



(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2022 00268**

(22) Data de depozit: **17/05/2022**

(41) Data publicării cererii:
29/11/2023 BOPI nr. **11/2023**

(71) Solicitant:
• INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU
ELECTROCHIMIE ȘI MATERIE
CONDENSATĂ - INCEMC TIMIȘOARA,
STR.DR.AUREL PĂUNESCU PODEANU
NR.144, TIMIȘOARA, TM, RO

(72) Inventatori:
• CHIRITA MIHAILA ION MARIUS,
PIAȚA VICTORIEI, NR.4, ET.1, AP.10,
TIMIȘOARA, TM, RO

(54) CONTRAELECTROD TOROIDAL PENTRU PROPULSIA IONICĂ

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un contraelectrod toroidal, utilizabil la propulsia ionică, pe post de componentă a unui motor ionic, în atmosferă terestră, în alte atmosfere și în spațiul vid. Contraelectrodul, conform invenției, are o formă toroidală, elicea ionică fiind montată coaxial deasupra torului, la o anumită distanță de acesta, este acoperit cu un strat metalic pentru asigurarea conductibilității și poate genera o forță de tracțiune/propulsie axială mare a motorului ionic rotativ.

Revendicări: 2
Figuri: 10

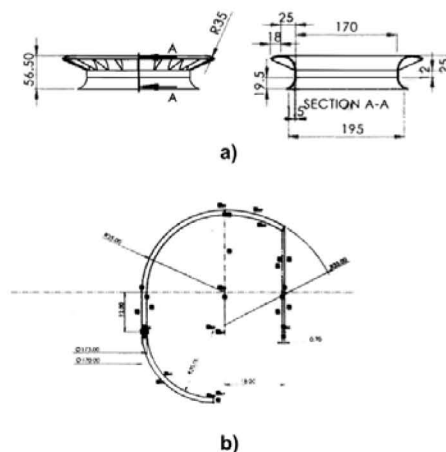


Fig. 1

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).



OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI	
Cerere de brevet de invenție	
Nr.	a 2022 268
Data depozit	17-05-2022

60

Contraelectrod toroidal pentru propulsia ionica

Descriere

Prezenta invenție descrie un contraelectrod de formă toroidală (CE-TR) care poate fi utilizat la propulsia ionica, ca și parte componentă a unui motor ionic, atât în atmosfera terestră și/sau în alte atmosfere (cu densitate mare și caracter electronegativ), dar și în spațiul vid (dacă este alimentat cu un gaz electronegativ).

Argumente teoretice:

Vârfulurile subțiri ale acelor metalice, precum și marginile metalice ascuțite produc curgeri ale sarcinilor electrice locale, atunci când între acestea și un contraelectrod conductor se aplică o tensiune mare, în curent continuu. Ioni generați se ciocnesc cu moleculele neutre adiacente, cedându-le aproape tot impulsul și energia captată prin accelerarea în câmpul electric [1]. Ca efect, aerul se pune în mișcare, de la electrodul ascuțit către contraelectrod (de obicei plat, cu suprafața mult mai mare decât a electrodului) generându-se astfel o forță de propulsie.

Anterior anului 2018 exista opinia conform căreia, datorită forțelor foarte mici, astfel create, acest gen de propulsie ar putea fi utilă doar în spațiul vid, unde accelerări foarte mici, dar aplicate timp îndelungat, pot determina viteze foarte mari ale propulsoarelor, astfel acestea devenind perfect utilizabile la deplasarea în vidul cosmic. Progrese recente [2-4], demonstrează că propulsoarele create pe baza aceluiași tipuri de forțe pot fi utilizate și la aplicații legate de propulsia în atmosferă. Recent, A. Ieta și M. Chirița au raportat un progres semnificativ în transformarea forței ionice în mișcare de rotație [5-9]. Ei au demonstrat că o elice modificată și introdusă într-un contraelectrod cilindric poate genera suficientă forță de propulsie încât să se ridice și să zboare în aer, în condiții atmosferice normale. De asemenea, ei au construit pentru prima dată, un motor ionic rotativ, "Rotary Ion Engine" (RIE), folosind un dispozitiv dotat cu un contraelectrod cilindric [5-9].

Problema tehnică principală pe care o rezolvă prezenta invenție este aceea că CE-TR poate genera o forță de tracțiune axială a RIE, mult mai mare decât cea obținută cu contraelectrozi cilindrici [5-9].

Descriere-exemplu. Spre deosebire de contraelectrodul cilindric [5-9], noul contraelectrod are o formă toroidală, iar elicea ionică este montată coaxial deasupra torului (nu în interior, ca în cazul contraelectrodului cilindric). Cu o elice de dimensiuni similare, contraelectrodul toroidal

poate genera o forta de tracțiune/propulsie axială mult mai mare decât cea obținută cu contraelectrozi cilindrici la aceleasi intensitati ale curentilor. Comparativ cu un maxim de 4g-forță [9] pentru un RIE cilindric, forța maximă obținută pentru RIE toroidal a fost de 26 g-forță la -99 kV, adica de 6,5 ori mai mare. Un sistem de două RIE toroidal genereaza 46 g de forță și trei RIE toroidale au furnizat până la 80 g de forță. În timp ce tensiunea de descarcare la RIE cu contraelectrod cilindric este 35 kV-40 kV, un RIE cu contraelectrod toroidal nu are o astfel de limitare deoarece elicea poate fi îndepărtată de contraelectrodul toroidal mărind astfel distanta dintre electrozi si implicit tensiunea de descarcare. Valorile de mai sus au fost obținute în cadrul unor experimente pentru care s-a utilizat o sursă de curent continuu, a cărei tensiune maxima utilizată a fost de 100 kV.

Schita de executie la imprimanta 3D a unui contraelectrod toroidal este data in fig. 1a si 1 b.

Fig. 1, a) Exemplu de sectiune transversala printr-un contraelectrod toroidal cu parametrii de design exprimatii in mm. b) Razele de curbura.

Dimensiunile prezentate in fig. 1 au fost obținute în urma unui process de optimizare pentru gama de tensiuni cuprinse între 10-100 kV (tensiunea maxima sursei) si pentru o elice cu diametrul de 12 cm. In fig.2 (a), este reprezentat un contraelectrod toroidal executat la imprimanta 3D din filament PLA (plastic). Pentru asigurarea conductibilitatii electrice, pe parcursul testelor efectuale s-a utilizat un CE-TR acoperit cu folie de aluminiu (fig. 2b). Pe suprafata acestuia se poate depune un strat metalic subtire de Al, Cu, Au care să inlocuiască folia de aluminiu.

In fig 2 (c) este reprezentată schita unei elice dotata cu cate doua ace/pala (electrozii principali), dispusi dupa dimensiunile indicate in figura. Alimentarea electrozilor (acelor) cu tensiune se face prin intermediul unei benzi de Cu aplicată conform fig 2c de-a lungul elicei. Sarcinile electrice se deplasează pornind de la borna negativă a sursei de inaltă tensiune si ajung pe suprafata de descărcare (electrozii aciculari), trecând prin axul metalic, rulmentul de montare al elicei si banda de cupru de pe elice.

Fig. 2 (a) Exemplu de contraelectrod toroidal imprimat 3D. Dupa imprimare, toroidul este invelit in folie de aluminiu pentru a deveni conductor din punct de vedere electric.

(b) Doua RIE legate in parallel pe bancul de masurare a fortelor –se observa folia conductoare de Al (c) Elice ionică: elicea cu diametrul de

12,6 cm este echipată cu electrozi ascuțiți (ace metalice) conform detaliilor prezentate.

Comparatie intre RIE cu CE-TR si RIE cu CE- cilindric

Figura 3 prezinta imagini comparative intre RIE cu CE-TR (a) si RIE cu CE-TR (b). Pe langa geometria diferita a contraelectrodului se observa pozitia total diferita a elicei, deasupra contraelectrodului in cazul (a) si in interiorul contraelectrodului (b). Deosebirea esentiala intre cele doua variante este aceea ca in timp ce in cazul (b) fortele sunt limitate de tensiunile de descarcare (35-40 kV), in cazul (a) aceasta limitare nu exista. La contraelectrodul cilindric, deplasarea elicei din pozitia perfect simetrica in raport cu partea de sus si de jos a cilindrului micșoreaza forta de tractiune. Din contra, in cazul contraelectrodului toroidal (a), amplasarea optima a elicei in afara volumului circumscris de contraelectrod, este deasupra contraelectrodului, ceea ce permite teoretic cresterea nelimitata a tensiunii de alimentare prin marirea distantei "h" dintre suprafata superioara a contraelectrodului si elice. Marirea distantei "h" dar si marirea dimensiunilor contraelectrodului, permite aplicarea unei tensiuni, teoretic, oricat de mari. Relatia cauzala este urmatoarea: diametre mai mari, elice mai mari, distante "h" mai mari, tensiuni mai mari, forte mai mari, lucru imposibil de realizat la motorul cu contraelectrod cilindric. Aceasta diferenta este determinata de distributia diferita a campului electric in cele doua cazuri. Forma toroidală a CE-TR a fost rafinată empiric prin explorarea diferitelor forme și parametri. Torul a fost acoperit cu folie de aluminiu și împământat pentru experimente. Elicea ionică (Fig.3 a) este montată coaxial și la 5 cm deasupra CE-TR.

Fig. 3 a) Vedere de ansamblu, electrod principal (elice) si contraelectrod toroidal.
b) Schita ansamblu electrod principal (elice) cu contraelectrod cilindric.

Exemplu de functionare: intre electrodul principal care poate fi o elice modificata conform [5-9] (fig. 2b), si CE-TR se aplica o tensiune continua de valoare mare (cuprinsa intre 10 si 100 kV), cu polaritatea negativa pe electrodul principal. Campul electric creat genereaza accelerarea ionilor si formarea unui "jet" de molecule orientat de-a lungul vectorului viteza,

intr-o simetrie axiala inspre contraelectrod. Forța pentru un RIE cu CE -TR dotat cu o elice de diametru 12 cm, a fost de 26 gr-forță, adica de 6.5 ori mai mare decat cu contraelectrodul cilindric, la acelasi diametru. Un sistem de două RIE cu CE-TR -12 cm a generat până la 52 gr de forță, iar sistemul de trei RIE cu CE-TR-12 cm a furnizat până la 80 gr de forță. Forta se multiplica liniar cu numarul de motoare.

Pentru confirmarea unicitatii CE-TR s-au facut experimente de masurare a fortelor de propulsie pe sistemul RIE, cu ajutorul utilizand un CE-TR cu diametrul interior de 17 cm si o elice de 12 cm, dispusa la o distanta/inaltime $3 < h < 7$ cm si s-au ridicat caracteristicile tensiune/curent/turatie/forta. S-a intocmit o schita detaliata de executie a CE-TR (fig 1). Comparand cu rezultatele publicate in literatura [5-9], cele obtinute cu ajutorul RIE-CE-TR sunt cele mai performante la momentul depunerii prezentei cereri. In fig. 4 este prezentata instalatia de masurare a fortelor.

Fig 4. Sistemul de masurare a fortelor, imagine de ansablu

Date care susțin afirmațiile

Au fost efectuate teste comparative legate de obtinerea fortei ionice de produse de un RIE cilindric (cu un diametru optim al cilindrului de 17 cm) și un RIE toroidal. Pentru ambele tipuri de RIE au fost folosite acelasi tip de elice (Fig.2b). Sursa de alimentare este capabila să furnizeze până la 20 mA și -100 kV. Fig. 5 prezintă variația fortei de propulsie cu curentul pentru RIE cilindric (a) și toroidal (b). In Fig. 5 a se observa ca inca de la curenti mici cele doua curbe se despart. La 0,33 mA la RIE cilindric se produce descarcarea de sarcina avand ca si consecinta imposibilitatea maririi tensiunii peste un prag limita cuprins intre 35kV si 45 kV. Fig. 5 b ne indica faptul ca la 1.2 mA, in cazul RIE toroidal, putem obtine o forta de 6,5 ori mai mare. Explicatia este legata de configuratia campului electric generata de geometria toroidala a contraelectrodului pe de o parte si elice pe de alta parte. Noua geometrie permite ca distanta „h” dintre planul superior al contraelectrodului si elice sa creasca astfel incat sa avem un curent de descarcare de 1,2 mA la 100 kV. Mentionam ca 100 kV a fost capacitatea maxima a sursei pe care o avem in dotare. La tensiuni mai mari distanta „h” poate fi marita astfel incat tensiunea, respectiv curentul de descarcare de sarcina sa creasca si astfel se pot obtine forte mai mari. Pentru astfel de situatii toate dimensiunile contraelectrodului, elicei, etc pot fi scalate astfel

incat, in plan teoretic nu exista nicio limitare a fortelor ce se pot obtine, atata timp cat se poate evita descarcarea de sarcina pe contraelectrod.

*Fig. 5 Comparatia fortelor de propulsie in RIE cilindric si toroidal.
(a) pana in 0,4 mA
(b) pana la 1,3 mA*

Caracteristicile curent-tensiune ale RIE-urilor cilindrice și toroidale sunt prezentate în Fig.6. Deoarece distanța minimă dintre electrozi este mai mare în cazul RIE toroidal, curentul crește într-un ritm mai lent decât în RIE cilindric, dar atinge valori absolute mult mai mari.

*Fig. 6 Comparația caracteristicilor curent-tensiune produse de RIE cilindrice și toroidale.
(a) Pana la 35 kV - tensiunea de descarcare pentru cilindru,
(b) Pana la 100 kV - tensiunea maxima a sursei*

In figura 7 este prezentata variatia fortei de tractiune cu tensiunea. Este evident că curba pentru RIE toroidal este sub cea a RIE cilindric. Cu toate acestea, tensiunea maximă în RIE cilindric este drastic limitata la o tensiune cuprinsa intre 35kV si 45 kV, in timp ce la RIE cilindric, este practic nelimitata.

*Fig. 7 Comparație între forțele ionice produse de RIE cilindric și toroidal.
(a) Pana la 35 kV - tensiunea de descarcare pentru cilindru,
(b) Pana la 100 kV - tensiunea maxima a sursei*

Variația fortei cu viteza de rotație a elicei este prezentată în Fig.8. Graficul de comparație arată avantajul clar al RIE toroidal în producerea de tracțiune.

*Fig. 8 Comparația dintre forța ionică și viteza de rotație produsă de RIE cilindrice și toroidale.
(a) Pana la 35 kV - tensiunea de descarcare pentru cilindru,
(b) Pana la 100 kV - tensiunea maxima a sursei*

In figura 9 sunt prezentate performanțele comparative ale RIE cilindric și toroidal în ceea ce privește consumul de energie și, prin urmare, eficiența tracțiunii.

Fig. 9 Comparația dintre forța ionică și puterea produsă de RIE cilindrice și toroidale.
 (a) Pana la 35 kV - tensiunea de descarcare pentru cilindru,
 (b) Pana la 100 kV - tensiunea maxima a sursei.

Determinarea fortei de propulsie in trei regimuri de functionare

În cele din urmă, am fost efectuat o testare specială pentru a compara forța generată de RIE toroidal în trei regimuri de functionare:

- a) Elicea a fost lăsată să se rotească liber și să genereze tracțiune la aplicarea tensiunii,
- b) Elicea a fost blocată astfel încât să nu fie posibilă nicio rotație la aplicarea tensiunii,
- c) Elicea a fost îndepărtată de pe axul metalic, iar după aplicarea tensiunii, forța a fost măsurată doar în configurația ax metalic-contraelectrod.

Rezultatele sunt prezentate în Fig.10. Se înregistrează o forță semnificativă atât în cazul în care elicea este blocată cât și în cazul în care elicea este complet îndepărtată. Aceasta demonstrează că există o forță de tracțiune independentă de prezența/rotația elicei care se datorează pur și simplu accelerației axiale a ionilor către toroid. Rotația elicei introduce o componentă suplimentară. Rotația este produsă de proiecția forței electrohidrodinamice în planul de rotație al elicei care nu este capturată altfel de sistemele statice. Comparativ, RIE cilindric captează doar tracțiunea clasică indusă de rotația elicei, dar nu este prezentă nicio altă forță de tracțiune axială acolo.

*Fig. 10 Comparația fortelor ionice produse folosind doua motoare RIE toroidale legate in paralel. Forta a fost măsurată cu: elicea in rotatie, blocată și îndepărtată (numai cu axul central).
 (a) Dependenta forta – tensiune
 (b) Dependenta forta - curent.*

În ceea ce privește forța de tracțiune, toate graficele de mai sus oferă certitudinea performanței superioare a RIE toroidal față de RIE cilindric.

Legarea a mai multor RIE toroidale în paralel, asigură o creștere liniară a forței care se multiplică practic cu numărul de motoare.

Aplicarea inventiei permite:

- 1) Forțe axiale de 6.5 ori mai mari decât cele raportate anterior [5-9] în geometria și la tensiunea la care s-au făcut măsurătorile,
- 2) Controlului precis al forței axiale,
- 3) Un motor ultra silentios,

- 4) Un motor fara amprenta termica,
- 5) Un motor fara amprenta electromagnetica,
- 6) Posibilitatea ca CE-TR sa fie transferat de la utilizarea in aer la utilizarea in vid atata timp cat este alimentat cu un gaz electronegativ.
- 7) Constructia motorului ionic cu geometrie variabila, la care atat tensiunile de descarcare cat si fortele, ar putea fi cu mult mai mari decat cele testate/obtinute de catre noi,
- 8) Constructia de drone cu motor ionic,,
- 9) Constructia de propulsoare ionice care vor genera forta de tractiune sub orice unghi de la orizontala la verticala, utilizabile inclusiv pentru deplasarea terestra.
- 10) Constructia de acceleratoare de ioni, indiferent de scopul aplicativ al accelerarii.
- 11) Dimensiunile contraelectrodului pot sa difere fata de exemplul dat (in functie de tensiunea disponibila si dimensiunile electrodului principal, respective raza elicei) atata timp cat proportiile se pastreaza. Pentru exemplul dat, utilizarea contraelectrodului toroidal ca si parte a unui motor ionic rotativ, asigura o forta de propulsie mai mare de 6,5 ori decat in cazul motorului ionic rotativ, care utilizeaza contraelectordul cilindric.

Revendicari:

- 1) Contraelectrod de formă toroidală (CE-TR) utilizabil la propulsia ionica, ca si parte componenta a unui motor ionic rotativ.
- 2) Contraelectrod de formă toroidală (CE-TR) utilizabil pentru accelerarea ionilor, indiferent de scopul aplicativ al accelerarii.

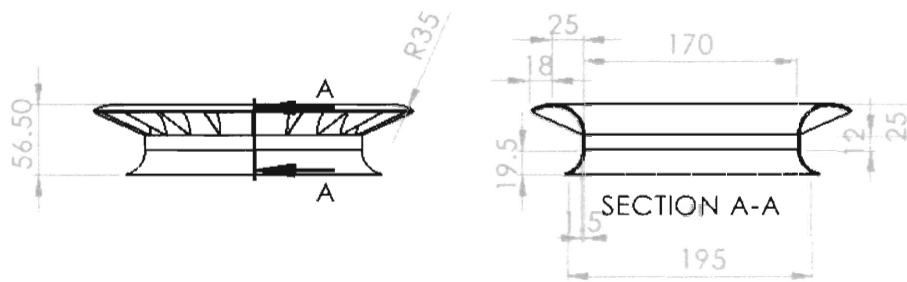
Referinte bibliografice:

- [1] M. Goldman, A. Goldman, R.S. Sigmond, The corona discharge, its properties and specific uses, in: *Pure and Applied Chemistry* 57 (1985) 1353-1362.
- [2] E. Krauss, Self-Contained Ion Powered Aircraft, in: US Patent 10,119,527 B2, (Provisional Patent Application No. 62/034,394, filed Aug.7 2014)Nov. 2018.
- [3] V.Y. Khomich, I.E. Rebrov, In-atmosphere electrohydrodynamic propulsion aircraft with wireless supply onboard, in: *Journal of Electrostatics* 95 (2018) 1–12.
- [4] Xu Haofeng, He Yiou, K.L. Strobel, C. K. Gilmore, S. P. Kelley, C. C. Hennick, T. Sebastian, M. R. Woolston, D. J. Perreault, S. R. H. Barrett, Flight of an Aeroplane with Solid-State Propulsion, in: *Nature*563 (2018) 532–535.
- [5] A. Ieta, Electrohydrodynamic Rotary Systems and Related Methods, in: International Patent Application No. PCT/US2019/033413 2019.
- [6] A. Ieta, M. Chirita, Electrohydrodynamic Propeller for in-Atmosphere Propulsion; Rotational Device First Flight, in: *Journal of Electrostatics*100 (2019).
- [7] M. Chirita, A. Ieta, M. Nicolaescu, V. Rotaru, Empirical optimization of rotary ionic engines, in: Annual Conference of Electrostatics Society of America , 12, Oklahoma University virtual conference, June 2021.
- [8] M. Chirita,A. Ieta, First Rotary Ionic Engine with Contra-Rotating Propellers:Journal of Propulsion and Power (under review) (2022).
- [9] A. Ieta, M. Chirita,First thrust measurements in ionic multi-propeller rotational engines: Propulsion and Power Research (under review) (2022).

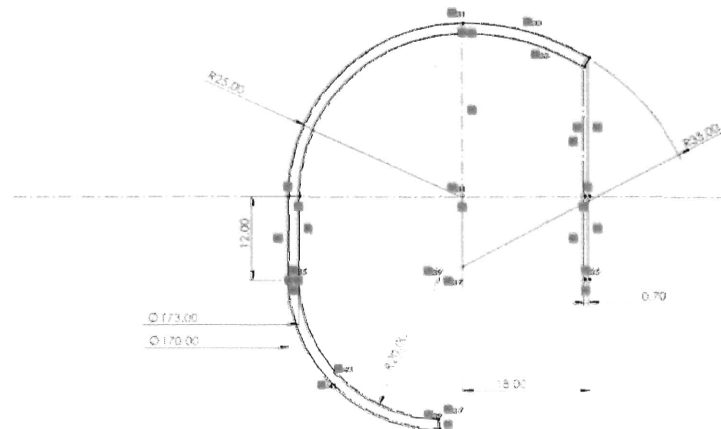
Revendicari:

- 1) Contraelectrod de formă toroidală (CE-TR) utilizabil la propulsia ionică, ca și parte componentă a unui motor ionic rotativ.
- 2) Contraelectrod de formă toroidală (CE-TR) utilizabil pentru accelerarea ionilor, indiferent de scopul aplicativ al accelerării.

Fig. 1, a) Exemplu de sectiune transversala printr-un contraelectrod toroidal cu parametrii de design exprimati in mm,
b) Razele de curbura.



a)

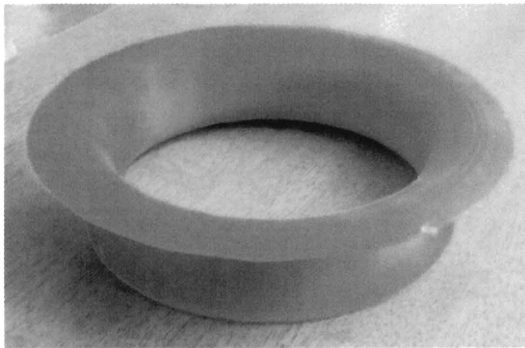


b)

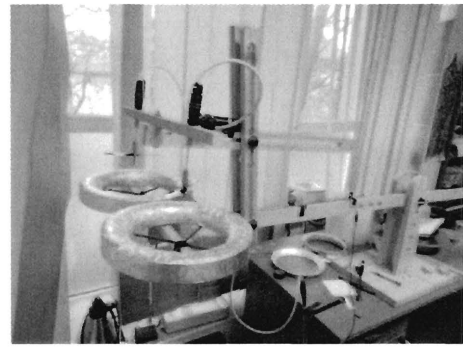
Fig. 2 (a) Exemplu de contraelectrod toroidal imprimat 3D. După imprimare, toroidul este învelit în folie de aluminiu pentru a deveni conductor din punct de vedere electric,

(b) Două RIE legate în paralel pe bancul de măsurare a forțelor – se observă folia conductoare de Al,

(c) Elice ionică: elicea cu diametrul de 12,6 cm este echipată cu electrozi ascuțiți (ace metalice) conform detaliilor prezentate.



a)



b)

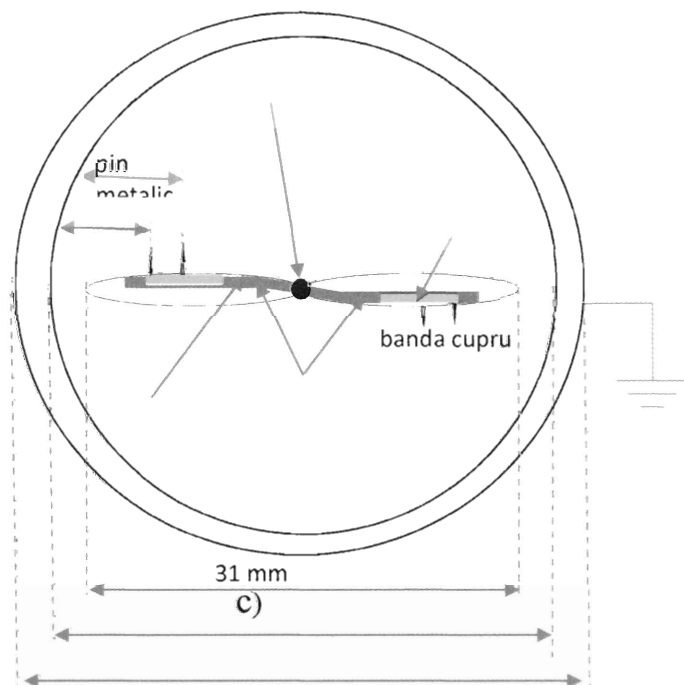
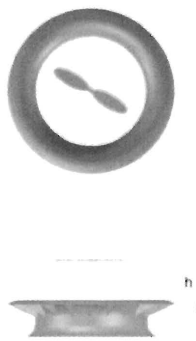
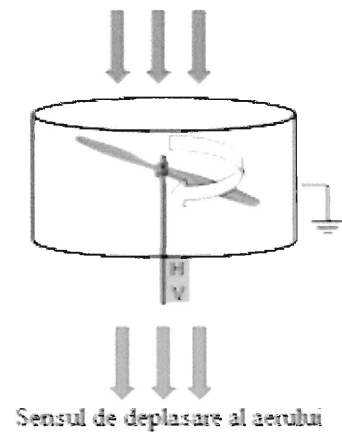
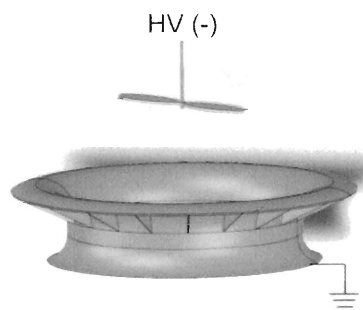


Fig. 3 a) Vedere de ansamblu, electrod principal (elice) si contraelectrod toroidal,

b) Schita ansamblu electrod principal (elice) cu contraelectrod cilindric.



a)



b)

Fig 4. Sistemul de masurare a fortelor, imagine de ansablu.

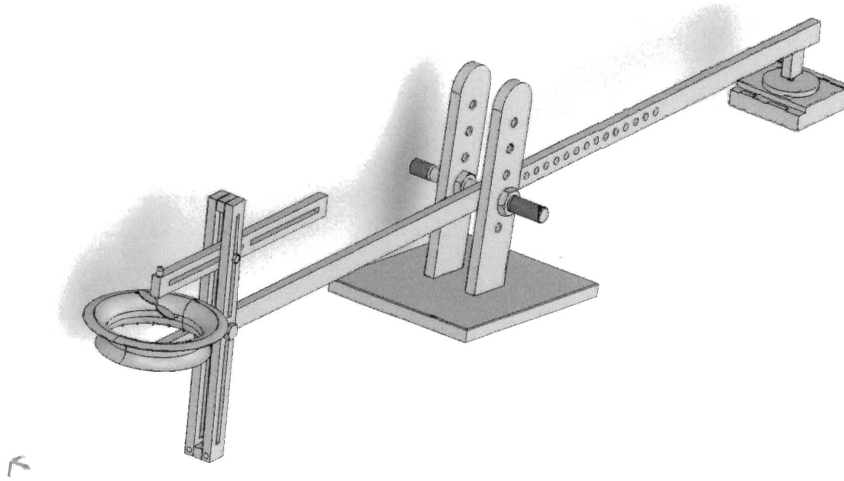
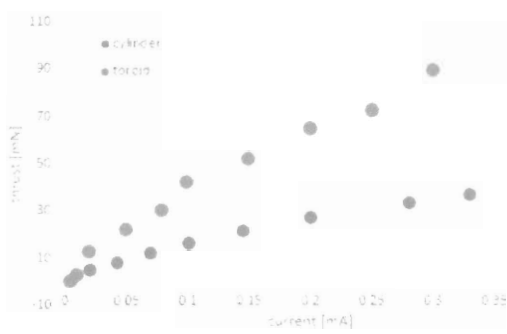


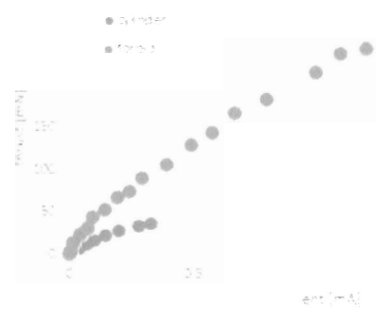
Fig. 5 Comparatia fortelor de propulsie produse in RIE cilindric si toroidal.

(a) pana in 0,4 mA,

(b) pana la 1,3 mA.



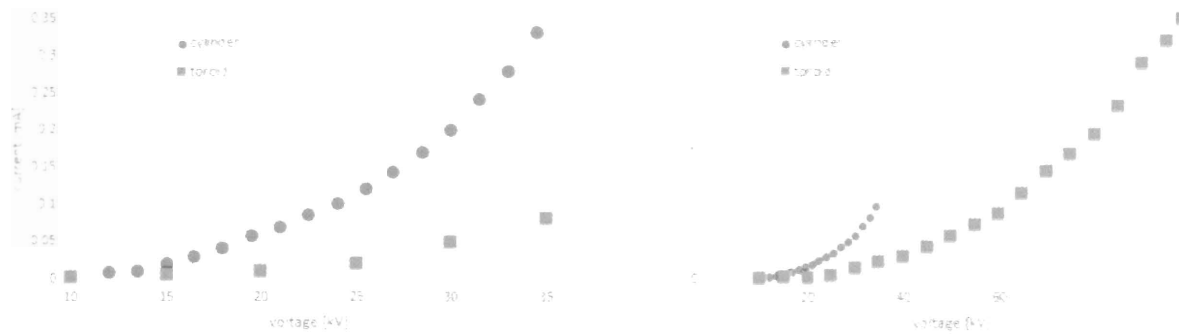
a)



b)

Fig. 6 Comparația caracteristicilor curent-tensiune produse de RIE cilindrice și toroidale,

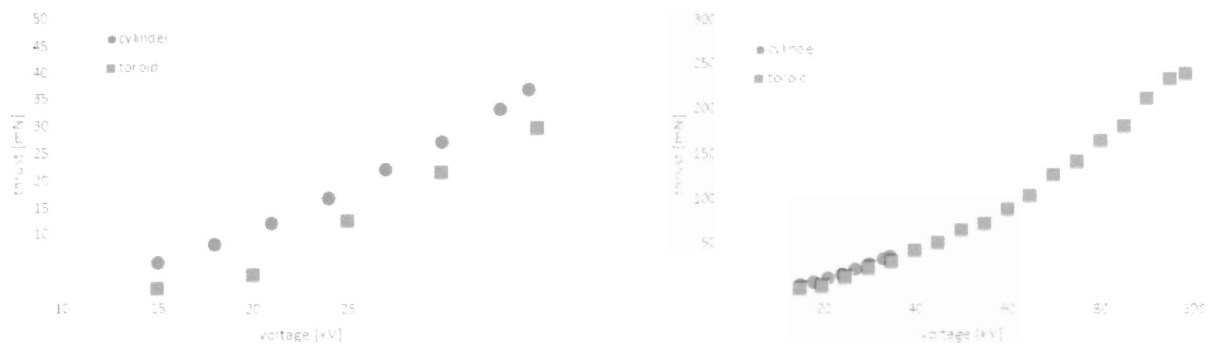
- (a) Pana la 35 kV - tensiunea de descarcare pentru cilindru,
 (b) Pana la 100 kV - tensiunea maxima a sursei.



a)

b)

Fig. 7 Comparație între forțele ionice produse de RIE cilindric și toroidal,
 (a) Pana la 35 kV - tensiunea de descarcare pentru cilindru,
 (b) Pana la 100 kV - tensiunea maxima a sursei.



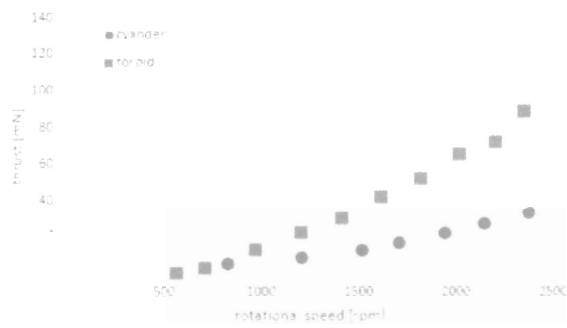
a)

b)

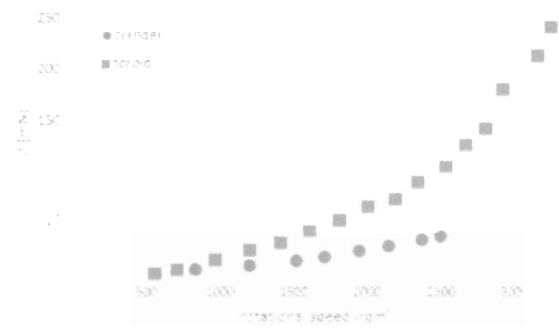
Fig. 8 Comparația dintre forța ionică și viteza de rotație produsă de RIE cilindrice și toroidale,

(a) Pana la 35 kV - tensiunea de descarcare pentru cilindru,

(b) Pana la 100 kV - tensiunea maxima a sursei.



a)



b)

Fig. 9 Comparația dintre forța ionică și puterea produsă de RIE cilindrice și toroidale,

- (a) Pana la 35 kV - tensiunea de descarcare pentru cilindru,
 (b) Pana la 100 kV - tensiunea maxima a sursei.

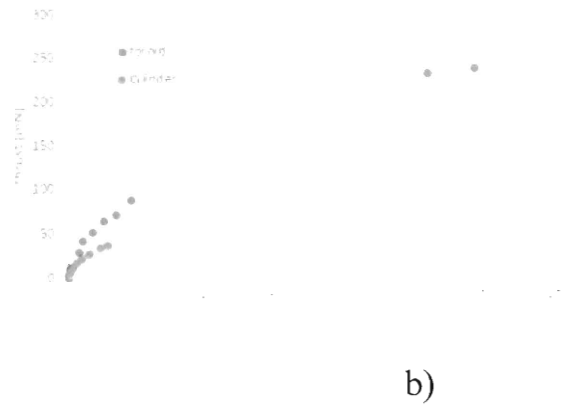
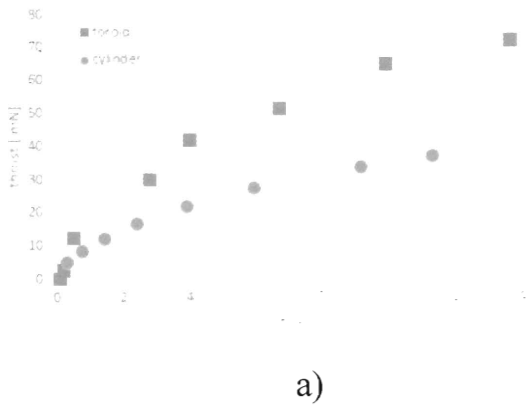
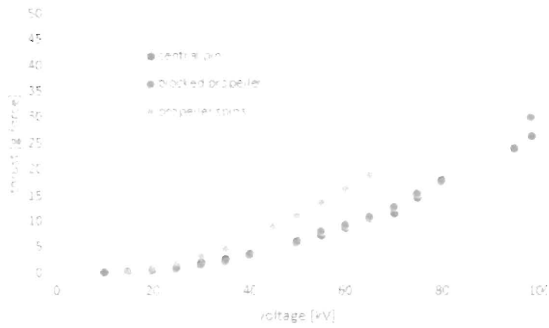


Fig. 10 Comparația forțelor ionice produse folosind doua motoare RIE toroidale legate in paralel. Forta a fost măsurată cu: elicea in rotatie, blocată și îndepărtată (numai cu axul central),
 (a) Dependenta forta – tensiune,
 (b) Dependenta forta - curent.



a)



b)