

(12)

## CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2017 01151**

(22) Data de depozit: **20/02/2018**

(41) Data publicării cererii:  
**30/07/2018** BOPI nr. **7/2018**

(71) Solicitant:  
• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE  
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU  
TEHNOLOGII IZOTOPICE ȘI  
MOLECULARE, STR.DONATH NR.67-103,  
CLUJ-NAPOCA, CJ, RO**

(72) Inventatori:  
• **BOT ADRIAN, STR. BUSUIOCULUI  
NR. 45, CASA B, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;**

• **BRUJ EMIL, STR.ANINA, NR.9, BL.AA5,  
SC I, AP.1, CLUJ - NAPOCA, CJ, RO;**  
• **REDNIC VASILE, STR.SUB CETATE,  
NR.9, SC.I, AP.5, SAT FLOREȘTI, CLUJ,  
CJ, RO;**  
• **POGĂCIAN GHEORGHE SERGIU,  
STR.POET GRIGORE ALEXANDRESCU,  
NR.45, AP.68, CLUJ NAPOCA, CJ, RO;**  
• **ZOTOIU DAN IOAN ALIN,  
ALEEA BRATEȘ, NR.2A, AP.34,  
CLUJ NAPOCA, CJ, RO**

(54) **RECUPERATOR DE ENERGIE DIN UNDA DE SIAJ  
PNEUMATIC A AUTOVEHICULELOR ÎN MIȘCARE  
PE AUTOSTRĂZI**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un dispozitiv de recuperare a energiei din unda de siaj pneumatic produsă de un autovehicul în mișcare. Dispozitivul, conform invenției, cuprinde un subansamblu incintă de captare (20) de tip rezonator Helmholtz, care este amplasat pe un suport (30) prin intermediul unor articulații (31) oscilante, și care oscilează în plan vertical ca urmare a variațiilor de presiune/depresiune și a curgerii turbulente din vecinătatea autovehiculului în mișcare, oscilația menționată antrenând în mișcare trei generatoare liniare (10) cu plunjer magnetic liber (17), cuplate rigid pe rezonator printr-un suport (21), limitarea amplitudinii vibrațiilor și stabilirea poziției verticale de echilibru în repaus fiind realizate cu ajutorul unor arcuri spirale reglabile (32), iar energia electrică produsă de generatoare (10) fiind prelucrată într-un modul electric de forță/comandă/control (40).

Revendicări: 4  
Figuri: 5

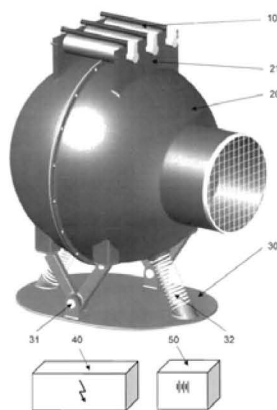
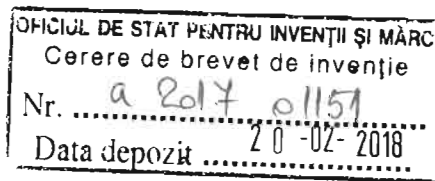


Fig. 1

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





## Descrierea invenției

a) **titlu:** Recuperator de energie din unda de siaj pneumatic a autovehiculelor în mișcare pe autostrăzi

b) **precizarea domeniului tehnic în care poate fi folosită invenția:**

Prezenta invenție se referă la un dispozitiv care generează energie electrică prin recuperarea unui "deșeu" produs de autovehiculele în mișcare pe căile rutiere, în speță autostrăzi – turbulențele atmosferice care înconjoară vehiculul pe care le vom numi generic "unda de siaj pneumatic". Energia produsă, poate fi stocată și utilizată la iluminatul zonelor cu trafic pietonal (parcări, poduri, viaducte) precum și la semnalizare și supraveghere rutieră. Se înlocuiește astfel alimentarea prin rețele electrice de-a lungul autostrăzii, cu economie de investiție pe de o parte și se răspunde necesității secolului 21, de a înlocui sursele clasice cu surse de energie alternativă – regenerabilă și/sau recuperată.

c) **indicarea stadiului anterior al tehnicii și indicarea documentelor care stau la baza acestuia:**

Înlocuirea surselor clasice de energie electrică cu surse alternative, pentru alimentarea utilităților de pe căile rutiere a demarat în urmă cu 2 decenii, prin introducerea panourilor fotovoltaice pentru alimentarea telefoanelor de urgență pe autostrăzi. Un autovehicul în mișcare interacționează cu mediul, producând înafară de deplasarea utilă, următoarele efecte inutile (definite ca "deșeuri") – frecarea, compresia și vibrația căii de rulare, zgomotul motorului și turbulența aerului din vecinătatea vehiculului. S-au imaginat dispozitive care să recupereze energie din aceste deșeuri. Primele au fost recuperatoarele de energie din vibrațiile lucrărilor de artă rutieră – poduri, viaducte – pentru alimentarea și funcționarea independentă a senzorilor de supraveghere a deformațiilor din aceste lucrări [2,3]. Au fost realizate recuperatoare de energie din zgomotul autovehiculelor în zonele aglomerat, cu trafic intens [4-6]. Compresia căii de rulare a fost utilizată la crearea unor recuperatoare ce folosesc traductori piezoelectrice amplasați sub stratul superficial de asfalt [3,8]. Pentru recuperarea energiei din turbulențele pneumatice generate de mișcarea autovehiculului s-au imaginat sisteme complexe amplasate sub autostradă, cu pompaj diferențial și turbine generatoare [7,11]. Celelalte surse documentare studiate de noi, indică aplicații care utilizează mișcarea aerului în vecinătatea autovehiculului pentru

generarea de energie electrică în scop propriu (autovehicule electrice) nu pentru calea rutieră [9,10,12].

Sursele documentare studiate de noi nu indică modalități și/sau dispozitive de valorificare a undei laterale de siaj pneumatic, prin dispozitive de captare rezonante care generează energie mecanică, convertită apoi în energie electrică prin generatoare liniare inerțiale.

**d) expunerea invenției în termeni care să permită înțelegerea problemei tehnice (chiar dacă problema tehnică nu este explicit menționată) și a soluției așa cum este revendicată precum și avantajele invenției în raport cu stadiul anterior al tehnicii:**

- **problema tehnică:**

Alimentarea cu energie electrică a utilităților unei autostrăzi se face din rețeaua electrică ce urmărește traseul autostrăzii – linie aeriană sau cablu subteran; această rețea atrage cheltuieli de investiție și activități ulterioare de mentenanță. Necesitatea de înlocuire a surselor clasice de energie, cu surse alternative – regenerabile sau recuperate, au condus la utilizarea panourilor fotovoltaice și respectiv a soluțiilor de recuperare din presiunea exercitată pe calea de rulare, sau a vibrațiilor din lucrările de artă rutieră. Recuperarea unei cantități apreciabile de energie din turbulențele atmosferice create de autovehiculul în mișcare – unda de siaj pneumatic – constituie obiectul prezentei invenții.

- **expunerea invenției:**

Sistemul realizat în această invenție este alcătuit din elementul care captează variațiile de presiune create în zona laterală de autovehiculul în mișcare – cavitatea deschisă de tip rezonator Helmholtz (20) și le transformă în energie mecanică prin oscilația în plan vertical în jurul axului (31), iar generatoarele liniare cu plunjer magnetic inerțial (10), fixate rigid pe rezonator prin suportii (21), produc tensiune alternativă pulsatorie neperiodică, care este prelucrată de echipamentul electronic (40) în tensiune alternativă de rețea pentru utilizarea pe autostradă, respectiv tensiune continuă stocabilă în bateria (50).

Soluțiile revendicate sunt următoarele :

- Faptul că unda de siaj pneumatic, produsă în zona laterală, de autovehiculul în mișcare

este captată într-o cavitate deschisă de tip rezonator Helmholtz (20), care oscilează în plan vertical în jurul axului (31), rezultând energie mecanică. Oscilația este amortizată de arcurile spirale (32), care au și rolul de a stabili poziția verticală de echilibru a rezonatorului pe suportul ansamblului (30), în lipsa undei de siaj, conform cu figura 1.

- Faptul că transformarea energiei mecanice în energie electrică este realizată cu ajutorul unor generatoare liniare (10), cu plunjer magnetic (17) care se deplasează inertial în tubul (15) și induce în bobinele (16) o tensiune alternativă pulsatorie, care va fi prelucrată electronic pentru o formă de energie electrică compatibilă cu consumatorii destinați, conform cu figurile 3.a. și 3.b.

- Faptul că plunjerul magnetic (17) se deplasează centrat și etanș în tubul (15) prin utilizarea unui fluid magnetic care asigură și lubrifierea, fluid care formează inelele de alunecare și etanșare datorită construcției speciale din mai mulți magneți separați cu întrefier, care asigură gradientul necesar al câmpului magnetic, conform cu figurile 4.a. și 4.b.

- Faptul că generatorul liniar (10) conține un circuit pneumatic închis etanș, format din tubul (15) în care se mișcă plunjerul (17), tubul (14) și canalele din capacele laterale (11) și (12), iar interiorul este umplut cu argon, la presiune atmosferică la 30°C, prin intermediul ventilului (18), care asigură imunitatea circuitului intern, față de condițiile externe de climă, conform cu figurile 3.a. și 3.b.

- **avantajele:**

Comparativ cu stadiul tehnicii, soluția propusă are următoarele avantaje cumulate și integrate în același sistem:

- Produce energie electrică prin recuperare din unda pneumatică de siaj produsă de autovehiculele în mișcare pe autostrăzi – resursă energetică apreciabilă, neutilizată până în prezent;

- Construcția dispozitivului este relativ simplă și, deși are câteva soluții tehnice avansate originale, se poate realiza cu echipamente de fabricație de complexitate medie;

- Dispozitivul necesită operațiuni simple de mentenanță – curățare periodică și poate funcționa normal în toate anotimpurile, cu excepția iernilor grele când poate fi acoperit de zăpada viscolită; menționăm că în aceste condiții nici panourile fotovoltaice nu funcționează;

- Amplasarea dispozitivului în zona mediană a autostrăzii, asigură cantități maxime de energie recuperată, dată fiind viteza mare a autovehiculelor pe banda adiacentă, energie care este direct proporțională cu intensitatea traficului;
- Raportul cantitate de energie produsă / preț cost investiție + mentenanță este superior soluției de recuperare cu dispozitive piezoelectrice amplasate sub calea de rulare.

#### e) prezentarea pe scurt a desenelor explicative

**Figura 1.** În această figură este prezentată schema de principiu a ansamblului recuperator de energie din unda de siaj pneumatic a autovehiculelor în mișcare pe autostrăzi;

**Figura 2.a.** În această figură este prezentată cavitatea deschisă, de tip rezonator Helmholtz, montată pe suport prin articulațiile oscilante, cu arcurile spirale de amortizare, vedere 3D ;

**Figura 2.b.** În această figură este prezentată cavitatea deschisă de tip rezonator Helmholtz, montată pe suport prin articulațiile oscilante, cu arcurile spirale de amortizare, vedere secțiune diametrală verticală ;

**Figura 3.a.** În această figură este prezentat generatorul liniar cu plunjer magnetic inerțial, vedere 3D;

**Figura 3.b.** În această figură este prezentat generatorul liniar cu plunjer magnetic inerțial, vedere secțiune diametrală verticală;

**Figura 4.a.** În această figură este prezentat plunjerul magnetic, construit din mai mulți magneți distanțați prin întrefier izolator, înainte de utilizare (curat) - fotografie;

**Figura 4.b.** În această figură este prezentat plunjerul magnetic, imersat în fluid magnetic, pentru punerea în evidență a inelelor de etanșare rezultate datorită gradientului câmpului magnetic din întrefier - fotografie;

**Figura 5.** În această figură este prezentat exemplul de realizare al ansamblului recuperator de energie din unda de siaj pneumatic a autovehiculelor în mișcare pe autostrăzi, varianta constructivă cu 3 generatoare liniare, vederi față și laterală, cu cote de gabarit.

f) **expunerea detaliată a invenției pentru care se solicită protecția; în această expunere trebuie să fie prezentate unul sau mai multe exemple de realizare și funcționare cu trimitere la desene; expunerea se face clar, complet și corect astfel încât o persoană de specialitate să o poată realiza fără activitate inventivă**

- **instalație**

Invenția se referă la un ansamblu compus din trei subansamble funcționale cuplate - primul cu rolul de a produce energie mecanică recuperată din unda de siaj pneumatic a autovehiculelor în mișcare pe autostrăzi, al doilea având rolul de a transforma această energie mecanică în energie electrică și ultimul cu rolul de a condiționa parametrul energiei electrice produse în vederea utilizării și/sau a stocării. Schema de principiu a sistemului este prezentată în **figura 1**.

Subansamblul care produce energia mecanică este prezentat în **figurile 2.a. și 2.b.** și este alcătuit dintr-o cavitate deschisă, de tip rezonator Helmholtz (20); această formă constructivă [1] permite captarea cu eficiență maximă, la dimensiuni minime, variațiile de presiune din unda de siaj pneumatic. Rezonatorul (20) este construit din două emisfere – spate (22) și față (23) cu deschiderea prin gâtul special (24); emisferele sunt asamblate diametral cu pop-niturile (26), iar etanșarea este realizată cu garnitura (25). Rezonatorul (20) este montat pe două picioare furcă (33), care pot oscila în jurul articulațiilor cilindrice (31) sudate pe talpa (35) a suportului general (30). Dispozitivul este amplasat lângă calea de rulare, cu deschiderea perpendiculară pe ea. Suprapresiunea din fața autovehiculului produce înclinarea rezonatorului spre spate, iar depresiunea laterală, cu maximum în spatele vehiculului, produce înclinarea spre față. Limitarea amplitudinii oscilației față-spate se realizează cu ajutorul celor două arcuri spirale (32), fixate cu un capăt pe partea inferioară a rezonatorului (20) și cu celălalt capăt pe talpa suport (35) prin șuruburile reglabile (34). Aceste șuruburi permit reglarea amplitudinii maxime a oscilațiilor precum și stabilirea poziției verticale a rezonatorului, în condiție de repaos. În partea superioară a celor două emisfere ale rezonatorului există doi suportți (21), pe care vor fi montate generatoarele liniare (10), pentru conversia energiei mecanice în energie electrică. Emisferele rezonatorului sunt construite din rășină epoxidică armată cu fibră de sticlă, turnată în matrice. Zonele în care se atașează elementele de montaj sunt ranforsate cu fibră de carbon și înglobează piulițe speciale din oțel. Dat fiind că dispozitivul funcționează în aer liber,

are prevăzute o gaură de golire a apei din precipitații (28) și respectiv o grilă frontală (27) pentru împiedicarea pătrunderii animalelor mici și a frunzelor. Grila este detașabilă, permițând curățarea periodică prin aspirare, a interiorului rezonatorului.

Subansamblul care transformă energia mecanică produsă de rezonator, în energie electrică este prezentat în **figurile 3.a. și 3.b.** și este o construcție de tip generator liniar (10) având ca inductor un plunjer magnetic inerțial (17). Acesta este alcătuit din tubul calibrat interior (15), în care culisează liber plunjerul magnetic (17). Din cauza oscilațiilor mecanice ale rezonatorului (20) generatorul (10) se deplasează alternativ, plan paralel pe o traiectorie circulară cu centrul în mijlocul axului (31). Plunjerul magnetic (17) acționează ca o masă inerțială deplasându-se alternativ în tub, în sens invers deplasării generatorului; câmpul magnetic mobil va induce în bobinele (16) o tensiune pulsatorie, alternativă aperiodică. Interiorul generatorului liniar conține un circuit pneumatic închis – tubul (15) și tubul (14) conectate prin canalele cilindrice din capacele laterale (11) și (12). Plunjerul magnetic (17) mișcă alternativ gazul în acest circuit liber. Pentru a micșora frecarea între plunjerul (17) și pereții tubului calibrat (15) am utilizat un fluid magnetic. Acesta produce atât ungerea cât și centrarea plunjerului în tub, datorită levitației magnetice. Plunjerul magnetic (17) este construit din mai mulți magneți cilindrici separați prin discuri izolatoare, care constituie întrefier, creând gradient de câmp magnetic la capete, cu consecința concentrării fluidului magnetic în aceste zone, sub forma unor inele – prezentate în **figurile 4.a. și 4.b.** Datorită acestor inele de fluid magnetic, plunjerul (17) se mișcă etanș față de tubul (15), împingând gazul alternativ în circuit. Pentru închiderea fluxului magnetic prin bobine, la exteriorul acestora există două semiarmături cilindrice (19) confecționate din tablă silicioasă ambutisată și lipită cu rășini epoxidice. Viteza de mișcare a plunjerului magnetic (17) este amortizată spre capetele de cursă, datorită ieșirii din zona armăturii exterioare (19) și respectiv creerii unei perne de gaz la o distanță mică de dopurile de capăt (11) și (12). Pentru a proteja zona interioară a generatorului împotriva umidității atmosferice, construcția sa este etanșă, iar circuitul este umplut cu un gaz inert (argon), la presiune atmosferică la temperatura de 30°C, prin intermediul ventilului (18). Pentru o variație a temperaturii exterioare în domeniul -25 + 85°C, presiunea gazului în circuitul intern variază cu  $\pm 0,2$  bar. Tubul principal (15) este confecționat special pentru această aplicație, din rășină epoxidică armată cu țesătură de carbon, kevlar și sticlă, stratificate astfel ca să nu conducă curentul (spiră în scurt).

Tubul (14) este confecționat din țeavă comercială - rășină epoxidică armată cu țesătură de carbon, iar piesele de capăt (11) și (12) sunt din Dural.. Asamblarea etanșă a elementelor componente se face prin lipire cu rășină epoxidică cu mare rezistență la forfecare și temperaturi ridicate. Magneții constituenți ai plunjerului (17), sunt din gama comercială, cu pământuri rare, având temperatura Curie peste 95° C.

Prelucrarea energiei electrice produse de generatoarele liniare se face cu modulul electronic (40) iar stocarea cu bateria (50). Ambele echipamente sunt din gama comercială, uzuale pentru acest tip de aplicație, neînglobând nici un element de noutate pentru invenția noastră.

**Exemplul de realizare**, descris mai sus, este prezentat în **figura 5**, cu cotele de gabarit. Menționăm că se poate realiza și un ansamblu cu 5 generatoare liniare, care însă va avea volumul rezonatorului cu 67% mai mare, implicit dimensiunile de gabarit. Amplasarea acestuia va fi mai dificilă în zona mediană a autostrăzii, iar înălțimea la care este gâtului cavității depășește zona de turbulențe maxime din unda de siaj pneumatic a autovehiculelor de mare viteză ce folosesc acea bandă de rulare.

### Bibliografie

1. Alster, M., 1972, "Improved Calculation of Resonator Frequency of Helmholtz Resonators", Journal of Sound and Vibration", 24(1),1972, pp.63~85
2. C.R. Saha, T. O'Donnell, H. Loder., S. Beeby, and J. Tudor; "Optimization of an Electromagnetic Energy Harvesting Device", IEEE Trans. on Magnetics, Volume 42, Issue 10, pp. 3509 – 3511, Oct. 2006.
3. N.G. Stephen: *On energy harvesting from ambient vibration*, Journal of Sound and Vibration, Vol. 293, pp. 409-425, 2006
4. Travis M. Thul, Suman Dwari, Robert D. Lorenz, and Leila Parsa, "Energy Harvesting and Efficient Power Generation from Human Activities," Proc. Center for Power Electronics Systemes (CPES) Seminar, Apr. 2007.
5. F. Cottone, H. Vocca and L. Gammaitoni, „Nonlinear Energy Harvesting”, Phys. Rev. Lett. Vol. 102, 27 Feb. 2009.
6. Filip, N., Chiriciuc, M., Candale, L. "About the noise energy conversion from road transportation" IN-TECH Proceedings, Bratislava, 2011, pp: 399-401.



53

7. United States Patent No. 3,791,752 "*HIGHWAY DRAINAGE AND EXHAUST SYSTEM*" Feb. 12, 1974.
8. United States Patent Application Publication No. US 2009/0195124 A1 "*ENERGY HARVESTING FROM AIRPORT RUNWAY*" Aug. 6, 2009.
9. United States Patent Application Publication No. US 2011/0031043 A1 "*SELF-CHARGING ELECTRICAL CAR WITH WIND ENERGY RECOVERY SYSTEM*" Feb. 10, 2011.
10. United States Patent No. US 8,030,786 B2 "*SYSTEM FOR GENERATING ELECTRICAL ENERGY FROM AMBIENT ENERGY*" Oct. 4, 2011.
11. United States Patent No. US 8,288,879 B1 "*HIGHWAY GENERATOR SYSTEM*" Oct. 16, 2012.
12. United States Patent No. US 9,366,234 B2 "*APPARATUS AND METHODS FOR RECOVERY OF VARIATIONAL WIND ENERGY*" Jun. 14, 2016.

Jyhs

**g) Revendicări**

1. Dispozitiv de recuperare a energiei din unda de siaj pneumatic produsă de autovehiculul în mișcare, **caracterizat prin aceea că** variațiile de presiune din unda de siaj pneumatic sunt captate într-o cavitate deschisă, de tip rezonator Helmholtz (20), care oscilează în plan vertical în jurul axului (31), rezultând energie mecanică. Oscilația este amortizată de arcurile spirale (32), care au și rolul de a stabili poziția verticală de echilibru a rezonatorului pe suportul ansamblului (30), în lipsa undei de siaj, conform cu figura 1.
2. Dispozitiv de recuperare a energiei din unda de siaj pneumatic, conform cu revendicarea 1, **caracterizat prin aceea că** energia mecanică a oscilației rezonatorului Helmholtz (20) este transformată în energie electrică cu ajutorul unor generatoare liniare (10), cu plunjer magnetic (17) care se deplasează inertial în tubul (15) și induce în bobinele (16) o tensiune alternativă pulsatorie, conform cu figurile 3.a. și 3.b.
3. Dispozitiv de recuperare a energiei din unda de siaj pneumatic, conform cu revendicarea 1, **caracterizat prin aceea că** plunjerul magnetic (17) se deplasează centrat și etanș în tubul (15) prin utilizarea unui fluid magnetic care asigură și lubrefierea, fluid care formează inelele de alunecare și etanșare datorită construcției speciale din mai mulți magneți separați cu întrefier, care asigură gradientul necesar al câmpului magnetic, conform cu figurile 4.a. și 4.b.
4. Dispozitiv de recuperare a energiei din unda de siaj pneumatic, conform cu revendicarea 1, **caracterizat prin aceea că** generatorul liniar (10) conține un circuit pneumatic închis etanș, format din tubul (15) în care se mișcă plunjerul (17), tubul (14) și canalele din capacele laterale (11) și (12), iar interiorul este umplut cu argon, la presiune atmosferică la 30°C, prin intermediul ventilului (18), care asigură imunitatea circuitului intern, față de condițiile externe de climă, conform cu figurile 3.a. și 3.b.

h) Desene explicative

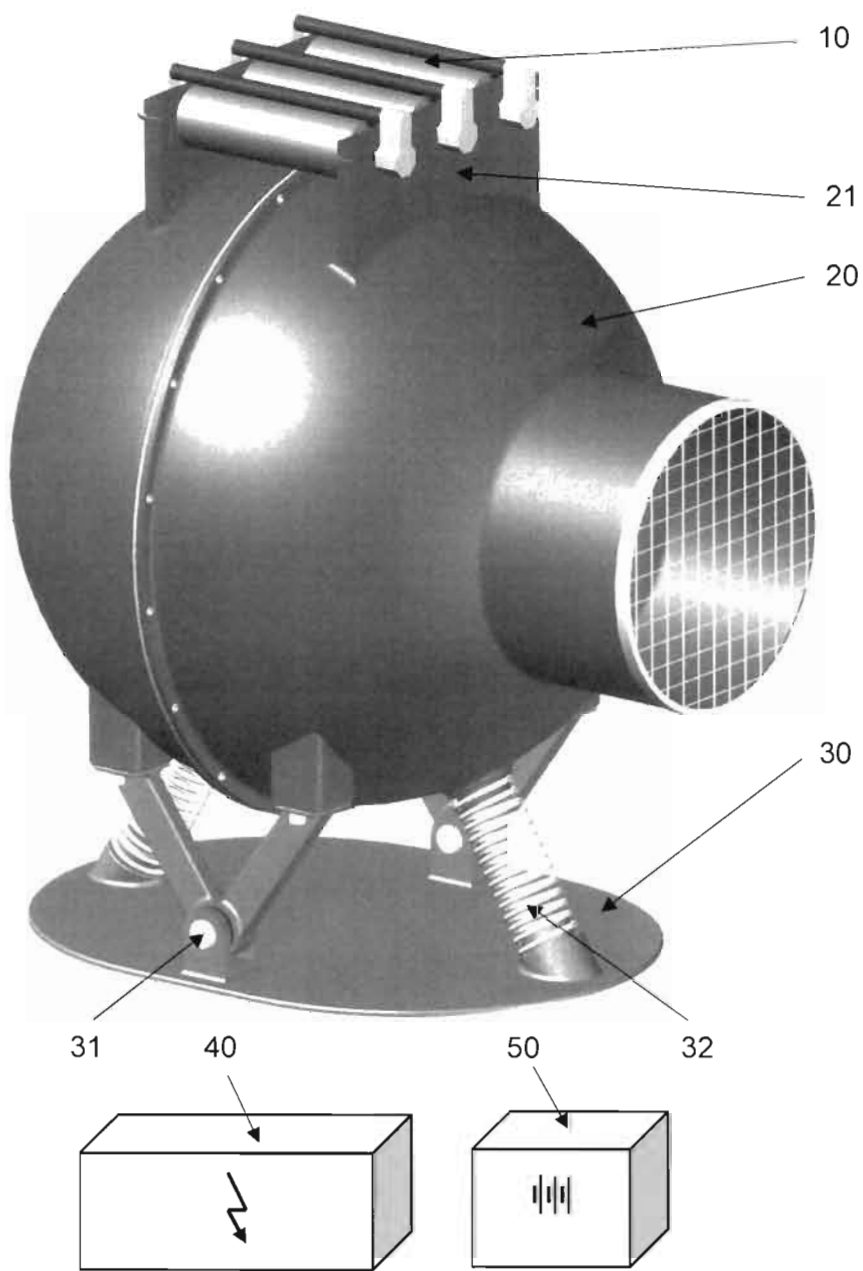


Figura 1.

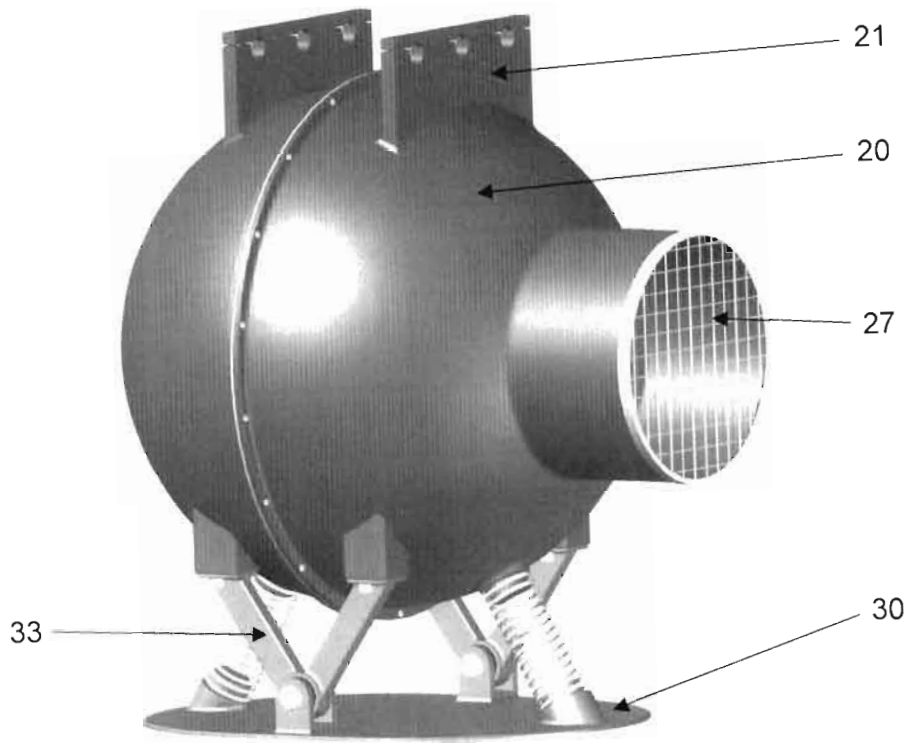


Figura 2.a.

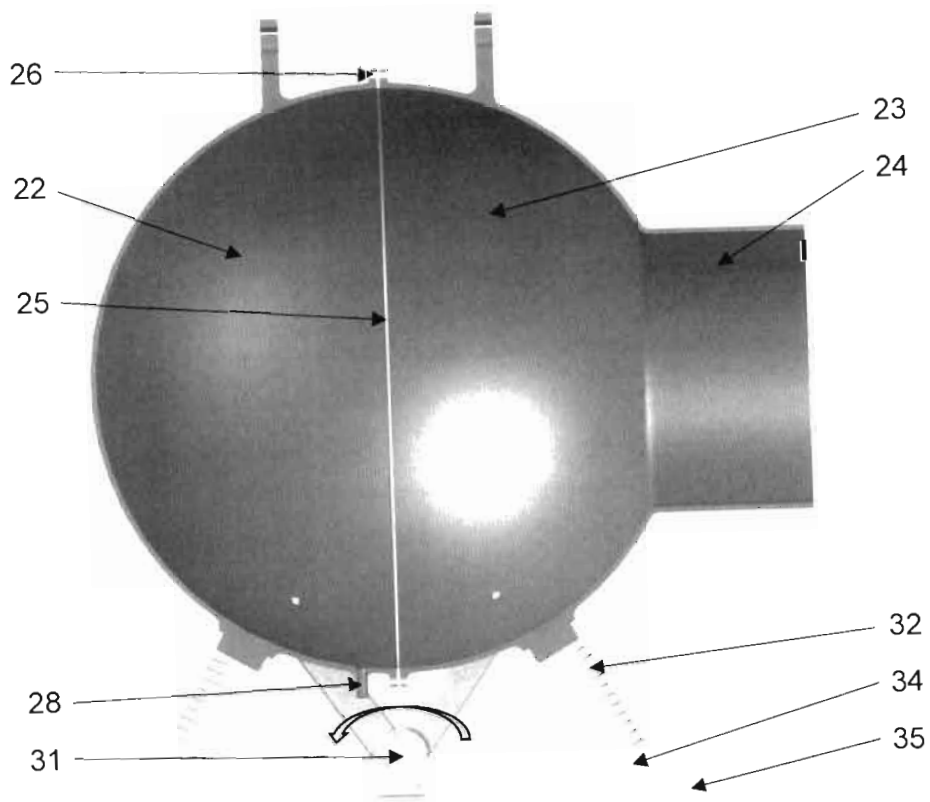


Figura 2.b.

*Jvk*

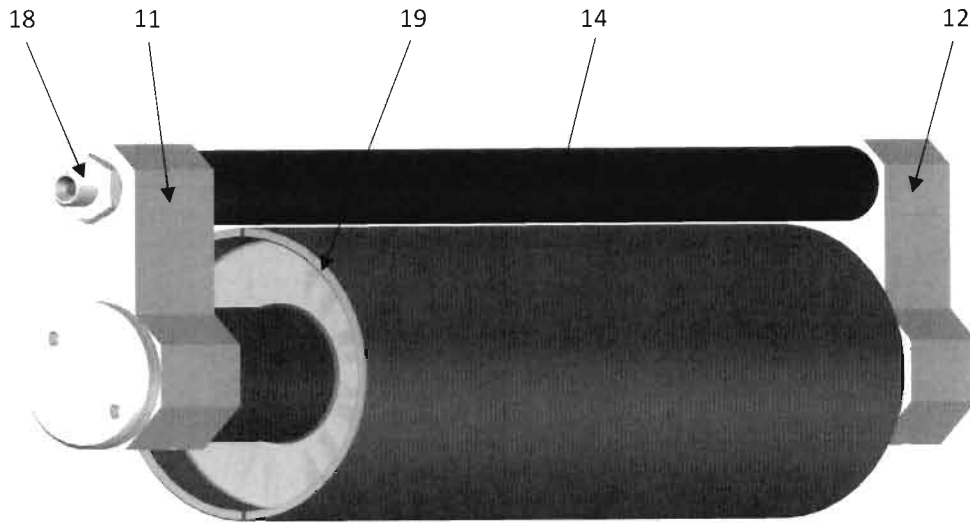


Figura 3.a.

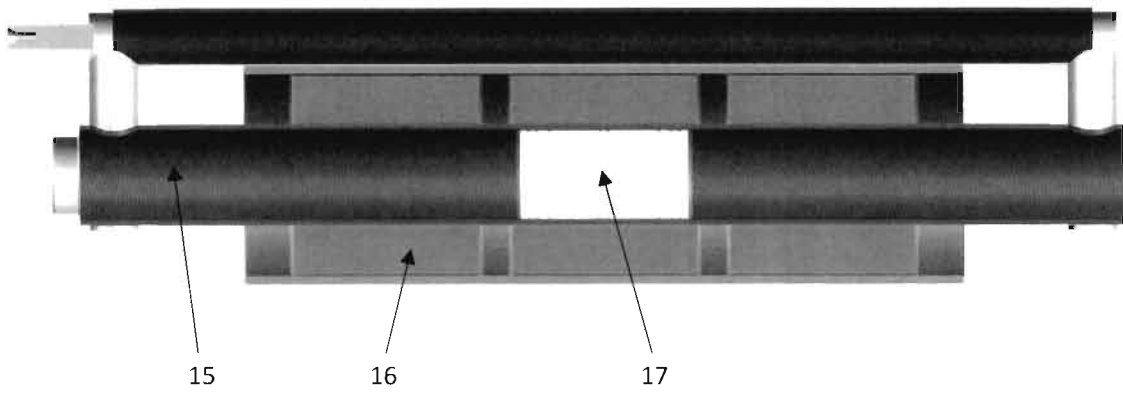


Figura 3.b.

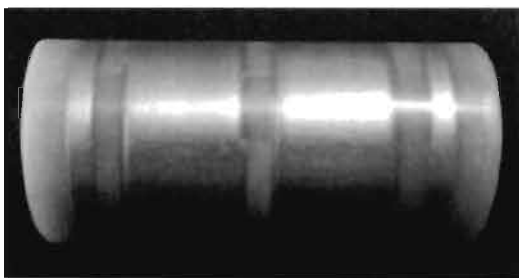


Figura 4.a.



Figura 4.b.

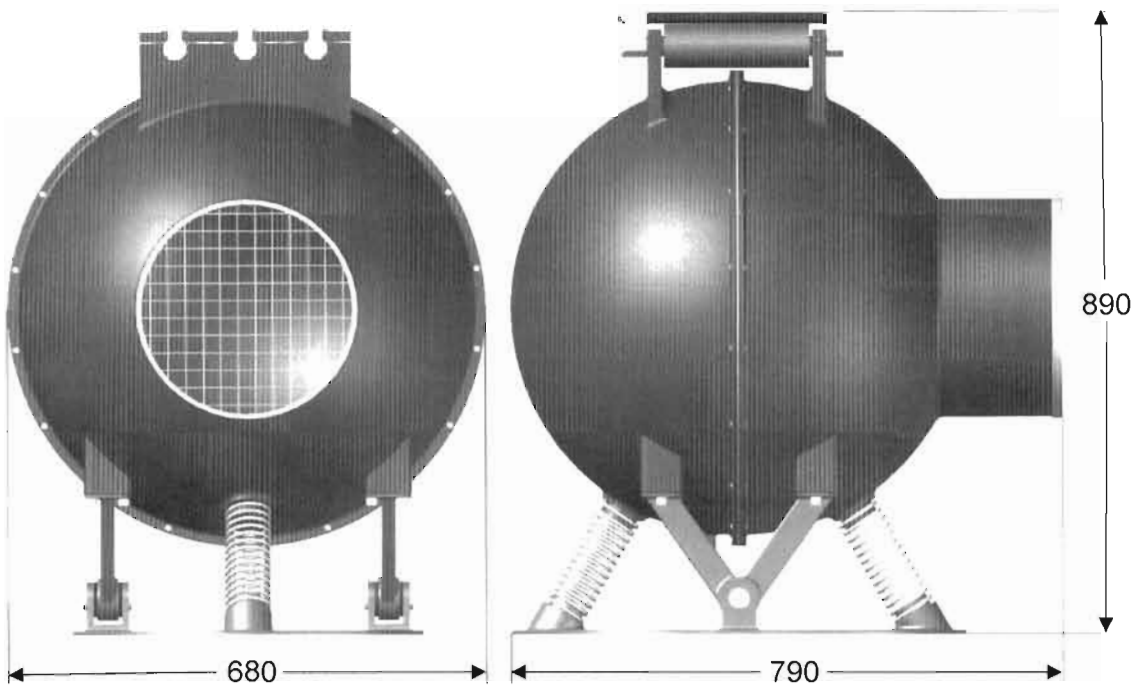


Figura 5.