



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2017 01023

(22) Data de depozit: 05/12/2017

(41) Data publicării cererii:  
28/06/2019 BOPI nr. 6/2019

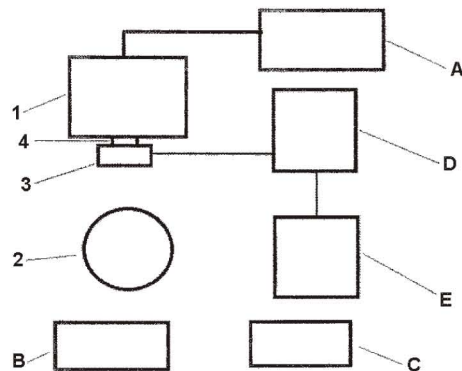
(71) Solicitant:  
• INSTITUTUL NAȚIONAL DE  
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU  
GEOLOGIE ȘI GEOECOLOGIE MARINĂ  
GeoEcoMar, STR.DIMITRIE ONCIUL  
NR.23-25, SECTOR 2, BUCUREȘTI, B, RO

(72) Inventatori:  
• JURCA IOAN, ALEEA ISTRU NR.2 B, BL.A  
14 C, SC.6, ET.3, AP.86, SECTOR 6,  
BUCUREȘTI, B, RO

(54) GRAVIMETRU

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un gravimetru care măsoară variația mărimii accelerației gravitaționale asociată globului terestru, cu aplicații în geofizică. Gravimetru conform invenției are în componența sa un sistem (A) electronic, care realizează levitația electromagnetică a unui corp (2) de masă  $m$  și care conține un electromagnet (1), un senzor (3) magnetic cu efect Hall, un circuit (D) electronic de măsurare a duratei impulsurilor de comandă a curentului mediu prin electromagnet (1), un sistem (B) de termostatare, un sistem (C) de ecranare magnetică multistrat și un bloc (E) electronic de înregistrare a datelor, evaluarea accelerației gravitaționale fiind realizată prin măsurarea duratei impulsurilor din circuitul electronic (D) care asigură levitația electromagnetică a corpului (2) de masă  $m$ .



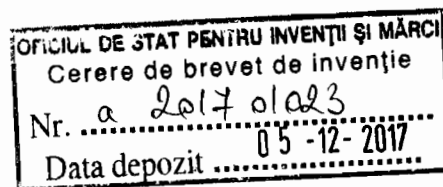
Revendicări: 2

Figuri: 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).



## GRAVIMETRU



Invenția se referă la un gravimetru, care măsoară variația mărimii accelerației gravitaționale  $g$  asociată globului terestru, cu aplicație în geofizică.

Sunt cunoscute astfel de aparate care folosesc deplasarea pe verticală a unui corp de masă  $m$  pentru a măsura variația mărimii accelerației gravitaționale  $g$ .

Gravimetrele sunt folosite în multe domenii. În geologie și geofizică gravimetrele sunt utilizate pentru măsurarea variației, în timp și spațiu, a accelerației gravitaționale  $g$  în vederea descoperirii unor zăcăminte utile sau pentru studiul mareelor terestre.

Un gravimetru clasic are în componența sa un sistem elastic format dintr-un resort care susține un corp de masă  $m$ . Deoarece greutatea corpului de masă  $m$  este  $G=mg$ , orice variație a accelerației gravitaționale  $g$ , modifică greutatea  $G$  a corpului de masă  $m$ , care conduce la o variație a deformării resortului și în final la o deplasare pe verticală a poziției corpului de masă  $m$ . Această deplasare pe verticală, a poziției corpului de masă  $m$  este o expresie a modificării greutății corpului datorată variației accelerației gravitaționale  $g$ . Deplasarea se poate evalua prin mijloace optice sau electrice. La aparatele care utilizează mijloace optice, este folosit un gen de microscop pentru a crește rezoluția în măsurarea deplasării corpului, iar la sistemele electrice se face o conversie a deplasării mecanice în tensiune electrică care este înregistrată de un sistem de achiziție de date.

Sistemul elastic clasic, presupune fie un resort, fie o balanță de torsiune. Aceste sisteme elastice sunt realizate dintr-un material metalic sau din cuarț care se deformează sub acțiunea unei forțe exterioare. Acest resort susține corpul de masă  $m$  și se deformează sub acțiunea greutății  $G$  a corpului. Orice modificare a greutății  $G$  se reflectă în variația deformării sistemului elastic. Precauțiile care se au în vedere, sunt cele legate de reducerea perturbațiilor cauzate de modificarea temperaturii și presiunii din mediul ambiant, prin termostatarea și vidarea incintei unde se găsește sistemul elastic.

Pe lângă gravimetrele diferențiale care urmăresc variația accelerației gravitaționale  $g$  mai există și gravimetrele absolute care măsoară valoarea lui  $g$  prin mai multe metode, una dintre ele fiind aceea de a calcula cu precizie timpul necesar și spațiul dintre două repere în cazul căderii libere a unui corp. Durata de timp se

măsoară cu ceasuri atomice iar spațiul prin metode interferometrice cu laser. Evitarea frecării cu aerul este asigurată prin realizarea unui vid înaintat în incinta unde are loc căderea liberă a corpului de masă  $m$ . Având cele două valori, una pentru durata de timp  $t$  și o a doua pentru spațiul parcurs  $s$ , se trece la un calcul statistic a lui  $g$  pentru un număr de operațiuni repetate, pentru a afla o valoare medie a accelerației gravitaționale  $g=2s:t^2$ .

În ultimul timp au apărut gravimetre diferențiale cu supraconductori. La aceste aparate, suspendarea corpului de masă  $m$  nu se mai face prin sisteme elastice (resort sau balanță de torsiune), ci cu ajutorul unui câmp magnetic prin utilizarea efectului Meissner. Acesta, constă în expulzarea liniilor de câmp magnetic dintr-un corp realizat din material special care devine supraconductor (adică nu mai prezintă rezistență electrică), prin răcirea sub temperatura critică în prezența unui câmp magnetic. În final apare o respingere între corpul adus în starea de supraconductor și magnetul care produce câmpul magnetic în care se găsește acest corp. În felul acesta se obține, din cauza forței de respingere, o menținere în suspensie sau în levitație magnetică a corpului adus în stare de supraconductor. În practică, la aceste gravimetre cu supraconductori corpul de masă  $m$  este o sferă din niobiu iar răcirea sub pragul critic se realizează prin imersare în heliu lichid. Câmpul magnetic asociat este produs de un set de bobine parcurse de curenți electrici controlați de un circuit electronic. Pentru a evita perturbațiile legate de variațiile temperaturii ambiante, a presiunii atmosferice și a câmpului magnetic terestru, întregul ansamblu este introdus într-o incintă de cuarț care este termostatizată, vidată și ecranată cu materiale feromagnetice de tipul permaloy.

Orice deplasare a corpului de masă  $m$ , aflat în stare de levitație magnetică, datorată variației greutatei sale  $G$  prin modificarea accelerației gravitaționale  $g$  ( $G=mg$ ), este sesizată de către un traductor capacitiv diferențial care este plasat în jurul corpului și transformată în tensiune electrică. Această tensiune electrică este amplificată și convertită într-un curent electric care este preluat de o bobină de reacție, aflată tot în jurul corpului de masă  $m$ , care modifică intensitatea câmpului magnetic în care se găsește acest corp, așa încât acesta să revină la poziția inițială, de echilibru. Măsurând valoarea curentului din circuitul de reacție, necesar pentru a readuce corpul în poziția inițială, avem o evaluare a mărimii variației accelerației gravitaționale  $g$ .

Dezavantajele gravimetrelor clasice cu sisteme elastice realizate cu un resort metalic au o sensibilitate mai scăzută, au o derivă termică mare și prezintă o modificare

în timp a performanțelor datorită fenomenului de îmbătrânire a materialului folosit la construcția resortului.

Gravimetrele moderne cu supraconductori, care deși prezintă o sensibilitate extrem de mare, au dezavantajul că folosesc materiale supraconductoare speciale care sunt scumpe și de asemenea presupun utilizarea unor instalații de răcire pentru heliul lichid.

Problema care o rezolvă invenția revendicată, constă în realizarea unui gravimetru prin utilizarea fenomenului de levitație electromagnetică.

Gravimetrul, conform invenției, înlătură dezavantajele arătate mai înainte prin aceea că a fost folosită levitația electromagnetică, în locul suspensiei magnetice a corpului de masă  $m$  prin efect Meissner, care presupune materiale supraconductoare și instalație de răcire cu heliu lichid.

Un alt obiectiv al gravimetrului conform invenției revendicate constă în aceea că evaluarea variației accelerației gravitaționale  $g$  se realizează prin măsurarea duratei impulsurilor din circuitul electric care asigură levitația electromagnetică a corpului de masă  $m$ .

Avantajele gravimetrului, conform invenției, sunt:

- simplitate constructivă;
- performanțe apreciabile la un cost scăzut;
- eliminarea instalației de răcire cu heliu lichid;
- nu necesită folosirea unor materiale speciale supraconductoare;

Se dă, în continuare un exemplu de realizare a invenției în legătură cu figura 1, care reprezintă, schema electrică de principiu a gravimetrului.

Gravimetrul, conform invenției, cuprinde:

- electromagnet 1;
- corpul magnetic de masă  $m$  2;
- senzor magnetic cu efect Hall 3;
- miezul feromagnetic al electromagnetului 4;

- Sistemul electronic A care realizează levitația electromagnetică a corpului de masa  $m$ ;
- Circuitul de termostatare B;
- Sistem de ecranare magnetică C;
- Circuitul electronic de măsurare a duratei impulsurilor D de comandă a curentului mediu din electromagnet ;
- Blocul electronic de achiziție de date E pentru înregistrarea digitală a variației accelerației gravitaționale.

Sistemul electronic care realizează levitația electromagnetică a corpului de masa  $m$  este compus din următoarele părți:

Electromagnetul 1 care asigură forța magnetică de atracție a corpului de masă  $m$  care se opune forței gravitaționale. Corpul 2, de masă  $m$ , este un magnet cu neodim, de formă sferică cu un diametru de 13mm, a carui greutate  $G$  este variabilă în funcție de valoarea accelerației gravitaționale  $g$ . Circuitul electronic de reglare automată, care asigură menținerea corpului de masă  $m$  la o distanță constantă în raport cu electromagnetul 1.

Sistemul de termostatare B asigură menținerea cu precizie a unei temperaturi constante în interiorul incintei interioare a gravimetrului. Prin acest sistem de termostatare se asigură o stabilitate ridicată a rezultatelor măsurărilor în raport cu variația temperaturii din mediul ambiant.

Pentru a se asigura o imunitate a funcționării gravimetrului în raport cu variația câmpului magnetic ambiant s-a prevăzut un sistem de ecranare magnetică C multistrat, realizat din material feromagnetic cu permeabilitate magnetică ridicată (permaloy).

Sistemul de levitație magnetică care cuprinde electromagnetul 1 este prevăzut cu un senzor cu efect Hall 3. Acest senzor magnetic se află fixat pe capătul din parte de jos a miezului feromagnetic 4 al electromagnetului 1.

Corpul magnetic 2 de masa  $m$  este menținut în levitație prin următorul mecanism. Poziția corpului de masa  $m$  este monitorizată de către senzorul magnetic cu efect Hall 3. Tensiunea electrică furnizată de către acest senzor este funcție de distanța până la corpul magnetic 2 și mărimea inducției magnetice asociate

acestui. Tensiunea de ieșire a senzorului magnetic este preluată de un circuit comparator aflat în componența sistemului electronic care realizează levitația magnetică a corpului de masă  $m$ . Acest circuit comparator are fixată o tensiune de referință de precizie la una dintre intrările sale. Tensiunea furnizată de senzorul magnetic cu efect Hall este comparată cu acest nivel de referință.

Orice tendință de variație a greutateii  $G$  a corpului de masă  $m$ , datorată variației accelerației gravitaționale, face ca să se schimbe raportul între forța magnetică de atracție a electromagnetului și forța gravitațională.

Astfel, dacă are loc o creștere a valorii lui  $g$  se manifestă prin creșterea greutateii  $G$  și în final este determinată o deplasare spre în jos a corpului de masă  $m$ . Pentru a menține acest corp la o distanță constantă față de electromagnet, se culege tensiunea de eroare de la ieșirea comparatorului, reprezentată de diferența dintre tensiunea de referință și tensiunea furnizată de senzorul magnetic cu efect Hall, și se trimite la un circuit regulator de tip PD (proporțional - diferențial) care asigură prelucrarea semnalului de eroare. Componenta P (proporțional) determină amplificarea semnalului de eroare care în final stabilește sensibilitatea sistemului automat de reglare. Componenta D asigură o operațiune de diferențiere a semnalului de eroare care în final determină viteza de răspuns a sistemului de reglare. După ce semnalul de eroare este prelucrat în circuitul regulator de tip PD, este trimis într-un circuit controler de tip modulație în durată a impulsurilor MDI. Acest circuit produce niște impulsuri a căror durată este proporțională cu tensiunea de comandă preluată de la ieșirea regulatorului de tip PD. Impulsurile de la ieșirea circuitului MDI comandă, prin intermediul unui tranzistor de putere de tip MOSFET, intensitate medie a curentului prin bobina electromagnetului 1. Forța magnetică de atracție produsă de electromagnetul 1 este funcție de lățimea impulsurilor furnizate de către circuitul MDI.

Prin alegerea corespunzătoare a polarității semnalului de la ieșirea senzorului magnetic cu efect Hall și a modului de conectare a bornelor bobinei electromagnetului 1 se asigură o reacție negativă a buclei de reglare, în sensul anulării semnalului de eroare. În final, prin acțiunea acestei bucle de reacție negative se asigură readucerea corpului magnetic de masă  $m$  la poziția inițială, în raport cu electromagnetul 1. La o nouă variație, a accelerației gravitaționale se va modifica din nou tensiunea de eroare, care în final va modifica prin durata impulsurilor de comandă, forța magnetică de

atracție a electromagnetului 1, astfel ca distanța dintre corpul 2 de masa  $m$  și electromagnetul 1 să fie menținută constantă.

Concluzia este că, variația accelerației gravitaționale  $g$ , o regăsim în variația duratei impulsurilor de comandă a curentului prin bobina electromagnetului 1. Aceste impulsuri sunt conduse la intrarea unui bloc electronic D de măsurare a duratei acestora. În acest bloc de măsurare se află un oscilator pilot cu cristal de cuarț de frecvență înaltă. Rezoluția de măsurare a variației duratei impulsurilor, care este o expresie a mărimii variației accelerației gravitaționale  $g$ , este determinată de frecvența acestui oscilator pilot cu cristal de cuarț.

De asemenea, pentru a asigura acuratețea măsurărilor, acest oscilator pilot se impune a fi termostatat. Leșirea digitală a blocului de măsurare a duratei impulsurilor D, este preluată de un bloc electronic de achiziție de date E.

Acest gravimetru are marele avantaj că având o suspensie electromagnetică a corpului de masa  $m$ , elimină sistemul elastic clasic cu resort, care avea o sensibilitate mai scăzută și prezenta o derivă termică mare, precum și o modificare în timp a performanțelor datorită fenomenului de îmbătrânire a materialului folosit la construcția resortului. Deși are o sensibilitate mai mică decât gravimetrul cu supraconductori, are avantajul că elimină utilizarea unor materiale speciale supraconductoare, precum și instalația de răcire cu heliu lichid, acest lucru conducând la un cost mai scăzut. Sensibilitatea obținută cu acest tip de gravimetru cu levitație electromagnetică este suficientă pentru a putea fi utilizat cu succes în lucrări geofizice curente, de măsurare a variației accelerației gravitaționale  $g$ .

## REVENDICARI

1. Gravimetrul realizând o măsurare a variației accelerației gravitaționale  $g$ , care are în componența sa un sistem electronic (A) ce realizează levitația electromagnetică a corpului de masă  $m$ , care conține un electromagnet (1), un senzor magnetic cu efect Hall (3), un circuit electronic de măsurare a duratei (D) impulsurilor de comandă a curentului mediu prin electromagnetul (1), un sistem de termostatare (B) și sistem de ecranare magnetică (C) multistrat și un bloc electronic de înregistrare a datelor (E), **caracterizat prin aceea că** a fost folosită levitația electromagnetică, în locul suspensiei magnetice a corpului de masă  $m$  prin efect Meissner, care presupune materiale supraconductoare și instalație de răcire cu heliu lichid.

2. Gravimetru conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** evaluarea variației accelerației gravitaționale  $g$  se realizează prin măsurarea duratei impulsurilor din circuitul electric care asigură levitația electromagnetică a corpului de masă  $m$ .



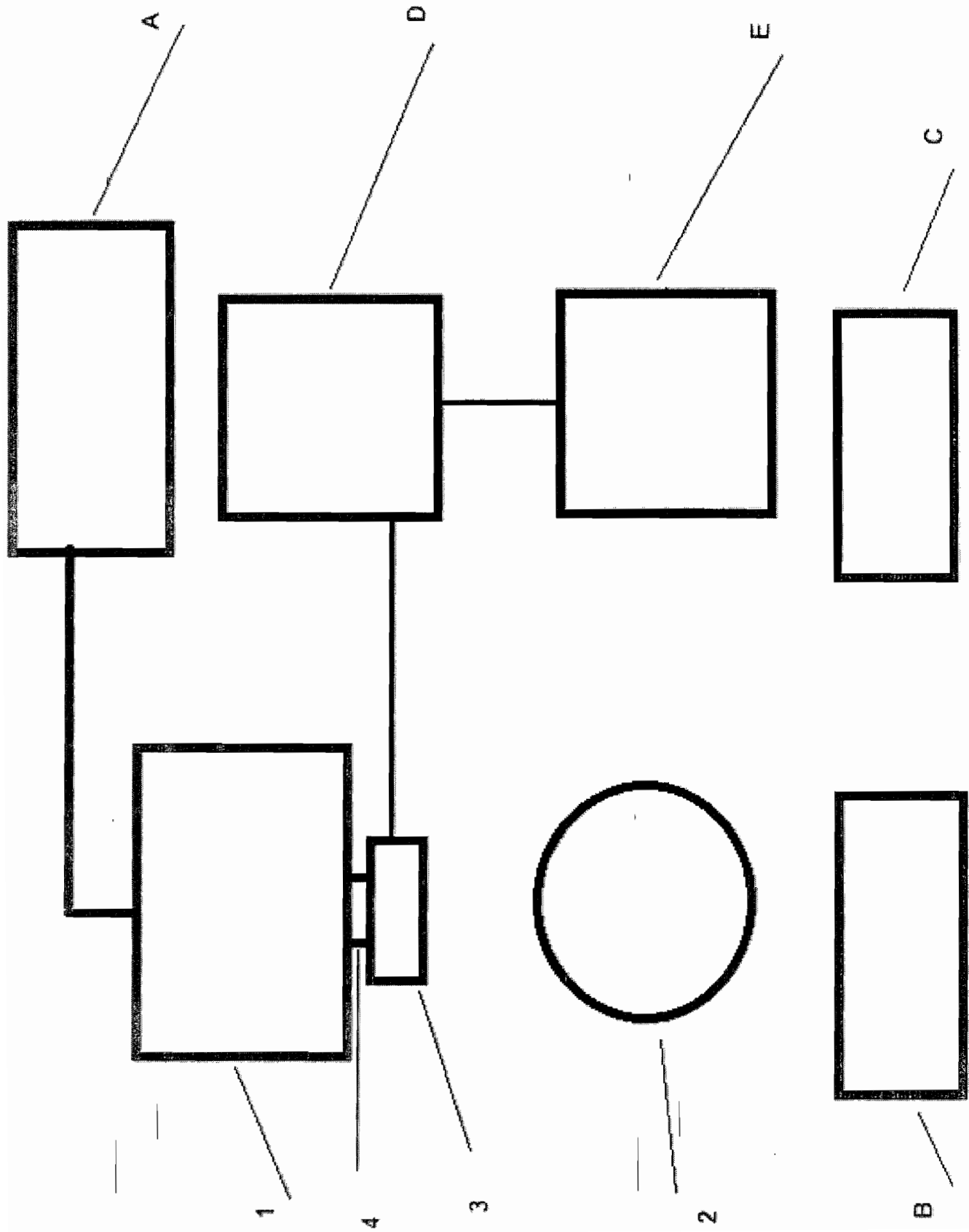


FIG 1