



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2016 00713**

(22) Data de depozit: **07/10/2016**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30/01/2023** BOPI nr. **1/2023**

(41) Data publicării cererii:
30/03/2017 BOPI nr. **3/2017**

(73) Titular:

- **INSTITUTUL NAȚIONAL DE CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU INGINERIE ELECTRICĂ ICPE-CA, SPLAIUL UNIRII NR.313, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO;**
- **UNIVERSITATEA POLITEHNICA DIN TIMIȘOARA, PIAȚA VICTORIEI NR.2, TIMIȘOARA, TM, RO**

(72) Inventatori:

- **PÎSLARU-DĂNESCU LUCIAN, STR. STÎNJENEILOR NR. 19, BL. 6A, SC. 1, AP. 4, SINAIA, PH, RO;**
- **POPA MARIUS, BD. NICOLAE GRIGORESCU NR. 18, BL. B3BIS, SC. 2, ET. 10., AP. 97, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO;**
- **ILIE CRISTINEL-IOAN, DRUMUL BELȘUGULUI NR. 70E, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;**
- **CHIIAIA RAREȘ-ANDREI, BD. IULIU MANIU NR. 190, BL. C1, SC. 3, ET. 4, AP. 92, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;**
- **BĂBUȚANU CORINA-ALICE, ȘOS. PANTELIMON NR. 312, BL. 6, SC. B, ET. 10, AP. 79, SECTOR 2, BUCUREȘTI, B, RO;**
- **NICOLAIE SERGIU, STR. PAȘCANI NR. 7, BL. D8, SC. D, AP. 38, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;**

- **BUNEA FLORENTINA, STR. VASILE VASILIEVICI STROESCU NR. 46, AP. 2, SECTOR 2, BUCUREȘTI, B, RO;**
- **STOIAN FLORIANA DANIELA, STR. NICOLAE ILIEȘU NR.14/A, SC.A, ET.3, AP.13, TIMIȘOARA, TM, RO;**
- **HOLOTESCU SORIN, STR. SEVERIN NR. 8A, TIMIȘOARA, TM, RO;**
- **MARINICĂ OANA-MARIA, STR. TRANDAFIRILOR NR. 6, SAT GHIRODA, COMUNA GHIRODA, TM, RO;**
- **MOREGA ALEXANDRU-MIHAIL, STR. CRIȘANA NR. 20-22, ET. 6, AP. 37, SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO;**
- **MOREGA MIHAELA, STR. CRIȘANA NR. 20-22, ET. 6, AP. 37, SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO;**
- **DUMITRU JEAN-BOGDAN, STR. MIHAIL SADOVEANU NR. 37, SAT TUNARI, COMUNA TUNARI, IF, RO;**
- **POPA NICOLAE-CĂLIN, STR. 1 DECEMBRIE NR. 90B, ET.1, AP. 3, TIMIȘOARA, TM, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:

- US 2010/0079233 A1; MOREGA A., PÂSLARU-DĂNESCU L., ș.a., "FLOW PATTERNS IN THE MAGNETIC NANOFUID CORE OF A MINIATURE PLANAR SPIRAL TRANSFORMER", ENVIRONMENTAL ENGINEERING AND MANAGEMENT JOURNAL PP.1171-1177, 2013; US 2011/0241816 A1**

(54)

TRANSFORMATOR PLANAR CU NANOFUID MAGNETIC



RO 131757 B1

1 Invenția se referă la un transformator planar cu nanofluid magnetic, de joasă tensiune
și mică putere utilizat în circuite electronice ca transformator separator, în aplicații de tip
3 harvesting energy, convertoare DC/DC de tip Flayback și Forward.

5 Se cunosc soluții tehnice privind transformatoare planare cu circuit magnetic realizat
în totalitate din ferită cu profile de tip E, alte transformatoare planare cu bobine realizate prin
tehnologia LIGA și circuit magnetic realizat integral din ferită cu profile de tip E și I.

7 De exemplu, documentul **US 2010/0079233** face referire la un transformator planar
având o structură de sandwich constituit dintr-un miez din material feromagnetic format din
9 două jumătăți identice având formă de E, bobine primare și secundare formate pe plăci de
circuit imprimat dublu stratificat, intercalate între ele, bobine conectate între ele în serie sau
11 paralel și straturi izolatoare poziționate între plăcile cu bobine.

Dezavantajele soluțiilor cunoscute sunt următoarele:

13 - gabarit mărit comparativ la aceeași frecvență de lucru și cuplaj magnetic scăzut
datorită în special existenței liniilor de câmp de dispersie și a întrefierurilor constructive;

15 - limitarea domeniului de frecvență determinat de tipul de ferită și de capacitățile
parazite manifestate atât între spirele bobinelor planare cât și între bobinele primare și
17 secundare;

- randamentul global scăzut.

19 Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în creșterea performanțelor
specifice unui transformator planar.

21 Transformatorul planar cu nanofluid magnetic, conform invenției, înlătură dezavan-
tajele menționate mai sus prin aceea că cele două bobine planare primare și cele două
23 bobine planare secundare sunt identice ,având diametrul în intervalul 35-45 mm, fiind dis-
puse fiecare pe câte o placă din sticlo-textolit de grosime 1 mm placată pe ambele fețe cu
25 un strat de cupru de grosime 35 μm și realizate prin frezare cu un interstițiu în intervalul
0,2-0,5 mm; fiecare bobină planară primară este formată din două semibobine de câte 20 de
27 spire fiecare, înseriate între ele și dispuse față-verso, pe aceeași placă și identic se reali-
zează bobina planară secundară; bobinele primare, formate fiecare din câte 40 de spire se
29 înseriază între ele, între acestea se află bobinele secundare de asemenea înseriate între ele,
formate fiecare din câte 40 de spire și toate bobinele sunt izolate între ele prin trei izolații de
31 grosime 0,1 mm; ansamblul circuit magnetic tip format din două miezuri magnetice superior
și inferior din ferită identice suprapuse simetric și un miez lichid format dintr-un nanofluid
33 magnetic în care sunt imersate ansamblul de bobine și cele două miezuri magnetice; nano-
fluidul magnetic este obținut prin metoda co-precipitării reprezentând o suspensie coloidală
35 de nanoparticule de magnetita Fe_3O_4 acoperite cu un strat de surfactant acid oleic și disper-
sate în ulei de transformator, cu caracteristica magnetică ce necesită o magnetizație de
37 saturație între 500 Gs și 1000 Gs iar fracția volumică în intervalul 22-24%, valorile suscep-
tibilității magnetice inițiale $4,224\text{E}^{-3}$ emu/Oe, respectiv $7,680\text{E}^{-3}$ emu/Oe și stabilitate cinetică.

39 Avantajele invenției sunt următoarele:

41 - miniaturizarea prin forma constructivă a bobinelor planare precum și poziționarea
lor în cadrul ansamblului de bobine planare ce contribuie de asemenea la cuplajul magnetic
îmbunătățit cu până la 10%;

43 - utilizarea unui nanofluid magnetic specific, cu magnetizația de saturație ridicată,
între 500 Gs și 1000 Gs, ca miez lichid, parte a circuitului magnetic elimină toate întrefierurile
45 și liniile de câmp magnetic de dispersie, determină realizarea unui cuplaj magnetic îmbună-
tățit cu până la 10% și creșterea randamentului global cu până la 5%;

47 - utilizarea miezurilor magnetice din ferită suprapuse simetric în conjuncție cu nano-
fluidul magnetic specific pentru realizarea ansamblului circuit magnetic ce permite extinderea
49 domeniului de frecvență de până la 1000 Mhz.

RO 131757 B1

Avantajele utilizării nanofluidului magnetic, conform invenției ca parte a circuitului magnetic sunt:	1
- stabilitate termică a nanoparticulelor precum și a soluției coloidale în ansamblu este foarte importantă pentru proiectarea diferitelor dispozitive electromecanice care utilizează nanofluidul magnetic;	3
- de asemenea, se manifestă o foarte bună stabilitate în timp a soluției coloidale;	5
- nanofluidul magnetic face parte din categoria nanomaterialelor ce manifestă simultan proprietăți magnetice respectiv proprietățile unui fluid; în acord cu aceasta particularitate se folosește ca miez lichid.	7
Se dă în continuare un exemplu de realizare a invenției în legătură cu fig. 1...9 care reprezintă:	9
- fig. 1, secțiune prin transformator planar cu nanofluid magnetic;	11
- fig. 2, secțiune prin ansamblul carcasă;	13
- fig. 3, dispunerea bobinelor planare în miezurile magnetice din ferită;	15
- fig. 4, curbele de primă magnetizare pentru probele MF1000 respectiv MF500 corespunzătoare magnetizațiilor de saturație la 1000 Gs respectiv 500 Gs;	17
- fig. 5, curbele de vâscozitate pentru probele MF1000 și MF500 la temperaturile $t = 25, 35, 45, 55, 65^{\circ}\text{C}$ și pentru diferite valori ale inducției câmpului magnetic;	19
- fig. 6, variația conductivității termice efective cu temperatura, pentru probele MF 1000 și MF 500;	19
- fig. 7, spectrul liniilor de câmp magnetic în cazul alimentării transformatorului planar pe la cele două bobine primare;	21
- fig. 8, capturi osciloscop ale formelor de undă pentru tensiunea primară de excitație 2 și pentru tensiunea din secundarul transformatorului 1, pentru frecvența 500,3 kHz;	23
- fig. 9, vedere explodată a transformatorului planar.	25
Transformatorul planar cu nanofluid magnetic de joasă tensiune și putere mică, conform invenției, utilizează nanofluid magnetic și ferită ca circuit magnetic și este alcătuit dintr-un ansamblu de bobine planare, un ansamblu circuit magnetic și un ansamblu carcasă.	27
Ansamblul de bobine planare este format din patru bobine planare, respectiv două bobine planare primare 1a identice și două bobine planare secundare 1b , identice, dispuse fiecare pe câte o placă din sticlo-textolit de grosime 1 mm și diametru în intervalul 35-45 mm, placate pe ambele fețe cu un strat de cupru de grosime 35 μm și realizate prin frezare cu un interstițiu în intervalul 0,2-0,5 mm dimensionat în funcție de curentul vehiculat prin bobinele planare.	29
Fiecare bobină planară primară 1a este formată din două semibobine inseriate, dispuse față-verso, pe aceeași placă. Cele două semibobine au fiecare câte 20 de spire realizate prin frezare pe placă. Apoi cele două semibobine se înscriază între ele rezultând o bobină primară 1a .	31
Fiecare bobină planară secundară 1b este formată din două semibobine inseriate, dispuse față-verso, pe aceeași placă. Cele două semibobine au fiecare câte 20 de spire realizate prin frezare pe placă. Apoi cele două semibobine se înscriază între ele rezultând o bobină secundară 1b .	37
Bobinele primare 1a , formate fiecare din câte 40 de spire se înscriază între ele conform fig.1. Între acestea se află bobinele secundare inseriate între ele, formate de asemenea fiecare din câte 40 de spire. Toate bobinele sunt izolate între ele prin trei izolații 2 din hostaphan (polietilen tereftalat), de grosimea 0,1 mm.	43
	45

RO 131757 B1

1 Ansamblul de bobine planare se fixează față de cele două miezuri magnetice superior
2 **4a** și inferior **4b** prin intermediul a doi distanțieri **3a** și **3b** realizați din sticlotehtolit.

3 Ansamblul circuit magnetic, este alcătuit din:

4 - două miezuri magnetice superior **4a** și inferior **4b**, de tip oală 3F3, identice, din
5 ferită, suprapuse simetric conform fig. 1 și fig. 9;

6 - un miez lichid format dintr-un nanofluid magnetic **5**, în care sunt imersate ansamblul
7 de bobine și cele două miezuri magnetice **4a** și **4b**, plasate în ansamblul carcasă. Rolul
8 nanofluidului magnetic **5**, este de a elimina toate întrefierurile și implicit liniile de câmp mag-
9 netic de dispersie (fig. 7). Acest nanofluid magnetic **5**, este obținut prin metoda co-precipitării,
10 reprezentând o suspensie coloidală de nanoparticule de magnetită (Fe_3O_4), acoperite cu un
11 strat de surfactant acid oleic și dispersate în ulei de transformator. Pentru a fi utilizat ca miez
12 lichid de transformator, nanofluidul magnetic **5**, necesită stabilitate coloidală, caracteristici
13 adaptate condițiilor de funcționare și compatibilitate funcțională cu materialele electrotehnice
14 cu care se află în contact. Caracteristica magnetică este cea mai importantă pentru aceasta
15 utilizare necesitând o magnetizație de saturație ridicată, între 500 Gs și 1000 Gs. Frația
16 volumică (raportul dintre volumul nanoparticulelor de magnetită și volumul întregului nano-
17 fluid magnetic) s-a obținut în intervalul 22-24%, determinind magnetizația de saturație între
18 valorile 500 Gs și 1000 Gs. În urma caracterizării magnetice (conform fig.4), magneto-reo-
19 logice (conform fig.5) și termice (conform fig.6) a nanofluidelor magnetice, conform invenției,
20 la 500 Gs și la 1000 Gs, au rezultat următoarele:

21 - din curbele de magnetizație (conform fig.4) se obțin valorile susceptivității magnetice
22 inițiale $4,224E^{-3}$ emu/Oe, respectiv $7,680E^{-3}$ emu/Oe;

23 - din determinările experimentale magneto-reologice (conform fig.5) a rezultat că
24 nanofluidurile magnetice cu 500 G și 1000 G se comportă cvasi-Newtonian (vâscozitatea este
25 independentă de viteza de forfecare aplicată). Aceasta demonstrează stabilitatea cinetică
26 deosebită a probelor. De asemenea, pe intervalul testat respectiv între 25°C și 65°C, vâscozi-
27 tatea scade cu creșterea temperaturii;

28 - din determinările experimentale magneto-reologice (conform fig.5) se observă o
29 creștere a vâscozității în prezența câmpului magnetic extern, deci particulele încep să
30 formeze mici aglomerate, efectul saturându-se la valorile mari ale inducției B;

31 - din determinările experimentale ale conductivității termice (conform fig.6) efective
32 a nanofluidelor magnetice, conform invenției, realizate pentru intervalul de temperatură
33 25°C-65°C, a rezultat că valorile conductivității termice sunt cvasi-constante cu creșterea
34 temperaturii (variația pe intervalul analizat situându-se sub 2%, pentru ambele nanofluiduri
35 magnetice), în timp ce dublarea magnetizației de saturație conduce la o creștere cu 65% a
36 conductivității termice efective.

37 Ansamblul carcasă în care sunt imersate în nanofluidul magnetic atât ansamblul
38 bobine cât și ansamblul circuit magnetic, se compune din cuva **6**, realizată din aliaj
39 duraluminiu 7075-T6, capacul **7**, din aliaj duraluminiu 7075-T6, garnitura **8** cu rol de etanșare
40 și un șurub central **9** din alamă CuZn 37, care fixează ansamblul circuit magnetic și
41 ansamblul bobine planare, de cuva **6**. Capacul **7** conține: o plăcuță cu borne **10**, un sistem
42 de alimentare cu nanofluid magnetic **11**, alcătuit dintr-un ștuț de alimentare **12**, un capac ștuț
43 **13**, o garnitură ștuț **14** și patru șuruburi de fixare **15**.

44 Transformatorul planar mai conține patru șuruburi **16** cu rol de fixare în cadrul
45 aplicațiilor specifice în care se utilizează.

RO 131757 B1

Miniaturizarea constructivă a transformatorului planar conform invenției se realizează prin:	1
- forma constructivă a bobinelor planare, 1a și 1b , realizate prin frezare cu un interstițiu în intervalul 0,2-0,5 mm pe plăcile de sticlotextolit placate pe ambele fețe cu un strat de cupru de grosime 35 μm precum și poziționarea lor în cadrul ansamblului de bobine planare, determină un cuplaj magnetic îmbunătățit cu până la 10% (fig. 7);	3 5
- utilizarea miezurilor magnetice din ferită tip 3F3, 4a și 4b , suprapuse simetric în conjuncție cu nanofluidul magnetic specific 5 , pentru realizarea ansamblului circuit magnetic.	7
Utilizarea nanofluidului magnetic specific 5 , ca miez lichid, parte a circuitului magnetic, conform invenției aduce beneficii în funcționarea transformatorului prin eliminarea tuturor întrefierurilor (inevitabile în cadrul construcțiilor clasice ale transformatoarelor) și implicit a liniilor de câmp magnetic de dispersie. De asemenea, contribuie la realizarea unui cuplaj magnetic îmbunătățit cu până la 10% (fig. 7) având consecințe în creșterea randamentului global cu până la 5%. Realizarea formei constructive, precum și caracteristicile transformatorului, conform invenției, conduc la posibilitatea folosirii în aplicații ale convertoarelor DC/DC cu utilizare în domeniul Harvesting Energy, în domeniul extins de frecvență 500-1000 Mhz (fig. 8).	9 11 13 15 17
Alte aplicații ale nanofluidului magnetic, conform invenției:	
- utilizarea nanofluidului magnetic pentru aplicații de etanșare, etanșări rotitoare fără scăpări și uzură foarte redusă pentru vid înaintat;	19
- utilizarea nanofluidului magnetic în cazul lagărelor active, lagăre silențioase;	21
- sisteme specifice de micro-pompare, utilizând nanofluid magnetice;	
- amortizoare pasive și semiactive;	23
- traductoare și senzori pentru mărimi aerodinamice accelerație/înclinare;	
- traductoare și senzori pentru mărimi neelectrice cum sunt debitul și presiunea;	25
- agent de răcire cu coeficient de transfer termic controlat magnetic pentru aplicații speciale, cum sunt transformatoare și treceri izolate;	27
- nanopolimeri magnetizabili pentru componente din domeniul aeronauticii;	
- dispozitive electroacustice;	29
- sisteme de poziționare cu utilizarea nanofluidelor magnetice.	31
Referinte bibliografice:	
1. E. Blums, A. Cebers, M.M. Maiorov, Magnetic Fluids, Publisher Walter der Guyter, Berlin New York, 1997.	33
2. L. Vekas, Doina Bica and Mikhail V. Avdeev, Magnetic nanoparticles and concentrated magnetic nanofluids: Synthesis, properties and some applications, China Particuology, 5,43-49, 2007.	35 37
3. Doina Bica, Preparation of magnetic fluids for various applications, Romanian Reports in Physics, 47 (3-5), 265-272,1995.	39
4. Daniela Susan-Resiga, V Socoliuc, T Boros, Tunde Borbath, Oana Marinica, Adelina Han, L Vekas, The influence of particle clustering on the rheological properties of highly concentrated magnetic nanofluids, Journal of colloid and interface science, 373 (1), 110-115, 2012.	41 43

RO 131757 B1

Revendicări

1

3 1. Transformator planar cu nanofluid magnetic, alcătuit din ansamblul de bobine
planare, format din bobine planare, primare (**1a**) și secundare (**1b**), care se fixează prin
5 intermediul a doi distanțieri (**3a, 3b**) realizați din sticlotextolit, ansamblul carcasă se compune
din cuva (**6**), realizată din aliaj duraluminiu, capacul (**7**), din aliaj duraluminiu, garnitura (**8**)
7 cu rol de etanșare și un șurub central (**9**) din alamă, care fixează ansamblul circuit magnetic
și ansamblul bobine planare de cuva (**6**), capacul (**7**) conține o plăcuță cu borne (**10**), un
9 sistem de alimentare cu nanofluid magnetic (**11**), alcătuit dintr-un ștuț de alimentare (**12**), un
capac ștuț (**13**), o garnitură ștuț (**14**) și patru șuruburi de fixare (**15**) iar pentru amplasare
11 patru șuruburi (**16**), **caracterizat prin aceea că**, cele două bobine planare primare (**1a**) și
cele două bobine planare secundare (**1b**) sunt identice, dispuse fiecare pe câte o placă din
13 sticlo-textolit de grosime 1 mm și diametru în intervalul 35-45 mm, placată pe ambele fețe
cu un strat de cupru de grosime 35 μm realizate prin frezare cu un interstițiu în intervalul
15 0,2-0,5 mm, fiecare bobină planară primară (**1a**) este formată din două semibobine de câte
20 de spire fiecare, înseriate, dispuse față-verso, pe aceeași placă, cele două semibobine
17 au fiecare câte 20 de spire și identic se realizează bobina secundară (**1b**); bobinele primare
(**1a**), formate fiecare din câte 40 de spire se înseriază între ele, între acestea se află bobinele
19 secundare de asemenea înseriate între ele, formate fiecare din câte 40 de spire și toate
bobinele sunt izolate între ele prin trei izolații (**2**), de grosime 0,1 mm, iar ansamblul circuit
21 magnetic este format din două miezuri magnetice superior (**4a**) și inferior (**4b**) din ferită
identice suprapuse simetric și un miez lichid format dintr-un nanofluid magnetic (**5**) în care
23 sunt imersate ansamblul de bobine și cele două miezuri magnetice (**4a, 4b**).

25 2. Transformator planar cu nanofluid magnetic conform revendicării 1, **caracterizat**
prin aceea că, nanofluidul magnetic (**5**), este obținut prin metoda co-precipitării, repre-
zentând o suspensie coloidală de nanoparticule de magnetita Fe_3O_4 acoperite cu un strat de
27 surfactant acid oleic și dispersate în ulei de transformator, cu caracteristica magnetică ce
necesită o magnetizație de saturație între 500 Gs și 1000 Gs iar fracția volumică în intervalul
29 22-24%, valorile susceptivității magnetice inițiale $4,224E^{-3}$ emu/Oe, respectiv $7,680E^{-3}$
emu/Oe și stabilitate cinetică.

(51) Int.Cl.

H01F 5/02 (2006.01);
H01F 27/24 (2006.01);
H01F 27/28 (2006.01)

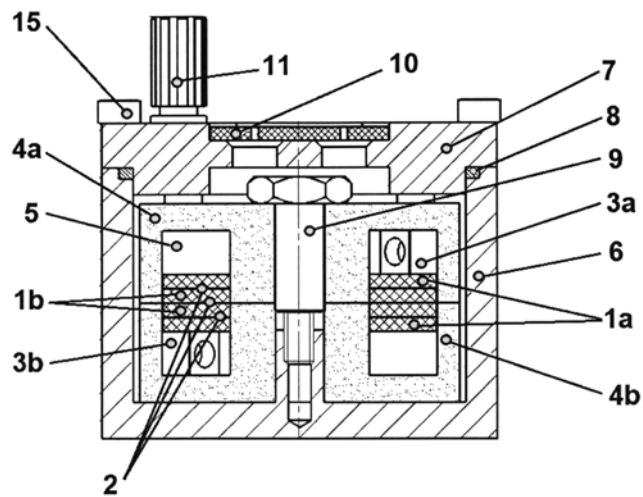


Fig. 1

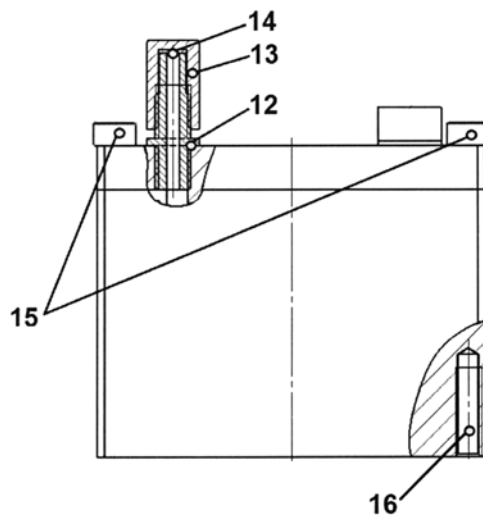


Fig. 2

(51) Int.Cl.

H01F 5/02 (2006.01),

H01F 27/24 (2006.01),

H01F 27/28 (2006.01)

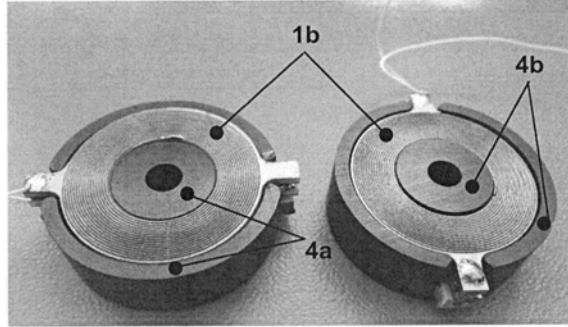


Fig. 3

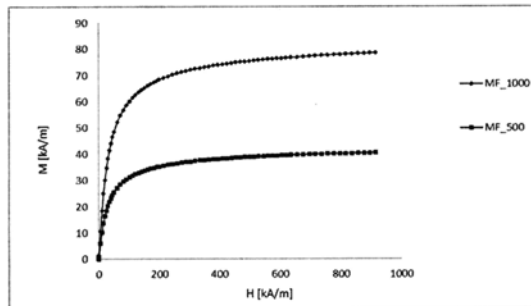


Fig. 4

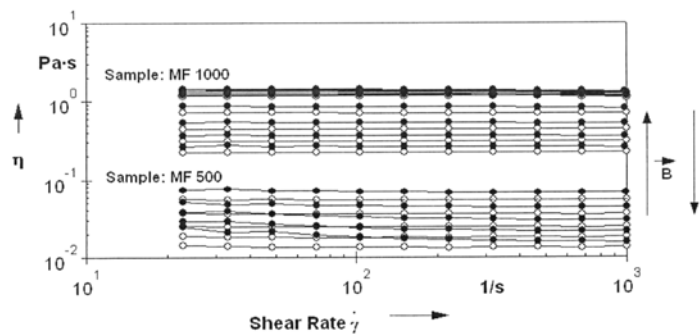


Fig. 5

(51) Int.Cl.

H01F 5/02 (2006.01);
H01F 27/24 (2006.01);
H01F 27/28 (2006.01)

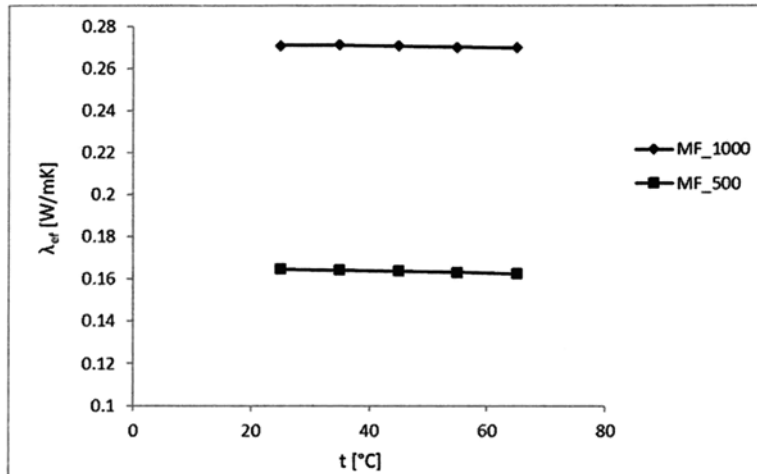


Fig. 6

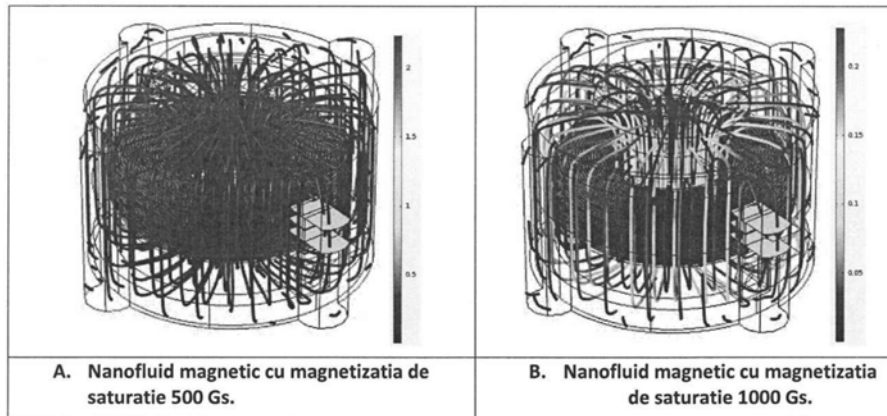


Fig. 7

(51) Int.Cl.

H01F 5/02 (2006.01),

H01F 27/24 (2006.01),

H01F 27/28 (2006.01)

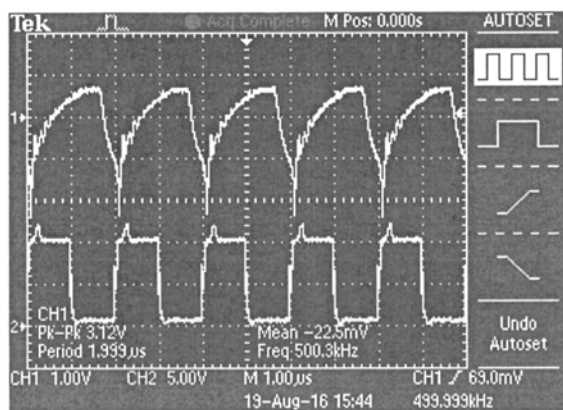


Fig. 8

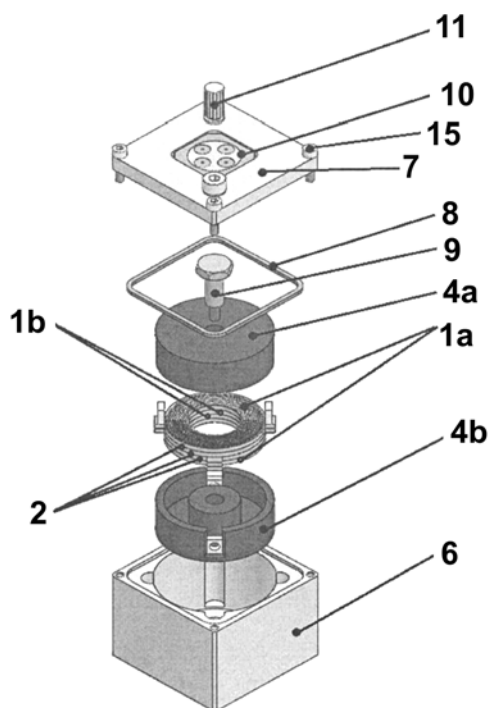


Fig. 9



Editare și tehnoredactare computerizată - OSIM
Tipărit la Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci
sub comanda nr. 20/2023