



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2013 00158

(22) Data de depozit: 18.02.2013

(41) Data publicării cererii:  
29.11.2013 BOPI nr. 11/2013

(71) Solicitant:  
• INSTITUTUL NAȚIONAL DE  
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU  
FIZICA TEHNICĂ - IFT IAȘI,  
BD. MANGERON NR. 47, IAȘI, IS, RO

(72) Inventatori:  
• CHIRIAC HORIA,  
STR. ALEXANDRU VLAHUȚĂ NR. 7 B, SC. A,  
ET. 2, AP. 9, IAȘI, IS, RO;

• ȚIBU MIHAI, STR. MOARA DE VÂNT  
NR. 28B, IAȘI, IS, RO;  
• OVARI TIBOR ADRIAN,  
STR. AEROPORTULUI NR. 1D, BL. IV,  
ET. 1, AP. 8, IAȘI, IS, RO;  
• LUPU NICOLETA, ȘOS. NAȚIONALĂ  
NR. 42 B, BL. A 1, SC. D, ET. 4, AP. 3, IAȘI, IS,  
RO

(54) DISPOZITIV DE CONVERSIE A ENERGIEI VIBRAȚIILOR  
MECANICE ÎN ENERGIE ELECTRICĂ, ȘI PROCEDEU DE  
OBTINERE A ACESTUIA

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un dispozitiv de conversie a energiei vibrațiilor mecanice în energie electrică, utilizat pentru alimentarea cu energie electrică a diferitelor tipuri de echipamente cu consum redus. Dispozitivul conform invenției este alcătuit dintr-o lamelă (1) realizată din două sau mai multe tipuri de benzi feromagnetice cu permeabilitate magnetică ridicată și, respectiv, inducție magnetică de saturație mare, așezate alternativ sau succesiv unele peste altele, și lipite cu rășină epoxidică, prin presare într-o matrită, lamela (1) astfel realizată fiind fixată la unul dintre capete într-un suport (5), cu ajutorul unei plăcuțe (7) de strângere și al unor șuruburi (6), celălalt capăt putând să oscileze liber, sub influența vibrațiilor mecanice preluate din mediul înconjurător, și dintr-o înfășurare (3) de culegere realizată pe o carcasă (6) din poliamidă, pe care sunt atașați, prin lipire cu rășină epoxidică, și doi magneți (2) permanenți, modificările de magnetizare ale lamelei (1) aflate în

interiorul înfășurării (3) de culegere determinând inducerea unei tensiuni de ordinul volților, care poate fi redresată, filtrată și utilizată în mod direct.

Revendicări: 4  
Figuri: 4

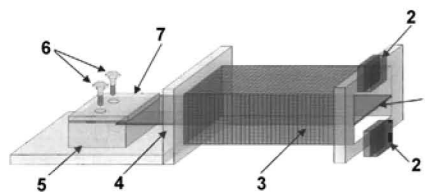


Fig. 2

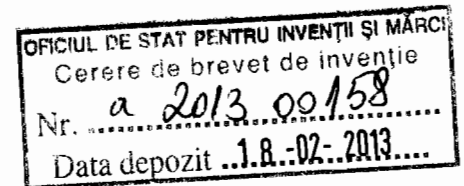
Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art. 32 din Legea nr. 64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea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



# DISPOZITIV DE CONVERSIE A ENERGIEI VIBRAȚIILOR MECANICE ÎN ENERGIE ELECTRICĂ ȘI PROCEDEU DE OBȚINERE

## A ACESTUIA

### DESCRIEREA INVENȚIEI



Obiectul invenției îl reprezintă un dispozitiv de conversie, care transformă energia disipată sub formă de vibrații mecanice în energie electrică. Energia electrică astfel obținută, poate fi utilizată pentru alimentarea diferitelor tipuri de echipamente cu consum redus, de ordinul mili wați sau mai mic (de exemplu: sisteme de senzori pentru monitorizare la distanță - de tipul fără întreținere, destinate activităților care se desfășoară în medii periculoase sau inaccesibile personalului de întreținere, etc.).

Sunt cunoscute ca având acest scop diferite tipuri de dispozitive de conversie care folosesc materiale amorfe magnetostrictive [1] și materiale amorfe cu permeabilitate mare [2]. Un astfel de dispozitiv este alcătuit, în general, dintr-o lamelă realizată din material feromagnetic având anumite proprietăți magnetice și elastice, fixată la unul din capete de sursa de vibrații, celălalt capăt fiind lăsat liber să oscileze în regim cantilever. Înfașurarea de culegere poate fi efectuată direct pe lamelă făcând corp comun cu aceasta [1] sau poate fi realizată pe o carcasă [2], lamela putând să oscileze liber pe frecvența de rezonanță proprie în interiorul carcasei. Principiul de funcționare constă în preluarea de către lamela din material feromagnetic a energiei mecanice sub formă de vibrații și transformarea acesteia în energie electrică pe baza inducției electromagnetice conform legii lui Faraday. În funcție de tipul materialelor feromagnetice implicate în procesul de conversie, fenomenul de inducție electromagnetică poate să apară ca urmare a unor efecte specifice fiecărui material în parte sau a cumulării unor efecte (efecte magnetoelastice sau efecte de magnetizare într-un gradient de câmp magnetic) care determină modificări ale inducției magnetice  $B$  pentru lamela din material feromagnetic. Efectele fizice implicate în procesul de conversie al energiei mecanice sub formă de vibrații în energie electrică pot fi:

- efecte magnetoelastice: provenind din magnetostricțiune ( $\text{FeSiB}$ ,  $\text{FeGa}$ , etc.) sau provenind din modificarea permeabilității magnetice cu tensiunile mecanice ( $\text{CoFeSiB}$ , etc);
- inducție electromagnetică datorată unui gradient de câmp magnetic.

Dispozitivele de conversie cunoscute prezintă unele dezavantaje și anume:

- Dispozitivele de conversie pe bază de materiale magnetostrictive [1] au un randament mic, nivelul de tensiune la ieșire este scăzut (zeci sau sute de mili volți), ceea ce implică folosirea unor montaje electronice pentru ridicarea tensiunii (boost converter) în vederea prelucrării (redresării, filtrării, etc.) și utilizării acesteia. Acest lucru presupune costuri suplimentare și energie disipată la nivelul acestor montaje electronice.
- Dispozitivele de conversie pe bază de materiale feromagnetice cu permeabilitate mare manifestă fenomenul de saturare magnetică pentru valori mari ale accelerației vibrațiilor mecanice fapt ce conduce la limitarea nivelului de tensiune respectiv putere pe care îl pot furniza.

Dispozitivul de conversie, conform invenției, rezolvă problemele enunțate anterior, în sensul că, furnizează tensiuni suficient de mari, de ordinul volților, astfel încât poate fi utilizat direct la alimentarea unor echipamente (rețele de senzori wireless, etc.) fără a mai utiliza montaje electronice de ridicare a tensiunii, evită saturarea magnetică a lamei feromagnetice pentru accelerații mari de vibrație și diminuează pierderilor prin curenți turbionari.

Dispozitivul de conversie constă din lamelă multistrat realizată prin suprapunerea în mod alternativ sau succesiv a două sau a mai multor tipuri de benzi feromagnetice cu proprietăți magnetice și elastice speciale (benzi amorfe și nanocristaline cu permeabilitate magnetică ridicată și respectiv inducție magnetică de saturație mare), înfășurare de culegere și magnet permanent pentru câmpul de bias.

Prin utilizarea lamei multistrat realizată din benzi magnetice amorfe și nanocristaline cu proprietăți magnetice și mecanice speciale în combinație cu o anumită distribuție a câmpului magnetic de bias, creată de aranjamentul magneților permanenți, dispozitivul de conversie, conform invenției, prezintă următoarele avantaje:

- permite obținerea unui randament bun de conversie a energiei mecanice în energie electrică atât pentru vibrații cu accelerații mici (mai mici de  $0.5g$  unde  $g$  reprezintă accelerația gravitațională  $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ ) cât și pentru accelerații mari (peste  $2g$ ).
- permite obținerea unor valori ale tensiunii electrice suficient de mari, de ordinul volților, astfel încât să poată fi redresate și utilizate direct fără alte circuite auxiliare de ridicare a tensiunii (boost converter) folosite în general la astfel de dispozitive de conversie.

- reduce mult pierderile prin curenți turbionari datorită faptului că benzile care alcătuiesc lamela sunt foarte subțiri (15 – 20  $\mu\text{m}$ ) și izolate între ele prin intermediul unui strat fin de adeziv (rășină epoxidică).

Se dau în continuare două exemple de realizare a invenției în legătură cu figurile Fig.1...4, care reprezintă:

- Fig.1, schița lamelei multistrat realizată prin suprapunerea unui număr de 20 – 25 de benzi feromagnetice amorfe;
- Fig.2, schița de ansamblu a dispozitivului de conversie;
- Fig.3, dispozitiv de conversie complex alcătuit din două sau mai multe lamele multistrat cu înfășurări de culegere și magneți permanenți (vedere de sus);
- Fig.4, schița matriței pentru obținerea lamelor multistrat;

#### **Exemplul 1:**

Dispozitivul de conversie (Fig.2), conform invenției, este alcătuit din lamela elastică multistrat (1) fixată la unul din capete în suportul (5) cu ajutorul plăcuței de strângere (7) și a șuruburilor (6). Lamela elastică are cel de-al doilea capăt liber, astfel încât, poate să oscileze în regim cantilever pe frecvența proprie de rezonanță, sub influența vibrațiilor mecanice preluate prin intermediul suportului (5) din mediul înconjurător. Înfășurarea de culegere (3) este realizată din sârmă CuEm 0.1 mm având un număr de 5000 spire pe o carcasă din poliamidă (4). Magneții permanenți (2) care creează câmpul de bias, sunt atașați de carcasă prin lipire cu rășină epoxidică. Pot exista diferite configurații ale aranjamentului magneților (2) în raport cu lamela elastică multistrat (1), astfel încât să asigure inversări succesive ale magnetizării lamelei în timpul mișcării de oscilație induse de vibrații. Modificările de magnetizare ale lamelei elastice multistrat (1) aflată în interiorul bobinei de culegere (3) determină inducerea unei tensiuni la bornele bobinei conform legii de inducție electromagnetică a lui Faraday. Lamela multistrat este realizată prin suprapunerea în mod alternativ a două tipuri de benzi feromagnetice amorfe cu proprietăți magnetice diferite. Prima categorie de benzi amorfe fiind de tipul FINEMET și având permeabilitate magnetică mare, asigură un nivel de tensiune pe înfășurarea de culegere suficient de mare în domeniul accelerațiilor mici pentru vibrațiile mecanice. A doua categorie de benzi de tipul FeSiB are inducție de saturație mare (1.65 T) și asigură funcționarea pentru vibrații cu accelerații mai mari pentru care benzile de tipul FINEMET cu permeabilitate mare tind să se satureze magnetic în câmpul de bias creat de magneții permanenți.

Procedeu pentru obținerea lamelei multistrat, conform invenției, constă în aceea că lipirea benzilor feromagnetice amorfe este realizată cu rășină epoxidică într-o matriță (Fig.4)

care asigură alinierea benzilor, eliminarea excesului de rășină (prin presare controlată) și o lipire uniformă a suprafețelor. Matrița este apoi încălzită la 200°C timp de 3 ore pentru a finaliza procesul de lipire. Se obține astfel o structură de tip multistrat pentru lamela feromagnetică care asigură pe lângă proprietăți mecanice bune (elasticitate, robustețe, etc.) și avantajul că reduce pierderile prin curenți turbionari, având în vedere că stratul de rășină care realizează lipirea benzilor suprapuse este un bun izolator electric.

Datorită structurii compozite multistrat a lamelei randamentul de conversie al dispozitivului realizat pe baza acesteia este superior și permite obținerea unor puteri la ieșire de ordinul 2- 3 mW pentru vibrații cu accelerații de ordinul 1g. Tensiunea la ieșire fiind de ordinul volților permite redresarea, filtrarea și utilizarea acesteia în mod direct, mult mai simplu și eficient, eliminând astfel necesitatea unor montaje electronice suplimentare pentru (multiplicarea) ridicarea tensiunii peste pragul de deschidere a diodelor redresoare – de ordinul a câteva sute de milivolți - cum sunt cele utilizate în mod curent în astfel de dispozitive.

### **Exemplul 2:**

Dispozitiv de conversie complex (Fig.3), conform invenției, este alcătuit din două sau mai multe lamele multistrat montate în același suport de prindere pe aceeași direcție dar în sensuri opuse. Suportul de prindere este proiectat (formă octogonală) astfel încât permite fixarea a 1 până la 8 lamele multistrat. Înfășurările de culegere corespunzătoare fiecăreia dintre lamelele montate la un moment dat în suportul de prindere pot fi legate în serie sau în paralel, în funcție de necesitățile cu privire la nivelul de tensiune sau curent al echipamentelor ce urmează a fi alimentate de dispozitivul de conversie. Carcasele înfășurărilor de culegere sunt atașate de suport prin intermediul unor șuruburi de prindere iar magneții permanenți sunt fixați, ca și în cazul exemplului precedent, de capetele libere ale carcaselor prin lipire cu un adeziv (rășină epoxidică).

În cazul în care echipamentul ce urmează a fi alimentat de la dispozitivul de conversie, necesită tensiuni de alimentare mai mari decât tensiunea furnizată de configurația prezentată în exemplul 1, atunci se recomandă utilizarea unui dispozitiv de conversie complex cu înfășurările bobinelor de culegere legate în serie, pentru a asigura nivelul de tensiune corespunzător. Dacă echipamentul ce urmează a fi alimentat absoarbe un curent mai mare decât curentul furnizat de configurația prezentată în exemplul 1, atunci se recomandă legarea în paralel a unui număr de înfășurări care să asigure funcționarea în parametri a acestuia.

## REVENDICĂRI

1. Dispozitiv de conversie alcătuit din lamelă elastică multistrat, bobină de culegere și magneți permanenți, **caracterizat prin aceea că**, lamela multistrat (1) este realizată din două sau mai multe tipuri de benzi feromagnetice cu permeabilitate magnetică ridicată și respectiv inducție magnetică de saturație mare, așezate alternativ sau succesiv unele peste altele și lipite cu rășină epoxidică prin presare într-o matriță. Lamela astfel realizată este fixată la unul din capete într-un suport (5) atașat de sursa de vibrații, celălalt capăt fiind lăsat liber să oscileze în regim cantilever pe frecvența de rezonanță proprie într-un câmp magnetic creat de o configurație a magneților permanenți de bias (2).
2. Dispozitiv de conversie conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, lamela elastică multistrat conține două tipuri de benzi feromagnetice, amorfe (FeSiB) și nanocristaline (FINEMET), aranjate alternativ unele peste altele fiind lipite cu rășină epoxidică prin presare într-o matriță.
3. Dispozitiv de conversie conform revendicărilor 1, 2 și exemplului 2, **caracterizat prin aceea că**, este alcătuit din două sau mai multe lamele multistrat montate în același suport de prindere sau în suporturi diferite, pe aceeași direcție dar în sensuri opuse, înfășurările de culegere pentru fiecare dintre lamelele multistrat putând fi legate în serie sau în paralel în funcție de necesitățile cu privire la nivelul de tensiune dorit sau de puterea absorbită de montajul/echipamentul ce urmează a fi alimentat.
4. Procedeu de obținere a lamelei multistrat, **caracterizat prin aceea că**, pentru așezarea și lipirea benzilor amorfe și nanocristaline, se folosește o matriță din teflon (Fig.4.) care permite alinierea și presarea controlată a benzilor în timpul lipirii, asigurând în același timp eliminarea excesului de adeziv și o lipire uniformă a suprafețelor. Matrița este apoi încălzită la 200°C timp de 3 ore pentru a finaliza procesul de lipire și a obține astfel o structură de tip multistrat pentru lamela feromagnetică, care asigură pe lângă proprietăți mecanice bune (elasticitate, robustețe, etc.) și avantajul că reduce pierderile prin curenți turbionari, având în vedere că stratul de rășină care realizează lipirea benzilor suprapuse este un bun izolator electric.



Fig.1.

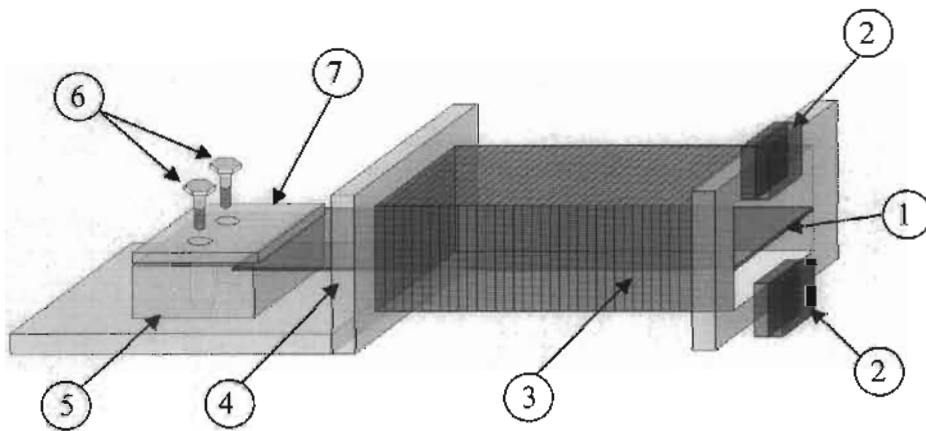


Fig.2.

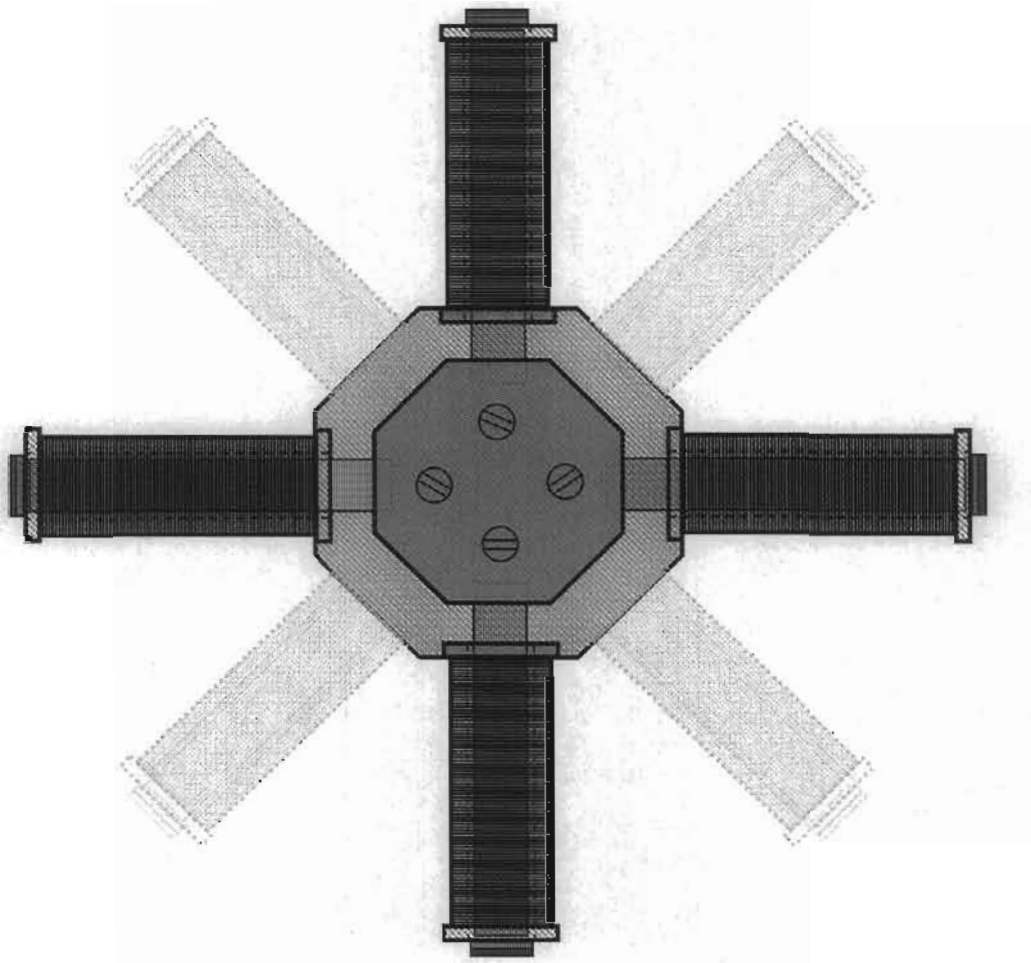


Fig.3.



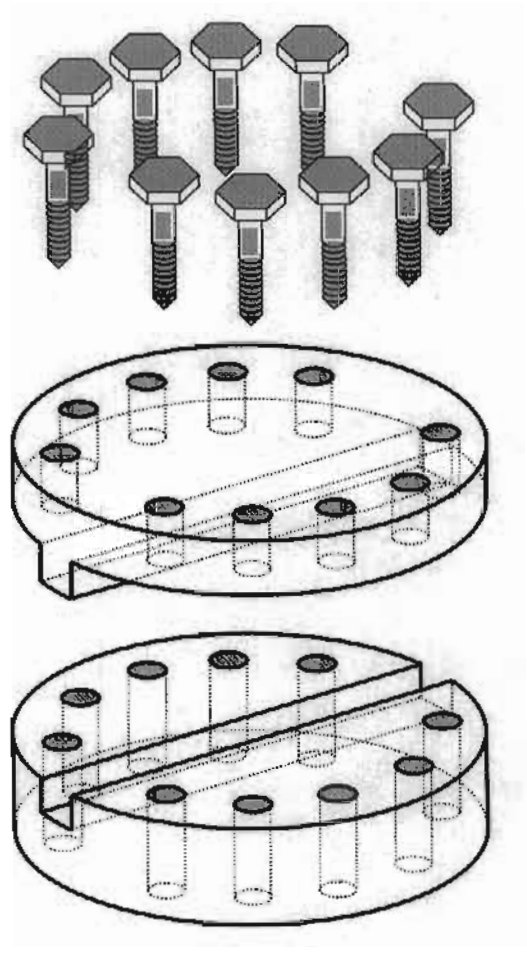


Fig.4.