



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2014 00788

(22) Data de depozit: 24/10/2014

(41) Data publicării cererii:
30/05/2016 BOPI nr. 5/2016

(71) Solicitant:
• INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU
FIZICA PĂMÂNTULUI - INCDFP,
STR. CĂLUGĂRENI NR. 12, MĂGURELE,
IF, RO

(72) Inventatori:
• CHITARU CRISTIAN,
ALEEA MARIUS EMANOIL BUTEICĂ
NR. 12, BL. 60, SC. 1, AP. 1, SECTOR 3,
BUCUREȘTI, B, RO;

• IONESCU CONSTANTIN,
STR. FIZICIENILOR NR. 8, BL. 5, SC. A,
ET. 2, AP. 9, MĂGURELE, IF, RO;
• MARMUREANU ALEXANDRU,
BD. TIMIȘOARA NR. 51, BL. F7, SC. 3,
AP. 50, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;
• GRIGORE GIGEL- ADRIAN,
STR. MĂRĂȘEȘTI NR. 58-60, MĂGURELE,
IF, RO

(54) SISTEM DE MONITORIZARE ȘI ÎNREGISTRARE A
CURENȚILOR TELURICI CU TRANSMISIA ȘI PRELUCRAREA
AUTOMATĂ A DATELOR

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un sistem de monitorizare și înregistrare a câmpului electric terestru. Sistemul conform invenției cuprinde: doi electrozi de referință și un modul (PP) de protecție la supratensiune, în care fiecare electrod este alcătuit dintr-un corp (1) realizat din sticlă conținând un electrolit (2) lichid, care poate fi KCl sau NaCl, dintr-un fir de Ag acoperit cu AgCl imersat în electrolit, la capătul inferior al corpului (1) fiind montat un dop (6) de ceramică poroasă, iar corpul (1) din sticlă fiind introdus într-un tub (4) de sticlă, denumit alonjă, în care se găsește, de asemenea, un electrolit, constând din bile (7) de hidrogel dopatcu KCl și bile (8) de hidrogel dopat cu NaOH, dintr-o sită (11) din material plastic, ce asigură transferul de ioni din sol către dopul (6) de ceramică, prin intermediul bilelor (8) de hidrogel dopat cu NaOH. Un conductor (12) electric asigură cuplajul electric al electrodului cu circuitele de amplificare și prelucrare a semnalului.

Revendicări: 4

Figuri: 4

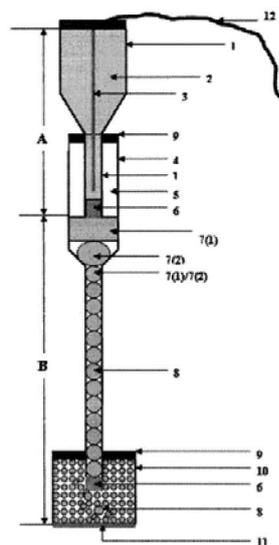


Fig. 4



SISTEM DE MONITORIZARE SI ÎNREGISTRARE A CURENȚILOR TELURICI CU TRANSMISIA ȘI PRELUCRAREA AUTOMATĂ A DATELOR

DESCRIEREA INVENȚIEI

Invenția se referă la un sistem de înregistrare și monitorizare a câmpului electric terestru (curenți telurici).

Monitorizarea locală a câmpului geoelectric, câmp determinat de curenții telurici, și analiza în timp real a datelor obținute poate oferi informații valoroase referitor la procesele tectonice din focar cu aplicabilitate concretă la posibilitatea realizării unei predicții seismice (predicție bazată pe utilizarea metodelor instrumentale și nu a celor statistice), scopul major al seismologiei.

Acest precursor – variația câmpului geoelectric – se utilizează frecvent atât în studiile de analiză a mecanismului de focar, cât și în studiile de predicție. În câteva cazuri particulare (deși din păcate încă foarte puține raportat la numărul total al evenimentelor seismice majore), modificările câmpului geoelectric local au prefigurat producerea unui seism cu focar superficial de magnitudine Richter chiar de valoare medie (5,5 – 6,5). Numărul redus al reușitelor, raportat și la distribuția spațială a focarelor seismice (măsurători efectuate în vecinătatea faliilor active) se datorează în principal complexității câmpului geoelectric, mai exact structurii acestuia: prezența unei componente electrice utile și a unei componente electrice perturbatoare. Separarea celor două componente este dificil de realizat.

Se dă, în continuare, un exemplu de realizare a invenției, în legătură cu figurile 1,2,3,4 care reprezintă:

- Fig.1 – SCHEMA BLOC
- Fig.2 - ELECTROD DE REFERINȚĂ Ag/AgCl
- Fig.3 - ALONJĂ
- Fig.4 - ANSAMBLUL ELECTROD – ALONJĂ MODIFICAT

Invenția prezentată rezolvă atât problema asigurării unei *fiabilități* ridicate a sistemului, fiabilitate ce se traduce în final într-o perioadă mai mare de funcționare fără întreruperi, cât și problema *eliminării mai eficiente a semnalelor perturbatoare și înregistrării mai fidele a semnalului util.*

O perioadă mare de funcționare fără întreruperi conduce la:

- o probabilitate mai ridicată (din punct de vedere al numărului de evenimente) de a considera o eventuală variație a câmpului geoelectric ca reprezentând un precursor seismic.
- costuri de întreținere reduse datorate în principal numărului redus de intervenții în locația unde este amplasat echipamentul. Am menționat “în principal numărului redus de intervenții în locația unde este amplasat echipamentul” datorită faptului că acest sistem este conceput să asigure un raport performanță/cost de producție optim.

Conform invenției, creșterea fiabilității s-a realizat prin **înlocuirea, modificarea și utilizarea a două noi tipuri de subsansamble/module:**

1. Electrozi (înlocuiți și modificați)
2. Protecție la supratensiuni – în particular descărcări electrice.

1. Uzual, în geofizică, pentru măsurarea curenților telurici se folosesc electrozi de referință (non-polarizabili) de tipul Cu/CuSO₄. Acești electrozi, notați în Fig.1 cu E1, E2, E3, E4, **s-au înlocuit cu electrozi de referință de laborator de tipul Ag/AgCl dublă joncțiune cu protecție suplimentară** realizați printr-o tehnologie modernă. Un astfel de electrod este reprezentat în Fig.2. Electrocul este compus dintr-un fir de Ag acoperit cu AgCl – marcat cu roșu - imersat într-un electrolit (KCl sau NaCl). La capătul inferior al tubului de sticlă în care se află electrolitul este montat un dop de ceramică poroasă prin care electrolitul se scurge în mediu.

Acest tip de electrozi prezintă următoarele avantaje față de electrozii Cu/CuSO₄:

- potențial de electrod mai mic și mai stabil funcție de temperatură
- zgomot propriu mai mic
- scurgeri ale electrolitului KCl - 10⁻⁶ l/ora - mult reduse față de scurgerile electrolitului CuSO₄ (scurgerea electrolitului din electrod este necesară pentru a se asigura transferul ionic între electrodul propriu-zis de Ag/AgCl și mediu)
- dimensiuni mult mai mici (lungime de 100mm, diametru de 8 mm)
- stabilitate în timp mai mare
- ne-toxic

Pentru a se reduce impurificarea electrolitului din tubul de sticlă în care se afla imersat firul de Ag/AgCl, acesta se introduce într-un alt tub de sticlă (alonjă) – Fig.3 - în care se găsește deasemeni electrolit. La capătul inferior al alonjei este montat un dop de ceramică poroasă. Impurificarea electrolitului din electrod cu ioni din mediul unde este amplasat conduce la modificarea potențialului de electrod. O eventuală impurificare a electrolitului din alonjă nu determină imediat și semnificativ o impurificare a electrolitului din electrod.

Deși pierderea de electrolit este foarte mică, aceasta s-a redus apreciabil prin **înlocuirea electrolitului din alonjă cu hidrogel dopat cu NaOH și cu KCl** pentru creșterea semnificativă a conductibilității electrice a hidrogelului (polimer cu o mare capacitate de absorbție a apei și a ionilor din soluțiile apoase) și implicit reducerea impedanței electrodului. Această modificare prezintă însă și un dezavantaj: creșterea impedanței electrodului de aproximativ 100 de ori. Acest dezavantaj poate fi însă ușor compensat utilizând un amplificator operațional de instrumentație cu impedanță de intrare mare ($\geq 100 \text{ M}\Omega$). Un raport al impedanțelor $Z_{\text{ELECTROD}}/Z_{\text{INTRARE AO}}$ (Fig.1, amplificatoarele operaționale 3 și 4) de 1/50 este suficient pentru a asigura înregistrarea nedistorsionată a semnalului. Funcționarea acestui tip de electrod de referință modificat se explică considerând Fig.4 unde:

- 1-corpul electrodului
- 2-electrolit KCl
- 3-electrod Ag/AgCl
- 4-corpul alonjei
- 5-spațiu liber
- 6-dop ceramică poroasă
- 7(1)-bilă de hidrogel dopat cu KCl
- 7(2)-bilă de hidrogel dopat cu KCl
- 8-bile de hidrogel dopate cu NaOH
- 9-garnitură de etanșizare
- 10-cilindru material plastic
- 11-sită material plastic
- 12-conductor electric

Hidrogelul 7(1), datorită elasticității mari, separă etanș cele două secțiuni A și B ale ansamblului electrod-alonjă. Datorită higroscopicității KCl, și spațiului liber 5 (liber în sensul că în acest spațiu nu există electrolit 2, ci numai aer și vapori de apă) etanș și în care umiditatea relativă este apropiată de 100%, suprafața hidrogelului este în permanență umedă asigurând astfel transferul ionic prin dopul de ceramică poroasă 6 în permanență umectat cu electrolitul 2. Datorită elasticității hidrogelului, contactul mecanic dintre suprafața acestuia și suprafața plană a dopului de ceramică poroasă 6 realizează o etanșeizare foarte bună hidrogel 7(1) – dop de ceramică poroasă 6 astfel încât nu mai este posibilă scurgerea electrolitului 2 din corpul electrodului 1. Chiar dacă accidental se produce o scurgere a electrolitului:

- este mai mică de 10^{-6} l/oră
- electrolitul nu se pierde în mediul în care este amplasat ansamblul electrod-alonjă, el rămâne în secțiunea A *de volum mai mic decât volumul corpului electrodului (1)*. Acest fapt se datorează etanșeizării suplimentare realizate de către bilele de hidrogel 7(2) și (8)

Evaporarea apei din ansamblul electrod-alonjă este împiedicată și de către gamitura de etanșeizare 9. Mediul din interiorul ansamblului electrod-alonjă, aproape suprasaturat cu vapori de apă, nu permite evaporarea apei din hidrogel, volumul acestuia rămânând constant asigurând etanșeizarea pe o perioadă nedefinită de timp (datorită diametrului mai mare a bilelor de hidrogel decât diametrul interior al corpului electrodului și al alonjei, și datorită elasticității apreciabile, bilele de hidrogel sunt presate pe pereții interiori ai corpului electrodului și ai alonjei, realizând astfel etanșeizarea).

Bilele de hidrogel 8 dopate cu NaOH măresc conductivitatea și deci micsorează impedanța electrodului. Pentru a evita însă contaminarea electrolitului KCl 2 din corpul electrodului 1 prin schimbul reciproc de ioni NaOH – KCl și deci variația potențialului de electrod, nu se folosesc numai bile de hidrogel 8. Între bilele 8 și dopul de ceramică poroasă 6 se interpun bilele 7(1), 7(2), 7(1)/7(2). Contaminarea acestora cu NaOH se face foarte lent în timp, transferul ionilor de NaOH în electrolitul de KCl fiind practic imposibil într-un interval de timp relativ scurt (săptămâni, luni).

Sita din material plastic 11 asigură transferul de ioni din sol către dopul de ceramică poroasă 6 al alonjei prin intermediul bilelor de hidrogel 8. S-a evitat folosirea unui cilindru 10 metalic *pentru a nu denatura caracteristica de electrod non-polarizabil*. Un cilindru metalic se comportă practic ca un *electrod polarizabil*, un electrod al cărui potențial propriu variază funcție de curentul care circulă prin el.

Datorită: diametrului mic și numărului mare a bilelor 8 cilindrul 10, existența în cilindru a apei și sub formă lichidă (electrolit NaOH) ce ocupă spațiul dintre bile, tensiunii superficiale a electrolitului, dopul ceramic poros al alonjei va fi permanent în contact cu electrolitul din cilindrul 10. Se va asigura astfel transferul ionic din mediu către electrolitul KCl din corpul electrodului, curent ionic ce va fi transformat de către electrodul Ag/AgCl 3 în curent electronic. Cuplajul electric al electrodului cu circuitele ce prelucrează semnalul se realizează prin intermediul conductorului electric 12.

Întregul ansamblu este izolat termic și protejat mecanic prin introducerea sa într-un tub rigid.

Această modificare a electrodului constituie un alt **element de noutate**.

Aferent electrozilor, un alt **element de noutate** îl reprezintă **Modulul de Măsură și Control al Umidității și Temperaturii** notat în Fig.1 cu M. Cei 4 moduli sunt amplasați respectiv în imediata vecinătate a fiecărui electrod (se utilizează 4 electrozi amplasați în sol, orientați după cele două direcții, N-S și E-V).

Pentru o funcționare cât mai stabilă este necesar ca mediul din imediata vecinătate a electrodului/electrozilor să prezinte un grad de umiditate cât mai constant și de o valoare ridicată. Deasemeni, temperatura influențează potențialul de electrod. Acești doi parametri trebuie măsurati și controlați. **Modulul de Măsură și Control al Umidității și Temperaturii** monitorizează temperatura și umiditatea asigurând și un grad corespunzător de umiditate al solului. Datele analogice obținute – temperatură și umiditate- sunt digitizate de către convertorul analog numeric 6.

Temperatura. Pentru electrodul de tip Ag/AgCl, variația tipică a potențialului de electrod funcție de temperatură este de $-0,13 \text{ mV}/1^{\circ}\text{C}$ (pentru electrodul de tip Cu/CuSO₄, coeficientul de temperatură este de $+0,9 \text{ mV}/1^{\circ}\text{C}$). Raportat la nivelul de tensiune al curenților telurici, această diferență de drift termic este semnificativă, electrodul Ag/AgCl fiind semnificativ superior celui de tip Cu/CuSO₄. Menținerea unei temperaturi constante în imediata vecinătate a electrodului este posibilă – termostatare cu elemente Peltier – însă suficient de complicată pentru a *micșora* fiabilitatea și implicit performanțele. De aceea s-a optat pentru o **corecție software** (în locația de recepție, analiză și stocare a datelor) a potențialului de electrod funcție de temperatură utilizând semnalul furnizat de către un senzor de temperatură amplasat în imediata vecinătate a electrodului. Corecția se face prin compararea datelor achiziționate în timp real cu un set de date de referință.

Umiditatea. Pentru a se asigura o bună mobilitate ionică în vecinătatea electrodului – și implicit apariția unui curent electric prin electrod -, mediul unde acesta este amplasat trebuie să fie umed. **Modulul de Măsură și Control al Umidității și Temperaturii** asigură gradul de umiditate necesar prin pomparea periodică și controlată a unei cantități de apă în imediata vecinătate a electrozilor. Se poate folosi o pompă acționată de un motor electric de cc. de mică putere (de ex. o pompă folosită la ștergătoarele de parbriz). Funcționarea pompei este comandată de senzorul de umiditate prin intermediul unui circuit electronic. Hidrogelul amplasat în sol în vecinătatea electrozilor contribuie de asemenea la menținerea unui grad constant de umiditate.

2. Din punctul de vedere al funcționării în condiții de laborator și chiar de teren – cazul real -, considerând ca factori de mediu ce pot conduce la scăderea fiabilității numai temperatura și umiditatea, sistemul este foarte fiabil datorită calității componentelor electrice / electronice și a modului de realizare – cablaj imprimat, incintă de protecție. Factorii de mediu ce pot frecvent întrerupe funcționarea datorită *distrugerii* echipamentului sunt **descărcările electrice**. Din acest punct de vedere, un **element de noutate** îl reprezintă implementarea unui modul suplimentar de protecție la descărcări electrice – **Protecție Preventivă la SupraTensiune** notat în Fig.1 cu PP. Amplificatoarele operaționale de instrumentație 3 și 4 sunt protejate la descărcări electrice și la supratensiuni generate de alte cauze de către protecțiile la descărcări electrice 1 și de către protecțiile la supratensiune 2. Deși aceste două tipuri de protecție au un timp de răspuns extrem de mic, este posibil totuși ca în cazul apariției unei descărcări electrice în imediata vecinătate (metri, zeci de metri) a locației unde este amplasat echipamentul, acesta să fie distrus datorită tensiunii mari induse pe cablul de semnal electrozi – protecții descărcări electrice 1. **Protecția Preventivă la SupraTensiune detectează iminenta producerea descărcărilor electrice în imediata vecinătate a locației și decuplează protecțiile 1 și implicit amplificatorii 3 și 4 de la cablul de semnal și de la sursa de alimentare S. Convertorul analog numeric 6 este deasemeni deconectat de la sursa de alimentare S. Protecția preventivă PP se autodecupleză, însă rămâne alimentată de la o sursă proprie (acumulator).**

PP utilizează două semnale provenite de la:

a. Un detector de ioni (pozitivi si negativi)

b. Un **transformator de impulsuri** cuplat la un amplificator operațional

a. Iminența producerii unei furtuni asociate cu descărcări electrice este semnalată și de creșterea numărului de ioni negativi și/sau pozitivi în atmosferă. Creșterea numărului de ioni peste un prag stabilit prin testări determină emiterea unui semnal treaptă de către detector, semnal ce decuplează prin intermediul unei interfețe atât cablul de semnal dintre electrozi și protecțiile la descarcari electrice 1 de la intrările amplificatoarelor 3 și 4, cât și alimentarea întregului echipament.

b. Descărcări electrice îndepărtate pot induce pe cabluri de lungime relativ mare (zeci de metri) impulsuri de tensiune de mică amplitudine. În acest caz este posibilă într-un interval de timp relativ scurt apariția descărcărilor electrice în proximitatea locației.

Primarul unui transformator de impulsuri fixat pe unul din cablurile de semnal va sesiza aceste impulsuri. În secundarul transformatorului aceste impulsuri vor avea o amplitudine marită. Prin intermediul unei interfețe, impulsurile amplificate de către un amplificator determină decuplarea temporizată a cablului de semnal și a alimentării. Decuplarea este menținută un interval de timp de câteva zeci de secunde – câteva minute. Dacă în acest interval de timp nu se produce nici o descărcare electrică în proximitatea locației, se recuplează automat atât cablul de semnal cât și alimentarea. Un alt impuls va produce o nouă decuplare. Raportat la perioada de variație a amplitudinii curenților telurici, intervalul de timp în care echipamentul este decuplat (câteva minute) este mult mai mic, deci se poate considera că în acest interval de timp nu se pierd date prin nefuncționarea echipamentului însă se asigură o protecție suplimentară ce poate preveni distrugerea sa. Conform legii inducției electromagnetice, transformatorul de impulsuri realizează și o filtrare a semnalului (filtru trece-sus) . La ieșirea sa vor fi prezente numai semnale cu perioadă foarte mică – impulsuri. Semnalele cu perioadă mare nu vor fi prezente la ieșirea sa, astfel încât echipamentul nu va fi decuplat accidental de către semnalul util.

În acest mod se **elimină mai eficient și componentele perturbatoare datorate și altor cauze** (de exemplu impulsuri generate de pomirea motoarelor electrice).

În scopul extinderii gamei de amplitudini a semnalului util se utilizează două amplificatoare, cu factor de amplificare diferit – amplificatoarele 3 și 4, HIGH și respectiv LOW. Atât amplificatoarele HIGH cât și cele LOW amplifică semnalul provenit de la electrozii N-S și respectiv E-V. Ieșirea amplificatoarelor va genera diferența potențialelor a doi electrozi: E1 și E3 – N-S , E2 și E4 – E-V.

Amplificatorul diferențial 5 (HIGH și LOW) amplifică și diferențiază semnalele provenite de la amplificatoarele 3 N-S HIGH și 3 E-V HIGH și respectiv 3 N-S LOW și 3 E-V LOW. În acest mod, este posibilă analiza software în timp real a diferenței dintre intensitatea câmpului electric pe cele două direcții, N-S și E-V. Și variația semnificativă în timp a acestei diferențe de intensitate poate constitui un precursor seismic.

Amplificatoarele realizează și o filtrare ajustabilă trece-jos a semnalului ($0 < f < 5$ Hz).

Gama de amplitudine a semnalului la intrarea amplificatoarelor : $50 \text{ microV} < V_{IN} < 3V$

Gama de amplitudine a semnalului la ieșirea amplificatoarelor : $10\text{mV} < V_{OUT} < 10V$

Se utilizează amplificatoare operaționale de instrumentație cu performanțe notabile (LT 1012) : raspuns liniar, impedanță de intrare foarte mare, variație a parametrilor electrici extrem de redusă funcție de temperatură, rejecție foarte bună a semnalelor de mod comun, funcționare foarte stabilă în timp.

Atât semnalele furnizate de către amplificatoare, cât și cele furnizate de către Modulul de Măsură și Control al Umidității și Temperaturii M și de către sursa de alimentare S sunt convertite în semnale digitale de către convertorul analog-numeric 6. Semnalele digitale și informația GPS sunt transmise prin GPRS la centrul de prelucrare și analiză.

Literatura de specialitate este foarte bogată în studii ce tratează electrozii de referință și hidrogelul. Se prezintă în continuare numai câteva dintre aceste studii:

- Practical Problems in Voltammetry 3:Reference Electrodes for Voltammetry - Adrian W.Bott Bioanalytical Systems, West Lafayette, IN
- Factors Affecting the Accuracy of Reference Electrodes - Frank J. Ansuini Electrochemical Devices, Inc., James R. Dimond Dimondale Co., Inc.
- FIELD PROCEDURE MANUAL FOR SELF-POTENTIAL SURVEYS, Charles E. Corry, Gregory T. DeMouilly, Michael T. Gerety, Original: December, 1980, Revised: February, 1982
- Electrically Conductive Polyacrylamide-Polyaniline Superabsorbing Polymer Hydrogels, Nedal Abu-Thabit¹ and Yunusa Umar², Department of Chemical and Process Engineering Technology, Jubail Industrial College.
- Electrically conductive, tough hydrogels with pH sensitivity - Sina Naficy, Joselito M. Razal, Philip G. Whitten *University of Wollongong*
- Modified hydrogel - an unique material for electrochemical studies - A. Hazra, P. Sen and I. N. Basumallick, Electrochemical Laboratory, Department of Chemistry, Visva-Bharati University, India
- General Properties of Hydrogels - O. Okay

REVENDICĂRI

Invenția se referă la un sistem de înregistrare și monitorizare a câmpului electric terestru (curenți telurici). Înregistrarea curenților telurici se realizează prin intermediul unor electrozi introduși în sol la distanțe cuprinse între câțiva metri și câteva sute de metri. Cerințele tehnice impuse unui astfel de sistem presupun realizarea următoarelor obiective:

- separarea semnalului util (curenți telurici) de semnalele perturbatoare
- stabilitate mare în funcționare
- fiabilitate ridicată

1. Înlocuirea electrozilor de referință Cu/CuSO_4 utilizați în prezent la sistemele de înregistrare și monitorizare a curenților telurici cu electrozi de referință de laborator de tipul Ag/AgCl dublă joncțiune cu protecție suplimentară, înlocuire **caracterizată prin aceea că** acest tip de electrozi rezolvă problema eliminării mai eficiente a semnalelor perturbatoare și permit înregistrarea mai fidelă a semnalului util.

2. Înlocuirea electrolitului din alonjă cu două tipuri de hidrogel - dopat cu NaOH și cu KCl -, înlocuire **caracterizată prin aceea că** elimină pierderile de electrolit, pierderi existente în cazul electrozilor de tip Cu/CuSO_4 .

3. Modulul de Măsură și Control al Umidității și Temperaturii **M**, **caracterizat prin aceea că** monitorizează umiditatea și temperatura din imediata vecinătate a electrodului și o menține la o valoare ce poate asigura funcționarea acestuia utilizând un senzor de umiditate, o interfață, o pompă electrică de mică putere și hidrogel.

4. Modulul de Protecție Preventivă la SupraTensiune **PP**, **caracterizat prin aceea că** realizează o detecție timpurie a unor descărcări electrice utilizând un detector de ioni (pozitivi și negativi) și un transformator de impulsuri fixat pe cablul de semnal cuplat la un amplificator operațional.

DESENE EXPLICATIVE

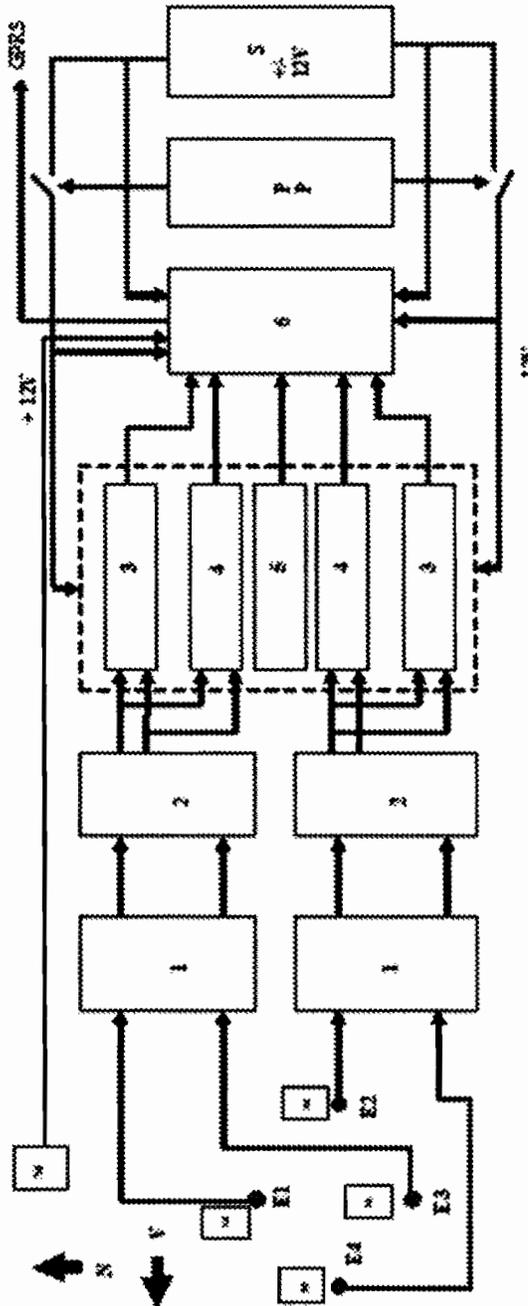


Fig.1
SCHEMA BLOC A SISTEMULUI DE ÎNREGISTRARE ȘI MONITORIZARE
A CURENȚILOR TELURICI CU TRANSMISIA ȘI PRELUCRAREA AUTOMATĂ A
DATELOR

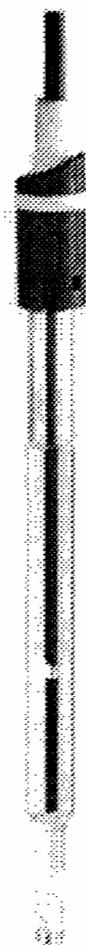


Fig.2

ELECTROD DE REFERINȚĂ Ag/AgCl

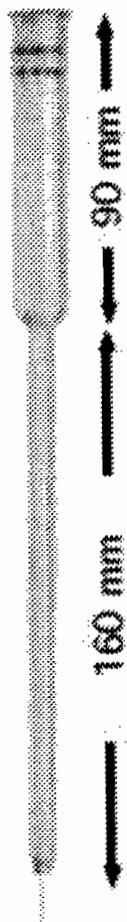


Fig.3 ALONJÄ

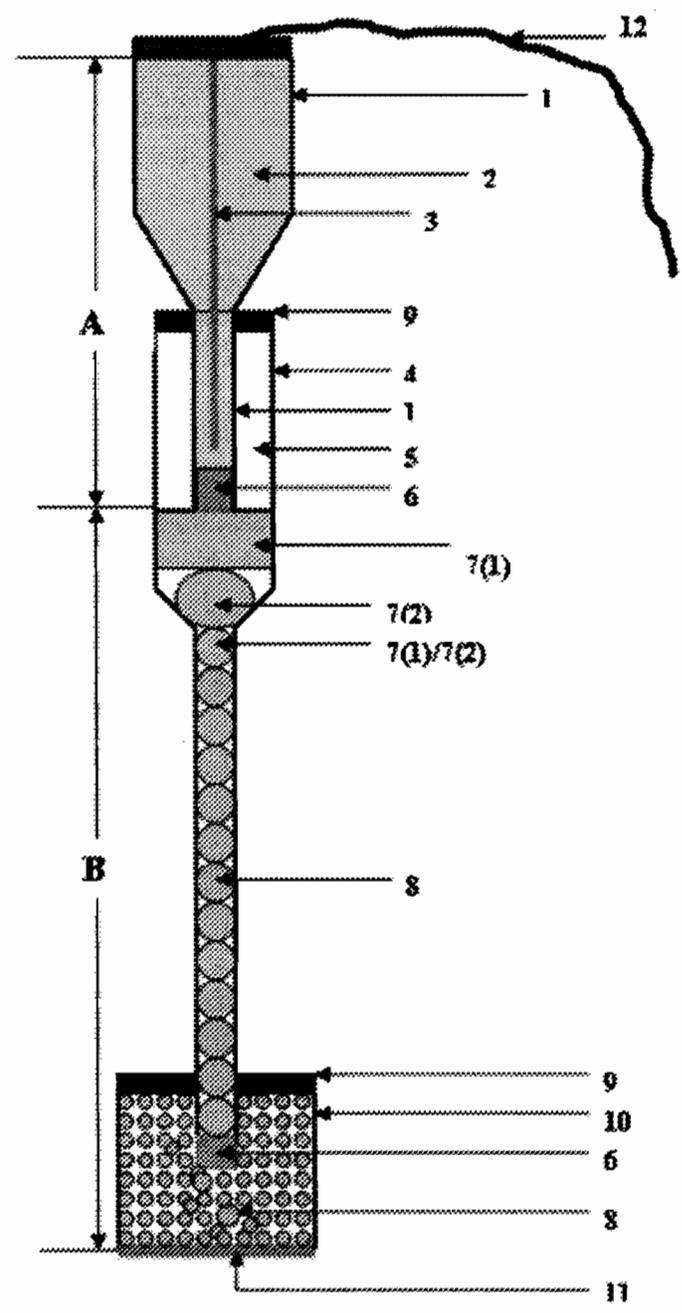


Fig.4 ANSAMBLUL ELECTROD-ALONJĂ MODIFICAT