



(12)

## BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2010 00679**

(22) Data de depozit: **30.07.2010**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30.09.2014** BOPI nr. **9/2014**

(41) Data publicării cererii:  
**28.02.2012** BOPI nr. **2/2012**

(73) Titular:  
• **DAVID VALERIU**,  
BD.DIMITRIE CANTEMIR NR.3, BL.P 4,  
SC.B, AP.10, IAȘI, IS, RO;  
• **NICA IONUȚ**, STR.PETRU ȘCHIOPU  
NR.4, BL.G 1 B, SC.B, ET.3, AP.3, IAȘI, IS,  
RO

(72) Inventatori:  
• **DAVID VALERIU**,  
BD.DIMITRIE CANTEMIR NR.3, BL.P 4,  
SC.B, AP.10, IAȘI, IS, RO;  
• **NICA IONUȚ**, STR.PETRU ȘCHIOPU  
NR.4, BL.G 1 B, SC.B, ET.3, AP.3, IAȘI, IS,  
RO

(56) Documente din stadiul tehnicii:  
**US 5440232; US 4588993; US 6084551**

(54) **SISTEM DE DETERMINARE A CÂMPULUI MAGNETIC ȘI A  
CÂMPULUI ELECTRIC DE JOASĂ FRECVENȚĂ**



# RO 127139 B1

1           Invenția se referă la un sistem de determinare a câmpului magnetic și a câmpului  
electric de joasă frecvență. Această invenție poate fi aplicată la măsurarea unei componente  
3 a câmpului magnetic și a unei componente a câmpului electric (varianta uniaxială) sau la  
măsurarea tuturor celor trei componente ale câmpului magnetic și a celor trei componente  
5 ale câmpului electric (varianta triaxială) în același punct din spațiu, permițând măsurări auto-  
mate ale câmpurilor magnetice și electrice complexe, fiind adecvată supravegherii înconju-  
7 rătorului electromagnetic, generat de rețeaua de alimentare cu energie electrică sau de alte  
surse de câmp magnetic și/sau electric din domeniul de frecvență 50 Hz ÷ 100 kHz.

9           Odată cu creșterea numărului și a diversității surselor de câmp electromagnetic,  
măsurarea câmpurilor electrice E și magnetice H prezintă o mare importanță atât în  
11 compatibilitatea electromagnetică, cât și în biocompatibilitatea electromagnetică (studiul  
efectelor biologice și al efectelor asupra sănătății ale câmpurilor electromagnetice). În vede-  
13 rea caracterizării câmpurilor electromagnetice, complexe (câmpuri cu mare variabilitate tem-  
porală și spațială), trebuie măsurat atât câmpul electric, cât și câmpul magnetic, în același  
15 punct și în același timp, simultan. În prezent, acest lucru se realizează numai pentru  
frecvențe mai mari de aproximativ 100 kHz, în următoarele două moduri:

17           - utilizând un senzor de câmp electric (dipol electric) și un senzor de câmp magnetic  
(dipol magnetic), pentru varianta uniaxială, sau o combinație de trei senzori pentru E și trei  
19 senzori pentru H, în cazul măsurătoarelor izotrope;

21           - utilizând un singur senzor de tip buclă, cu două interstiții situate diametral opus și  
un sistem de prelucrare, care separă contribuția câmpului magnetic de cea a câmpului  
23 electric, permițând măsurarea simultană a unei componente a lui H și a unei componente  
a lui E, respectiv, cu trei astfel de bucle, se pot determina toate cele trei componente ale lui  
E și cele trei componente ale lui H, deci vectorii E și H, rezultanți, cazul măsurărilor izotrope  
25 sau triaxiale.

27           Pentru frecvențe sub 100 kHz, domeniu de frecvență considerat unitar din punct de  
vedere al efectelor electromagnetice, unde principala sursă de câmp, rețeaua de alimentare  
cu energie electrică (50 Hz sau 60 Hz, plus armonicile), cunoaște o răspândire foarte largă,  
29 măsurarea câmpului magnetic și măsurarea câmpului electric se face cu două dispozitive  
independente. Deoarece senzorii sunt diferiți, unul de câmp magnetic și unul de câmp  
31 electric, nu se pot măsura E și H în același punct și în același timp, ci fie se măsoară  
simultan E și H, dar în două puncte diferite, sau se măsoară E și H în același punct, dar  
33 succesiv (la momente de timp diferite), deci rezultatele sunt afectate de variabilitatea  
spațială, respectiv, de variabilitatea temporală a câmpului. În plus, supravegherea automată  
35 a lui E și H în același punct ar presupune introducerea pe rând a celor doi senzori în punctul  
de interes, iar mișcarea senzorilor ar complica mult automatizarea procesului de măsurare.

37           Problema tehnică, pe care o rezolvă invenția, constă în determinarea componentei  
electrice și a componentei magnetice a câmpului electromagnetic din același punct din spațiu.

39           Sistemul de determinare a câmpului magnetic și a câmpului electric de joasă frecvență  
din același punct din spațiu, în variantă uniaxială, înlătură dezavantajele de mai sus, prin  
41 aceea că este alcătuit dintr-un singur senzor ce conține o bobină de inducție și o buclă ecran  
cu două interstiții situate diametral opus, din două relee ce comandă bucla ecran, pentru a  
43 se comporta succesiv ca ecran pentru a oferi protecție față de E la măsurarea lui H, când  
sensibilitatea la câmp magnetic se mărește prin creșterea numărului de spire ale bobinei de  
45 inducție, respectiv, ca buclă cu două interstiții diametral opuse, încărcate cu două rezistențe,  
la măsurarea lui E, când sensibilitatea la câmp electric se crește prin creșterea valorii  
47 rezistențelor de la interstiții, un sistem de prelucrare electronică ce preia semnalele obținute  
de senzor, o placă de achiziție de date ce preia tensiunile analogice, obținute la ieșirea  
49 sistemului de prelucrare, și un calculator portabil, pe care este realizat, într-un mediu de

# RO 127139 B1

dezvoltare pentru limbaje de programare vizuală, în sine cunoscut, un instrument virtual, cu ajutorul căruia se măsoară, înregistrează și supraveghează automat, în domeniul timp și în domeniul frecvență, valorile efective și valorile de vârf ale componentei  $H_z$  a câmpului magnetic și ale componentei  $E_y$  a câmpului electric. 1  
3

Sistemul de determinare a câmpului magnetic și a câmpului electric de joasă frecvență din același punct din spațiu, într-o altă variantă constructivă, triaxială, înlătură dezavantajele de mai sus, prin aceea că este alcătuit dintr-un senzor triaxial, format din trei senzori uniaxiali, ce conțin, fiecare, câte o bobină de inducție și o buclă ecran cu două interstiții situate diametral opus, din două relee ce comandă buclele ecran, fiecare dintre senzorii uniaxiali fiind perpendicular pe ceilalți doi, un sistem de prelucrare electronică ce preia semnalele obținute de senzorul triaxial, o placă de achiziție de date ce preia tensiunile analogice obținute la ieșirea sistemului de prelucrare, și un calculator portabil pe care este realizat, într-un mediu de dezvoltare pentru limbaje de programare vizuală, în sine cunoscut, un instrument virtual, care permite măsurări automate, în domeniul timp și în domeniul frecvență, ale celor trei componente ale vectorului  $H$  și ale celor trei componente ale vectorului  $E$ , cu înregistrarea valorilor efective și a valorilor vârf la vârf ale celor șase componente, precum și a valorilor efective ale vectorului câmp magnetic rezultat, respectiv, ale vectorului câmp electric rezultat. 5  
7  
9  
11  
13  
15  
17

Avantajele invenției sunt următoarele: 19

- permite măsurarea cu un singur senzor al câmpului electric și al câmpului magnetic, în domeniul de frecvență 50 Hz ÷ 100 kHz, domeniu pentru care, măsurările fiind în zona de câmp apropiat, este necesară determinarea atât a lui  $H$ , cât și a lui  $E$ , în fiecare punct de interes; 21  
23

- față de sistemele utilizate pentru măsurarea simultană a lui  $E$  și  $H$ , aplicabile doar pentru frecvențe mai mari de aproximativ 100 kHz, senzorul de câmp magnetic și electric, conform invenției, permite o reglare independentă a sensibilității la  $H$ , de reglare a sensibilității la  $E$ , este mai simplu și elimină modularea și transmisia optică a semnalului; 25  
27

- în varianta triaxială, pe lângă reprezentarea în domeniul timp și în domeniul frecvență, a celor trei componente ale vectorului  $H$  și ale celor trei componente ale vectorului  $E$ , sistemul permite înregistrarea valorilor efective ale celor doi vectori (câmp magnetic rezultat și câmp electric rezultat) și prelucrarea statistică a rezultatelor, fiind adecvat supravegherii automate a câmpurilor electrice și magnetice, complexe, de joasă frecvență (50 Hz ÷ 100 kHz), câmpuri cu o largă răspândire și al căror domeniu de frecvență este considerat unitar, din punct de vedere al efectelor biologice. 29  
31  
33

Se dau, în continuare, două exemple de realizare a invenției, în legătură cu fig. 1 și 2, care reprezintă: 35

- fig. 1, sistemul de măsurare și caracterizare al unei componente a lui  $H$  și a unei componente a lui  $E$  - varianta uniaxială; 37

- fig. 2, sistemul de măsurare și caracterizare al celor trei componente ale lui  $H$  și al celor trei componente ale lui  $E$  - varianta triaxială. 39

În varianta uniaxială, se determină, cu un singur senzor, câmpul magnetic după o anumită direcție și, de asemenea, câmpul electric după o anumită direcție. 41

Măsurarea câmpului magnetic se face cu ajutorul unei bobine 1.1, de inducție, care este ecranată cu o buclă 1.2 ecran, pentru a reduce influența câmpului electric. Tensiunea  $U_{bi}$  de la ieșirea bobinei de inducție conține informația despre componenta  $H_z$  după direcția  $z$ , a câmpului magnetic: 43  
45

$$U_{bi} = N \cdot \pi \cdot b^2 \cdot \omega \cdot \mu_0 \cdot H_z \quad (1) \quad 47$$

# RO 127139 B1

1 unde N reprezintă numărul de spire ale bobinei de inducție, b raza bobinei,  $\omega$  este pulsația  
câmpului considerat cu variație sinusoidală, iar  $\mu_0$  este permeabilitatea magnetică a aerului.

3 Sensibilitatea la măsurarea componentei  $H_z$  după direcția z a câmpului magnetic poate  
fi crescută prin creșterea numărului de spire ale bobinei N.

5 Releele 1.3 și 1.4, aflate în imediata apropiere a celor două interstiții ale buclei 1.2  
ecran și comandate de placa 1.5 de achiziție de date permit, pentru bucla ecran, obținerea  
7 efectului de ecran, în cazul măsurării lui H și de buclă cu două interstiții situate diametral opus  
(la unghiurile  $\phi = 0$ , respectiv,  $\phi = \pi$ ), fiecare încărcată cu câte o rezistență de valoare R, în  
9 cazul măsurării lui E. Astfel, în a doua situație, bucla 1.2 ecran, prevăzută cu două interstiții  
situate diametral opus, este utilizată pentru măsurarea câmpului electric.

11 Tensiunea  $U_{ec}(0)$  de pe rezistența de valoare R de la interstițiul buclei 1.2 ecran din  
punctul  $\phi = 0$  este:

13

$$U_{ec}(0) = \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot b^2 \cdot \omega \cdot \mu_0 \cdot H_z + \pi \cdot b \cdot \omega \cdot \frac{2 \cdot \varepsilon_0 \cdot b}{\ln \frac{8 \cdot b}{a} - 2} \cdot R \cdot E_y \quad (2)$$

15

17

unde b este raza medie a buclei ecran, a este raza țevii din care este confecționată această  
19 buclă,  $\omega$  este pulsația câmpului considerat cu variație sinusoidală,  $\mu_0$  este permeabilitatea  
magnetică a aerului,  $\varepsilon_0$  este permitivitatea dielectrică a aerului, R este valoarea rezistenței  
21 de la cele două interstiții,  $H_z$  este componenta câmpului magnetic după direcția z  
(perpendiculară pe suprafața buclei), iar  $E_y$  componenta câmpului electric după direcția y,  
23 (tangentă la bucla ecran în zona interstițiilor).

25 Raportul dintre sensibilitatea la câmp electric,  $S_{E_y}$ , și sensibilitatea la câmp magnetic,  
 $S_{H_z}$ , a buclei cu două interstiții este:

27

$$\frac{S_{E_y}}{S_{H_z}} = \frac{R}{Z_{L_0}} \quad (3)$$

29

unde R este valoarea rezistenței de la cele două interstiții, iar  $Z_{L_0}$  (valoarea rezistenței pentru  
31 care sensibilitatea la câmp electric este egală cu cea la câmp magnetic) poate fi calculată.

Întrucât componenta  $H_z$  a câmpului magnetic se măsoară conform relației 1, cu bobina  
33 de inducție din interiorul buclei ecran cu rol de ecran pentru protecție față de câmpul electric,  
bucla ecran cu două interstiții situate diametral opuse se utilizează doar pentru măsurarea  
35 lui  $E_y$ . De aceea, prin creșterea valorii rezistenței R, se crește doar sensibilitatea la câmp  
electric, ceea ce face ca primul termen (contribuția câmpului magnetic  $H_z$  din membrul drept  
37 al relației 2) să devină neglijabil față de al doilea termen (contribuția câmpului electric  $E_y$ ) și  
astfel tensiunea  $U_{ec}(0)$  să fie o măsură a câmpului electric, conform relației 2, în care primul  
39 termen este neglijabil.

Determinând valoarea tensiunii  $U_{bi}$  dată de relația 1 și astfel valoarea lui  $H_z$ , precum  
41 și valoarea tensiunii  $U_{ec}(0)$  dată de relația 2, se poate verifica, în cazul fiecărei măsurări, dacă  
aportul câmpului magnetic  $H_z$  la tensiunea  $U_{ec}(0)$  poate fi neglijat.

43 Cele două tensiuni,  $U_{bi}$  și  $U_{ec}(0)$ , sunt aplicate unui sistem 1.6, de prelucrare  
electronică, format din multiplexor (dacă se utilizează un singur canal de prelucrare),  
45 amplificatoare de instrumentație (pentru creșterea nivelului tensiunii), integratoare (pentru  
eliminarea dependenței de frecvență, deci trecerea de la răspuns direct proporțional cu  
47 derivata câmpului la răspuns direct proporțional cu câmpul) și filtre.

# RO 127139 B1

|   |   |
|---|---|
| Cele două tensiuni analogice de la ieșirea sistemului 1.6 de prelucrare electronică, se aplică plăcii 1.5 de achiziție de date, care comunică cu calculatorul 1.7 portabil, pe care este realizat, în LabVIEW, un instrument virtual. Placa 1.5, de achiziție de date, comandă relelele 1.3 și 1.4., precum și sistemul 1.6 de prelucrare electronică (de exemplu, multiplexorul, câștigul amplificatorului). Cu ajutorul instrumentului virtual, pe calculatorul 1.7 portabil, sunt afișate și memorate rezultatele măsurării instantanee („spot measurement”), precum și ale supravegherii automate, pe un anumit interval de timp („long term survey”), ale unei componente a câmpului magnetic, $H_z$ , și ale unei componente a câmpului electric, $E_y$ . Referitor la măsurările instantanee, se reprezintă formele de undă $H_z(t)$ și $E_y(t)$ (reprezentarea în domeniul timp) și componentele de frecvență $H_z(f)$ și $E_y(f)$ (reprezentarea în domeniul frecvență). În ceea ce privește supravegherea automată, pe o perioadă lungă de timp, a câmpurilor complexe, se detectează valorile efective și valorile vârf la vârf ale lui $H_z$ și ale lui $E_y$ , la un interval de timp prestabilit (secunde, zeci de secunde, minute etc.) și se înregistrează aceste valori pentru durata de timp considerată, zeci de minute, ore, zile - $H_{z,ef}(t)$ ; $E_{y,ef}(t)$ ; $H_{z,vv}(t)$ ; $E_{y,vv}(t)$ . De asemenea, se face și o prelucrare statistică a rezultatelor. | 1<br>3<br>5<br>7<br>9<br>11<br>13<br>15 |
| Deoarece varianta uniaxială permite efectuarea de măsurări și de supravegheri automate, doar ale componentei după o anumită direcție a lui $H$ și ale componentei după o anumită direcție a lui $E$ , s-a realizat și varianta triaxială, ce permite efectuarea de măsurări în domeniul timp și în domeniul frecvență ale celor trei componente perpendiculare ale lui $H$ și ale celor trei componente perpendiculare ale lui $E$ , deci se realizează caracterizarea vectorilor $H$ și $E$ , rezultanți, precum și reprezentarea valorilor efective ale acestor doi vectori rezultanți, în mod automat și fără mișcarea senzorului.   | 17<br>19<br>21                          |
| În acest scop, se utilizează un senzor 2.1 triaxial, format din trei senzori uniaxiali, pentru măsurarea lui $H$ și $E$ , fiecare compus dintr-o bobină 1.1 de inducție și o buclă 1.2 ecran, comandată de două rele, fiecare dintre senzorii uniaxiali fiind perpendicular pe ceilalți doi, în sistemul rectangular $Oxyz$ .   | 23<br>25                                |
| Sistemul 2.2 de prelucrare electronică poate conține un singur sistem 1.6 de prelucrare electronică, precedat de un multiplexor, pentru comutarea, pe rând, a celor două semnale de pe fiecare dintre cele trei direcții perpendiculare, sau sistemul 2.2 de prelucrare electronică poate fi format din trei canale identice, câte unul pentru fiecare direcție. Placa 2.3 de achiziție transmite, spre calculatorul 2.4 portabil, cele șase semnale, adică variațiile în timp (formele de undă), pentru cele trei componente ale lui $H$ : $H_x(t)$ ; $H_y(t)$ ; $H_z(t)$ și cele trei componente ale lui $E$ : $E_x(t)$ ; $E_y(t)$ ; $E_z(t)$ .   | 27<br>29<br>31<br>33                    |
| Din aceste șase semnale (reprezentări în timp sau forme de undă), se obțin reprezentările în domeniul frecvență: $H_x(f)$ ; $H_y(f)$ ; $H_z(f)$ ; $E_x(f)$ ; $E_y(f)$ ; $E_z(f)$ , înregistrările valorilor efective și ale valorilor vârf la vârf ale componentelor câmpului magnetic ( $H_{x,ef}(t)$ ; $H_{y,ef}(t)$ ; $H_{z,ef}(t)$ ; $H_{x,vv}(t)$ ; $H_{y,vv}(t)$ ; $H_{z,vv}(t)$ ) și cele ale componentelor câmpului electric ( $E_{x,ef}(t)$ ; $E_{y,ef}(t)$ ; $E_{z,ef}(t)$ ; $E_{x,vv}(t)$ ; $E_{y,vv}(t)$ ; $E_{z,vv}(t)$ ), precum și înregistrările valorilor efective ale câmpului magnetic resultant, $H_{ef}(t)$ , respectiv, ale câmpului electric resultant, $E_{ef}(t)$ . Și de această dată, se face o evaluare și prelucrare statistică a rezultatelor, precum și o identificare și corecție a erorilor datorate sensibilității parazite la componentele $H$ , atunci când se măsoară componentele $E$ .   | 35<br>37<br>39<br>41                    |

# RO 127139 B1

## Revendicări

1

3

1. Sistem de determinare a câmpului magnetic și a câmpului electric de joasă frecvență, **caracterizat prin aceea că**, în variantă uniaxială, este alcătuit dintr-un singur senzor ce conține o bobină (1.1) de inducție și o buclă (1.2) ecran cu două interstiții situate diametral opus, din două relee (1.3 și 1.4) ce comandă bucla (1.2) ecran pentru a se comporta succesiv ca ecran, pentru a oferi protecție față de E, la măsurarea lui H, când sensibilitatea la câmp magnetic se mărește prin creșterea numărului de spire ale bobinei (1.1) de inducție, respectiv, ca buclă cu două interstiții diametral opuse, încărcate cu două rezistențe, la măsurarea lui E, când sensibilitatea la câmp electric se crește prin creșterea valorii rezistențelor de la interstiții, un sistem (1.6) de prelucrare electronică ce preia semnalele obținute de senzor, o placă (1.5) de achiziție de date ce preia tensiunile analogice, obținute la ieșirea sistemului (1.6) de prelucrare și un calculator (1.7) portabil pe care este realizat, într-un mediu de dezvoltare pentru limbaje de programare vizuală, în sine cunoscut, un instrument virtual, cu ajutorul căruia se măsoară, înregistrează și supraveghează automat, în domeniul timp și în domeniul frecvență, valorile efective și valorile de vârf ale componentei  $H_z$  a câmpului magnetic și ale componentei  $E_y$  a câmpului electric.

5

7

9

11

13

15

17

19

21

23

25

27

29

2. Sistem de determinare a câmpului magnetic și a câmpului electric de joasă frecvență, **caracterizat prin aceea că**, într-o altă variantă constructivă, triaxială, este alcătuit dintr-un senzor (2.1) triaxial, format din trei senzori uniaxiali, ce conține, fiecare, câte o bobină (1.1) de inducție și o buclă (1.2) ecran cu două interstiții situate diametral opus, din două relee (1.3 și 1.4) ce comandă buclele (1.2) ecran, fiecare dintre senzorii uniaxiali fiind perpendicular pe ceilalți doi, un sistem (2.2) de prelucrare electronică ce preia semnalele obținute de senzorul triaxial, o placă (2.3) de achiziție de date ce preia tensiunile analogice, obținute la ieșirea sistemului (2.2) de prelucrare, și un calculator (2.4) portabil pe care este realizat, într-un mediu de dezvoltare pentru limbaje de programare vizuală, în sine cunoscut, un instrument virtual care permite măsurări automate, în domeniul timp și în domeniul frecvență, ale celor trei componente ale vectorului H și ale celor trei componente ale vectorului E, cu înregistrarea valorilor efective și a valorilor vârf la vârf ale celor șase componente, precum și a valorilor efective ale vectorului câmp magnetic, rezultat, respectiv, ale vectorului câmp electric, rezultat.

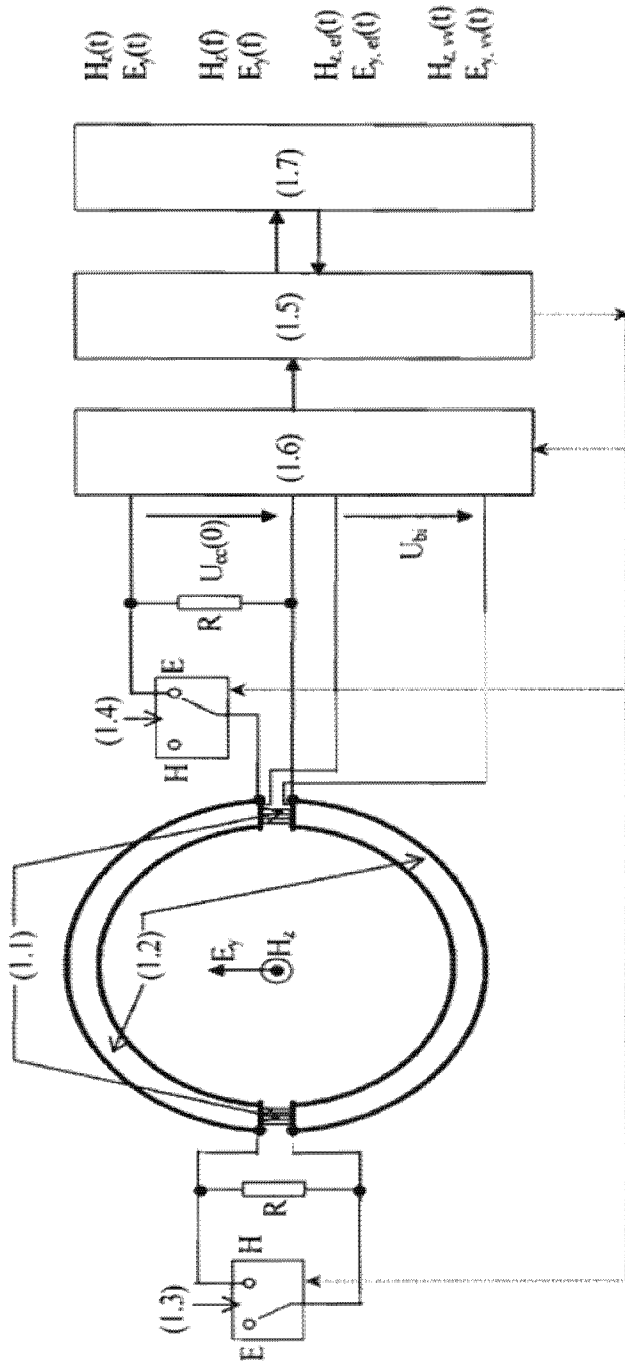


Fig. 1

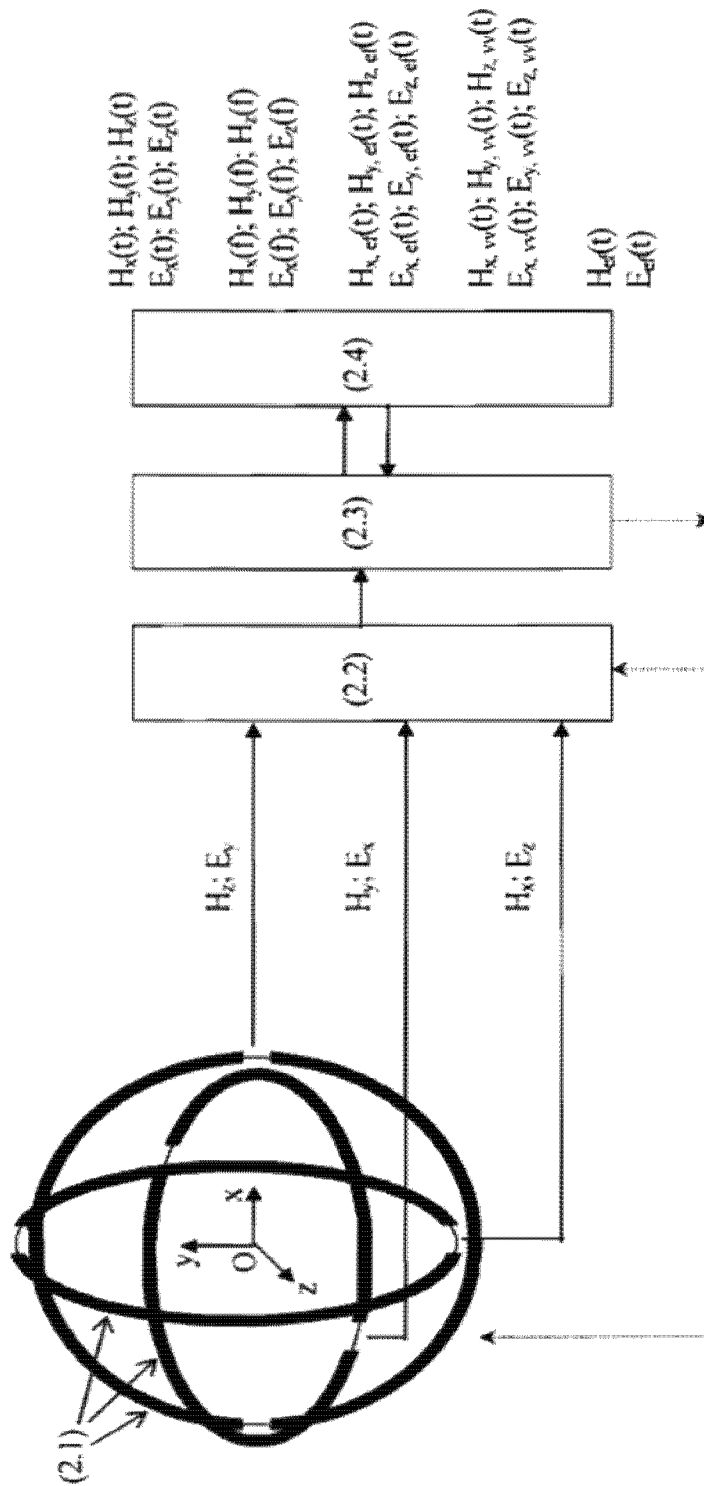


Fig. 2

