

(19) OFICIUL DE STAT
PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI
București

ROMÂNIA



(11) **RO 133686 B1**

(51) Int.Cl.
H01J 37/32 (2006.01),
H05H 1/24 (2006.01)

(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2018 01061**

(22) Data de depozit: **06/12/2018**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **29/04/2021** BOPI nr. **4/2021**

(41) Data publicării cererii:
30/10/2019 BOPI nr. **10/2019**

(73) Titular:
• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU
FIZICA LASERILOR, PLASMEI ȘI
RADIĂȚIEI-INFLPR, STR. ATOMIȘTILOR
NR.409, MĂGURELE, IF, RO**

(72) Inventatori:
• **STOICAN OVIDIU-SORIN,
STR. FIZICIENILOR NR. 6, BL. 4, SC. 2,
ET. 2, AP. 26, MĂGURELE, IF, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:
RO 132739 A2; EP 3253184 A1

(54) **SISTEM DE ALIMENTARE ELECTRICĂ
PENTRU GENERATOARELE DE PLASMĂ**

Examinator: ing. BORDESCU DRAGOȘ



Orice persoană are dreptul să formuleze în scris și motivat, la OSIM, o cerere de revocare a brevetului de invenție, în termen de 6 luni de la publicarea mențiunii hotărârii de acordare a acesteia

RO 133686 B1

RO 133686 B1

1 Invenția se referă la un sistem de alimentare electrică, utilizat ca sursă de alimentare
2 pentru generatoarele de plasmă, non-termică, produsă sub formă de jet. Pentru a obține
3 o plasmă rece, puterea transferată descărcării $P_d = U_d I_d$, unde U_d , I_d reprezintă tensiunea,
4 respectiv curentul de descărcare, trebuie să fie suficient de mică. Tensiunea de descărcare
5 U_d , semnificând tensiunea măsurată direct pe electrozii descărcării, rămâne aproximativ
6 constantă după amorsarea acesteia, depinzând de caracteristicile geometrice ale sursei de
7 plasmă, de natura și presiunea gazului de lucru, fiind un parametru greu de controlat.
8 Curentul de descărcare I_d reprezintă intensitatea curentului electric în circuitul electric în care
9 sunt înseriați cei doi electrozi ai descărcării electrice. Prin urmare una din cerințele specifice
10 o reprezintă amorsarea descărcării electrice și menținerea acesteia într-o stare stabilă, la un
11 anumit curent de descărcare I_d considerat suficient de mic pentru a obține o plasmă rece.
12 Pentru amorsarea descărcării, valoarea absolută a tensiunii aplicate electrozilor (tensiune
13 care poate fi negativă sau pozitivă în raport cu electrodul conectat la masă) trebuie să fie
14 mult mai mare decât tensiunea aplicată ulterior, necesară menținerii sale.

15 De-a lungul timpului s-au propus și utilizat mai multe metode pentru alimentarea
16 surselor de plasmă, obținute la presiune atmosferică. Majoritatea surselor de plasmă rece
17 disponibile comercial utilizează pentru alimentarea electrozilor tensiuni electrice alternative,
18 sub formă de pulsuri de înaltă tensiune, tensiuni de radiofrecvență sau de microunde. În
19 cazul tensiunilor electrice de radiofrecvență și microunde, transferul maxim de putere se
20 obține atunci când impedanța de ieșire a generatorului de radiofrecvență sau microunde este
21 egală cu impedanța sarcinii. Aceasta se realizează prin adăugarea unor rețele de adaptare
22 între sarcină și generator sau folosind circuite rezonante acordate pe frecvența tensiunii
23 aplicate. Surse de plasmă funcționând la presiune atmosferică, dezvoltate recente, ai căror
24 electrozi sunt conectați la tensiuni de radiofrecvență (descrise de exemplu în brevetele
25 **EP 3253184A1/2017**, **WO2015/071746 A1**), sau de microunde (descrise de exemplu în
26 brevetele **US 6917165B2/2005**, **US 2010/0296977 A1**, **US 2014/0287162 A1**) conțin rețele
27 de adaptare sau circuite rezonante. Elementele rețelei de adaptare sau ale circuitului acordat
28 depind inclusiv de caracteristicile plasmei, care pot varia aleator, funcție de condițiile de
29 lucru. Prin urmare rețelele de adaptare sau circuitele rezonante trebuie ajustate continuu în
30 timpul funcționării generatorului de plasmă. Pentru întreținerea descărcărilor electrice în
31 radiofrecvență și microunde sunt necesare puteri mari, făcând dificilă astfel obținerea de
32 plasmă reci. Componentele electronice de putere utilizate în domeniul de radiofrecvență sau
33 de microunde sunt relativ scumpe și au o durată de viață limitată. De asemenea utilizarea
34 tensiunilor alternative, de joasă, medie sau înaltă frecvență, pentru generarea plasmei (cum
35 sunt cele descrise în **US 5909086/1999**, **US 6099523/2000**, **US 2010/0133979 A1**,
36 **US 9601317 B2/2017**), sinusoidale sau sub formă de pulsuri, pot conduce la apariția unor
37 perturbații electromagnetice care să afecteze echipamentele electronice aflate în apropiere,
38 fiind nevoie de circuite de deparazitare. Toate asemenea particularități, menționate mai
39 înainte, cresc costul și complexitatea echipamentului. Un sistem de alimentare hibrid este
40 descris în: **O.S. Stoican, An atmospheric pressure plasma source driven by a train of**
41 **monopolar high voltage pulses superimposed to a dc voltage, European Physical**
42 **Journal-Applied Physics, 55, 30801 (2011)**, fiind utilizat în cazul unui generator ce produce
43 o plasmă rece, funcționând la un curent de descărcare relativ scăzut. Dezavantajul acestei
44 soluții este acela că utilizează două surse de alimentare, anume o sursă de tensiune con-
45 tinuă, ce întreține descărcarea, și respectiv un generator de pulsuri de foarte înaltă tensiune,
ce amorsează descărcarea. De asemenea prezența pulsurilor de foarte înaltă tensiune poate

RO 133686 B1

conduce la apariția perturbațiilor electromagnetice. Pentru înlăturarea acestei deficiențe în cererea de brevet de invenție descrisă în documentul **RO 132739 A2** se face referire la un circuit pentru controlul automat al funcționării unui generator de plasmă cu alimentare mixtă.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în amorsarea descărcării electrice, iar ulterior menținerea descărcării electrice sau reamosarea descărcării electrice dacă este necesar, în mod automat, la un curent de descărcare suficient de mic, astfel încât să fie obținut un jet de plasmă rece.

Problema tehnică este rezolvată cu un sistem de alimentare electrică pentru generatoare de jet de plasmă conectat la electrozii unui generator de plasma, direct sau în serie cu un rezistor de balast, care este compus din sursa de tensiune continuă conectată în primarul unui transformator ridicător de tensiune prin intermediul unui circuit de comutație care întrerupe periodic tensiunea aplicată în primarul transformatorului ridicător de tensiune funcție de tensiunea de control U_c primită de la un circuit de comandă, o rețea de redresare și filtraj conectată în secundarul transformatorului ridicător de tensiune și care realizează conversia în tensiune continuă a tensiunii alternative existente în secundarul transformatorului ridicător de tensiune, și un senzor de curent care măsoară curentul de descărcare, circuitul de comandă ajustând durata de timp în care se aplică tensiunea prin întreruperea tensiunii în primarul transformatorului ridicător de tensiune, senzorul de curent și circuitul de comandă formând un circuit de reacție astfel încât să asigure inițierea, apoi menținerea jetului de plasmă, iar valoarea absolută a curentului de descărcare să fie egală cu o valoare prestabilită.

Problema tehnică mai este rezolvată cu un sistem de alimentare electrică pentru generatoare de jet de plasmă conectat la electrozii unui generator de plasma, direct sau în serie cu un rezistor de balast compus din sursa de tensiune continuă conectată în primarul unui transformator ridicător de tensiune, cu circuit magnetic întrerupt, prin intermediul unui circuit de comutație care întrerupe periodic tensiunea aplicată în primarul transformatorului ridicător de tensiune funcție de tensiunea de control U_c primită de la un circuit de comandă, o rețea de redresare și filtraj conectată în secundarul transformatorului ridicător de tensiune și care realizează conversia în tensiune continuă a tensiunii alternative existente în secundarul transformatorului ridicător de tensiune, și un senzor de curent care măsoară curentul de de descărcare, circuitul de comandă ajustând durata de timp în care se aplică tensiunea, respectiv întrerupând tensiunea, în primarul transformatorului ridicător de tensiune, senzorul de curent și circuitul de comandă formând un circuit de reacție astfel încât să asigure inițierea, apoi menținerea jetului de plasmă, iar valoarea absolută a curentului de descărcare să fie mai mică decât o valoare prestabilită.

Față de soluțiile anterioare, generatorul de plasmă la care face referire invenția prezintă următoarele avantaje:

- folosește o singură sursă de alimentare în curent continuu, simplificând construcția sa;

- curentul de descărcare este controlat sau, după caz, limitat, fiind menținut la valori scăzute, ceea ce conduce la posibilitatea obținerii unei plame reci;

- alimentarea în curent continuu a generatorului de plasmă elimină necesitatea circuitelor de adaptare;

- alimentarea în curent continuu a generatorului de plasmă elimină apariția perturbațiilor electromagnetice.

Se dau în continuare două variante de realizare a invenției, în legătură și cu fig. 1...4 care reprezintă:

- fig. 1, schema bloc a sistemului de alimentare electrică, realizat conform invenției, în varianta în care generează la ieșire o tensiune electrică continuă, negativă, U_0 , a cărei valoare este ajustată automat, astfel încât curentul de ieșire I_0 să fie menținut sau să fie limitat la o valoare prestabilită;

RO 133686 B1

1 - fig. 2, elemente ale sistemului de alimentare electrică, realizat conform invenției, în
2 varianta în care utilizează un sistem de alimentare electrică conținând un transformator ridi-
3 cător de tensiune, având circuitul magnetic întrerupt (transformator cu întrefier);

4 - fig. 3, schema echivalentă a sistemului de alimentare electrică realizat conform
5 invenției;

6 - fig. 4, tensiunea și curentul furnizate de sistemul de alimentare electrică în timpul
7 funcționării unui generator de plasmă, pentru care s-a implementat practic sistemul de
8 alimentare electrică conform invenției.

9 Sistemul conform invenției funcționează la presiune atmosferică și furnizează la ieșire,
10 în absența sarcinii, o tensiune continuă înaltă, de ordinul kilovolților. Sistemul de alimentare
11 electrică fiind de asemenea caracterizat prin rezistența internă echivalentă mare, astfel că,
12 din punct de vedere electric, funcționarea sa este similară cu aceea a unei surse de curent
13 sau cu a unei surse de tensiune cu limitare de curent. Jetul de plasmă este generat ca
14 urmare a unei descărcări electrice declanșată și întreținută într-un curent de gaz, numit în
15 continuare gaz de lucru. Funcționarea sistemului de alimentare, realizat conform invenției,
16 se bazează pe faptul că tensiunea necesară pentru menținerea unei descărcări electrice este
17 mult mai mică decât tensiunea necesară declanșării acesteia. Tensiunea continuă furnizată
18 de sistemul de alimentare electrică, realizat conform invenției, poate varia în timp,
19 adaptându-se automat la starea descărcării electrice care generează plasma, producând
20 amorsarea descărcării electrice, reamorsarea descărcării electrice în caz de întrerupere, iar
21 după amorsarea descărcării electrice asigură menținerea jetului de plasmă în stare stabilă
22 la un curent de descărcare prestabilit sau la un curent de descărcare mai mic decât o valoare
23 prestabilă.

24 Sistemul de alimentare electrică este constituit, conform invenției, dintr-un ansamblu
25 de circuite electronice, care formează sursa de alimentare electrică și care generează la
26 ieșire o tensiune electrică continuă U_0 , a cărei valoare este ajustată automat, astfel încât
27 valoarea absolută a curentului debitat la ieșire I_0 să fie egală sau mai mică decât o valoare
28 constantă I_p , prestabilă, pentru un domeniu larg de variație a rezistenței de sarcină. Tensi-
29 unea electrică existentă U_0 la ieșirea sistemului de alimentare electrică este aplicată, direct
30 sau în serie cu un rezistor **4**, electrozilor **2**, **3** sursei de plasmă. Sursa de plasmă conține doi
31 electrozi, cu rol de anod **3**, respectiv catod **2**, amplasați într-un curent de gaz, între care
32 apare o descărcare electrică. În cazul generatorului de plasmă realizat conform invenției,
33 curentul de ieșire al sistemului de alimentare I_0 este egal cu curentul de descărcare I_d . Ten-
34 siunea electrică aplicată electrozilor **2**, **3** sursei de plasmă poate fi negativă sau pozitivă, față
35 de electrodul conectat la masă, corespunzător cerințelor constructive ale sursei de plasmă.
36 Sistemul de alimentare electrică, în una din variantele sale de realizare, este compus,
37 conform invenției, din: sursă de tensiune continuă **8**, circuit de comutație **9**, transformator
38 ridicător de tensiune **10**, rețea de redresare și filtrație **13**, senzor de curent **14** și circuit de
39 comandă **15**. Circuitul de comutație **9** este alimentat de către sursa de tensiune continuă **8**
40 și generează la ieșire o tensiune electrică dreptunghiulară ale cărei amplitudine și factor de
41 umplere sunt controlate de circuitul de comandă **15**. Tensiunea electrică generată de circuitul
42 de comutație **9** este aplicată în primarul **11** transformatorului ridicător de tensiune **10**.
43 Tensiunea electrică generată în secundarul **12** transformatorului **10** ridicător de tensiune, de
44 ordinul kilovolților, este aplicată la intrarea rețelei de redresare și filtrație **13**. Rețeaua de redre-
45 sare și filtrație **13**, având caracteristici specifice frecvenței tensiunii generate de circuitul de
46 comutație **9**, realizează conversia tensiunii alternative generate de către secundarul **12**
47 transformatorului **10** ridicător de tensiune, într-o tensiune continuă. În absența sarcinii (adică

atunci când $I_0 = 0$), sistemul de alimentare electrică este realizat, conform invenției, să furnizeze tensiunea de ieșire maximă ($U_0 = U_{0max}$). Sistemul de alimentare electrică realizat conform invenției poate funcționa în două regimuri de lucru, anume, ca sursă de curent, respectiv, în regim de limitare a curentului. Circuitul de comandă **15** ajustează parametrii de funcționare ai circuitului de comutație **9**, astfel încât $|I_0| = |I_p|$, atunci când sistemul de alimentare electrică funcționează ca sursă de curent, sau astfel încât $|I_0| < |I_p|$, atunci când sistemul de alimentare electrică funcționează în regim de limitare a curentului. Utilizatorul poate selecta regimul de lucru al sistemului de alimentare electrică și valoarea curentului pre-stabilit I_p , modificând parametrii circuitului de comandă **15**. Electrozii **2, 3** sursei de plasmă sunt conectați la ieșirea sistemului de alimentare electrică, fie direct, fie în serie cu un rezistor **4**, denumit rezistor de balast, a cărui rezistență R_b , poate avea valori diferite, depinzând de geometria sursei de plasmă, regimul de funcționare al acesteia, de natura și presiunea gazului de lucru. Rezistorul de balast **4** are rolul de stabilizare a jetului de plasmă și de a crește suplimentar rezistența internă efectivă a sistemului de alimentare electrică. Rezistența sa poate fi modificată ulterior amorsării descărcării, în scopul optimizării parametrilor jetului de plasmă, corespunzător regimului particular de lucru. Conform invenției, valoarea absolută a tensiunii maxime de ieșire $|U_{0max}|$ furnizată de către sistemul de alimentare este aleasă astfel încât, pentru geometria dată a electrozilor, câmpul electric ce apare în spațiul dintre electrozi, ca rezultat al aplicării acestei tensiuni, să fie mai mare decât cel necesar străpungerii gazului, la presiunea și temperatura existente. Pentru aer, la presiune și temperatură normale, valoarea necesară a câmpului electric este de circa 3×10^6 V/m (**J. S. Rigden, Macmillan Encyclopedia of Physics, Ed. Simon & Schuster, 1996, p. 353**). În cazul unei surse de plasmă, pentru care anodul **3** este un cilindru metalic gol, cu diametrul interior D_i iar catodul **2** este o tijă metalică cu diametrul $D_e < D_i$, amplasată în interiorul anodului **3**, de-a lungul axei sale, câmpul electric E la distanța r față de axă, se calculează conform relației:

$$E = \frac{|U_0| - |I_0|R_b}{r \ln\left(\frac{D_i}{D_e}\right)}$$

În momentul aplicării tensiunii de alimentare, descărcarea electrică nu este amorsată, curentul I_0 debitat de sistemul de alimentare electrică este nul, iar tensiunea de ieșire $U_0 = U_{0max}$, suficient de ridicată pentru amorsarea descărcării. Teoria generală a descărcărilor electrice în gaze arată că după amorsarea descărcării, tensiunea U_0 dintre electrozi **2, 3** se menține aproximativ constantă, pentru un domeniu larg de variație a curentului de descărcare I_d . Valoarea tensiunii U_d depinde de geometria electrozilor **2, 3**, presiunea și natura gazului de lucru. Pe măsură ce curentul de descărcare crește, pentru îndeplinirea condiției $|I_0| = |I_p|$, atunci când sistemul de alimentare electrică funcționează ca sursă de curent sau $|I_0| < |I_p|$, atunci când sistemul de alimentare electrică funcționează în regim de limitare a curentului, circuitul de comandă **15** modifică parametrii de funcționare ai circuitului de comutație **9** astfel încât tensiunea de la ieșirea sistemului de alimentare electrică U_0 să scadă și să atingă o valoare de echilibru corespunzătoare regimului de lucru.

În regimul în care sistemul de alimentare electrică funcționează ca sursă de curent, menținerea constantă a valorii curentului de ieșire se realizează prin variația tensiunii de ieșire U_0 astfel încât, în orice moment să fie îndeplinită condiția:

$$|U_0| = |U_d| + |I_p|R_b$$

RO 133686 B1

1 În regimul în care sistemul de alimentare electrică funcționează în regim de limitare
a curentului, aceasta se realizează prin variația tensiunii de ieșire U_0 astfel încât, în orice
3 moment este îndeplinită condiția:

$$5 \quad \frac{|U_0 - U_d|}{R_b} < |I_p|$$

7 În ambele cazuri ajustarea tensiunii U_0 se face, automat, de către circuitul de
comandă 15.

9 Într-o altă variantă de realizare, sursa de alimentare electrică conține, conform inven-
11 ției, un transformator ridicător de tensiune 16, având circuitul magnetic întrerupt (transfor-
mator cu întrefier) al cărui secundar 18 este conectat la o rețea de redresare și filtraj 13.
13 Întreruperea circuitului magnetic conduce la creșterea fluxului de dispersie în circuitul
magnetic al transformatorului 16, fiind din punct de vedere electric echivalent cu prezența
15 unei impedanțe electrice suplimentare în circuitul secundarului. Soluția descrisă constituie
un mijloc suplimentar prin care valoarea absolută a curentului de descărcare I_d este limitată
17 la o valoare prestabilă I_p , funcție care se menține inclusiv în cazul în care circuitul de reacție
format din senzorul de curent 14 și circuitul de comandă 15 este inactiv. Electrozii 2, 3 sursei
19 de plasmă sunt conectați la ieșirea rețelei de redresare și filtraj 13, fie direct, fie în serie cu
un rezistor 4, denumit rezistor de balast, cu rezistența R_b . Rezistorul de balast 4 are rolul de
21 stabilizare a jetului de plasmă și de creștere suplimentară a rezistenței interne a sistemului
de alimentare electrică. Rezistența sa poate fi modificată ulterior amorsării descărcării, în
23 scopul optimizării parametrilor jetului de plasmă, ținând seama de condițiile particulare de
lucru. Constructiv, sistemul de alimentare electrică este realizat, conform invenției, astfel ca
25 tensiunea sa de ieșire U_0 , în absența sarcinii (adică atunci când $I_0 = 0$), pentru geometria
dată a electrozilor, să fie suficient de mare astfel încât să genereze un câmp electric în
27 spațiul dintre electrozi mai mare decât cel necesar străpungerii gazului, la presiunea și
temperatura existente. În această variantă, sistemul de alimentare electrică funcționează în
regim de limitare a curentului, pentru care $|I_0| < |I_p|$. Curentul prestabil I_p depinde de
29 dimensiunile întrefierului și de celelalte caracteristici constructive ale transformatorului 16
ridicător de tensiune. Curentul de ieșire $I_0 = I_d$ este determinat de parametrii constructivi ai
31 întregului circuit. În ambele variante de realizare a invenției, funcționarea sistemului de
alimentare electrică, în curent continuu, este echivalentă cu aceea a unei surse de tensiune,
33 programabile, conectate prin intermediul unui rezistor de valoare mare la electrozii sursei de
plasmă.

35 În fig. 1 este prezentat sistemul de alimentare electrică, ce alimentează un generator
de plasmă, realizat conform invenției, generând la ieșire o tensiune electrică continuă U_0 ,
37 negativă față de masa, a cărei valoare este ajustată automat, astfel încât curentul de ieșire
 I_0 să fie menținut sau să fie limitat la o valoare prestabilă. Sursa de plasmă 1 conține cato-
39 doul 2 și anodul 3. Catodul 2 este conectat la polul negativ al sistemului de alimentare elec-
trică prin intermediul rezistorului 4, denumit rezistor de balast, având rezistența R_b , care
41 poate fi variată. Anodul 3 și polul pozitiv al sursei de alimentare electrică sunt conectate la
masă. Anodul 3 constă într-un cilindru metalic gol cu diametrul interior D_i , prevăzut la un cap
43 cu orificiul de acces 5 prin care este introdus gazul de lucru, iar la celălalt capăt fiind prevăzut
cu un ajutoraj 6 prin care este expulzat jetul de plasmă 7. Catodul 2 constă într-o tijă metalică
45 cu diametrul D_e introdusă în interiorul anodului 3, de-a lungul axei sale și izolată electric față
de acesta. Sistemul de alimentare electrică conține sursa de tensiune continuă 8, circuitul

RO 133686 B1

de comutație **9**, transformatorul ridicător de tensiune **10** cu primarul **11**, respectiv secundarul **12**, rețeaua de redresare și filtraj **13**, senzorul de curent **14** și circuitul de comandă **15**. Senzorul de curent **14** furnizează către circuitul de comandă **15** tensiunea electrică U_e proporțională cu curentul de ieșire I_0 , dată de relația $U_e = kI_0$, unde k este un factor de proporționalitate. Circuitul de comandă **15** controlează parametrii de funcționare ai circuitului de comutație **9**, prin intermediul tensiunii de comandă U_c , astfel încât $|I_0| = |I_p|$, atunci când sursa de alimentare electrică funcționează ca sursă de curent, sau $|I_0| < |I_p|$, atunci când sursa de alimentare electrică funcționează în regim de limitare a curentului.

În fig. 2, sunt prezentate elementele unei alte variante de realizare a invenției în care sistemul de alimentare electrică, ce alimentează un generator de plasmă, conține un transformator ridicător de tensiune **16**, având circuitul magnetic întrerupt (transformator cu întrefier). Secundarul **18** al transformatorului de înaltă tensiune **16** este conectat la rețeaua de redresare și filtraj **13**, ce realizează conversia tensiunii alternative existente la capetele secundarului **18** al transformatorului ridicător de tensiune **16** într-o tensiune continuă, negativă față de masă. Catodul **2** este conectat la polul negativ al sistemului de alimentare electrică prin intermediul rezistorului **4**, denumit rezistor de balast, având rezistența R_b , care poate fi variată. Anodul **3** și polul pozitiv al sursei de alimentare electrică sunt conectate la masă. Miezul feromagnetic **20** este întrerupt folosind distanțierii **19**, **21** realizați dintr-un material dielectric sau dintr-un metal care nu prezintă proprietăți feromagnetice. Grosimea d a distanțierilor **19**, **21**, care reprezintă întrefierul transformatorului ridicător de tensiune **16** este aleasă astfel încât, ținând seama de caracteristicile circuitului complet, $|I_0| < |I_p|$.

În fig. 3 este prezentată schema echivalentă a sistemului de alimentare electrică realizat conform invenției, în oricare din variantele sale. Sistemul de alimentare electrică **22** este echivalent cu sursa ideală programabilă de tensiune continuă **23** conectată în serie cu un rezistor **24** având rezistența R_0 , care reprezintă rezistența internă echivalentă a sistemului de alimentare electrică. Sursa ideală programabilă de tensiune continuă **23** conectată în serie cu, rezistorul **24** având rezistența R_0 de valoare mare este echivalentă cu o sursă de curent.

Circuitul de sarcină este format din rezistorul **4**, denumit rezistor de balast, cu rezistența R_b , și de plasma descărcării electrice, a cărei impedanță echivalentă **25** are valoarea Z_p .

Ca exemplu de aplicare s-a realizat sistemul de alimentare electrică la care face referire invenția, a cărui schemă bloc este prezentată în fig. 1, generând la ieșire o tensiune electrică continuă, negativă, U_0 , a cărei valoare este ajustată automat, astfel încât curentul de ieșire I_0 să fie limitat la o valoare prestabilită $I_p = 7\text{mA}$. Electrozii sursei de plasmă **1** constau dintr-un cilindru de aluminiu cu $D_i = 9\text{ mm}$, având rol de anod și o tijă de alamă cu $D_e = 2\text{ mm}$, având rol de catod. Drept gaz de lucru este folosit argonul. Diametrul ajutorului **6** este 2 mm . Tensiunea maximă a sistemului de alimentare, $|U_{0\text{max}}| \approx 2,7\text{ kV}$ iar rezistența de balast $R_b = 100\text{ k}\Omega$. În fig. 4 sunt reprezentate tensiunea și curentul, în valoare absolută, furnizate de sistemul de alimentare electrică în timpul funcționării generatorului de plasmă. La momentul de timp definit de punctul **A**, este realizată amorsarea jetului de plasmă. În intervalul de timp definit de segmentul **AB**, este generat jetul de plasmă, la un curent de descărcare $I_0 = I_a \approx 7\text{mA}$. Tensiunea la bornele sistemului de alimentare după amorsarea descărcării este $|U_0| \approx 980\text{ V}$, rezultând pentru tensiunea de descărcare $|U_d| = |U_0| - |I_d|R_b \approx 280\text{ V}$. Puterea transferată plasmei de către sistemul de alimentare electrică este $P_d \approx 1,96\text{ W}$.

RO 133686 B1

1 Temperatura jetului de plasmă $T < 70^{\circ}\text{C}$, lungimea jetului de plasmă **7** fiind de circa 8 mm.
La momentul de timp definit de punctul **B**, funcționarea generatorului de plasmă este oprită.

3 Argonul, folosit drept gaz de lucru, este stocat într-o butelie standard de 50 L/200 bar
(20 MPa) și eliberat la presiunea atmosferică, prin orificiul de acces **5** în interiorul cilindrului
5 **3**, prin intermediul unui reductor de presiune care asigură un debit de circa 5 L/min pentru
gazul de lucru. Conform, **L. I. Berger, *Dielectric Strength of Insulating Materials*, în **CRC****
7 **Handbook of Chemistry and Physics, edited by W. M. Haynes, 2015-2016, 96th Edition,**
TABLE 1, p. 15-45, pentru argon valoarea necesară a câmpului electric pentru inițierea unei
9 descărcări electrice, este de circa $0,56 \times 10^6 \text{ V/m}$. Câmpul electric maxim corespunzător
geometriei electrozilor, înainte de inițierea descărcării ($I_0 = 0$), se obține în vecinătatea
11 catodului **2**, unde $r = 0,5 D_e = 1 \text{ mm}$ și se poate estima conform relației:

13
$$E_{\max} = \frac{|U_{0\max}|}{0,5D_e \ln(D_i / D_e)} \cong 1,8 \times 10^6 \frac{\text{V}}{\text{m}} > 0,56 \times 10^6 \frac{\text{V}}{\text{m}},$$
 fiind deci suficient de mare

15 pentru inițierea descărcării.

RO 133686 B1

Revendicări

1. Sistem de alimentare electrică pentru generatoare de jet de plasmă conectat la electrozii unui generator de plasmă (1), direct sau în serie cu un rezistor (4), **caracterizat prin aceea că**, este compus din sursa de tensiune continuă (8) conectată în primarul unui transformator ridicător de tensiune (10) prin intermediul unui circuit de comutație (9) care întrerupe periodic tensiunea aplicată în primarul transformatorului ridicător de tensiune (10) funcție de tensiunea de control U_c primită de la un circuit de comandă (15), o rețea de redresare și filtraj (13) conectată în secundarul transformatorului ridicător de tensiune (10) și care realizează conversia în tensiune continuă a tensiunii alternative existente în secundarul transformatorului ridicător de tensiune (10), și un senzor de curent (14) care măsoară curentul de descărcare, circuitul de comandă (15) ajustând durata de timp în care se aplică tensiunea, respectiv în care se întrerupe aplicarea tensiunii în primarul transformatorului ridicător de tensiune (10), iar senzorul de curent (14) și circuitul de comandă (15) formând un circuit de reacție astfel încât să asigure inițierea, apoi menținerea jetului de plasmă, iar valoarea absolută a curentului de descărcare să fie mai mică sau egală cu o valoare prestabilită.
2. Sistem de alimentare electrică pentru generatoare de jet de plasmă conectat la electrozii unui generator de plasmă (1), direct sau în serie cu un rezistor (4), **caracterizat prin aceea că**, este compus din sursa de tensiune continuă (8) conectată în primarul unui transformator (16) ridicător de tensiune, cu circuit magnetic întrerupt, prin intermediul unui circuit de comutație (9) care întrerupe periodic tensiunea aplicată în primarul transformatorului (16) ridicător de tensiune funcție de tensiunea de control U_c primită de la un circuit de comandă (15), o rețea de redresare și filtraj (13) conectată în secundarul transformatorului (16) ridicător de tensiune și care realizează conversia în tensiune continuă a tensiunii alternative existente în secundarul transformatorului (16) ridicător de tensiune, și un senzor de curent (14) care măsoară curentul de descărcare, circuitul de comandă (15) ajustând durata de timp în care se aplică tensiunea, respectiv în care se întrerupe aplicarea tensiunii, în primarul transformatorului (16) ridicător de tensiune, senzorul de curent (14) și circuitul de comandă (15) formând un circuit de reacție astfel încât să asigure inițierea, apoi menținerea jetului de plasmă, iar valoarea absolută a curentului de descărcare să fie mai mică decât o valoare prestabilită.

(51) Int.Cl.
H01J 37/32 (2006.01),
H05H 1/24 (2006.01)

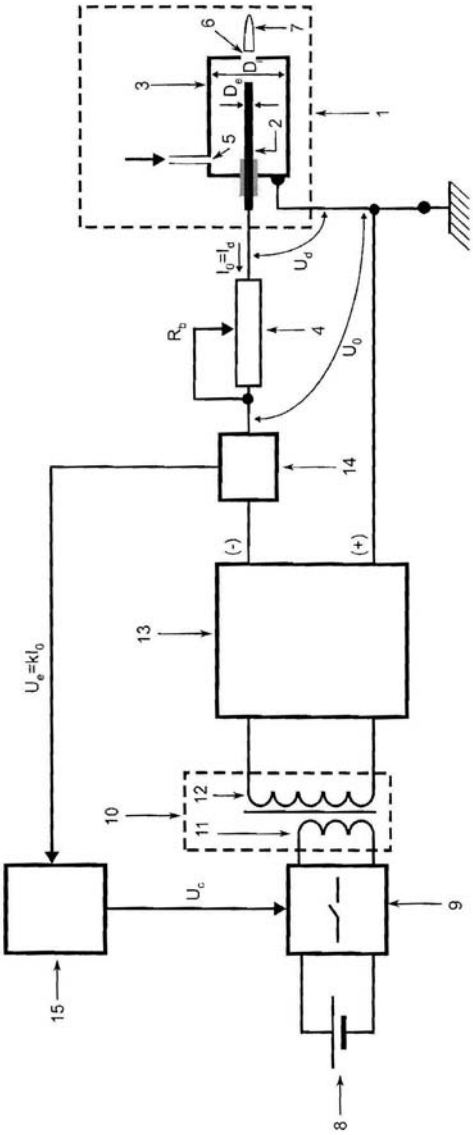


Fig. 1

(51) Int.Cl.

H01J 37/32 (2006.01);

H05H 1/24 (2006.01)

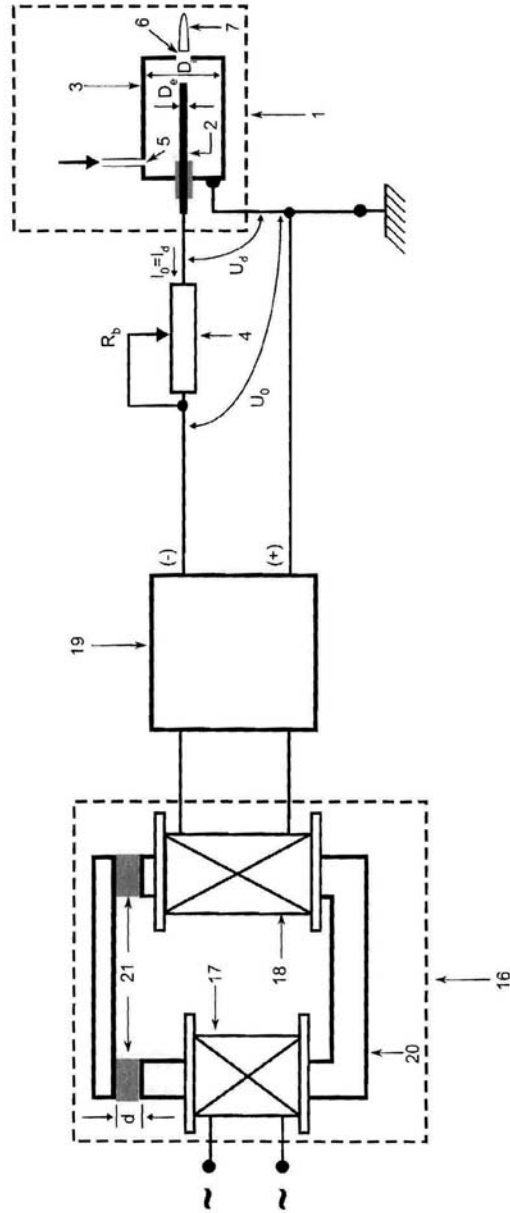


Fig. 2

(51) Int.Cl.

H01J 37/32 (2006.01);

H05H 1/24 (2006.01)

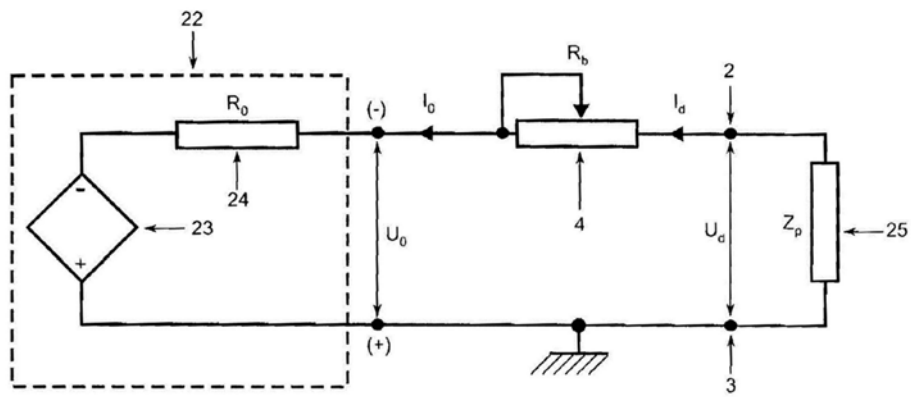


Fig. 3

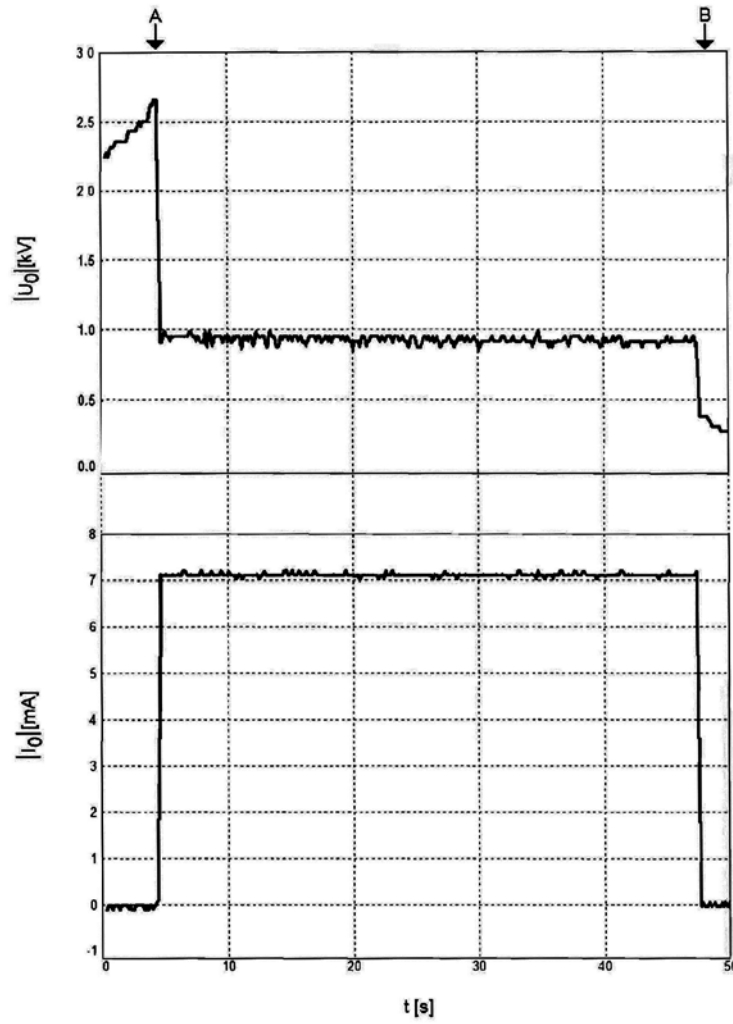


Fig. 4

