

(19) OFICIUL DE STAT
PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI
București

ROMÂNIA



(11) **RO 129957 B1**

(51) Int.Cl.

G01R 33/022 (2006.01),

G01R 33/035 (2006.01),

G01R 35/00 (2006.01)

(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2013 00386**

(22) Data de depozit: **23/05/2013**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **29/11/2021** BOPI nr. **11/2021**

(41) Data publicării cererii:
30/12/2014 BOPI nr. **12/2014**

(73) Titular:
• **BALTAG OCTAVIAN IOAN,**
STR. GHIBĂNESCU NR. 5A, IAȘI, IS, RO

(72) Inventatori:
• **BALTAG OCTAVIAN IOAN,**
STR. GHIBĂNESCU NR. 5A, IAȘI, IS, RO

(56) Documente din stadiul tehnicii:
CN 101923153 A; US 4549135; US 4983912

(54) **GRADIOMETRU SQUID DE ORDINUL DOI ȘI METODĂ
DE CALIBRARE A ACESTUIA**

Examinator: fizician **RADU ROBERT**



Orice persoană are dreptul să formuleze în scris și motivat, la OSIM, o cerere de revocare a brevetului de invenție, în termen de 6 luni de la publicarea mențiunii hotărârii de acordare a acesteia

RO 129957 B1

RO 129957 B1

1 Invenția de față se referă la un gradiometru SQUID de ordinul al doilea, destinat
măsurării gradientului de ordinul doi al câmpului magnetic, precum și o metodă de calibrare
3 a unui gradiometru SQUID de ordinul al doilea.

Sunt cunoscute mai multe tipuri de biogradiometre (**US 5.121.055**) și gradiometre
5 SQUID de ordinul al doilea care nu sunt prevăzute cu dispozitive sau circuite pentru
calibrare, calibrarea acestora fiind efectuată numai în laborator în standuri de verificare și
7 calibrare specializate, folosind generatoare etalon de câmp și gradient de câmp magnetic
de tipul bobinelor Helmholtz a căror constantă este cunoscută cu precizie ridicată, dispuse
9 de regulă, în exteriorul criostatului, dacă este posibil acest lucru. Cele mai frecvente metode
de verificare sunt cele care folosesc drept surse de câmp și gradient magnetic dipoli
11 magnetici sau bobine dispuse într-o anumită configurație în exteriorul senzorilor.

Se mai cunoaște un alt gradiometru de ordinul al doilea (**US 6.650.107 B2**) care
13 folosește pentru calibrare o bobină circulară, generatoare de câmp, fixată în exteriorul
criostatului în care se găsesc bobinele traductorului SQUID, într-o poziție bine determinată,
15 gradientul câmpului fiind determinat prin calcul în funcție de poziția reciprocă a bobinelor
SQUID față de bobina generatoare de câmp și intensitatea curentului care circulă prin ea.

17 Dezavantaje principale ale acestor metode sunt:

- un prim dezavantaj este legat de dimensiunea relativ mare a generatorului etalon
19 de câmp și gradient magnetic format în general dintr-un sistem de bobine Helmholtz,
dimensiune care este cu atât mai mare cu cât baza gradiometrului este mai mare; aceasta
21 face dificilă montarea sistemului de bobine etalon și introducerea criostatului gradiometrului
în interiorul lor, mai ales în situațiile în care diametrul criostatului este mai mare decât
23 diametrul interior al bobinelor Helmholtz;

- în ceea ce privește dipolii magnetici, un alt dezavantaj este cel datorat neliniarității
25 variației câmpului magnetic de-a lungul axei de simetrie a dipolului și dificultății de a stabili
cu precizie o relație între gradientul de ordinul doi al câmpului și poziția senzorilor SQUID;

27 - un alt dezavantaj se datorează poziționării lipsite de precizie a bobinelor
gradiometrului SQUID față de generatoarele de câmp sau gradient de câmp, datorită faptului
29 că bobinele gradiometrului SQUID se află imersate în criostat; atât fluxul cât și câmpul
magnetic generat de bobine sau dipoli magnetici nu este uniform în spațiul în care se găsesc
31 bobinele gradiometrului SQUID.

Pentru calibrarea unui gradiometru sau pentru verificarea funcționării acestuia,
33 bobinele gradiometrului se introduc într-un câmp magnetic care prezintă un gradient
cunoscut cu o precizie determinată.

35 Problema tehnică pe care o rezolvă invenția, conform descrierii invenției, constă în
calibrarea unui gradiometru de ordinul doi cu posibilitatea verificării funcționării corecte în
37 timpul unor măsurători.

Invenția de față elimină dezavantajele menționate prin faptul că pentru generarea
39 unui câmp magnetic și a unui gradient cunoscut folosește un grup de bobine la care se
cunosc caracteristicile geometrice, fiecare bobină fiind fixată pe același suport pe care se
41 află bobinele de semnal respectiv compensare asigurând astfel un cuplaj inductiv maxim,
care bobine pot fi realizate din materiale care să nu prezinte proprietăți supraconductoare.

43 Soluția pentru rezolvarea problemei tehnice menționate mai sus este descrisă în
revendicările 1-4, conform prezentei, și constă într-un gradiometru SQUID de ordinul doi, în
45 două variante de realizare, destinat măsurării gradientului de ordinul al doilea al câmpului
magnetic, și două metode pentru calibrarea gradiometrului SQUID în cele două variante de
47 realizare.

RO 129957 B1

Invenția de față prezintă avantajele de a permite calibrarea înainte de efectuarea măsurătorilor fără a fi nevoie de un laborator și echipamente dedicate, verificarea funcționării corecte în timpul măsurătorilor, efectuarea unor măsurători folosind metode de nul, ceea ce este imposibil fără echipamente auxiliare exterioare gradiometrului SQUID. 1
3

De asemenea, invenția mai prezintă și alte avantaje față de soluțiile anterioare: 5

- poate fi calibrat în mod operativ folosind numai circuitele proprii; 7

- poate efectua măsurători printr-o metodă de zero, prin aplicarea unui gradient de câmp de ordinul doi având un semn contrar gradientului măsurat; 9

- permite măsurarea simultană atât a câmpului magnetic cât și a gradientului; 11

- modulul electronic pentru calibrare poate fi folosit la orice structură de gradiometru prin introducerea în memorie a informațiilor referitoare la constantele constructive ale bobinelor; 13

- permite înregistrarea câmpului magnetic și a gradientului ca funcție de timp. 15

În cele ce urmează se prezintă bazele teoretice și principiul de funcționare a generării unui gradient de ordinul al doilea precum și două exemple de realizare a invenției cu privire la figurile care reprezintă: 17

- fig. 1, diagrama câmpului magnetic și al gradientilor de ordinul întâi și doi produși de acesta; 19

- fig. 2, schema bloc a primului exemplu de realizare a invenției; 21

- fig. 3, schema bloc al celui de al doilea exemplu de realizare a invenției. 23

Gradientul de ordinal al doilea este definit prin relația 25

$$G^2 = \frac{d^2 B}{dz^2} \quad (1) \quad 27$$

unde B este inducția câmpului magnetic, iar z direcția după care se calculează derivata într-un punct aflat pe axa z. 29

În realitate, datorită structurii fizice, dimensiunilor și geometriei bobinelor de măsurare a unui gradiometru, măsurarea aproximează derivata. 31

Pentru a genera un gradient de ordinul doi de valoare constantă în punctele de măsurare, trebuie să se stabilească o relație pătratică între câmp și distanță, fig.1, conform relației: 33

$$B = kx^2 \quad (2) \quad 35$$

unde în sistemul internațional constanta k are dimensiunea: [k] = T / m2. 37

Gradientii de ordinul întâi, respectiv al doilea sunt reprezentați prin relațiile, fig. 1: 39

$$G^1 = 2kx \quad (3.1) \quad 41$$

$$G^2 = 2k \quad (3.2) \quad 43$$

Un gradiometru de ordinul al doilea este format din două gradiometre de ordinul întâi identice și având aceeași bază d. Gradientul de ordinul al doilea se determină prin calcul și măsurători raportând diferența a doi gradienti de ordinul întâi la baza d a celor doi gradienti conform relațiilor: 45

$$G_{12}^1 = \frac{B_2 - B_1}{d} \quad (4.1) \quad 47$$

$$G_{23}^1 = \frac{B_3 - B_2}{d} \quad (4.2) \quad 49$$

$$G^2 = \frac{G_{23}^1 - G_{12}^1}{d} = \frac{\frac{B_3 - B_2}{d} - \frac{B_2 - B_1}{d}}{d} = \frac{B_3 - 2B_2 + B_1}{d^2} \quad (4.3) \quad 49$$

unde G reprezintă gradientul de ordinul întâi iar G gradientul de ordinul al doilea. 49

RO 129957 B1

Pentru a avea o relație pătratică între distanța și valoarea câmpului se consideră un grup format din trei bobine asimilate cu o spiră circulară, B_1 , B_2 , B_3 coaxiale, de raza R situate la o distanță d una de cealaltă, egala cu baza de măsurare a gradiometrului; fiecare din cele trei bobine este dispusă în planul bobinei de măsurare a gradientului de ordinal al doilea și cuprinde în interiorul său bobina respectivă. Dacă prin cele trei bobine circulă curenții electrici I_1 , I_2 și I_3 având intensitățile de o asemenea valoare încât câmpurile rezultate în centrele bobinelor să se afle într-o relație de tipul $B=kx^2$, atunci un gradiometru de ordinal al doilea având bobinele dispuse coplanar cu bobinele generatorului de gradient va măsura valoarea gradientului de ordinal al doilea al câmpului magnetic în acea regiune.

Componenta axială a câmpului magnetic din centrul bobinelor B_1 , B_2 și B_3 este determinată de contribuția fiecărei bobine prin relațiile:

$$B_1 = B_{11} + B_{12} + B_{13} \quad (5.1)$$

$$B_2 = B_{21} + B_{22} + B_{23} \quad (5.2)$$

$$B_3 = B_{31} + B_{32} + B_{33} \quad (5.3)$$

unde B_{ij} reprezintă câmpul magnetic în centrul bobinei i generat de bobina j .

Pentru determinarea contribuțiilor componentelor axiale ale fiecărei bobine se calculează câmpurile generate de fiecare bobina în centrul bobinelor învecinate aflate la distanțe $z=d$, respectiv $z=2d$.

Câmpul magnetic generat de o spira circulară de raza R , pe direcția axei, la distanța z este determinat prin relația:

$$B = \frac{I\mu_0}{2} \frac{R^2}{(R^2 + z^2)^{3/2}} \quad (6)$$

Câmpul B_1 din centrul bobinei B_1 este determinat de componentele celor două bobine învecinate B_2 și B_3 aflate la distanța d respectiv $2d$.

$$B_1 = \frac{\mu_0}{2R} \left[I_1 + I_2 \frac{1}{\left[1 + \left(\frac{d}{R}\right)^2\right]^{\frac{3}{2}}} + I_3 \frac{1}{\left[1 + 4\left(\frac{d}{R}\right)^2\right]^{\frac{3}{2}}} \right] \quad (7.1)$$

În mod asemănător sunt determinate și câmpurile B_2 și B_3 :

$$B_2 = \frac{\mu_0}{2R} \left[I_1 \frac{1}{\left[1 + \left(\frac{d}{R}\right)^2\right]^{\frac{3}{2}}} + I_2 + I_3 \frac{1}{\left[1 + \left(\frac{d}{R}\right)^2\right]^{\frac{3}{2}}} \right] \quad (7.2)$$

$$B_3 = \frac{\mu_0}{2R} \left[I_1 \frac{1}{\left[1 + 4 \left(\frac{d}{R} \right)^2 \right]^{\frac{3}{2}}} + I_2 \frac{1}{\left[1 + \left(\frac{d}{R} \right)^2 \right]^{\frac{3}{2}}} + I_3 \right] \quad (7.3)$$

Pentru a se obține o relație pătratică între câmp și distanțe, intensitățile celor trei curenți I_1 , I_2 și I_3 trebuie să se afle într-un anumit raport ceea ce permite atât generarea atât a unui câmp cât și a unui gradient prestabilit.

Câmpurile din centrul bobinelor B_1 , B_2 , B_3 trebuie să se afle într-o relație pătratică definită prin:

$$\frac{B_3}{B_1} = 9; \quad \frac{B_2}{B_1} = 4; \quad \frac{B_3}{B_2} = \frac{9}{4} \quad (8)$$

Dacă se consideră bobina mediană B_2 situată simetric între bobinele B_1 și B_3 ca fiind o bobină de referință împreună cu curentul I_2 rezultă relațiile:

$$B_1 = KI_2 \left[\frac{I_1}{I_2} + F_1 + \frac{I_3}{I_2} F_2 \right] \quad (8.1)$$

$$B_2 = KI_2 \left[\frac{I_1}{I_2} F_1 + 1 + \frac{I_3}{I_2} F_1 \right] \quad (8.2)$$

$$B_3 = KI_2 \left[\frac{I_1}{I_2} F_2 + F_1 + \frac{I_3}{I_2} \right] \quad (8.3)$$

unde funcțiile K și F_1 , respectiv F_2 sunt date de relațiile:

$$K = \frac{\mu_0}{2R}; \quad F_1 = \frac{1}{\left[1 + \left(\frac{d}{R} \right)^2 \right]^{\frac{3}{2}}}; \quad F_2 = \frac{1}{\left[1 + 4 \left(\frac{d}{R} \right)^2 \right]^{\frac{3}{2}}} \quad (9)$$

Gradientul de ordinul al doilea rezultă din relația de definiție (4.3) prin introducerea relațiilor (8.1, 8.2 și 8.3):

$$G^2 = \frac{B_3 - 2B_2 + B_1}{d^2} = K \frac{I_2}{d^2} \left[(1 + F_2 - 2F_1) \left(\frac{I_1}{I_2} + \frac{I_3}{I_2} \right) + 2(F_1 - 1) \right] \quad (10)$$

Din relațiile $B_3=9B_1$ și $B_2=4B_1$ rezultă un sistem de ecuații care are drept necunoscute două rapoarte $\frac{I_1}{I_2}$ și $\frac{I_3}{I_2}$ ale curenților, funcțiile F_1 și F_2 fiind constante de construcție.

$$\left[\frac{I_1}{I_2} F_2 + F_1 + \frac{I_3}{I_2} \right] = 9 \left[\frac{I_1}{I_2} + F_1 + \frac{I_3}{I_2} F_2 \right] \quad (11.1)$$

$$\left[\frac{I_1}{I_2} F_1 + 1 + \frac{I_3}{I_2} F_1 \right] = 4 \left[\frac{I_1}{I_2} + F_1 + \frac{I_3}{I_2} F_2 \right] \quad (11.2)$$

Sistemul devine:

$$(F_2 - 9) \frac{I_1}{I_2} + (1 - 9F_2) \frac{I_3}{I_2} - 8F_1 = 0 \quad (12.1)$$

$$(F_1 - 4) \frac{I_1}{I_2} + (F_1 - 4F_2) \frac{I_3}{I_2} + 1 - 4F_1 = 0 \quad (12.2)$$

Din acest sistem de ecuații rezultă cele două necunoscute $\frac{I_1}{I_2}$ și $\frac{I_3}{I_2}$, având ca date inițiale intensitatea curentului I_2 și raportul d/R care determină cele două funcții F_1 și F_2 .

Aceste ecuații implementate într-un microsistem de calcul permite ca prin introducerea a unor constante de aparat cum sunt distanța dintre bobinele generatoare care determină baza gradiometrului, constanta bobinelor generatoare, valoarea gradientului sau a câmpului magnetic să se realizeze, atât generarea unui gradient cunoscut de ordinul doi cât și generarea unei componente de câmp comună celor trei puncte de măsurare.

Conform primului exemplu de realizare a invenției prezentat în fig.2, gradiometrul SQUID de ordinul al doilea prevăzut cu un sistem de calibrare este compus dintr-un traductor SQUID complex **101** compus la rândul său, dintr-un sensor SQUID **102** cu joncțiuni Josephson cuplat magnetic cu un transformator de flux **103** care are în structura sa un grup de trei bobine supraconductoare conectate astfel încât să formeze o structură de gradiometru de ordinul doi al câmpului magnetic, respectiv bobina cea mai apropiată de sursa de câmp numită proximală **104**, o bobina situată la mijlocul distanței dintre celelate două numită bobina mediană **105** și o altă bobină îndepărtată de sursa de câmp numită bobina de compensare **106**, toate aceste bobine fiind dispuse axial în plane paralele și conectate în serie cu o bobina **107** numită bobina numită de intrare cuplată inductiv cu senzorul SQUID **102**.

Semnalul generat de senzorul SQUID **102** este prelucrat într-un bloc electronic **108** care prelucrează semnalul preluat de la senzorul SQUID **102**, memorează și transmite valorile măsurate unui afișor digital **109**. Pentru efectuarea calibrării, verificării funcționării și măsurării gradientului printr-o metodă de nul, peste bobinele de măsurare **104**, **105** și respectiv **106** sunt dispuse trei bobine generatoare de câmp magnetic **110**, **111**, respectiv **112**, identice având suprafața **S**, dispuse coaxial în plane paralele, prin care circulă curenți electrici având intensitățile I_1 , I_2 , respectiv I_3 care curenți produc prin bobinele **104**, **105**, respectiv **106** fluxurile Φ_1 , Φ_2 , respectiv Φ_3 care fluxuri sunt proporționale cu intensitatea curenților I_1 , I_2 , respectiv I_3 care circulă prin cele trei bobine generatoare **110**, **111**, respectiv **112**. Bobinele **104**, **105** și **106** ale gradiometrului fiind conectate în opoziție, prin transformatorul de flux **103** va circula un curent având intensitatea $\Delta I = \Delta \Phi / L$ unde **L** este inductanta transformatorului de flux **103** iar $\Delta \Phi = \Phi_1 - 2\Phi_2 + \Phi_3$. Curentul ΔI produce prin bobina de

RO 129957 B1

intrare 107 în senzorul SQUID 102 cu care este cuplată o variație a fluxului magnetic $\Delta\Phi$, care variație de flux determină generarea unei tensiuni la bornele senzorului SQUID 102 , care tensiune este prelucrată de blocul electronic 108 rezultatul măsurătorii fiind indicat de afișorul digital 109 .	1 3
Verificarea și calibrarea gradiometrului se realizează printr-un modul digital 113 compus dintr-o tastatură digitală 114 prin care se selectează funcțiile care trebuiesc executate și se introduc datele inițiale, un afișor digital 115 pentru indicarea datelor introduse prin tastatura 114 , care tastatură și element de afișare comunică cu un microsistem 116 care procesează informațiile primite și comanda prin intermediul a trei surse de curent constant 117 , 118 , respectiv 119 , injectarea curenților electrici având intensitățile I_1 , I_2 , respectiv I_3 în bobinele generatoare de câmp 110 , 111 , respectiv 112 . O interfață de comunicare digitală 120 asigură comunicarea între microsistemul 116 și modulul electronic 108 al gradiometrului cu un calculator 121 , prin care calculator se pot prelua funcțiile de comandă, verificare, măsurare și înregistrare a semnalelor gradiometrice.	5 7 9 11 13
Prin tastatura digitală 114 sau prin calculatorul 121 , se pot transmite comenzile pentru efectuarea următoarelor operațiuni:	15
- aplicarea unui gradient cunoscut de ordinul doi al câmpului magnetic;	17
- aplicarea unui câmp magnetic cunoscut ca o componentă comună tuturor bobinelor de semnal;	19
- măsurarea gradientului de ordinul doi al câmpului magnetic folosind o metodă de nul;	21
- înregistrarea valorilor măsurate ale gradientului ca o funcție de timp.	23
Pentru a genera un gradient cunoscut în scopul verificării funcționării, calibrării sau anulării gradientului măsurat printr-o metodă de nul, se injectează în cele trei bobine generatoare - calibrare identice 110 , 111 , respectiv 112 , de suprafața S dispuse paralel cu bobinele gradiometrului 104 , 105 , respectiv 106 , astfel încât cele trei bobine care formează gradiometrul de ordinul doi să fie supuse unui gradient de flux magnetic cunoscut. Fluxul care străbate fiecare din cele trei bobine pentru calibrare și cele trei bobine de semnal ale gradiometrului este determinat de două componente:	25 27 29
- o componentă determinată de intensitatea curentului care determină componenta comună a câmpului magnetic în toate cele trei bobine de semnal;	31
- componentele determinate de curenții care circulă prin celelate două bobine aflate în vecinătate.	33
Conform celui de al doilea exemplul de realizare a invenției prezentat în fig.3, gradiometrul SQUID de ordinul al doilea realizat în structura unui magnetometru diferențial cu trei canale independente, aflate într-un traductor SQUID complex 201 , care cuprinde în structura sa aflată în interiorul aceluiași criostat trei canale magnetometrice SQUID independente, 202 , 203 , respectiv 204 , fiecare canal având în componență câte un transformator de flux 205 , 206 , respectiv 207 compuse din câte o bobină de semnal supraconductoare 208 , 209 , respectiv 210 coaxiale, dispuse în plane paralele și conectate la câte o bobină de intrare 211 , 212 , respectiv 213 , fiecare transformator de flux fiind cuplat inductiv cu câte un senzor de flux SQUID 214 , 215 , respectiv 216 care senzori SQUID sunt conectați la câte un bloc electronic de prelucrare a semnalului de flux 217 , 218 , respectiv 219 .	35 37 39 41 43
Semnalul de gradient al câmpului magnetic se obține prin abstracție electronică într-un bloc electronic 220 format din două circuite analogice sau digitale de scădere 221 și 222 prin care se determină gradientii de ordinul întâi corespunzători canalelor	45

RO 129957 B1

1 magnetometrice **202**, **203**, respectiv **203** și **204**, semnalul corespunzător gradientului de
ordinul doi rezultând tot prin sobstracție electronică analogică sau digitală într-un etaj **223**,
3 urmat de un circuit de memorare și afișare **224** a valorii gradientului de ordinul doi.

Calibrarea și verificarea funcționării gradiometrului se realizează printr-un modul **225**
5 compus dintr-o tastatură **226** care transmite comenzile unui afișor digital **227** și unui
microsistem **228** care realizează conversia digital analogă transmițând unor surse de curent
7 constant **229**, **230**, respectiv **231** care surse injectează câte un curent I_1 , I_2 , respectiv I_3 prin
trei bobine **232**, **233**, respectiv **234** cuplate inductiv cu bobinele de semnal **208**, **209**,
9 respectiv **210** ale celor trei canale magnetometrice independente.

Modulul de comandă digitală **225** comunică împreună cu blocul electronic de
11 amemorare și afișare **223** al gradiometrului prin intermediul unei interfețe electronice **235** cu
un computer **236** prin intermediul căruia se pot prelua funcțiile de comandă, verificare,
13 măsurare și înregistrare a semnalelor corespunzătoare câmpurilor magnetice și
gradiometrice.

15 Prin tastatura digitală **226** sau prin calculatorul **236**, se pot transmite comenzile
pentru efectuarea următoarelor operațiuni:

17 - aplicarea unui gradient de ordinul al doilea sau ordinul întâi al câmpului magnetic
de valoare și polaritate cunoscute;

19 - aplicarea fiecărui canal magnetometric a unui câmp magnetic determinat ca
intensitate și polaritate;

21 - măsurarea gradientului câmpului magnetic folosind o metodă de nul aplicând celor
trei bobine de calibrare a unor curenți având o astfel de intensitate și polaritate, încât să
23 producă anularea gradientului măsurat;

- măsurarea câmpului magnetic folosind fiecare canal magnetometric;

25 - înregistrarea valorilor măsurate ale gradientului și câmpului magnetic ca funcții de
timp.

RO 129957 B1

Revendicări

1. Gradiometru SQUID de ordinul doi, destinat măsurării gradientului de ordinul al doilea al câmpului magnetic, alcătuit dintr-un traductor (101) SQUID în structura căruia intră un senzor (102) SQUID cu joncțiuni Josephson, cuplat cu un transformator (103) de flux format dintr-un grup de trei bobine (104, 105, 106) supraconductoare, o bobină (104) proximală, dispusă în apropierea sursei de câmp de măsurare, o bobină (105) mediană situată la mijlocul distanței dintre celelalte două și respectiv o bobină (106) de compensare, bobinele fiind dispuse axial în plane paralele și conectate în serie cu o bobină (107) numită de intrare cuplată inductiv cu senzorul (102) SQUID, semnalul generat de acesta fiind transmis unui bloc (108) electronic care memorează și transmite valorile măsurate unui afișor (109), și unei interfețe (120) destinată comunicării cu un computer (121), și un modul (113) digital dedicat procedurilor de calibrare, **caracterizat prin aceea că** mai cuprinde trei bobine (110, 111, 112) identice, generatoare de câmp magnetic, cuplate inductiv cu cele trei bobine (104, 105, 106) supraconductoare și în care interfața (120) asigură comunicarea digitală între un microsistem (116), care procesează informațiile primite și comandă prin intermediul a trei surse (117, 118, 119) de curent constant injectarea curenților (I_1 , I_2 și I_3) în bobinele (110, 111, 112) identice, și blocul (108) electronic cu calculatorul (121) prin care se pot prelua funcțiile de comandă, verificare, măsurare și înregistrare a semnalelor gradiometrice.
2. Gradiometru SQUID de ordinul doi, destinat măsurării gradientului de ordinul al doilea al câmpului magnetic, alcătuit în structura unui magnetometru diferențial cu trei canale (202, 203, 204) magnetometrice identice aflate într-un traductor (201) SQUID, fiecare canal fiind compus din câte un transformator (205, 206, 207) de flux ce au în alcătuire câte o bobină (208, 209, 210) supraconductoare conectate fiecare la câte o bobină (211, 212, 213) de intrare, fiecare transformator de flux fiind cuplat inductiv cu câte un senzor (214, 215, 216) SQUID conectați la rândul lor la câte un bloc (217, 218, 219) electronic de prelucrare a semnalului și transmite valorile măsurate la câte un bloc electronic (220) de afișare a valorii câmpului magnetic măsurat și unei interfețe (235) destinată comunicării cu un computer (236), și un modul (225) digital dedicat procedurilor de calibrare, **caracterizat prin aceea că** mai cuprinde trei bobine (232, 233, 234) identice cuplate inductiv cu cele trei bobine (208, 209, 210) supraconductoare și în care interfața (235) asigură comunicarea digitală între un microsistem (228), care procesează informațiile primite și comandă prin intermediul a trei surse (229, 230, 231) de curent constant ale modului (225) digital injectarea curenților (I_1 , I_2 și I_3) în bobinele (232, 233, 234) identice, și circuitul (224) de memorare și afișare și calculatorul (236) prin care se pot prelua funcțiile de comandă, verificare, măsurare și înregistrare a semnalelor gradiometrice.
3. Metodă pentru calibrarea gradiometrului SQUID de la revendicarea 1, **caracterizată prin aceea că** constă în generarea unui gradient cunoscut al fluxului magnetic cu ajutorul a trei bobine (110, 111, 112) generatoare de câmp magnetic, prin care circulă curenți electrici a căror intensitate determină valoarea fluxurilor magnetice și implicit intensitatea câmpului magnetic în care se află cele trei bobine (104, 105, 106) supraconductoare care sunt conectate cu o bobină (107) de intrare cuplată cu senzorul (102) SQUID cu joncțiuni Josephson, semnalul de gradient sau de câmp magnetic rezultând din densitatea fluxurilor magnetice generate în ansamblele bobinelor ca urmare a curenților electrici de intensitate diferită dar cunoscută, aplicate printr-un modul (113) digital compus dintr-o tastatură (114) ce transmite comenzile digitale privind intensitatea curenților unui afișor (115) și unui microsistem (116) care realizează conversia digital analogă necesară

RO 129957 B1

1 comandării surselor (117, 118, 119) de curent constant, care prin curenții electrici generează
fluxuri magnetice ce determină prin transformatorul (103) de flux apariția unui curent electric
3 determinat de diferența curenților electrici care circulă prin bobinele (104, 105, 106) de
semnal, curent ce produce în bobina (107) de intrare o variație a fluxului magnetic urmată
5 de generarea unei diferențe de potențial la bornele sensorului (102) SQUID prelucrate într-un
bloc (108) electronic și reprezentată într-un afișor (109) digital.

7 4. Metodă pentru calibrarea gradiometrului SQUID de la revendicarea 2,
caracterizată prin aceea că constă în generarea unor fluxuri magnetice cunoscute pentru
9 fiecare canal (202, 203, 204) magnetometric rezultând prin calcul un gradient cunoscut al
fluxului magnetic cu ajutorul a trei bobine (232, 233, 234) identice, generatoare de câmp
11 magnetic, prin care bobine circulă curenți electrici a căror intensitate determină valoarea
fluxurilor magnetice și implicit intensitatea câmpului magnetic în care se află cele trei bobine
13 (208, 209, 210) supraconductoare care sunt conectate cu câte o bobină (211, 212, 213) de
intrare cuplate cu un senzor (214, 215, 216) SQUID cu joncțiuni Josephson, semnalul de
15 gradient sau de câmp magnetic rezultând din densitatea fluxurilor magnetice generate în
ansamblele bobinelor ca urmare a curenților electrici de intensitate diferită dar cunoscută
17 aplicate printr-un modul (225) digital compus dintr-o tastatură (226), care transmite
comenzile diigitale privind intensitatea curenților unui afișor (227) și unui microsystem (228)
19 care realizează conversia digital analogă necesară comandării surselor (229, 230, 231) de
curent constant care injectează în bobinele (232, 233, 234) identice curenți electrici de
21 intensitate (I_1 , I_2) respectiv (I_3), valoarea gradientului sau a rezultatului fiind indicată printr-un
afișor (224).

(51) Int.Cl.

G01R 33/022 (2006.01);

G01R 33/035 (2006.01);

G01R 35/00 (2006.01)

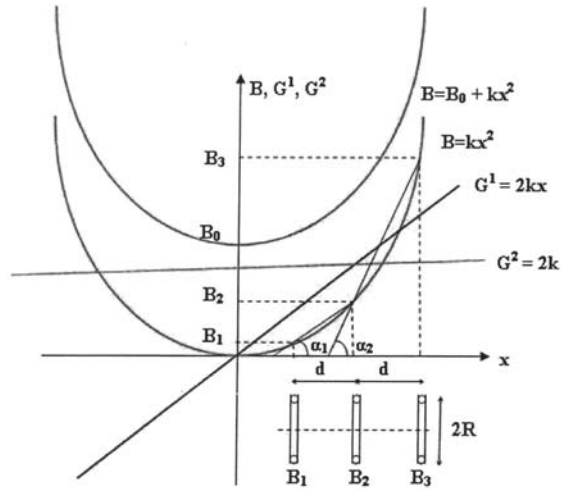


Fig. 1

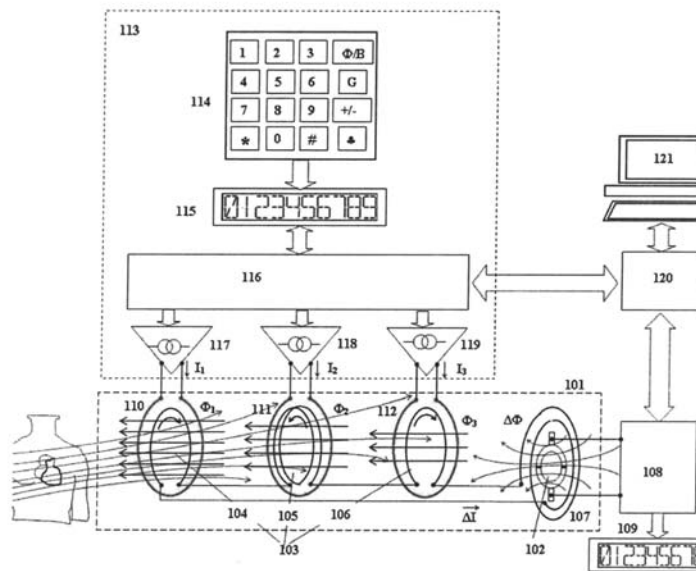


Fig. 2

(51) Int.Cl.

G01R 33/022 (2006.01);

G01R 33/035 (2006.01);

G01R 35/00 (2006.01)

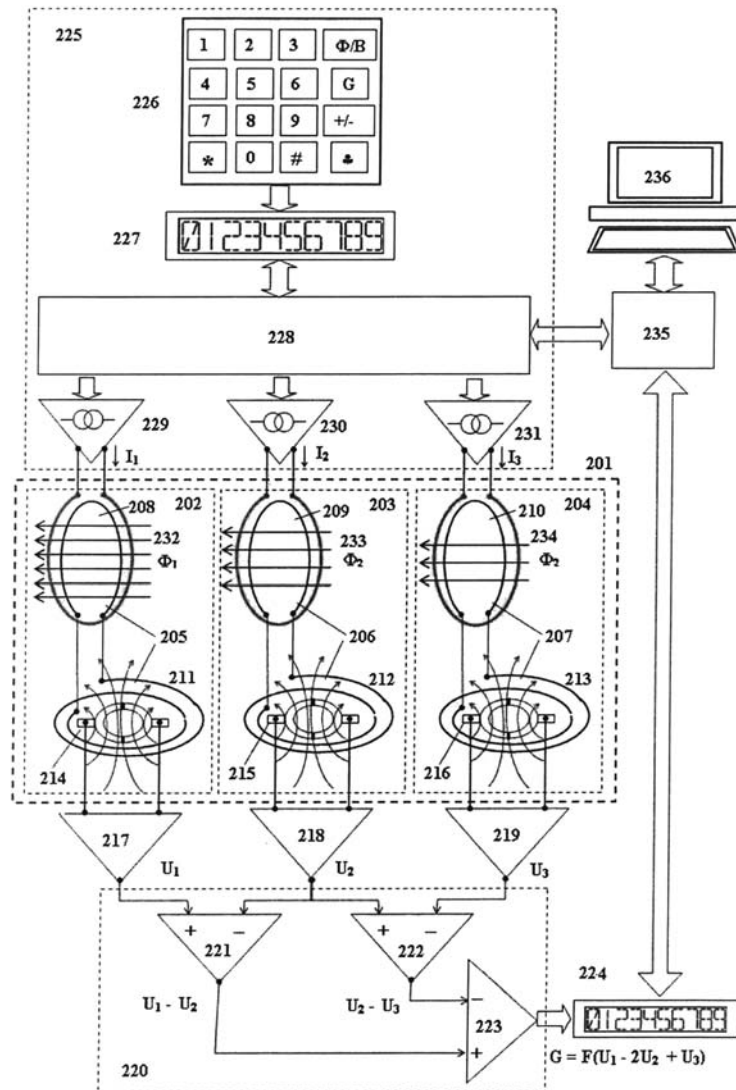


Fig. 3



Editare și tehnoredactare computerizată - OSIM
 Tipărit la Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci
 sub comanda nr. 501/2021