

(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2010 00679

(22) Data de depozit: 30.07.2010

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

(71) Solicitant:  
• DAVID VALERIU,  
BD. DIMITRIE CANTEMIR NR.3, BL.P4,  
SC.B, AP.10, IAȘI, IS, RO;  
• NICA IONUȚ, STR. PETRU ȘCHIOPU  
NR.4, BL.G1B, SC.B, ET.3, AP.3, IAȘI, IS,  
RO

(72) Inventatori:  
• DAVID VALERIU,  
BD. DIMITRIE CANTEMIR NR.3, BL.P4,  
SC.B, AP.10, IAȘI, IS, RO;  
• NICA IONUȚ, STR. PETRU ȘCHIOPU  
NR.4, BL.G1B, SC.B, ET.3, AP.3, IAȘI, IS,  
RO

(54) DETERMINAREA CU UN SINGUR SENZOR A CÂMPULUI  
MAGNETIC ȘI A CÂMPULUI ELECTRIC DE JOASĂ  
FRECVENȚĂ

(57) Rezumat:

Invenția se referă la determinarea, cu un singur senzor, a câmpului magnetic și a câmpului electric de joasă frecvență. Determinarea câmpului, conform invenției, se face cu ajutorul unei bobine (1.1) de inducție și cu o buclă (1.2) ecran care este comandată de niște relee (1.3 și 1.4), pentru a se comporta ca ecran, la măsurarea câmpului magnetic, și ca buclă cu două interstiiții situate diametral opus, la măsurarea câmpului electric, rezultând: un senzor uniaxial, urmat de un sistem (1.6) de prelucrare electronică, de o placă (1.5) de achiziție de date și de un calculator (1.7) portabil, care face posibilă măsurarea automată instantanee în domeniul timp și în domeniul frecvență, și înregistrarea automată a valorilor efective și a valorilor vârf la vârf, pentru o componentă a câmpului magnetic și o componentă a câmpului electric; un senzor triaxial, urmat de un sistem de prelucrare, achiziție, afișare și stocare similar, face posibilă caracterizarea automată a celor trei componente de câmp magnetic, trei componente de câmp electric și a celor doi vectori rezultanți, câmp magnetic și câmp electric.

Revendicări: 2  
Figuri: 2

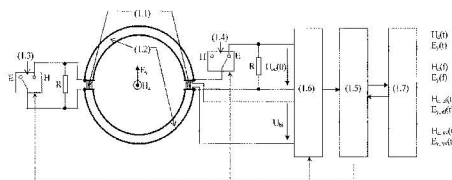


Fig. 1



## **DETERMINAREA CU UN SINGUR SENZOR A CÂMPULUI MAGNETIC ȘI A CÂMPULUI ELECTRIC DE JOASĂ FRECVENȚĂ**

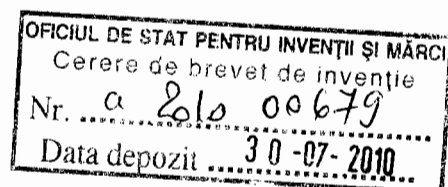
Invenția se referă la o metodă de determinare a câmpului magnetic și a câmpului electric de joasă frecvență utilizând un singur senzor (o singură probă de câmp). Ea poate fi aplicată la măsurarea unei componente a câmpului magnetic și a unei componente a câmpului electric (varianta uniaxială) sau măsurarea tuturor celor trei componente ale câmpului magnetic și trei componente ale câmpului electric (varianta triaxială), permițând măsurări automate ale câmpurilor magnetice și electrice complexe, fiind adecvată supravegherii înconjurătorului electromagnetic generat de rețeaua de alimentare cu energie electrică sau alte surse de câmp magnetic și/sau electric din domeniul de frecvență 50 Hz ÷ 100 kHz.

Odată cu creșterea numărului și diversității surselor de câmp electromagnetic, măsurarea câmpurilor electrice, E, și magnetice, H, prezintă mare importanță atât în compatibilitatea electromagnetică, cât și în biocompatibilitatea electromagnetică (studiul efectelor biologice și efectelor asupra sănătății ale câmpurilor electromagnetice).

În vederea caracterizării câmpurilor electromagnetice complexe (câmpuri cu mare variabilitate temporală și spațială) trebuie măsurat atât câmpul electric cât și câmpul magnetic în același 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:

- 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 senzori pentru H în cazul măsurătoarelor izotrope;
- 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 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 3 componente ale lui E și cele trei componente ale lui H, deci vectorii E și H rezultanți, cazul măsurărilor izotrope sau triaxiale.

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, 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 electric, nu se poate 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 succesiv (la momente de timp diferite), deci rezultatele sunt afectate de variabilitatea spațială, respectiv de variabilitatea temporală a câmpului. În plus, supravegherea automată 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.

Metoda de măsurare a câmpului, **conform invenției**, utilizând un singur senzor, determină atât câmpul magnetic cât și câmpul electric din același punct din spațiu, pentru domeniul de frecvență 50 Hz ÷ 100 kHz, permițând măsurări automate, în domeniul timp și în domeniul frecvență ale unei componente a lui H și ale unei componente a lui E (varianta uniaxială), respectiv ale celor trei componente ale lui H și ale celor trei componente ale lui E, deci permite caracterizarea vectorilor câmp electric și câmp magnetic rezultanți (varianta triaxială).

Principiul de măsurare a câmpului electric și a câmpului magnetic cu un singur senzor este următorul:

Câmpul magnetic se determină cu o bobina de inducție ecranată. Bucula ecran, care elimină influența câmpului electric asupra bobinei de inducție din interiorul ei și care are un singur interstițiu, în cazul măsurării lui H, de această dată are o construcție specială, fiind prevăzută cu două interstiții situate diametral opus, pentru a fi utilizată la măsurarea lui E. Astfel: câmpul magnetic se măsoară cu bobina de inducție ecranată, iar sensibilitatea senzorului la câmp magnetic se crește, prin creșterea numărului de spire ale bobinei; câmpul electric se determină cu bucla ecran ce este prevăzută cu două interstiții situate diametral opus, iar sensibilitatea senzorului la câmp electric se crește prin creșterea valorii rezistențelor de la cele două interstiții. Comutarea între măsurarea lui E și H se face automat și foarte rapid ceea ce permite măsurarea automată (în domeniul timp și în domeniul frecvență) a unei componente a lui H și a unei componente a lui E în același punct din spațiu. De asemenea, se face detecția valorilor efective și detecția valorilor vârf la vârf ale lui E și H, la intervale scurte de timp, se înregistrează aceste valori pentru o anumită perioadă de timp și se realizează o prelucrare statistică a rezultatelor.

Utilizând trei astfel de senzori uniaxiali, situați perpendicular unul pe altul și un sistem de prelucrare electronică adecvat, se determină cele trei componente ale vectorului H și cele trei componente ale vectorului E (în domeniul timp și în domeniul frecvență), se detectează valorile efective și valorile vârf la vârf, se înregistrează valorile efective ale vectorului câmp magnetic rezultant și ale vectorului câmp electric rezultant. În plus, se face o evaluare a rezultatelor măsurării, inclusiv o identificare și corectare a unor erori de măsurare (de

exemplu, sensibilitatea parazită la H, în cazul măsurării lui E), pe baza datelor achiziționate de la senzorul de câmp magnetic și electric.

Metoda de măsurare conform invenției, prezintă următoarele avantaje:

- permite măsurarea cu un singur senzor a câmpului electric și a 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;
- față de metodele de măsurare 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 reglarea sensibilității la E, este mai simplu, elimină modularea și transmisia optică a semnalului.
- în varianta triaxială pe lângă reprezentarea în domeniul timp și în domeniul frecvență a celor trei componente ale vectorului H și a celor trei componente ale vectorului E, metoda permite înregistrarea valorilor efective ale celor doi vectori (câmp magnetic rezultat și câmp electric rezultat), prelucrarea statistică a rezultatelor, fiind adecvat supravegheri automate a câmpurilor electrice și magnetice complexe de joasă frecvență (50 Hz ÷ 100 kHz), câmpuri cu o largă răspândire și a căror domeniu de frecvență este considerat unitar din punct de vedere al efectelor biologice.

Se dă, în continuare, un exemplu de realizare conform:

- Figura 1 – metoda de măsurarea și caracterizare a unei componente a lui H și a unei componente a lui E (variante uniaxială);
- Figura 2 – metoda de măsurarea și caracterizare a celor trei componente ale lui H și a celor trei componente ale lui E (variante triaxială).

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

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

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

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

Sensibilitatea la măsurarea lui  $H_z$  poate fi crescută prin creșterea numărului de spire ale bobinei,  $N$ .

Releele 1.3., 1.4, aflate în imediata apropiere a celor două interstiții ale buclei ecran 1.2. și comandate de placa de achiziție de date 1.5, permit, pentru bucla ecran, obținerea 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 cazul măsurării lui  $E$ . Astfel, în a doua situație, bucla ecran 1.2. prevăzută cu două interstiții situate diametral opus este utilizată pentru măsurarea câmpului electric.

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

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

unde,  $b$  este raza medie a buclei ecran,  $a$  este raza țevii din care este confecționată această 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 de la cele două interstiții,  $H_z$  este componenta câmpului magnetic după direcția  $z$  (perpendiculară pe suprafața buclei),  $E_y$  componenta câmpului electric după direcția  $y$ , (tangenta la bucla ecran în zona interstițiilor).

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

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

unde  $R$  este valoarea rezistenței de la cele două interstiții, iar  $Z_{L_0}$  (valoarea rezistenței pentru 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 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 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 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 (2) în care primul termen este neglijabil.

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

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

Cele două tensiuni analogice de la ieșirea sistemului de prelucrare electronică se aplică plăcii de achiziție de date 1.5., care comunică cu calculatorul portabil 1.7. pe care este realizat, în LabVIEW, un instrument virtual. Placa de achiziție de date 1.5. comandă releele 1.3 și 1.4., precum și sistemul de prelucrare electronică 1.6. (de exemplu multiplexorul, câștigul amplificatorului). Cu ajutorul instrumentului virtual, pe calculatorul portabil 1.7. 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  $E_y$  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.

Deoarece varianta uniaxială permite efectuarea de măsurări și 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.

În acest scop se utilizează un senzor triaxial 2.1. format din trei senzori uniaxiali pentru măsurarea lui  $H$  și  $E$ , fiecare compus dintr-o bobină de tip 1.1. și o buclă ecran de tip 1.2 comandată de 2 relee, fiind așezați perpendicular unul pe altul în sistemul rectangular Oxyz.

Sistemul de prelucrare electronică 2.2. poate conține un singur canal de prelucrare de tipul 1.6. precedat de un multiplexor pentru comutarea pe rând a celor două semnale de pe fiecare din cele trei direcții perpendiculare sau sistemul de prelucrare electronică 2.2. poate fi format din trei canale identice, câte unul pentru fiecare direcție. Placa de achiziție 2.3. transmite spre calculatorul portabil 2.4. cele 6 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:  $E_x(t)$ ;  $E_y(t)$ ;  $E_z(t)$ .

Din aceste 6 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 rezultat,  $H_{ef}(t)$ , respectiv câmpului electric rezultat,  $E_{ef}(t)$ . Și de această dată se face o evaluare și prelucrare statistică a rezultatelor, precum și o identificarea și corecție a erorilor datorate sensibilității parazite la componentele H atunci când se măsoară componentele E.

## REVEDICĂRI

1. Determinarea cu un singur senzor a câmpului magnetic și a câmpului electric de joasă frecvență (50 Hz ÷ 100 kHz) în varianta uniaxială **se caracterizează prin aceea că** utilizează o bobină de inducție (1.1) și o buclă ecran cu o construcție specială (1.2), ce este comandată de relee (1.3) și (1.4) pentru a se comporta ca ecran și deci protecție față de E la măsurarea lui H, când sensibilitatea la câmp magnetic se crește prin creșterea numărului de spire ale bobinei de inducție, respectiv ca buclă cu două interstiții situate diametral opus, încărcate cu două rezistențe, la măsurarea lui E, când sensibilitatea la câmp electric se crește prin creșterea valorii rezistențelor de la interstiții, iar senzorul astfel rezultat, urmat de un sistem de prelucrare electronică (1.6), o placă de achiziție de date (1.5) și un calculator portabil (1.7), pe care este realizat în labVIEW un instrument virtual, face posibilă măsurarea automată în domeniul timp și în domeniul frecvență (măsurări instantanee), înregistrarea automată a valorilor efective și a valorilor vârf la vârf pentru o componentă a lui H și o componentă a lui E (supraveghere automată pe termen lung).

2. Determinarea cu un singur senzor a câmpului magnetic și a câmpului electric de joasă frecvență (variantea triaxială) **se caracterizează prin aceea că** utilizează trei senzori uniaxiali de tipul (1.1) și (1.2) ultimul fiind comandat de 2 relee de tipul (1.3) și (1.4), fiecare dintre senzorii uniaxiali rezultați fiind perpendicular pe ceilalți doi rămași, ansamblu ce formează un senzor triaxial (2.1), care este urmat de un sistem de prelucrare electronică (2.2), o placă de achiziție de date (2.3) și un calculator portabil (2.4) pe care este realizat în labVIEW un instrument virtual, făcând posibile măsurări automate în domeniul timp și în domeniul frecvență a celor trei componente ale vectorului H și trei componente ale vectorului E (măsurări instantanee), supravegherea automată pe termen lung a acestor doi vectori rezultanți (înregistrarea automată a valorilor efective și a valorilor vârf la vârf ale celor trei componente ale lui H și trei componente ale lui E, înregistrarea automată a valorilor efective ale vectorilor H rezultat, respectiv E rezultat), evaluarea și prelucrarea statistică a rezultatelor, precum și o identificare și corecție a erorilor, sistemul de măsurare fiind adecvat pentru caracterizarea și supravegherea câmpurilor electromagnetice complexe ce pot afecta sistemele tehnice sau biologice.



28

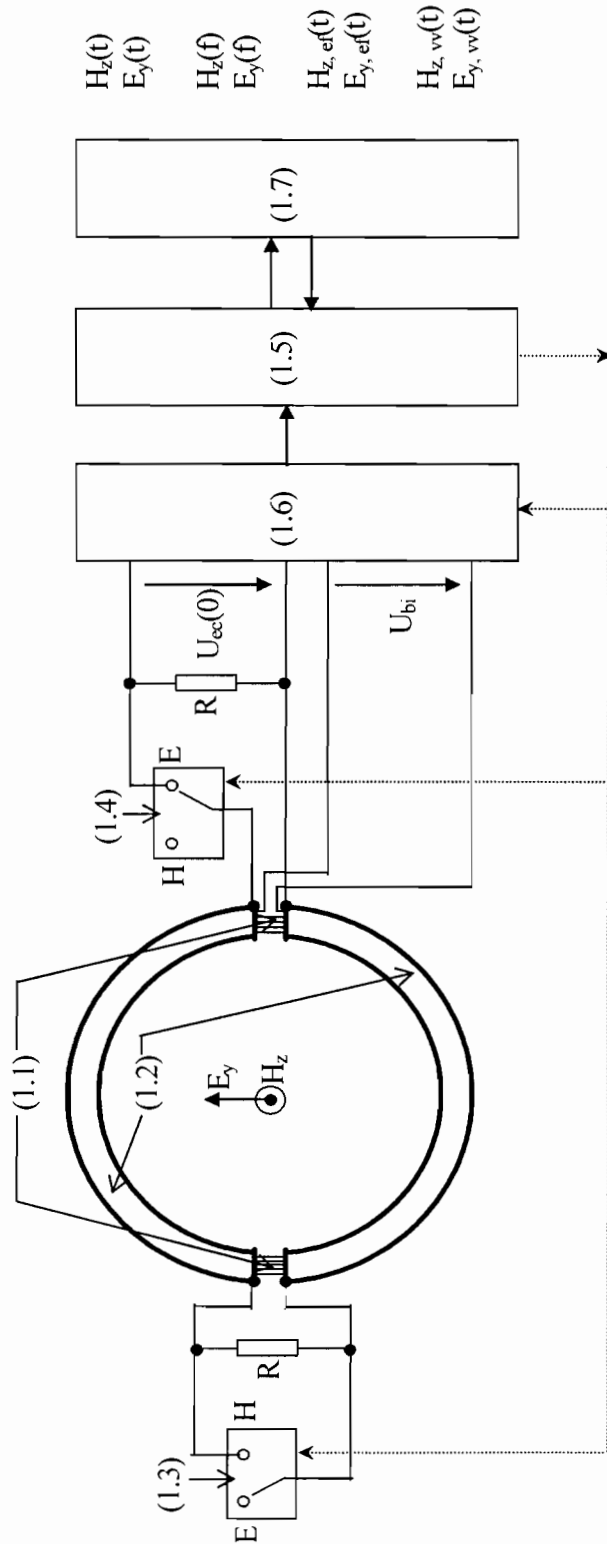


Figura 1

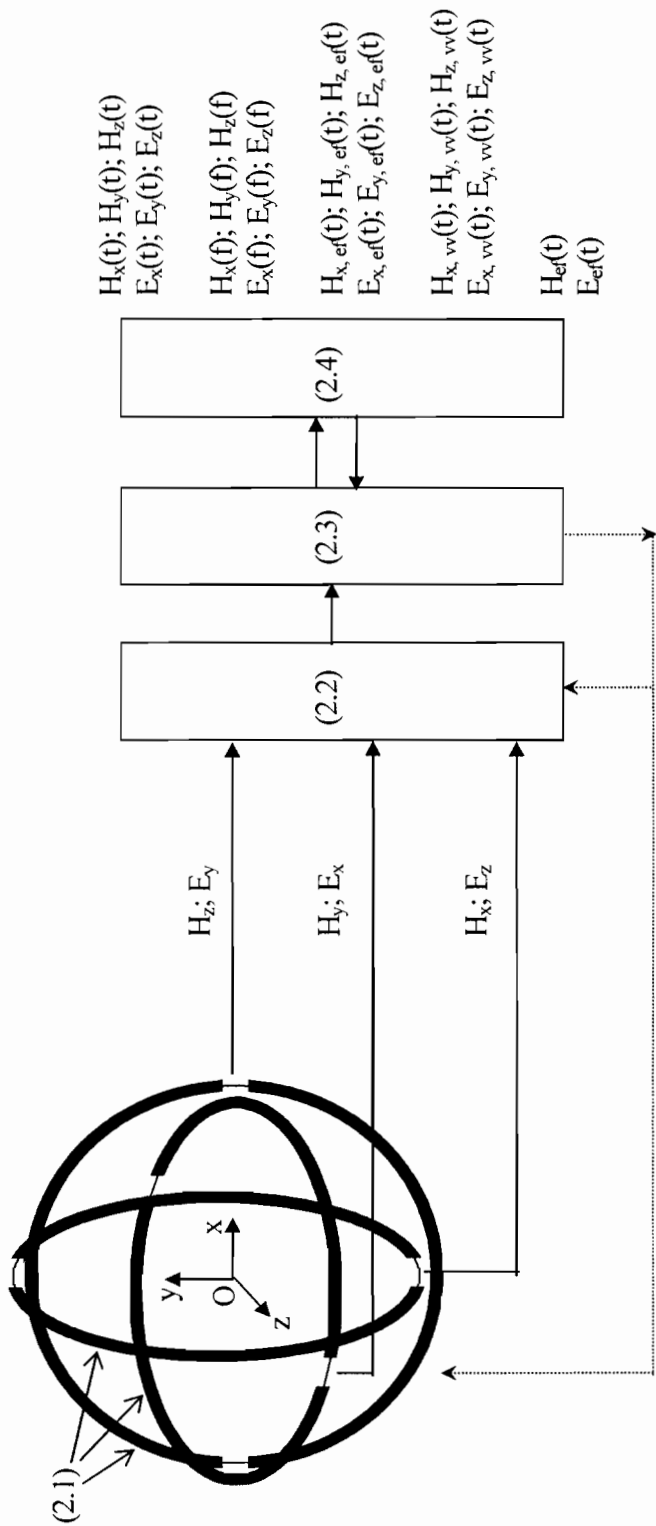


Figura 2