

(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2014 00398**

(22) Data de depozit: **28/05/2014**

(41) Data publicării cererii:
27/11/2015 BOPI nr. 11/2015

(71) Solicitant:
• INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU
MICROTEHNOLOGIE,
STR.EROU IANCU NICOLAE NR.126 A,
BUCUREȘTI, B, RO

(72) Inventatori:

• VARSESCU
DRAGOȘ-ALEXANDRU-CRISTIAN,
STR. MOINEȘTI NR. 14, BL. 205, SC. 1,
ET. 4, AP.26, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B,
RO

(54) IZOLATOR DE VIBRAȚII CU FRECVENȚĂ NATURALĂ JOASĂ

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un izolator de vibrații cu frecvență naturală joasă. Izolatorul conform invenției este constituit dintr-un cadru (1) fix, o parte (3) mobilă care se sprijină cu ajutorul unui arc (4) standard pe cadru (1), și susține o masă (6) care urmează a fi izolată de vibrații, în paralel cu arcul (4) standard fiind dispus un arc (5) negativ, având un număr variabil de perechi de magneti cuboizi, așezați cu polii de același semn față în față, cu axele magnetice aliniată și aflate în poziția de echilibru, într-un plan perpendicular pe direcția de deplasare a părții (3) mobile, fiecare pereche de magneti având un magnet (5a) exterior, fixat pe cadrul (1) fix, și un magnet (5b) interior, fixat pe partea (3) mobilă.

Revendicări: 6
Figuri: 14

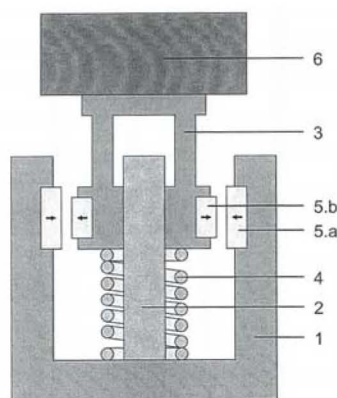
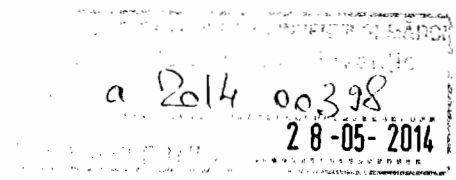


Fig. 5



IZOLATOR DE VIBRATII CU FRECVENTA NATURALA JOASA

Descrierea inventiei



Terminologie

In cursul acestei descrieri a inventiei s-au folosit urmatoorii termeni:

- rigiditate - curba forta-deplasare a unui arc. In cazul liniar sau aproximativ liniar aceasta reprezinta constanta elastica a arcului. Inventia de fata trateaza, in special, acest caz, dar, deoarece, in principiu, poate acomoda si cazul neliniar, s-a preferat termenul mai general de rigiditate.
- arc standard - un arc avand o rigiditate pozitiva, adica o panta a curbei forta-deplasare pozitiva. Intr-un sistem arc-masa, forta produsa de arcul standard are tendinta de a aduce masa in pozitia de echilibru.
- arc negativ - un arc avand o rigiditate negativa, adica o panta a curbei forta-deplasare negativa. Intr-un sistem arc-masa, forta produsa de arcul negativ are tendinta de a indeparta masa de pozitia de echilibru.
- axa magnetica - linia imaginara care uneste polii unui magnet, la care liniile de camp magnetic sunt tangente.

Domeniul inventiei si stadiul tehnicii

Izolatoarele de vibratii pasive se bazeaza pe conceptele de frecventa naturala (sau frecveta de rezonanta) si transmisibilitate si pot fi descrise ca un sistem arc-masa. Frecventa naturala a unui astfel de sistem liniar sau aproximativ liniar, fara amortizare, este data de urmatoarea formula:

$$f_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (1)$$

Unde f_n este frecventa naturala, k este rigiditatea si m este masa.

Frecventa naturala a unui sistem arc-masa cu amortizare este data de urmatoarea formula:

$$f_d = f_n \sqrt{1 - \zeta^2} \quad (2)$$

Unde f_d este frecventa naturala a sistemului cu amortizare, f_n este frecventa naturala a sistemului fara amortizare si ζ este raportul de amortizare.

Formula pentru raportul de amortizare este urmatoarea:



$$\zeta = \frac{c}{2\sqrt{km}} \quad (3)$$

Unde ζ este raportul de amortizare, c este coeficientul de amortizare (care este specific sistemului), k este rigiditatea si m este masa.

Transmisibilitatea este definita ca raportul dintre amplitudinea vibratiilor "la iesire" (transmise masei care este sustinuta de arc) si amplitudinea vibratiilor "la intrare". Transmisibilitatea unui sistem fara amortizare este data de urmatoarea formula:

$$T = \frac{|A_o|}{|A_i|} = \frac{1}{1 - \frac{f^2}{f_n^2}} \quad (4)$$

Unde T este transmisibilitatea, A_o este amplitudinea vibratiilor transmise, A_i este amplitudinea vibratiilor la intrare, f este frecventa la care se calculeaza transmisibilitatea si f_n este frecventa naturala a sistemului.

Transmisibilitatea unui sistem cu amortizare este data de urmatoarea formula:

$$T = \frac{|A_o|}{|A_i|} = \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{f^2}{f_n^2}\right)^2 + \left(2\zeta \frac{f}{f_n}\right)^2}} \quad (5)$$

Unde T este transmisibilitatea, A_o este amplitudinea vibratiilor transmise, A_i este amplitudinea vibratiilor la intrare, ζ este raportul de amortizare, f este frecventa la care se calculeaza transmisibilitatea si f_n este frecventa naturala a sistemului.

Se poate observa ca, pentru un sistem ideal (cu amortizarea (ζ) zero), ecuatia (5) devine ecuatia (4). De asemenea, se poate observa ca, pentru un sistem fara amortizare, la $f = f_n$ transmisibilitatea (T) este infinita.

Figura 1 prezinta un grafic al transmisibilitatii (T). La frecvente joase, sistemul amplifica vibratiile (amplificarea maxima fiind la rezonanta), apoi, dupa o anumita frecventa ($f = \sqrt{2}f_n$), vibratiile sunt amortizate. Deoarece vibratiile sunt cu atat mai daunatoare cu cat frecventa este mai mare, se incearca realizarea unor izolatoare de vibratii cu frecventa naturala cat mai joasa, care sa amortizeze cat mai bine vibratiile de frecventa ridicata. Pentru o masa (m) data, singurul mod de a scadea frecventa naturala (f_n) este prin scaderea rigiditatii (k). Exista insa o limita inferioara a rigiditatii unui arc, astfel incat acesta sa mai poata sa sustina masa respectiva (m). Pentru a depasi aceasta limita s-au introdus in sistem arcuri negative. Un arc negativ este un arc avand o rigiditate negativa (K_n), care se pune in paralel cu un arc standard, pentru a scadea rigiditatea totala.

$$[K]_{\text{t}} = [K]_{\text{s}} - [K]_{\text{n}} \quad (6)$$

Unde K_t este rigiditatea totala a sistemului, K_s este rigiditatea arcului standard si K_n este rigiditatea negativa.

Pentru obtinerea unei rigiditati totale (K_t) cat mai mica, trebuie ca rigiditatea negativa (K_n) sa fie cat mai apropiata ca valoare, in modul, de rigiditatea standard (K_s), dar intotdeauna mai mica (in modul).

Sunt cunoscute mai multe metode de realizare a unui izolator de vibratii prin punerea in paralel a unui arc standard cu un arc negativ.

Este cunoscuta o metoda de realizare a izolator de vibratii realizat cu ajutorul unui arc standard mecanic pus in paralel cu un arc negativ realizat folosind doua bare flexibile, aliniata, perpendiculare pe axa sistemului, pretensionate, ale caror capete exterioare sunt fixate de cadrul sistemului, iar cele interioare sunt conectate la o parte mobila sustinuta de un arc standard. La iesirea partii mobile din pozitia de echilibru, intr-o parte sau alta, de-alungul axei sistemului, barele se detensioneaza, producand o forta a carei rezultanta tinde sa indeparteze masa de pozitia de echilibru creind efectul de rigiditate negativa.

Schema de baza a acestui izolator de vibratii este prezentata in figura 2, unde notatiile reprezinta:

1. arcul care sustine masa (4)
2. lamelele elastice, care constituie arcul negativ
3. sistemul de pretensionare al lamelelor elastice
4. masa ce urmeaza a fi izolata de vibratii

Acest izolator de vibratii constituie obiectul brevetului **US5669594** - Vibration isolating system.

Este cunoscuta o metoda de realizare a unui arc negativ folosind perechi de trei magneti aliniati de-alungul directiei de magnetizare, orientati astfel incat polii de semn opus sa fie fata in fata, in pozitie de atragere. Magnetii exteriori sunt prinsi de partea fixa a sistemului, iar magnetul central este prins de partea mobila a sistemului. La deplasarea magnetului interior din pozitia centrala, de echilibru, catre unul sau celalalt magnet exterior, asupra acestuia vor actiona forte magnetice a caror rezultanta va avea aceesi directie cu directia in care s-a deplasat magnetul central, producand astfel efectul de rigiditate negativa.

Arcul magnetic negativ este prezentat schematic in figura 3, unde notatiile reprezinta:

- 1 - partea fixa a arcului magnetic
- 2 - magnetii exteriori, prinsi de partea fixa (1)
- 3 - partea mobila a arcului magnetic
- 4 - magnetul interior, prins de partea mobila (3)

Acest arc magnetic constituie obiectul brevetului **US7290642** - Magnetic spring device with negative stiffness.



Este cunoscuta o metoda de realizare a unui izolator de vibratii cu rigiditate negativa, unde rigiditatea pozitiva este obtinuta cu un arc magnetic realizat cu doi magneti cilindrici, coaxiali, cel exterior, magnetizat radial, fiind fix si cel interior, magnetizat axial, putandu-se deplasa de-alungul axei. Rigiditatea negativa se obtine prin adaugarea a doua membrane de cauciuc intinse intre cei doi magneti, astfel incat forta data de membrane sa se opuna fortei data de arcul magnetic.

Schema de baza a acestui izolator de vibratii este prezentata in figura 4, unde notatiile reprezinta:

- 1 - arcul standard, se constituie din
 - 1.a - magnetul interior (sageata indica directia de magnetizare)
 - 1.b - magnetul exterior (sageata indica directia de magnetizare)
- 2 - membrane de cauciuc, care formeaza arcul negativ

Acest izolator de vibratii constituie obiectul articolului "A negative stiffness vibration isolator using magnetic spring combined with rubber membrane" (DOI: 10.1007/s12206-013-0128-5).

Descrierea inventiei

Problema tehnica pe care o rezolva inventia este realizarea unui izolator de vibratii cu frecventa naturala joasa, unde frecventa naturala joasa este obtinuta prin punerea in paralel a unui arc standard cu un arc negativ realizat cu magneti.

Solutia propusa de noi, conform inventiei, presupune realizarea izolatorului de vibratii cu frecventa naturala joasa prin punerea in paralel a unui arc standard, avand rigiditatea pozitiva, cu un arc negativ, avand rigiditatea negativa, realizat cu ajutorul a cel puțin doi magneti dintre care cel puțin unul este prins de partea fixa a izolatorului si cel puțin unul este prins de partea mobila a izolatorului, pe care se afla masa ce urmeaza a fi izolata de vibratii. Magnetii sunt asezati astfel incat, in pozitia de echilibru, sa aiba axele magnetice aliniate, si aflate intr-un plan perpendicular pe directia de deplasare a partii mobile, magnetii fiksi avand directia de polarizare opusa directiei de polarizare a magnetilor mobili. La iesirea partii mobile din pozitia de echilibru, forta data de arcul standard va tinde sa readuca partea mobila in pozitia de echilibru, in timp ce forta data de arcul magnetic se va opune revenirii partii mobile in pozitia de echilibru, producand astfel o rigiditate negativa, care va atenua rigiditatea pozitiva a arcului standard, scazand, in final, rigiditatea totala a izolatorului.

Exemple

Dam in continuare un exemplu de realizare a inventiei in legatura cu figurile 5 si 6.

Figura 5: reprezentarea schematica a izolatorului, in sectiune

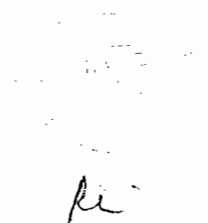


Figura 6: reprezentarea schematica a mecanismului de producere a rigiditatii negative, vazut de sus, in sectiune. Sagetile indica directia de magnetizare.

Inventia consta in realizarea unui izolator de vibratii cu frecventa naturala joasa, avand o parte fixa, numita cadrul izolatorului (1), o coloana de ghidaj (2), fixata de cadru, o parte mobila (3) care gliseaza pe coloana de ghidaj, si care se sprijina cu ajutorul unui arc standard (4) pe cadru si care sustine masa (6) ce urmeaza a fi izolata de vibratii. In paralel cu arcul standard se pune un arc negativ (5) realizat cu patru perechi de magneti cuboizi asezati cu polii de acelasi semn fata in fata, cu axele magnetice aliniate si aflate, in pozitia de echilibru, intr-un plan perpendicular pe directia de deplasare a partii mobile (3). Fiecare pereche de magneti va avea un magnet exterior (5.a) fixat pe cadrul izolatorului (1) si un magnet interior (5.b) fixat pe partea mobila (3) a izolatorului.

Arcul standard (4) folosit in acest exemplu este mecanic, dar poate fi si magnetic, pneumatic sau de alta natura.

Izolatorul poate fi proiectat sa amortizeze o masa (6) fixa sau un anumit interval de valori ale masei (6). In cel de-al doilea caz, un sistem de aliniere al magnetilor in functie de masa (6) este util. Ideal este ca masa (6) sa fie cea maxima suportata de arcul standard (4), performantele izolatorului fiind cu atat mai bune cu cat masa (6) este mai mare. In cazul in care masa (6) este mai mica decat cea maxima suportata de arcul standard (4), se pot adauga greutati suplimentare pentru a imbunatati performanta.

Dam in continuare alte exemple de realizare a arcului negativ magnetic in legatura cu figurile 7.a, 7.b, 7.c si 7.d, care prezinta diferite posibilitati de asezare in plan a magnetilor, vazute, schematic, de sus.

Figura 7.a: reprezinta o alta modalitate de asezare a magnetilor care constituie arcul negativ, vazuta de sus, in sectiune. Se folosesc doi magneti (5.a si 5.b), iar in locul coloanei de ghidaj se folosesc doi rulmenti liniari (2).

Notatiile reprezinta:

- 1 - cadrul izolatorului, fix
- 2 - sistem de culisare cu rulmenti liniari
- 3 - partea mobila a izolatorului, care culiseaza vertical
- 5 - arcul negativ, se constituie din:
 - 5.a - magnetul exterior, fixat pe cadrul izolatorului (1)
 - 5.b - magnetul interior, fixat pe partea mobila a izolatorului (3)

Sagetile indica directia de magnetizare.

Figura 7.b: reprezinta o alta modalitate de asezare a magnetilor care constituie arcul negativ, vazuta de sus, in sectiune.

Notatiile reprezinta:

- 1 - cadrul izolatorului, fix

- 2 - coloana de ghidaj, fixata de cadru (1)
 - 3 - partea mobila a izolatorului, care gliseaza vertical pe coloana de ghidaj (2)
 - 5 - arcul negativ, se constituie din:
 - 5.a - magnetii exteriori, fixati pe cadrul izolatorului (1)
 - 5.b - magnetii interiori, fixati pe partea mobila a izolatorului (3)
- Sagetile indica directia de magnetizare.

Figura 7.c: reprezinta o alta modalitate de asezare a magnetilor care constituie arcul negativ, vazuta de sus, in sectiune.

Notatiile reprezinta:

- 1 - cadrul izolatorului, fix
 - 2 - doua coloane de ghidaj, fixate de cadru (1)
 - 3 - partea mobila a izolatorului, care gliseaza vertical pe coloanele de ghidaj (2)
 - 5 - arcul negativ, se constituie din:
 - 5.a - magnetii exteriori, fixati pe cadrul izolatorului (1)
 - 5.b - magnetul interior, fixat pe partea mobila a izolatorului (3)
- Sagetile indica directia de magnetizare.

Figura 7.d: reprezinta o alta modalitate de asezare a magnetilor care constituie arcul negativ, vazuta de sus, in sectiune. Se folosesc magneti in forma de segment de inel (5). Se pot folosi si magneti in forma de inel, polarizati radial, dar acestia sunt, de obicei, de slaba calitate.

Notatiile reprezinta:

- 1 - cadrul izolatorului, fix
 - 2 - coloana de ghidaj, fixata de cadru (1)
 - 3 - partea mobila a izolatorului, care aluneca vertical pe coloana de ghidaj (2)
 - 5 - arcul negativ, se constituie din:
 - 5.a - magnetii exteriori, fixati pe cadrul izolatorului (1)
 - 5.b - magnetii interiori, fixati pe partea mobila a izolatorului (3)
- Sagetile indica directia de magnetizare.

Dam in continuare un alt exemplu de realizare a inventiei in legatura cu figura 8. Asezarea magnetilor (5) este aceeaasi ca in primul exemplu, insa lipseste elementul de ghidaj vertical. In acest mod de realizare a inventiei, sistemul poate fi folosit la amortizarea vibratiilor in toate cele trei directii. Pe langa amortizarea vibratiilor pe directia perpendiculara pe planul magnetilor, in acest mod, cu o geometrie convenabil aleasa a magnetilor, sistemul se comporta si pe directiile X si Y ca un izolator de vibratii cu frecventa naturala joasa, realizat cu un arc pozitiv

Ru

asezat in paralel cu un arc negativ, ambele arcuri fiind magnetice. Astfel, la deplasarea partii mobile (3) pe directia X , perechile de magneti care au directia de magnetizare paralela cu aceasta directie vor actiona ca un arc pozitiv, in timp ce perechile de magneti care au directia de magnetizare perpendiculara pe aceasta directie vor actiona ca un arc negativ. Similar, la deplasarea partii mobile (3) pe directia Y , perechile de magneti care au directia de magnetizare paralela cu aceasta directie vor actiona ca un arc pozitiv, in timp ce perechile de magneti care au directia de magnetizare perpendiculara pe aceasta directie vor actiona ca un arc negativ. Cum orice deplasare in planul XY poate fi descompusa intr-o deplasare pe directia X si una pe directia Y , sistemul poate fi folosit la amortizarea vibratiilor in orice directie in planul XY .

Notatiile reprezinta:

1 - cadrul izolatorului, fix

3 - partea mobila a izolatorului (2)

5 - arcul negativ, se constituie din:

- 5.a - magnetii exteriori, fixati pe cadrul izolatorului (1)

- 5.b - magnetii interiori, fixati pe partea mobila a izolatorului (3)

Sagetile indica directia de magnetizare.

Pentru o mai buna intelegere a comportamentului unui arc magnetic negativ realizat conform inventiei s-au facut o serie de simulari pe o pereche de magneti cuboizi folosind un program de analiza prin metoda elementului finit.

In cele urmeaza, laturile magnetilor vor fi numite conform cu figura 9.a.

- L – lungimea, corespunde directiei de magnetizare

- l – latimea

- h – inaltimea

Magnetii au fost pozitionati conform figurii 9.b, unde:

- M – directia de magnetizare

- d – distanta dintre magneti

- D – directia pe care se deplaseaza magnetii unul fata de celalalt

Unul dintre magneti a fost lasat intr-o pozitie fixa, iar celalalt a fost deplasat in mod discret in sus si in jos de-a lungul directiei D , calculand forta magnetica pe directia D in fiecare pozitie, ceea ce a permis trasarea curbei $F(D)$, care reprezinta rigiditatea negativa (K_n) a arcului magnetic.

Curba $F(D)$, adimensionala, pentru doi magneti avand aceeasi geometrie, este prezentata in figura 10. Curba trece prin origine, respectiv prin punctul unde $D = 0$, respectiv $F(D) = 0$, care corespunde pozitiei cu magnetii aliniati.

S-a trecut apoi la varierea diferitelor parametri geometri pentru a se vedea ce influenta are aceasta asupra curbei $F(D)$. Magnetii considerati au fost magnetii de neodim (NdFeB) avand o magnetizare de 1000 kA/m, o magnetizare obisnuita pentru acest tip de magneti.

In primul caz s-a ales pentru cei doi magneti latimea (l) de 2 cm, inaltimea (h) de 3 cm, distanta dintre ei (d) de 5 mm si s-a variat lungimea lor de la 1 cm la 4 cm din cm in cm. Rezultatele pot fi vazute in figura 11. Se poate observa ca lungimea magnetilor (L) are o influenta semnificativa atunci cand aceasta este mai mica sau comparabila cu celelalte dimensiuni. Pe masura ce lungimea (L) creste, influenta ei devine tot mai redusa.

S-a studiat apoi influenta latimii magnetilor (l) asupra curbei $F(D)$. S-au ales $L = 2$ cm, $h = 3$ cm si $d = 5$ mm, iar l a luat valori de la 2 cm la 8 cm din 2 in 2 cm. Rezultatele sunt prezentate in figura 12. Se poate observa ca magnitudinea curbei $F(D)$ este direct proportionala cu latimea magnetilor (l). Simulari ulterioare au aratat ca, in cazul in care magnetii au latimi diferite, sau sunt deplasati unul fata de celalalt de-alungul latimii, magnitudinea curbei $F(D)$ este direct proportionala cu zona de suprapunere a latimii celor doi magneti.

S-au fixat apoi dimensiunile magnetilor dupa cum urmeaza: $L = 2$ cm, $l = 3$ cm, $h = 3$ cm si s-a variat distanta dintre ei (d) de la 3 mm la 6 mm din mm in mm. Figura 13 prezinta rezultatele acestor simulari.

In simularile urmatoare s-a studiat influenta raportului inaltimilor celor doi magneti (h_1/h_2) asupra curbei $F(D)$. S-au ales pentru ambii magneti $L = 2$ cm, $l = 3$ cm si distanta dintre ei, $d = 5$ mm. Inaltimea celui de-al doilea magnet (h_2) a fost fixata la 3 cm si s-a variat inaltimea primului magnet (h_1) de la 1,5 cm la 3 cm din 5 in 5 mm. Rezultatele sunt prezentate in figura 14.

Se poate observa ca variind raportul dintre inaltimile magnetilor (h_1/h_2) se poate varia nu numai valorile fortei pentru diferite distante (D), dar si forma curbei $F(D)$. Se poate chiar ca prin modificarea raportului dintre inaltimile magnetilor (h_1/h_2) sa se schimbe directia curburii $F(D)$, in jurul pozitiei de echilibru.

IZOLATOR DE VIBRATII CU FRECVENTA NATURALA JOASA

Revendicari

1. Izolator de vibratii cu frecventa naturala joasa, conform inventiei, caracterizat prin aceea ca are o parte fixa, numita cadrul izolatorului (1), o parte mobila (3), pe care se sprijina masa (6) ce urmeaza a fi izolata de vibratii si un arc standard prin care partea mobila (3) este sustinuta pe cadru (1), pus in paralel cu un arc negativ magnetic (5), al carui scop este reduca rigiditatea totala a izolatorului, ceea ce duce la scaderea frecventei naturale a acestuia.
2. Izolator de vibratii cu frecventa naturala joasa, conform revendicarii 1, caracterizat prin aceea ca arcul negativ magnetic (5) este realizat cu ajutorul a cel puțin doi magneti dintre care cel puțin unul, numit magnet exterior (5.a), este prins de cadrul izolatorului (1) si cel puțin unul, numit magnet interior (5.b) este prins de partea mobila a izolatorului (3), magnetii fiind asezati astfel incat, in pozitia de echilibru, sa aiba axele magnetice aliniata si aflate intr-un plan perpendicular pe directia de deplasare a partii mobile (3), magnetii exteriori (5.a) fiind asezati fata in fata cu magnetii interiori (5.b), cu polii de acelasi semn apropiati.
3. Izolator de vibratii cu frecventa naturala joasa, conform revendicarii 1, caracterizat prin aceea ca forma si magnitudinea curbei $F(D)$, respectiv a rigiditatii arcului negativ magnetic (5), poate fi controlata prin geometria magnetilor, respectiv, prin alegerea in mod convenabil a formei si dimensiunilor acestora.
4. Izolator de vibratii cu frecventa naturala joasa, conform revendicarii 1, caracterizat prin aceea ca se poate alege aceeasi geometrie pentru toti magnetii exteriori (5.a), respectiv, pentru toti magnetii interiori (5.a) sau se pot alege geometrii diferite pentru fiecare pereche de magneti aflati in opozitie, rigiditatea negativa finala $F(D)$ fiind data de suma rigiditatilor neegative ale fiecarei perechi de magneti aflati in opozitie.
5. Izolator de vibratii cu frecventa naturala joasa, conform revendicarii 1, caracterizat prin aceea ca intreaga curba $F(D)$ a rigiditatii negative a arcului negativ magnetic (5) poate fi scalata scaland in mod proportional geometria intregului arc magnetic (5).
6. Izolator de vibratii cu frecventa naturala joasa, conform revendicarii 1, caracterizat prin aceea ca poate fi folosit, in functie de design, la izolarea vibratiilor pe o sigura directie sau pe toate cele trei directii.

IZOLATOR DE VIBRATII CU FRECVENTA NATURALA JOASA

Desene

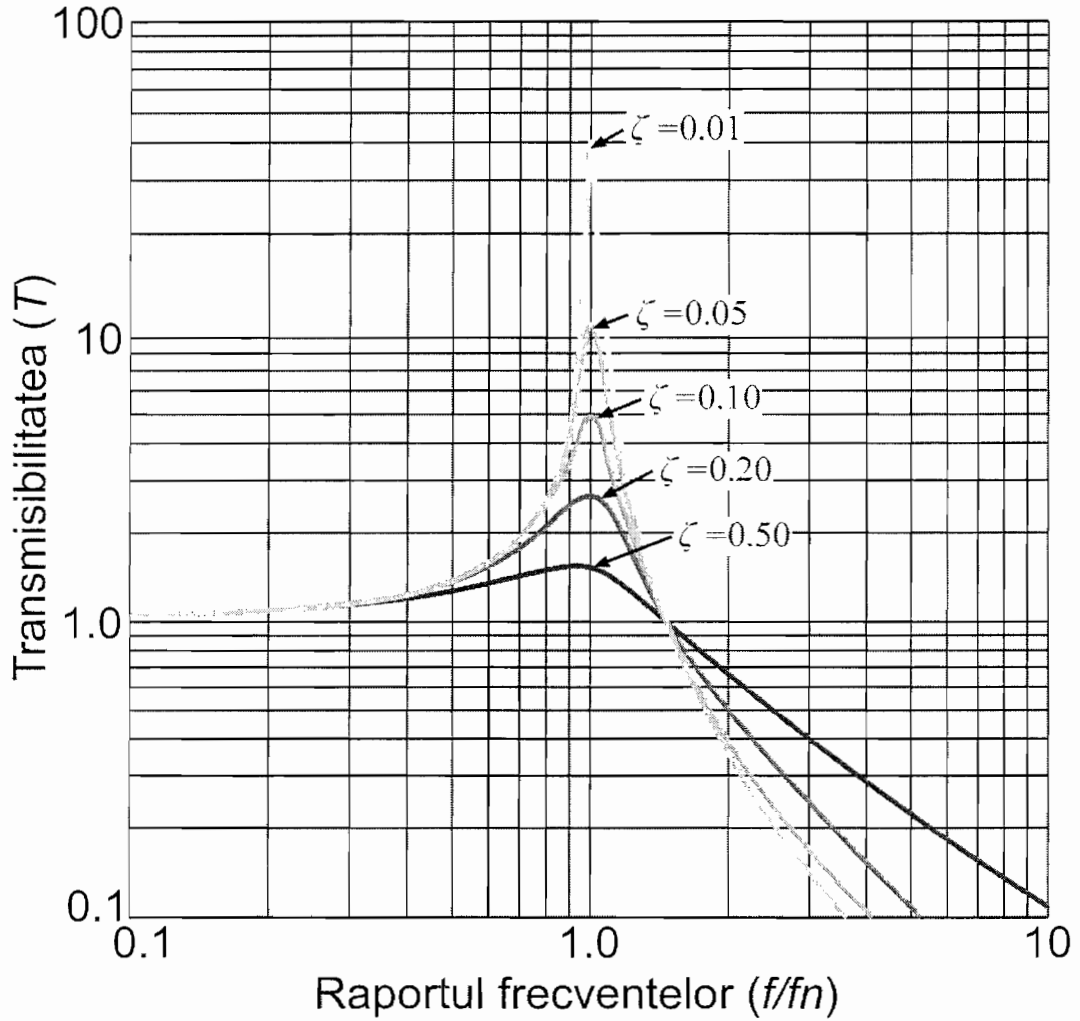


Figura 1. Transmisibilitatea unui sistem arc-masa pentru diferite valori ale raportului de amortizare (ζ)

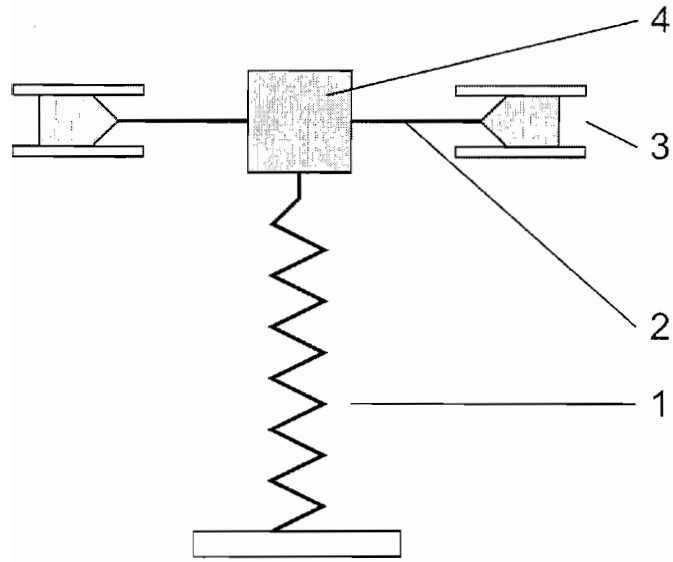


Figura 2

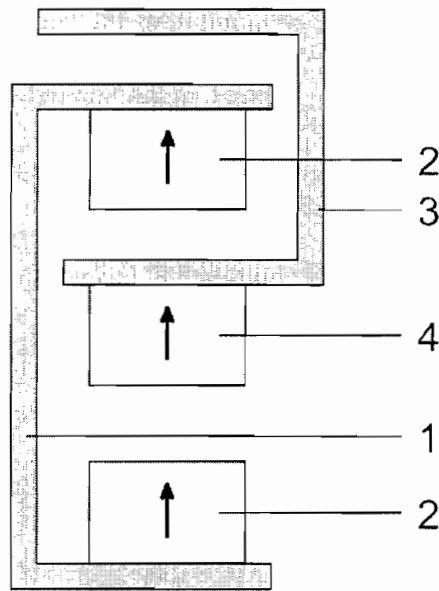


Figura 3

[Faint handwritten signature]

3

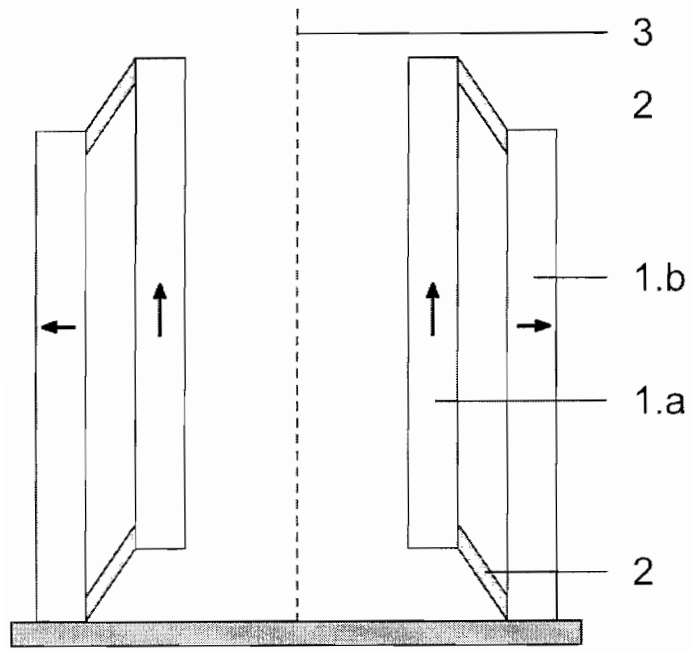


Figura 4

[Faint handwritten signature]
Ri

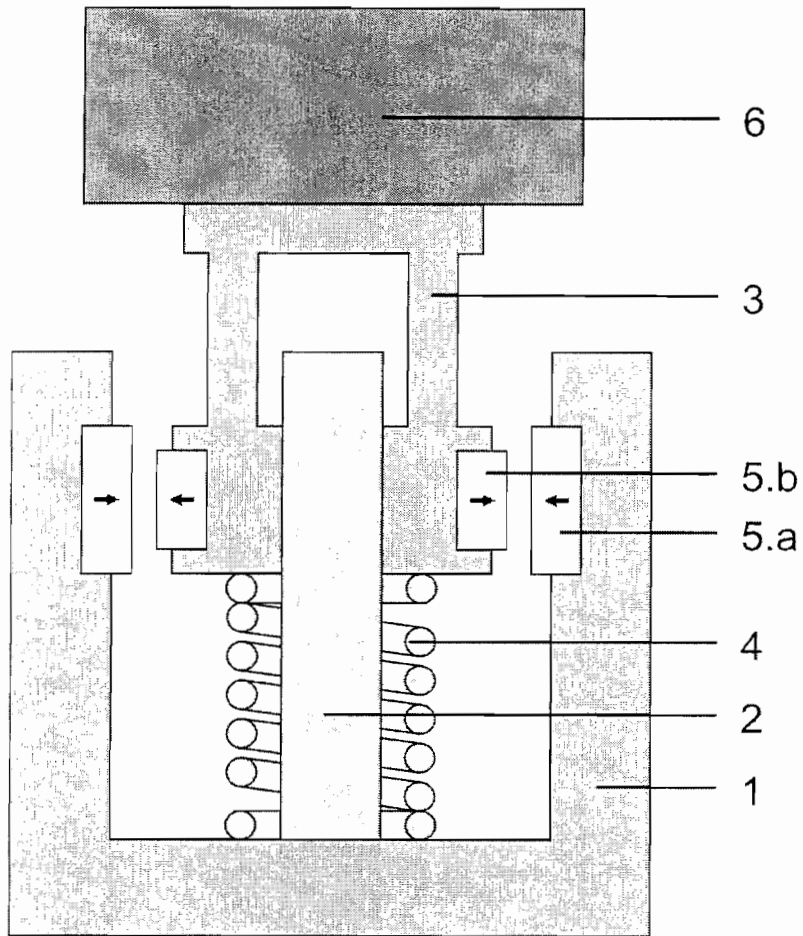


Figura 5

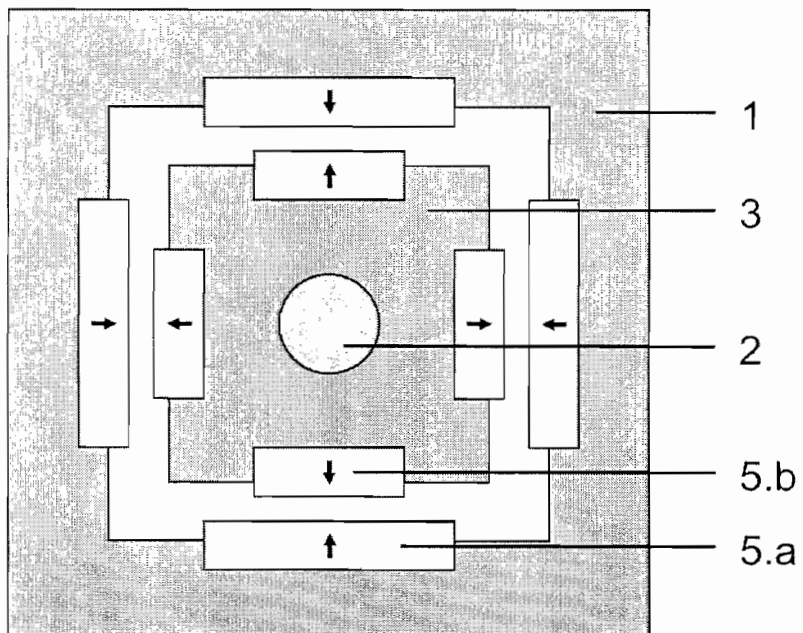


Figura 6

Handwritten signature or mark.

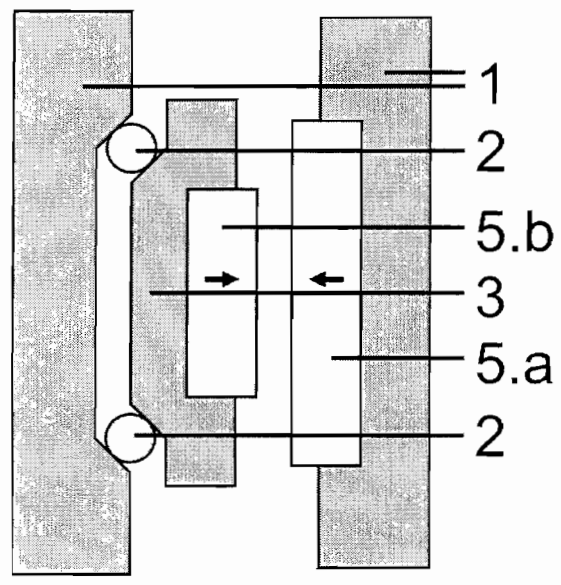


Figura 7.a

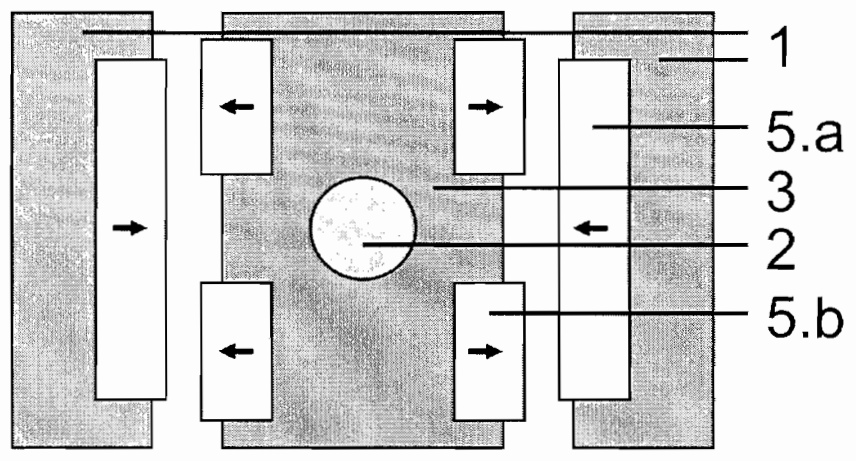


Figura 7.b

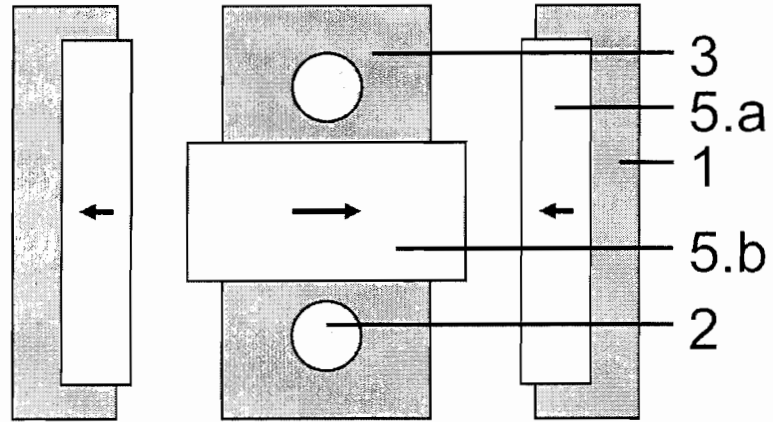


Figura 7.c

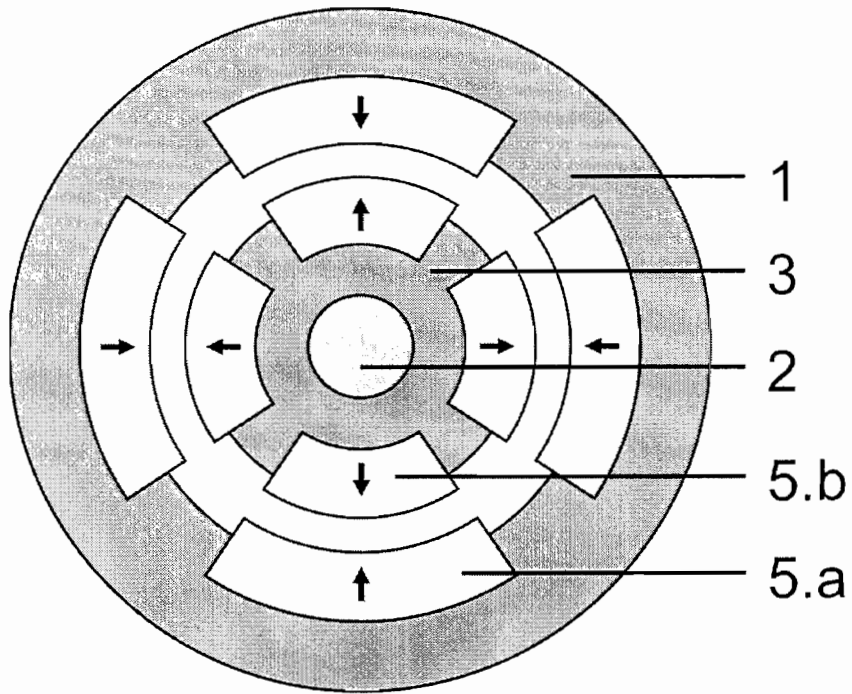


Figura 7.d

plu

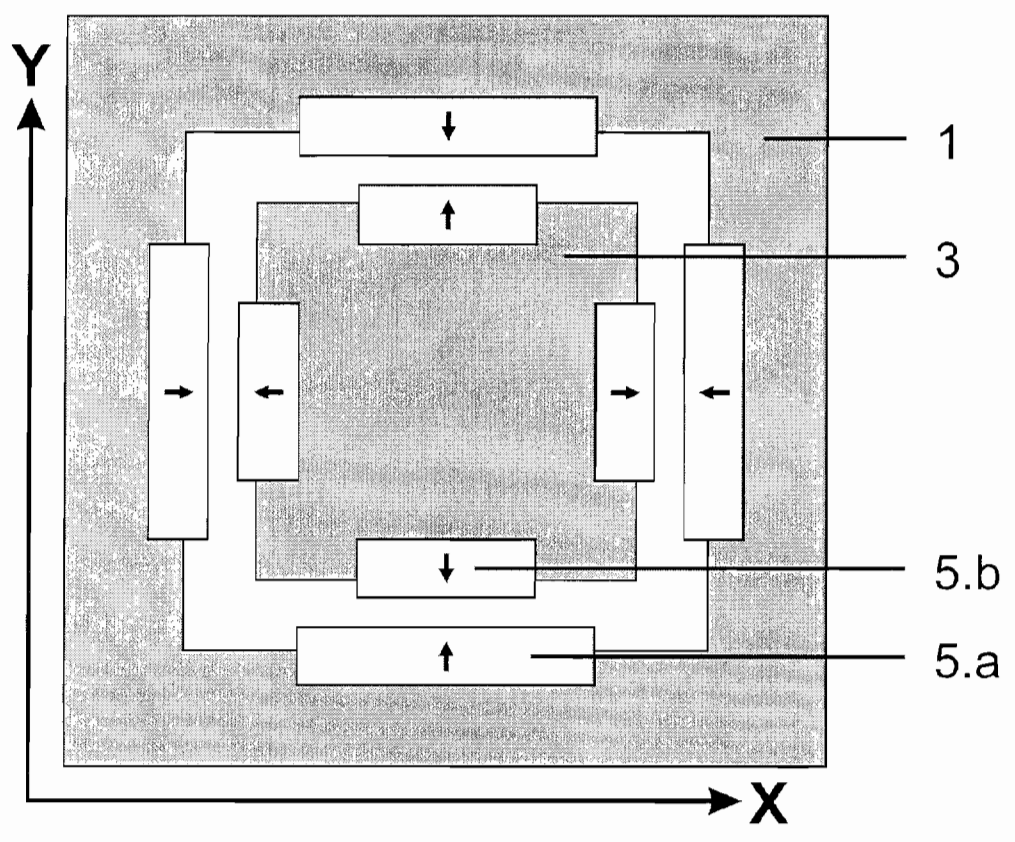


Figura 8

[Handwritten signature]
Rli

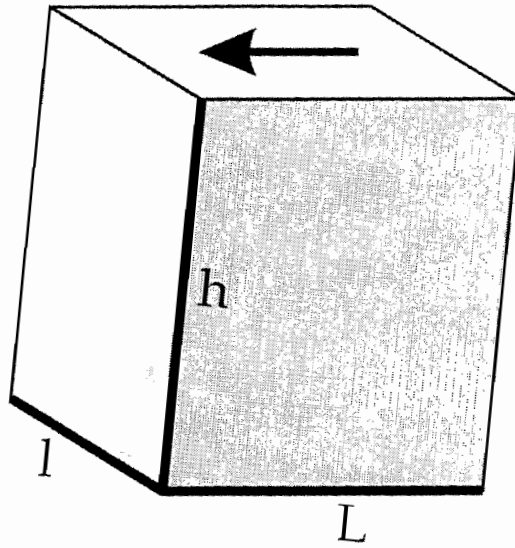


Figura 9.a

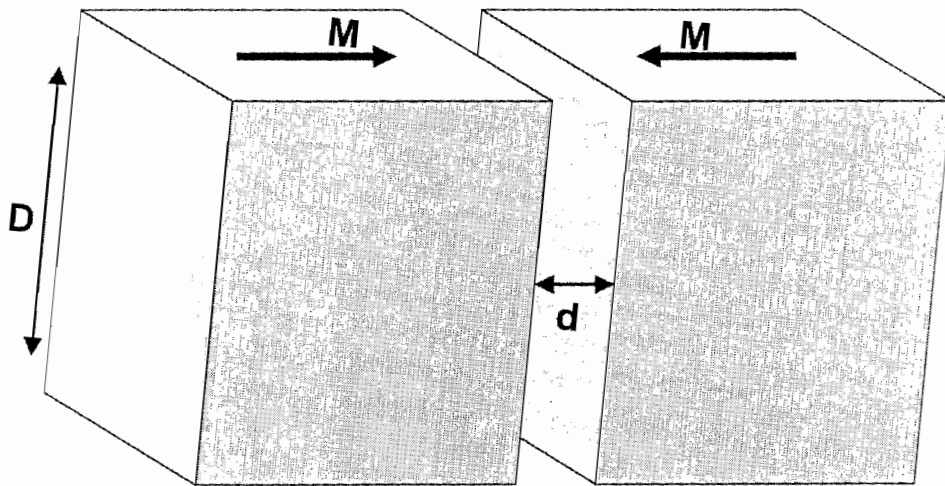


Figura 9.b

Ru

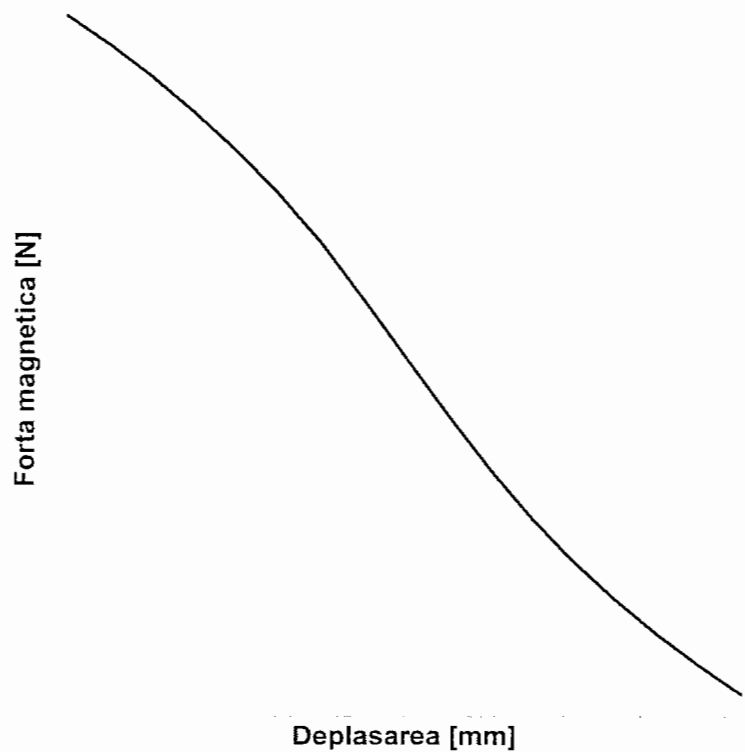


Figura 10

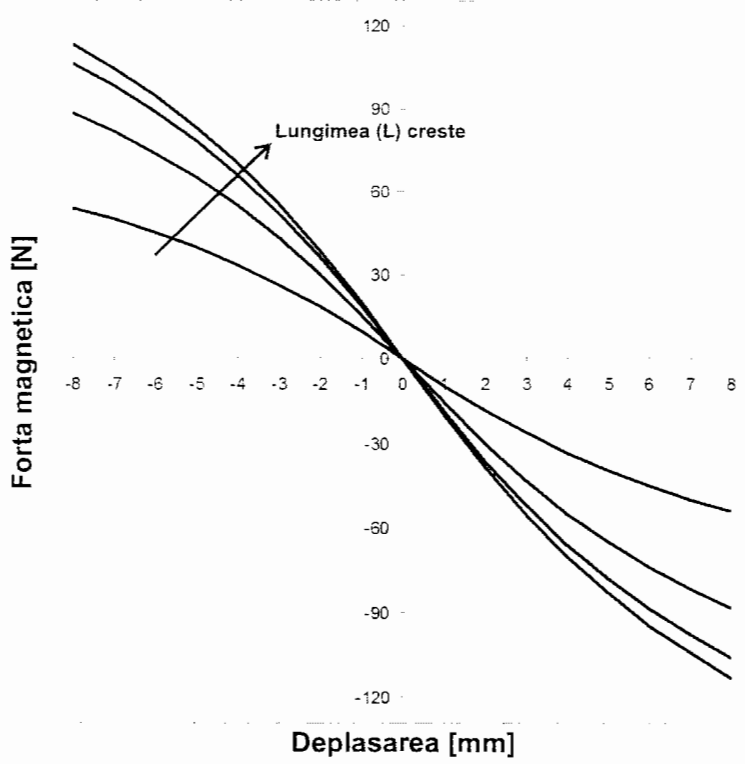


Figura 11

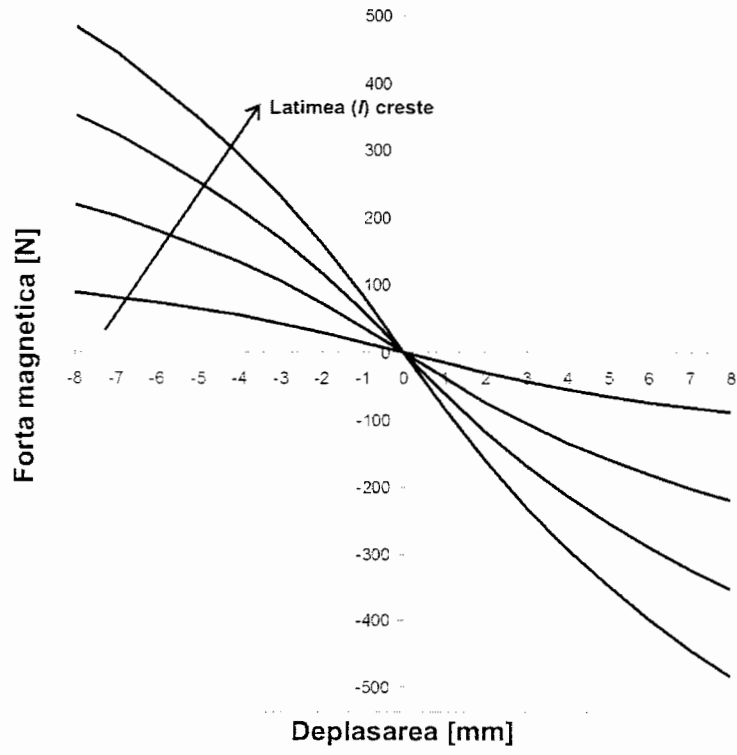


Figura 12

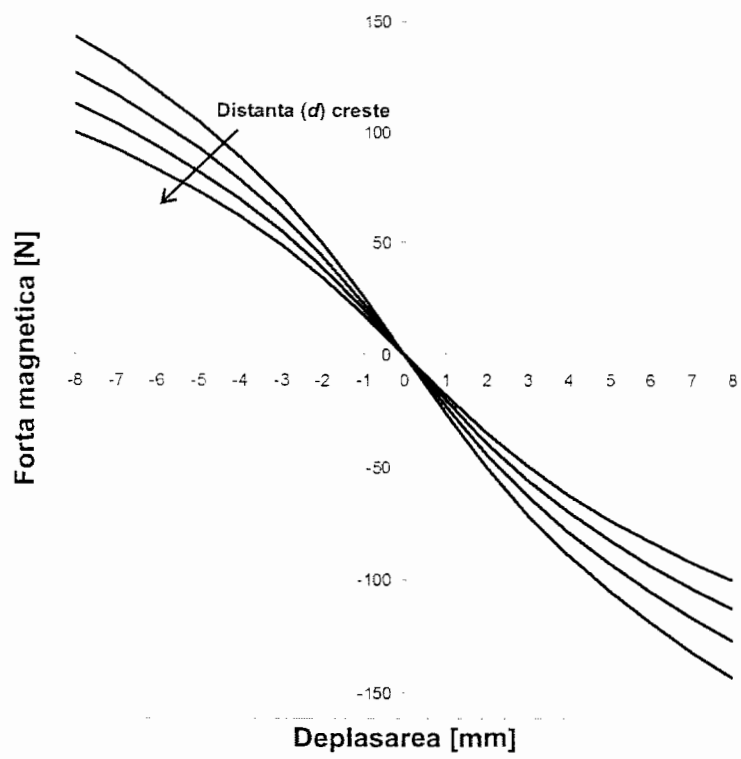


Figura 13

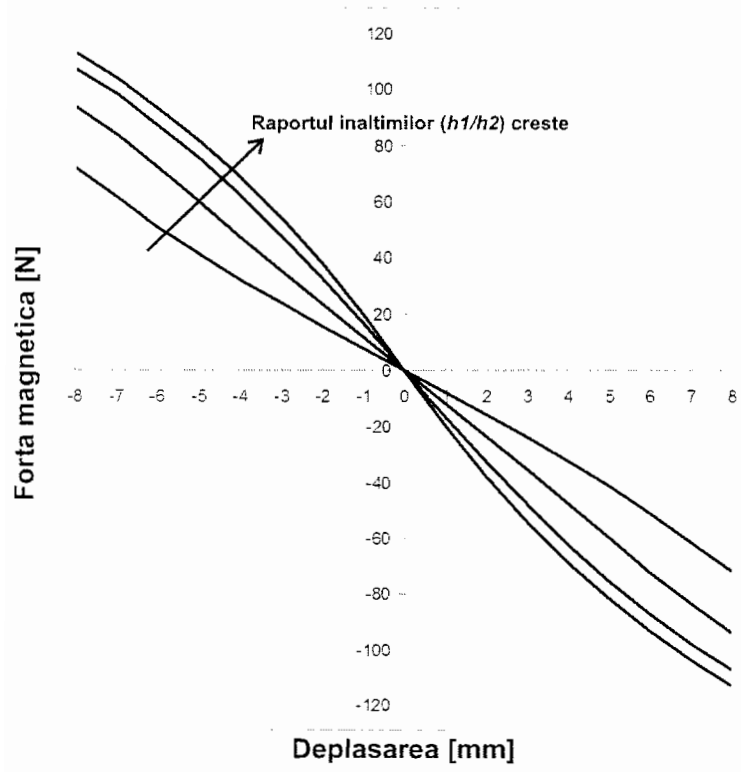


Figura 14

Handwritten signature or initials.