



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2009 00935**

(22) Data de depozit: **16/11/2009**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30/09/2016** BOPI nr. **9/2016**

(41) Data publicării cererii:
30/09/2010 BOPI nr. **9/2010**

(73) Titular:
• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE CERCETARE
DEZVOLTARE PENTRU FIZICĂ TEHNICĂ -
IFT IAȘI,**
*BD.PROF.DR.DOC.DIMITRIE MANGERON
NR.47, IAȘI, IS, RO*

(72) Inventatori:
• **GRIMBERG RAIMOND, BD. TUTORA
NR.1, BL.V1, SC.A, ET.9, AP.40, IAȘI, IS,
RO;**
• **SAVIN ADRIANA, STR. ȘTEJAR NR.55,
BL. M1, SC.E, AP.9, IAȘI, IS, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:
**US 4053828; RO 74319; JPH 04116493 A;
US 5557206**

(54) **TRADUCTOR ELECTROMAGNETIC PENTRU
DETERMINAREA CONDIȚIILOR DE SOL ȘI DE DETECTARE
A OBIECTELOR ÎNGROPATE**



RO 125738 B1

1 Invenția se referă la un traductor electromagnetic pentru determinarea condițiilor de sol și pentru detectarea obiectelor îngropate.

3 Pentru determinarea condițiilor din sol și detectarea obiectelor îngropate, se cunosc aparatul și metoda de detectare a câmpurilor magnetice slabe induse, utilizând două bucle concentrice de emisie (I.J.Won, "Apparatus and method for detecting a weak induced magnetic field by means of two concentric transmitter loops" - patent no. **US 5.557.206** - sept. 17, 1996).
5 Aparatul utilizează, pentru generarea câmpului electromagnetic, un sistem de două bucle circulare concentrice, care creează câmpuri magnetice de sens opus în zona centrală apropiată de axa bobinelor, unde este amplasată o bobină de recepție de mici dimensiuni. Semnalul indus în bobina de recepție este datorat, în mare parte, câmpului electromagnetic împrăștiat de neomogenitățile din sol și de obiectele îngropate. Metoda propusă constă în măsurarea componentelor în fază și în cvadratură de fază ale semnalului indus în bobina de recepție, și compararea acestora cu valori obținute prin calcule matematice.

7 Este, de asemenea, cunoscută o metodă complexă de localizare a obiectelor îngropate în sol, în care se utilizează mai multe tipuri de senzori care se îngroapă în sol pe durata examinărilor, cum ar fi senzori de rezistivitate a solului, de temperatură, de densitate etc. (S.F. Takach, „Soil and time modeling for improved electromagnetic locators for underground Utilities" - Pub. No. **US 2006/0109007** AI Pub. Date. May 25. 2006). Se consideră că cel puțin un semnal electromagnetic recepționat este datorat obiectului îngropat, care generează în vecinătate un câmp electromagnetic ce depinde de proprietățile solului puse în evidență de senzorii îngropați.

15 Dezavantajele principale ale traductorilor și metodelor cunoscute constau în: raport semnal/zgomot redus, ceea ce conduce la o sensibilitate mică și o influență puternică a factorilor de mediu extern, cum ar fi temperatura, și necesitatea utilizării unor curenți electrici alternativi intensi, de ordinul sutelor de amperi, prin buclele de emisie, ceea ce crește puterea surselor de alimentare și face ca aparatul să fie dificil de manevrat în timpul utilizării: necesitatea de a folosi și alți senzori care trebuie îngropați în timpul măsurătorilor și care furnizează informații despre sol doar local, în timp ce, ca urmare a baleiajului regiunii de examinat, traductorul electromagnetic se poate găsi într-o cu totul altă zonă, în care nu sunt accesibile datele necesare; metode de procesare de semnal dificile, care nu conduc la îmbunătățirea sensibilității și a preciziei de localizare a obiectelor îngropate.

21 Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în creșterea sensibilității de detectare a obiectelor îngropate din sol.

23 Traductorul pentru determinarea condițiilor de sol și detectarea și recunoașterea obiectelor îngropate, conform invenției, este de tip emisie recepție. Partea de emisie este formată dintr-o bobină rectangulară spirală plată (**A**), bobinată cu pas constant. Partea de recepție (**B**) este formată dintr-o arie de $n \times n$ bobine rectangulare echidistante ($[1, 1], [1, 2], \dots, [1, n]; \dots [n, 1], [n, 2], \dots [n, n]$). Bobina de emisie este alimentată cu un curent electric alternativ cu frecvența în gama de la sute de hertzi la sute de kilohertzi, și intensități efective între sute de miliamperi și amperi. Bobinele care formează aria de recepție sunt interogate periodic, măsurându-se amplitudinea și faza tensiunii electromagnetice induse în acestea.

27 Disponerea bobinelor din aria de recepție face ca tensiunea electromotoare indusă în acestea ca urmare a câmpului generat de partea de emisie să fie minimă.

29 Se dă în continuare un exemplu de realizare a invenției, pentru o arie de recepție formată din 5×5 bobine, în legătură cu figurile ce reprezintă:

31 - fig. 1, schema traductorului;

33 - fig. 2, schema de conexiuni a traductorului.

RO 125738 B1

Traductorul conform invenției conține o parte de emisie formată dintr-o bobină rectangulară spirală plană **A**, care creează, atunci când este conectată la o sursă de curent alternativ, un câmp electromagnetic cu distribuția spațială relativ uniformă. Partea de recepție **B** conține o arie formată din 5 x 5 bobine de recepție. Planele bobinelor de recepție sunt perpendiculare pe planul bobinei de emisie, astfel încât tensiunea electromotoare indusă la bornele acestora datorită câmpului electromagnetic generat de partea de emisie să aibă amplitudine mică.

Traductorul poate fi montat pe un suport dielectric a cărui permitivitate dielectrică relativă trebuie să fie apropiată de cea a solului. Rezistivitatea electrică a suportului trebuie să fie cât mai mare posibilă.

Partea de emisie a traductorului **A** se alimentează cu un curent electric alternativ, furnizat de un generator de funcții **GF** amplificat cu ajutorul unui amplificator de putere **AP**. Partea de emisie astfel alimentată generează un câmp electromagnetic incident. Acest câmp este împrăștiat pe neomogenitățile din sol (pânză de apă freatică, obiecte metalice îngropate, goluri și galerii, porțiuni de roci etc.), inducând în bobinele ariei care formează partea de recepție **B** o tensiune electromotoare. Bobinele de recepție din arie sunt interogate periodic prin conectarea terminalelor acestora la un multiplexor analogic **MA**. Semnalul de ieșire a multiplexorului analogic **MA** este aplicat la intrarea unui amplificator lock-in **AL**, semnalul de referință fiind în fază cu curentul prin bobina de emisie **A**, el reprezentând tensiunea de la bornele rezistenței **R**, conectată în serie cu partea de emisie **A**. Amplificatorul lock-in **AL** furnizează două valori, și anume, amplitudinea tensiunii electromotoare induse și faza acesteia. Prin intermediul unei fețe de instrumentație **II** se reglează frecvența și amplitudinea semnalului furnizat de generatorul de funcții **GF**, precum și momentele și durata de timp la care sunt interogate bobinele de recepție din arie. Durata de timp de interogare trebuie să fie mai mare decât de 10 ori perioada curentului alternativ prin bobina de emisie. Momentele de timp la care bobina de recepție din arie sunt interogate se corelează cu viteza de deplasare a traductorului electromagnetic ce baleiază suprafața de examinat a solului.

Traductorul este deplasat cu o viteză relativ constantă pe perioada de interogare (intervalul de timp dintre două măsurători succesive, pe aceeași bobină a ariei, trebuie să fie corelat cu aceasta, pentru asigurarea unui baleiaj complet). Pe intervalul de timp în care o bobină de recepție este interogată, se măsoară amplitudinea și faza tensiunii electromotoare induse în aceasta, astfel încât semnalul furnizat de o bobină de recepție $[k, l]$ cu $k = 1, 2, \dots, n$; $l = 1, 2, \dots, n$ se poate scrie:

$$u[k, l] = A [k, l] e^{j\varphi[k, l]} \quad (1)$$

unde $A[k, l]$ reprezintă amplitudinea tensiunii electromotoare induse în bobina de recepție, $[k, l]$, $\varphi[k, l]$ reprezintă faza tensiunii electromotoare induse în aceeași bobină de recepție,

e este baza logaritmului natural, iar $j = \sqrt{-1}$.

Se construiește o matrice de pondere cu valori complexe $w[k, l]$, scrisă sub forma

$$\bar{w} = \begin{pmatrix} w_{11} & w_{12} & \dots & w_{1n} \\ \dots & & & \dots \\ w_{n1} & w_{n2} & \dots & w_{nm} \end{pmatrix} \quad (2)$$

1 astfel încât

$$3 \quad z_{[k,l]} = u[k, l] w[k, l] \approx \text{const.} \quad (3)$$

5 unde $z_{[k,l]}$ este semnalul de ieșire condiționat furnizat de bobina indexată $[k,l]$ pentru $k = 1, 2, \dots, n$ și $l = 1, 2, \dots, n$ atunci când traductorul este plasat pe o zonă de sol perfect omogenă.

7 Rolul matricei de pondere este acela de a asigura că semnalele furnizate de bobinele ariei sunt aproximativ egale atunci când un obiect metalic de foarte mici dimensiuni se găsește îngropat în sol exact sub oricare bobină din aria de recepție.

9 Se definește matricea de sensibilitate a ariei sub forma:

$$11 \quad \bar{A} = \bar{w} * \bar{w}^{-H} \quad (4)$$

13 unde \bar{w}^{-H} reprezintă hermitica matricei w , adică transpus conjugata matricei \bar{w} .

15 Se definește matricea de autocorelație a răspunsului condiționat a ariei de senzori

$$17 \quad \bar{R}_{xx} = \bar{z} * \bar{z}^{-H} \quad (5)$$

19 unde \bar{z}^{-H} reprezintă hermitica matricei \bar{z} .

21 Se definește matricea S ca fiind

$$23 \quad \bar{S} = \bar{A} * \left(\bar{A}^{-H} * \bar{A} \right)^{-1} * \bar{A}^{-H} \quad (6)$$

25 Metoda de super rezoluție propusă localizează obiectul îngropat, cu proprietăți
electromagnetice diferite de cele ale solului, sub bobina ariei pentru care produsul $\bar{S} * \bar{R}_{xx}$
27 este maxim.

29 Se prezintă un caz concret de realizare a traductorului conform invenției, care conține:

31 - o parte de emisie, formată dintr-o bobină rectangulară, spirala plană **A** având latura de 1 m și 10 spire din sârmă CuEm (cu diametrul 1,2 mm), realizată pe un cadru (bobina de emisie are $R = 0,7 \Omega$, $L = 130,5 \mu\text{H}$);

33 - partea de recepție, formată din 5 x 5 bobine de recepție ale căror plane de bobinare sunt perpendiculare pe planul bobinei de emisie, centrele acestora fiind situate în planul bobinei emițătoare; fiecare bobină de recepție are 300 spire din sârmă Cu Em (cu diametrul de 0,12 mm), bobinate pe suporturi din material izolator cu dimensiunea 0,2 x 0,2 m (o bobină de recepție are $R=95,6 \Omega$, $L = 7,33 \mu\text{H}$).

39 Pentru o deplasare ușoară pe sol, traductorul este montat pe un dispozitiv de deplasare cu trei roți, pe una dintre acestea montându-se un encoder astfel încât să se poată efectua o scanare liniară a zonei de interes.

41 Partea de emisie a traductorului **A** se alimentează cu un curent alternativ cu frecvența reglabilă de la sute de hertzi la sute de kilohertzi, și care asigură crearea în jurul ei a unui câmp magnetic a cărui distribuție spațială din sol și proximitate a solului va fi modificată în funcție de caracteristicile sale electromagnetice (permeabilitate magnetică, permitivitate electrică, conductivitate electrică), ceea ce duce la schimbarea fluxului inducției magnetice care traversează bobinele receptoare **B**.

RO 125738 B1

Ca urmare a experimentelor efectuate, prezentăm câteva date informative privind nivelul semnalelor obținute pentru sol cu diferite conductivități.	1
Traductorul poate fi utilizat la inspectarea solului, ca mediu conductor, stratificat, conținând trei componente: nisip (2,0...5,0 mm diametru), care este în mod brut cuarț mineral, dar care poate include și grupări de silicat de aluminiu, calciu, sodiu și potasiu, precum și mici bucăți de pietre și particule minerale; nămol (0,05...0,002 mm diametru), care este format în mare parte din argilă și cuarț, în mod obișnuit conținând și minerale inferioare; valoarea tipică a densității solului este de aproximativ 0,9...1,8 g/cm ³ , cu valoarea medie 1,3 g/cm ³ . O proprietate importantă a solului este salinitatea, măsurată prin conductivitatea electrică. Semnalul provenit de la grupul de bobine receptoare, utilizând procedura de superrezoluție, pentru o conductivitate a solului de 0,217 S/m, cu 0,29% apă, are valoarea 3073 ± 0,29 μV, iar pentru o conductivitate de 15,4 S/m cu 1,31% apă, are valoarea de 4,36 ± 0,36 μV. Astfel, pentru corpuri îngropate în sol la adâncimea de 60 cm, având $\epsilon_r = 4,2$ și $\sigma = 0,1$ S/m, pentru un curent alternativ de 1 A debitat pe bobina de emisie, bobinele receptoare detectează componentele câmpului magnetic deformat de neomogenitatea din sol, utilizând pentru aceasta grupul de bobine receptoare format din 5 x 5 bobine de recepție. În timpul scanării suprafeței, prin deplasarea traductorului pe traiectorii paralele, datele sunt colectate și apoi plasate împreună în pozițiile corespunzătoare, prin procesarea computerizată, realizată prin software specializat, care să identifice morfologia obiectelor detectate, eliminând influența solului. În final este generată o suprafață orizontală plasată la o adâncime particulară, cunoscută sub numele de felie în adâncime, care permite operatorului să aibă o imagine a ariei plane cercetate.	3
Calcululele matematice legate de metoda pentru determinarea condițiilor de sol care permite detectarea și recunoașterea obiectelor îngropate se pot efectua pe același calculator (PC). Matricea de pondere, precum și cea de sensibilitate pot fi calculate pentru fiecare tip de sol în parte, valorile fiind stocate în memoria calculatorului personal, pentru a reduce timpul de operare și pe cel de calcul.	5
	7
	9
	11
	13
	15
	17
	19
	21
	23
	25
	27

RO 125738 B1

Revendicări

1

3

1. Traductor electromagnetic pentru determinarea condițiilor de sol și de detectare a obiectelor îngropate, constituit dintr-o bobină (A) de emisie paralelă cu solul, și un grup de bobine (B) receptoare, constituite într-o matrice, bobine care sunt dispuse în plane perpendiculare pe planul bobinei (A) de emisie, **caracterizat prin aceea că** mai cuprinde un sistem de multiplexare-demultiplexare (MA) care explorează pe rând bobinele (B) de semnal ale căror centre sunt situate în planul bobinei (A) emițătoare, un sistem (AL) lock-in care permite detectarea vectorială a semnalelor individuale corespunzătoare fiecărei bobine (B) de semnal, o interfață (II) prin intermediul căreia semnalele individuale sunt transmise la un sistem (PC) de calcul care permite realizarea unei hărți electromagnetice a caracteristicilor solului, și identificarea spațială a neomogenităților.

5

7

9

11

13

2. Traductor electromagnetic pentru determinarea condițiilor de sol și de detectare a obiectelor îngropate, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** detectarea caracteristicilor electromagnetice a solului se face prin analiza semnalelor electrice rezultate din fluxurile de inducție magnetică ce parcurg bobinele (B) de semnal ca urmare a injectării în bobina (A) de emisie a unui curent alternativ produs de un generator (GF) de funcții.

15

17

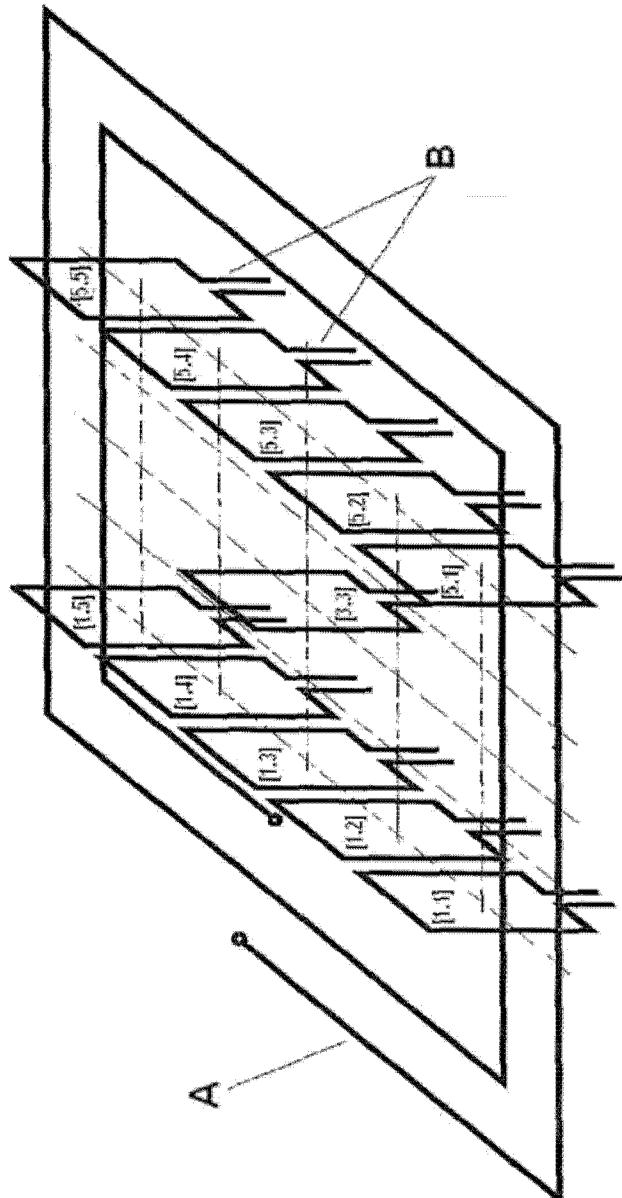


Fig. 1

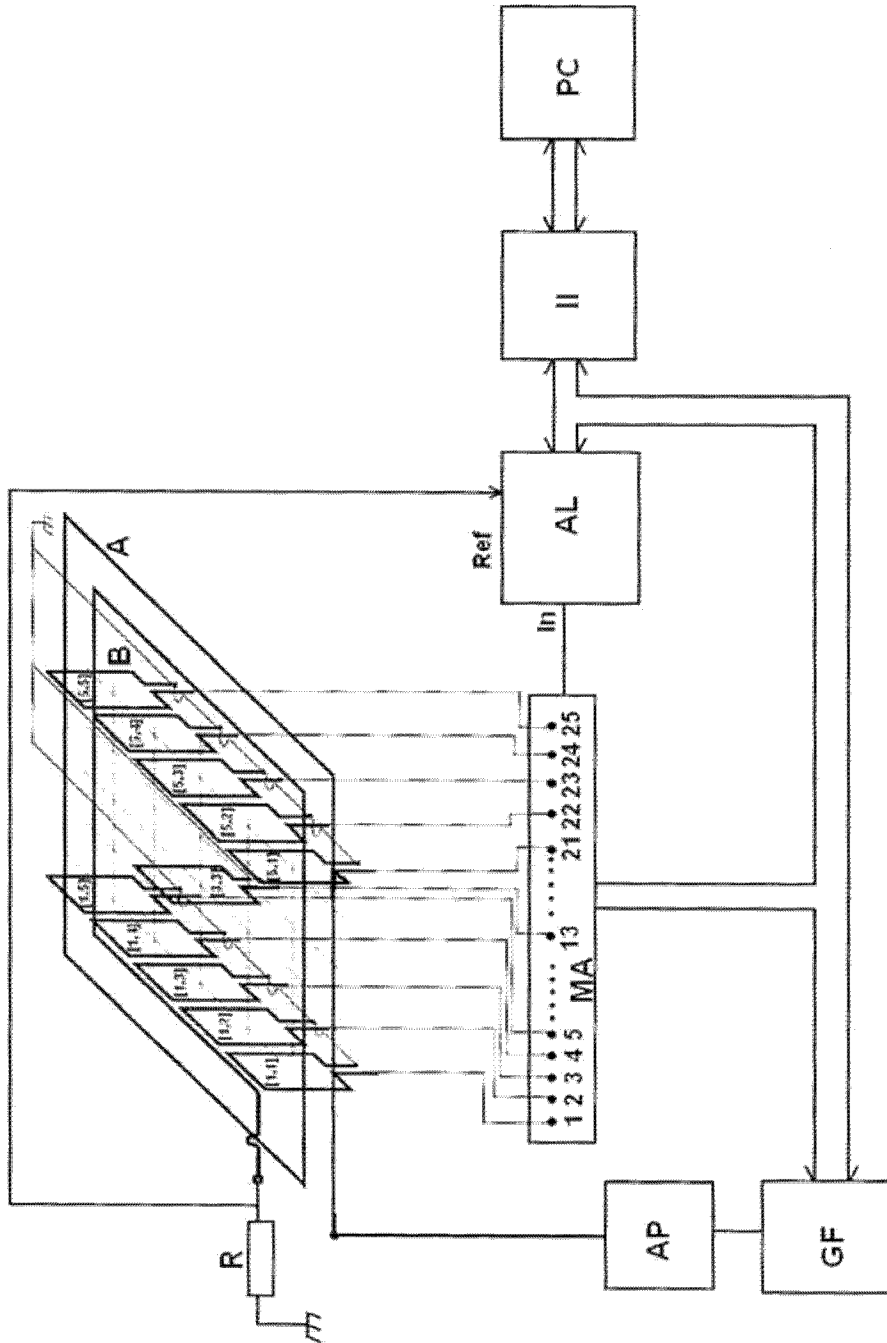


Fig. 2

