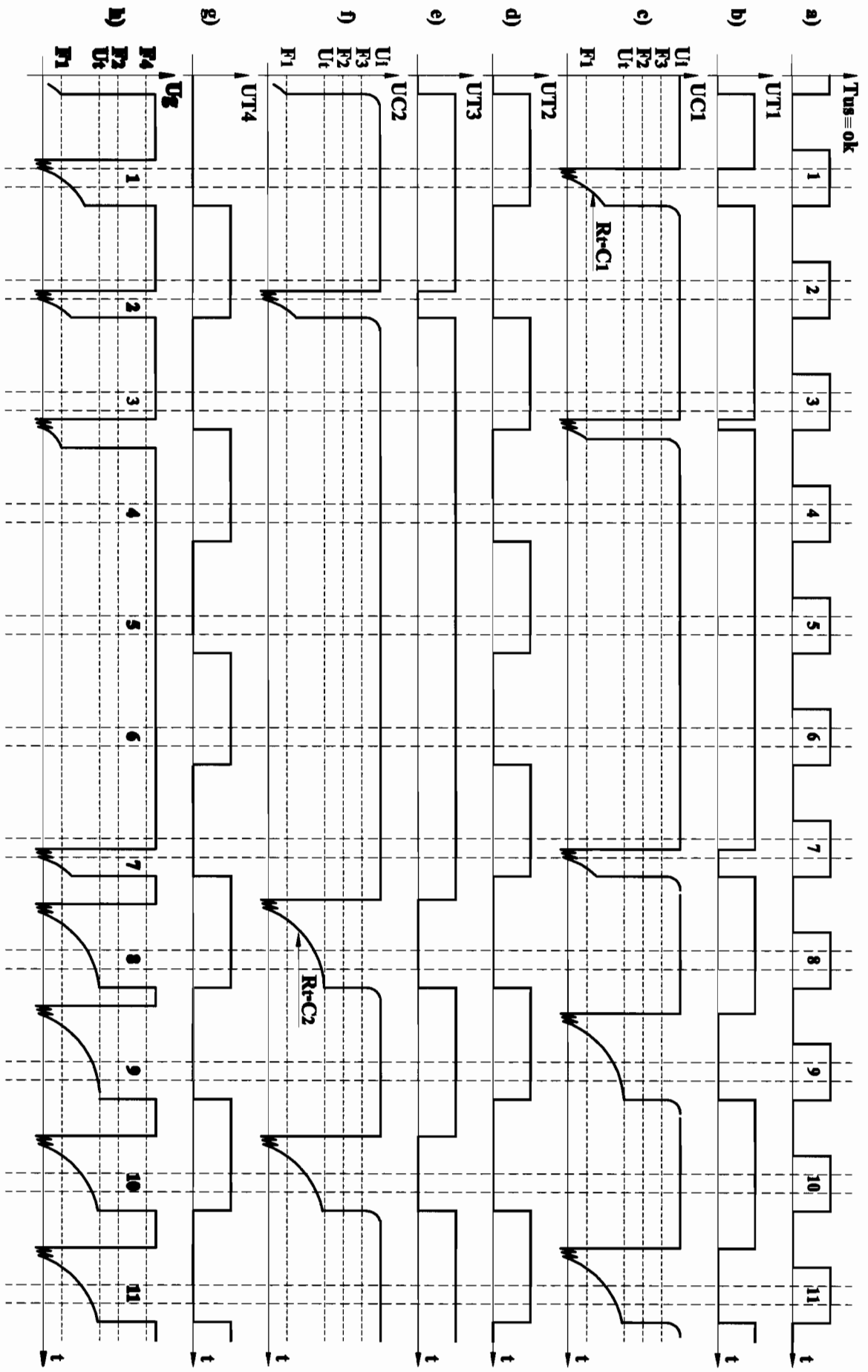


Fig. 3

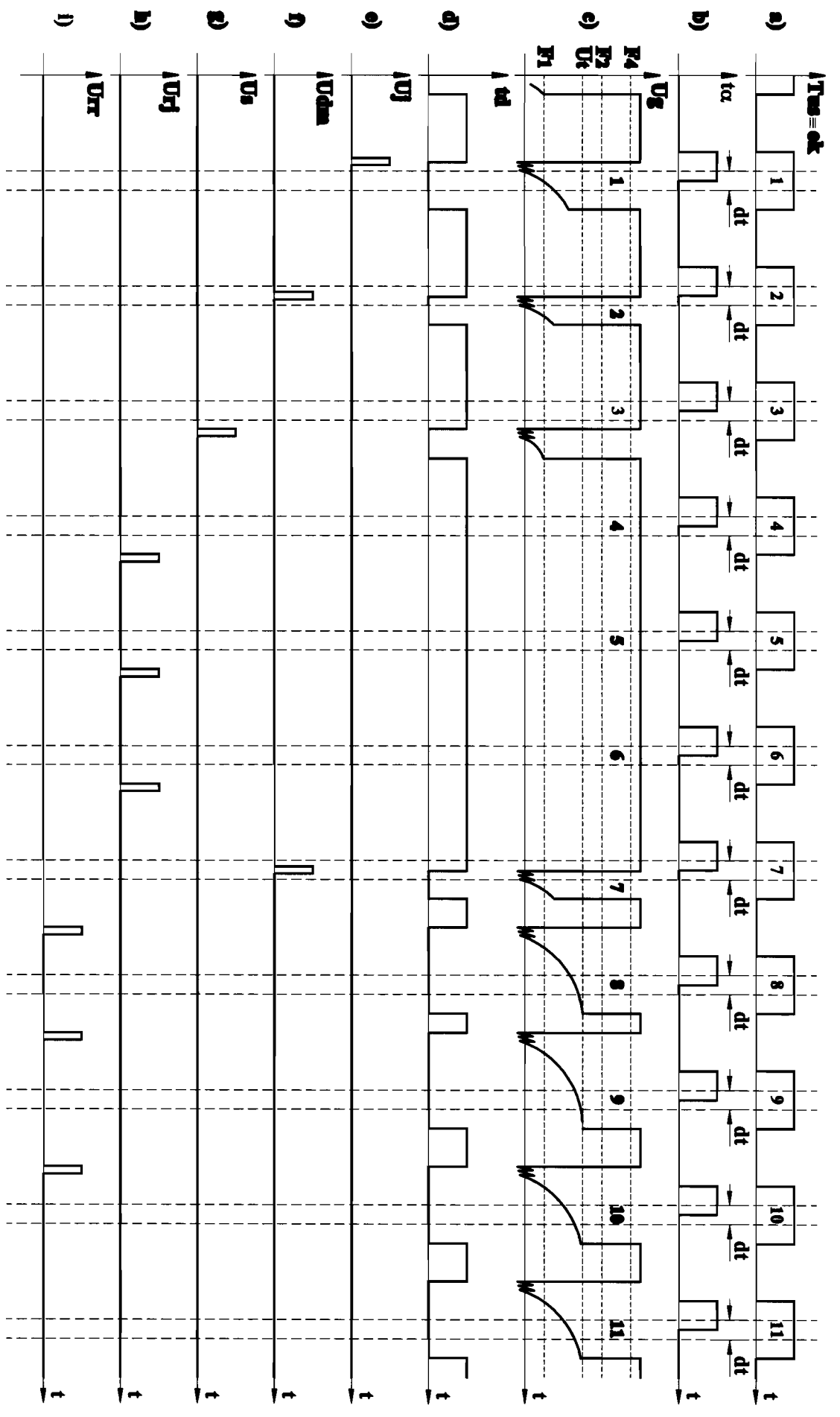


Fig. 4