

(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2018 00970

(22) Data de depozit: 27/11/2018

(41) Data publicării cererii:  
30/06/2020 BOPI nr. 6/2020

(71) Solicitant:  
• INSTITUTUL NAȚIONAL DE  
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU  
MICROTEHNOLOGIE-IMT BUCUREȘTI,  
STR.EROU IANCU NICOLAE 126A,  
VOLUNTARI, IF, RO

(72) Inventatori:  
• MOAGĂR-POLADIAN GABRIEL,  
ALEEA FUIORULUI NR.6, BL.Y3A, SC.1,  
ET.6, AP.27, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B,  
RO;  
• MOAGĂR-POLADIAN VICTOR,  
ALEEA STĂNILĂ NR.7, BL.H10, SC.C, ET.2,  
AP.51, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO

(54) SISTEM MINIATURIZAT INTEGRAT PENTRU MĂSURAREA  
VALORILOR INSTANTANEE ALE PARAMETRILOR  
CURENTULUI ELECTRIC PE LINIILE DE TENSIUNE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un sistem miniaturizat, integrat, pe bază de microstructuri electromecanice de tip MEMS, folosit pentru măsurarea parametrilor curentului electric pe liniile de tensiune. Sistemul, conform invenției, cuprinde un sub-sistem de măsurare a tensiunii electrice și un sub-sistem de măsurare a curentului electric, alcătuite din cel puțin o pereche de membrane (1a, 1b) pentru măsurarea valorii tensiunii electrice și, respectiv, o pereche de membrane (6a, 6b) pentru măsurarea valorii curentului electric, toate aceste membrane fiind mobile, situate de o parte și de alta a unui electrod (4) fix, metalic, conectat la o linie de tensiune (5), fiecare membrană fiind legată de un substrat (3) corespunzător prin intermediul unor ancore (2) de prindere, membranele (1a, 1b) fiind împământate, distanța dintre membrane și electrod fiind aleasă astfel încât să se evite străpungerea electrică a mediului aflat între aceste elemente, iar citirea deplasării membranelor fiind făcută cu ajutorul unor fascicule (8) de lumină emise de niște surse (9), în care sub-sistemul de măsurare a curentului electric cuprinde și o bobină Rogowski (7), având unul sau mai multe straturi de înfășurare, care comandă în mod capacitiv mișcarea membranelor mobile (6a, 6b) în raport cu electrodul (4).

Revendicări: 20  
Figuri: 4

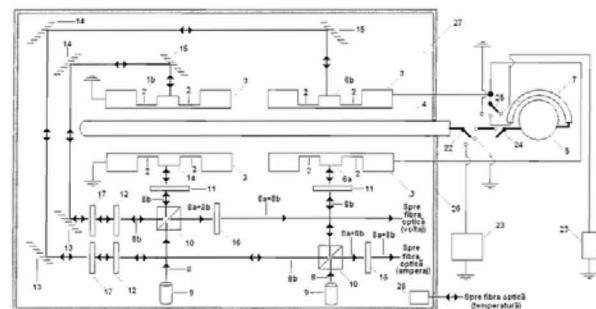


Fig. 1

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).



## SISTEM MINIATURIZAT INTEGRAT PENTRU MĂSURAREA VALORILOR INSTANTANEE ALE PARAMETRILOR CURENTULUI ELECTRIC PE LINIILE DE TENSIUNE

Invenția se referă la un sistem miniaturizat, integrat, pe bază de microstructuri electro-mecanice de tip MEMS, folosit pentru măsurarea parametrilor curentului electric pe liniile de tensiune. Acești parametri sunt: valorile instantanee ale tensiunii electrice, respectiv ale curentului electric, frecvența curentului electric, defazajul curent-tensiune, spectrul de frecvență al curentului electric. O aplicație deosebită a invenției o reprezintă măsurarea acestor parametri ai curentului electric pe liniile de înaltă tensiune.

Este cunoscută o metodă de măsură a parametrilor curentului electric de joasă și medie tensiune care constă în utilizarea unor voltmetre și, respectiv, ampermetre.

Dezavantajele acestei metode sunt:

- sunt folosite două sisteme de măsură diferite, voltmetru și, respectiv, ampermetru
- nu se pot aplica în cazul liniilor de înaltă tensiune, exceptând cazul voltmetrului Abraham
- nu asigură redundanța măsurătorii
- orice supratensiune sau supracurent poate avaria sistemul de măsură

Este cunoscută o metodă de măsură a parametrilor curentului electric de înaltă tensiune care, constă în utilizarea unor transformatoare de măsură [1], [2].

Dezavantajele acestei metode sunt:

- implică echipamente voluminoase care nu măsoară decât un singur parametru
- eroarea de măsură este de cel puțin 0,2 %
- pentru a măsura toți parametrii curentului electric sunt folosite două transformatoare de măsură

diferite

- nu asigură redundanța măsurătorii
- orice supratensiune sau supracurent poate avaria sistemul de măsură
- aceste elemente de măsură au pierderi electrice destul de mari

Este cunoscută o metodă de măsură a tensiunii electrice pentru liniile de înaltă tensiune care constă în utilizarea unor structuri de tip MEMS [3].

Dezavantajele acestei metode sunt:

- nu asigură măsurarea simultană a tensiunii electrice și a curentului electric

Este cunoscută o metodă de măsură combinată a tensiunii electrice folosind efectul electro-optic fie de tip Pockels, fie de tip Kerr și, respectiv, a valorii curentului electric folosind efectul Faraday, realizat de către firma PSC Enertec (Alstom) din Franța.

Dezavantajele acestei metode sunt:

- datorită faptului că folosește materiale scumpe, prețul de cost este ridicat
- pentru tensiuni electrice mari este necesară folosirea unui divizor de tensiune, lucru care complică montajul și care produce o creștere a gabaritului ansamblului
- asigurarea redundanței implică costuri mari
- orice supratensiune sau supracurent poate avaria sistemul de măsură



Problema pe care o rezolvă invenția constă în faptul că permite măsurarea simultană atât a valorii instantanee a tensiunii electrice cât și a valorii instantanee a curentului electric cu un grad ridicat de precizie (eroarea de măsură de maxim 0,1 %), redundanța fiind asigurată la un cost redus și la un gabarit redus, fără a necesita alte elemente de circuit de tip divizor de tensiune. Din valorile instantanee ale tensiunii electrice și ale curentului electric se pot determina frecvența curentului, defazajul curent-tensiune, spectrul de frecvență al curentului electric. Mai mult, citirea făcându-se optic, se asigură izolarea galvanică între linia de curent / tensiune electrică și, respectiv, partea de citire și transmitere a semnalului de măsură.

Soluția propusă, conform invenției, înlătură dezavantajele de mai sus prin aceea că folosește dispozitive miniaturale de citire a tensiunii electrice care folosesc membrane mobile comandate de câmpul electric, citirea realizându-se prin interferometrie optică în așa fel încât această citire să fie imună la vibrații. Eventualele supratensiuni sau eventualii supracurenți nu deteriorează sistemul. În plus, prețul redus al fabricării unor astfel de membrane oferă posibilitatea de a asigura sisteme redundante.

Avantajele sistemului miniaturizat integrat pentru măsurarea valorilor instantanee ale parametrilor curentului electric sunt:

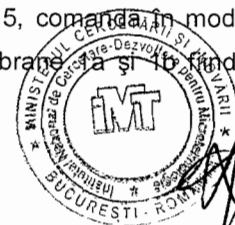
- eroare de măsură de cel mult 0,1 %, de regulă de 0,01 %.
- gabarit extrem de redus; acesta crește cu creșterea tensiunii electrice care trebuie măsurată.
- redundanță ușor de asigurat.
- măsurarea simultană și instantanee a tuturor parametrilor curentului electric într-un singur ansamblu, integrat.
- imunitate față de supratensiuni și supracurenți.
- nu necesită alte elemente de circuit.
- are pierderi reduse, de ordinul 1 W.
- oferă posibilitatea calibrării periodice a sistemului.
- mentenanță ușor de executat.

Dăm în continuare un exemplu de realizare a invenției în raport cu figurile 1..4 care reprezintă:

- Figura 1: Schema senzorului integrat în varianta cu transmitere optică a informației.
- Figura 2: Schema senzorului integrat în varianta cu transmitere electronică / radio a informației.
- Figura 3: Schema amplasării ansamblului senzorului integrat.
- Figura 4: Modul de conectare în serie a mai mulți senzori de același tip (fie de tensiune electrică, fie de curent electric); nu a mai fost figurată toată partea de optică, ci doar modul de înseriere.

Sistemul de măsură integrat este format din partea / sub-sistemul de citire a valorii instantanee a tensiunii electrice și, respectiv, din partea / sub-sistemul de citire a valorii instantanee a curentului electric.

Partea / sub-sistemul de citire a valorii instantanee a tensiunii electrice este alcătuită din cel puțin o membrană 1 mobilă miniaturală ancorată cu ajutorul bretelelor 2 de suportul 3, toate aceste elemente 1, 2 și 3 fiind alcătuite din același material conductor electric, material care poate fi metal sau semiconductor. Membrana 1 este în dublu exemplar, și anume 1a și 1b, aceste două membrane 1a și 1b fiind situate de o parte și de alta a electrodului 4 fix. Electrocul 4 este din metal și este legat printr-un material conductor electric la linia 5 de tensiune / curent electric. Cele două membrane 1a și 1b sunt împământate. Tensiunea electrică de pe electrodul 4, identică cu cea de pe linia 5, comandă în mod capacitiv mișcarea celor două membrane mobile 1a și respectiv 1b, aceste membrane a și b fiind



atrasede către electrodul 4 pe o distanță dependentă în mod univoc de valoarea instantanee a tensiunii electrice. Astfel, măsurând această deplasare se poate determina valoarea tensiunii electrice. Distanța dintre membranele 1a, 1b și electrodul 4 este astfel aleasă încât să se evite străpungerea mediului aflat între aceste elemente precum și orice scurgere importantă de curent de la linia 5 către împământare.

Partea / sub-sistemul de citire a valorii instantanee a curentului electric este alcătuită din cel puțin o membrană 6 mobilă miniaturală ancorată cu ajutorul bretelelor 2 de suportul 3, toate aceste elemente 6, 2 și 3 fiind alcătuite din același material conductor electric, material care poate fi metal sau semiconductor. Membrana 6 este în dublu exemplar, și anume 6a și 6b, aceste două membrane 6a și 6b fiind situate de o parte și de alta a electrodului 4. Membranele 6a și 6b sunt conectate la unul din terminalele unei bobine Rogowski 7 montată în jurul liniei 5 de tensiune / curent. Celălalt terminal al bobinei Rogowski 7 este conectat la linia 5 de tensiune / curent. În acest fel, partea de citire a curentului electric nu are de suferit din cauza valorii tensiunii electrice sau a eventualelor suprasarcini care apar pe linia 5. Tensiunea electrică generată de bobina Rogowski 7 comandă în mod capacitiv mișcarea celor două membrane mobile 6a și respectiv 6b, aceste membrane 6a și 6b fiind atrase către electrodul 4 pe o distanță dependentă în mod univoc de valoarea instantanee a tensiunii electrice generate de către bobina Rogowski 7. Această valoare a tensiunii generate de către bobina 7 depinde de derivata în raport cu timpul a valorii instantanee a curentului electric. Astfel, măsurând această deplasare a membranelor 6a și 6b se poate determina valoarea curentului electric, valoarea maximă a tensiunii generate de către bobina 7 – și, deci, a deplasării maxime a membranelor 6a și 6b – fiind dependentă liniar de amplitudinea curentului. Distanța dintre membranele 6a, 6b și electrodul 4 este astfel aleasă încât să se evite străpungerea mediului aflat între aceste elemente și, totodată, să se evite lovirea membranelor 6a, 6b de electrodul 4. Menționăm faptul că bobina Rogowski 7 poate avea unul sau mai multe straturi de înfășurare în funcție de valoarea curentului electric care trebuie măsurată.

Citirea deplasării membranelor mobile 1a, 1b, 6a, 6b este realizată optic cu ajutorul unui fascicol 8 de lumină emis de către sursa 9, fascicolul 8 emis de către sursa 9 având o polarizare circulară. Pentru a obține o eroare de măsură cât mai mică, folosim un montaj interferențial. După cum se știe, montajele interferențiale sunt foarte sensibile la vibrații. Din acest motiv, alegem montarea membranelor 1a, 1b, 6a, 6b de o parte și de alta a electrodului 4. Fascicolul 8 de lumină polarizat circular emis de către sursa 9 și având o polarizare inițial circulară este împărțit în două fascicole 8a și 8b polarizate liniar și ortogonal unul în raport cu celălalt cu ajutorul prisme Glan-Thomson 10. Fascicolul 8b trece prin lama sfert de undă 11, rotindu-și cu  $45^{\circ}$  planul de polarizare, ajunge pe membrana 1a pe care este reflectat, trece din nou prin lama sfert de undă 11, polarizarea sa devenind perpendiculară pe cea cu care a ieșit inițial din prisma 10, este reflectat de către prisma 10, trece prin lama sfert de undă 12 rotindu-și planul de polarizare cu  $45^{\circ}$  după care este reflectat de către oglinzile 13, 14 și 15 până ajunge pe membrana 1b pe care se reflectă, după care se întoarce pe același drum, ieșind din lama sfert de undă 12 cu planul de polarizare rotit cu  $90^{\circ}$  față de planul de polarizare pe care îl avea în momentul primei treceri prin lama sfert de undă 12, din acest motiv fiind transmis de către prisma 10 pe o direcție paralelă cu fascicolul 8a. Deoarece fascicolele 8a și 8b au la momentul ieșirii din sistem polarizări ortogonale, se introduce un polarizor liniar 16 cu direcția de polarizare la  $45^{\circ}$  față de cele ale fascicolelor 8a și 8b, astfel încât la ieșirea din polarizorul 16 cele două fascicole 8a și 8b interferă. Valoarea intensității luminoase rezultante va depinde de distanța de drum optic dintre cele două fascicole 8a, 8b, deci de deplasarea celor două



membrane 1a și 1b. Parcursul optic al fascicolului 8b mai poate conține un element 17 de compensare a eventualelor rotiri de plan de polarizare produse de către oglinzile 13, 14 și 15.

Un sistem identic este folosit pentru citirea deplasării membranelor 6a și 6b, cu deosebirea că se folosește o altă sursă 9 de lumină.

Sursa 9 poate fi o sursă locală, de exemplu o diodă laser alimentată de la linia de tensiune / curent prin mijloace în sine cunoscute sau poate fi o fibră optică care aduce fascicolul 8 de la distanță, de exemplu de la dispecer, prin intermediul unei fibre optice.

Fascicolele 8 care ies din sistemele de citire ale tensiunii electrice, respectiv ale curentului electric sunt transmise mai departe către dispecerul de rețea. În acest scop, într-una dintre situații, fascicolul 8 este convertit de către o fotodiodă 18 într-un semnal electric amplificat apoi de către amplificatorul 19, codificat de către modulul 20 și trimis către dispecer fie pe cablu electric fie prin intermediul unui sistem radio 21. În altă situație, fascicolele 8 sunt transmise prin cablu optic către dispecer. Dispecerul extrage valorile instantanee ale tensiunii electrice și ale curentului electric cunoscând datele de calibrare ale membranelor 1a, 1b, 6a și 6b, după care obține și ceilalți parametri, și anume frecvența curentului electric, defazajul curent-tensiune, spectrul de frecvență.

Ansamblul care conține sistemul de măsură are prevăzut un comutator 22 care permite fie conectarea la linia 5 de tensiune / de curent, fie împământarea electrozului 4, fie conectarea unei surse calibrate 23 de tensiune la electrozului 4 în scopul verificării periodice a răspunsului membranelor 1a, 1b. De asemenea, ansamblul mai conține un comutator 24 de decuplare de la linia 5 de tensiune / de curent atunci când sunt necesare lucrări de mentenanță. Partea de citire a curentului electric conține un comutator 25 de decuplare a bobinei Rogowski 7 și conectarea membranelor 6a și 6b fie la împământare simultan cu conectarea electrozului 4 la împământare prin intermediul comutatorului 22, fie la o sursă de tensiune calibrată 23 în scopul verificării periodice a răspunsului membranelor 6a și 6b.

Comutatoarele 22, 24 și 25 sunt poziționate pe sisteme de prindere și de fixare în sine cunoscute, sisteme pe care nu le-am figurat în desenele de față.

Sistemul de măsură se află plasat într-o incintă 26 izolatoare electric și etanșă, în interiorul căreia se află un gaz 27 izolator electric. Presiunea gazului 27 este cuprinsă între  $10^{-9}$  Torr și 1 atm.

Într-una dintre situații, și anume atunci când membranele 1a, 1b, 6a și 6b nu sunt compensate la efectul variațiilor de temperatură, în interiorul incintei 26 se află un senzor 28 de temperatură care are rolul de a transmite la dispecer valoarea temperaturii din incintă și implicit a valorii temperaturii membranelor 1a, 1b, 6a și 6b, astfel încât dispecerul să poată corecta semnalul primit folosind datele de calibrare ale membranelor 1a, 1b, 6a și 6b la diferite temperaturi pentru a obține valoarea corectă a parametrilor măsurăți ai curentului electric. Senzorul de temperatură poate fi citit fie optic fie electric, în acest din urmă caz semnalul fiind transmis către dispecer prin aceleași metode electronice ca și semnalul de tensiune electrică și, respectiv, de curent electric.

Întreg ansamblul de măsură se află montat pe un stâlp 29 izolator.

Menționăm faptul că adaptarea citirii tensiunii electrice la diferite valori ale tensiunii de pe linie – de exemplu 10 kV, 20 kV, 110 kV, 220 kV, 400 kV – se face modificând doar distanța dintre membranele 1a, 1b și electrozului 4. De asemenea, precizăm faptul că membranele 1a, 1b sunt înconjurate de suportul 3 conductor care, la rândul lui, este înconjurat de un inel de gardă aflat la același potențial cu substratul 3 și membranele 1a și 1b, scopul fiind acela de a asigura un câmp electric uniform la nivelul membranelor 1a și 1b.



Materialul din care sunt făcute membranele 1a, 1b, 6a și 6b și implicit ancorele 2 și substratul 3 poate fi Siliciu monocristalin puternic dopat cu rezistivitate de maxim 0,02 Ohm\*cm, Germaniu monocristalin puternic dopat cu rezistivitate de maximum 0,02 Ohm\*cm, SiC monocristalină puternic dopată cu rezistivitate de maximum 0,02 Ohm\*cm, diamant monocristalin puternic dopat cu rezistivitate de maximum 0,02 Ohm\*cm, metal monocristalin de preferință Cupru, Aur, Platină, Iridiu, sau aliaje metalice, respectiv compuși inter-metalici monocristalini. În cazul materialelor semiconductoare, 1a, 1b, 6a și 6b și implicit ancorele 2 și substratul 3 pot fi fabricate fie din plachete șlefuite dublă față fie din plachete de tip SOI.

Gazul 27 izolator poate fi de exemplu SF<sub>6</sub>.

În ceea ce privește fasciculele 8, acestea pot fi monocromatice sau pot avea, preferabil, cel puțin două fascicule cu lungimi de undă diferite, lungimile de undă respective trebuind să nu aibă un raport întreg între ele. Acest lucru este necesar pentru a asigura măsurarea precisă a deplasării pe distanțe mai mari de o lungime de undă. Domeniul spectral al fasciculelor 8 este cuprins între 190 nm și 12 micrometri, fasciculele fiind în undă continuă și având o putere cuprinsă între 1 mW și 10 W, fasciculele 8 fiind coerente.

Este important de menționat faptul că mai mulți astfel de senzori – fie pe partea de citire a tensiunii electrice, fie pe partea de citire a curentului electric – pot fi conectați în serie prin intermediul a cel puțin două oglinzi 30 și 31. Această conectare în serie duce la scăderea erorii relative de măsură. Astfel, dacă un senzor individual are o eroare de măsură de 0,1 %, 10 astfel de senzori conectați în serie vor avea o eroare de 0,01 %.

De asemenea, redundanța este asigurată prin conectarea în paralel a mai multor astfel de senzori, fie pe partea de tensiune electrică, fie pe partea de curent electric. În acest caz, fiecare set de senzori conectați în paralel va fi citit de un fascicol 8 având o anumită lungime de undă diferită de cea a fasciculelor 8 utilizate pentru celelalte seturi similare (adică fie pe partea de tensiune electrică, fie pe partea de curent electric).

Dăm în continuare un exemplu de realizare a invenției. Astfel, membranele 1a, 1b, 6a și 6b ca și ancorele 2 și substratul 3 sunt realizate din Siliciu monocristalin de orientare cristalină (100) și având o rezistivitate de 0,01 Ohm\*cm, membranele 1a, 1b, 6a și 6b având dimensiuni de 1 mm x 1mm x 0,04 mm. Electrocul 4 este realizat din Cupru și este conectat la linia electrică 5 de înaltă tensiune de 10 kV. Curentul prin linia 5 este de 500 A, frecvența fiind de 50 Hz. Bobina Rogowski dă o tensiune electrică la borne de 1V. Membranele 1a, 1b sunt montate la o distanță de 1 cm de electrocul 4 în timp ce membranele 6a și 6b sunt montate la o distanță de 10 micrometri de electrocul 4. Fascicolul 8 este format din două fascicule monocromatice fiecare cu putere de 10 mW și având lungimi de undă de 632 nm și, respectiv, de 540 nm, emise de două diode laser 9. Oglinzile 13, 14 și 15 sunt din Cupru aurit și sunt montate pe suport de invar. Elementele optice 10, 11, 12, 16 și 17 sunt în sine cunoscute, fiind transparente la lungimile de undă menționate. Cele două fascicule 8 de lungimi de undă diferite sunt detectate fiecare de câte o fotodiodă 18 și transformate într-un semnal electric amplificat apoi de către amplificatorul 19, codificat de către modulul 20 și trimis către dispecer prin intermediul unui sistem radio 21 care lucrează în modulație FM.

Incinta 26 este alcătuită din porțelan și are în interior gazul 27 care este SF<sub>6</sub> la 0,1 atm. Întreg ansamblul de măsură se află montat pe un stâlp 29 din ciment prevăzut cu izolatori din porțelan.



## Revendicări

1. Sistem miniaturizat integrat pentru măsurarea valorilor instantanee ale parametrilor curentului electric pe liniile de tensiune conform invenției, caracterizat prin aceea că este alcătuit din două sub-sisteme de măsură, și anume un sub-sistem de măsură a tensiunii electrice și, respectiv, un sub-sistem de măsură a curentului electric.

2. Sistem miniaturizat integrat pentru măsurarea valorilor instantanee ale parametrilor curentului electric pe liniile de tensiune conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că sub-sistemul de măsurare a tensiunii electrice este alcătuit din cel puțin o pereche de membrane 1a și 1b mobile situate de o parte și de alta a electrodului 4 fix de metal, fiecare membrană 1a și 1b fiind legată de substratul 3 corespunzător prin intermediul unor ancore 2 de prindere și fiind împământată, electrodul 4 fiind legat printr-un material conductor electric la linia 5 de tensiune / curent electric, tensiunea electrică de pe electrodul 4, identică cu cea de pe linia 5, comandând în mod capacitiv mișcarea celor două membrane mobile 1a și respectiv 1b, aceste membrane 1a și 1b fiind atrase către electrodul 4 pe o distanță dependentă în mod univoc de valoarea instantanee a tensiunii electrice, distanța dintre membranele 1a, 1b și electrodul 4 fiind astfel aleasă încât să se evite străpungerea mediului aflat între aceste elemente precum și orice scurgere importantă de curent de la linia 5 către împământare, citirea deplasării membranelor 1a și 1b fiind făcută cu ajutorul unui fascicol 8 de lumină emis de către sursa 9.

3. Sistem miniaturizat integrat pentru măsurarea valorilor instantanee ale parametrilor curentului electric pe liniile de tensiune conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că sub-sistemul de măsurare a curentului electric este alcătuit din cel puțin o pereche de membrane 6a și 6b mobile situate de o parte și de alta a electrodului 4 de metal, fiecare membrană 6a și 6b fiind legată de substratul 3 corespunzător prin intermediul unor ancore 2 de prindere și fiind legate la unul dintre capetele bobinei Rogowski 7 montată în jurul liniei 5 de tensiune / curent electric, celălalt capăt al bobinei Rogowski 7 fiind conectat pe electrodul 4, bobina Rogowski 7 comandând în mod capacitiv mișcarea celor două membrane mobile 6a și respectiv 6b, aceste membrane 6a și 6b fiind atrase către electrodul 4 pe o distanță dependentă în mod univoc de valoarea instantanee a tensiunii electrice generate de bobina Rogowski 7 ca urmare a variației câmpului magnetic produs de curentul variabil din linia 5, distanța dintre membranele 6a, 6b și electrodul 4 fiind astfel aleasă încât să se evite străpungerea mediului aflat între aceste elemente, citirea deplasării membranelor 6a și 6b fiind făcută cu ajutorul unui fascicol 8 de lumină emis de către sursa 9 și care este diferit de fascicolul 8 de lumină folosit la citirea deplasării membranelor 1a și respectiv 1b, bobina Rogowski 7 putând avea unul sau mai multe straturi de înfășurare în funcție de valoarea curentului electric care trebuie măsurată.

4. Sistem miniaturizat integrat pentru măsurarea valorilor instantanee ale parametrilor curentului electric pe liniile de tensiune conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că citirea optică a sub-sistemului de măsurare a tensiunii electrice se face de către fascicolul 8 de lumină emis de către sursa 9 și având o polarizare inițial circulară, fascicol 8 care este împărțit în două fascicole 8a și 8b polarizate liniar și ortogonal unul în raport cu celălalt cu ajutorul prismei Glan-Thomson 10, fascicolul 8b trecând prin lama sfert de undă 11, apoi ajungând pe membrana 1a pe care este reflectat, trecând din nou prin lama sfert de undă 11, polarizarea sa devenind perpendiculară pe cea cu care a ieșit din prisma 10, fiind de aceea reflectat de către prisma 10, trecând prin lama sfert de undă 12 și fiind apoi reflectat de către oglinzile 13, 14 și 15 până ajunge pe membrana 1b pe care se reflectă, după care se întoarce pe aceeași



drum dar în sens contrar, trecând din lama sfert de undă 12, parcursul optic al fascicolului 8b putând conține un element 17 de compensare a eventualelor rotiri de plan de polarizare produse de către oglinzile 13, 14 și 15, apoi ieșind prin prisma 10 pe o direcție paralelă și coincidentă cu fascicolul 8a, după care fascicolele 8a și 8b trec printr-un polarizor liniar 16 cu direcția de polarizare la  $45^{\circ}$  față de cele ale fascicolelor 8a și 8b, la ieșirea din polarizorul 16 cele două fascicole 8a și 8b interferând, valoarea intensității luminoase rezultante depinzând de distanța de drum optic dintre cele două fascicole 8a, 8b, deci de deplasarea celor două membrane 1a și 1b

5. Sistem miniaturizat integrat pentru măsurarea valorilor instantanee ale parametrilor curentului electric pe liniile de tensiune conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că citirea optică a sub-sistemului de măsurare a curentului electric se face de către fascicolul 8 de lumină emis de către sursa 9 și având o polarizare inițial circulară, fascicol 8 care este împărțit în două fascicole 8a și 8b polarizate liniar și ortogonal unul în raport cu celălalt cu ajutorul prismei Glan-Thomson 10, fascicolul 8b trecând prin lama sfert de undă 11, apoi ajungând pe membrana 6a pe care este reflectat, trecând din nou prin lama sfert de undă 11, polarizarea sa devenind perpendiculară pe cea cu care a ieșit din prisma 10, fiind de aceea reflectat de către prisma 10, trecând prin lama sfert de undă 12 și fiind apoi reflectat de către oglinzile 13, 14 și 15 până ajunge pe membrana 6b pe care se reflectă, după care se întoarce pe același drum dar în sens contrar, trecând din lama sfert de undă 12, parcursul optic al fascicolului 8b putând conține un element 17 de compensare a eventualelor rotiri de plan de polarizare produse de către oglinzile 13, 14 și 15, apoi ieșind prin prisma 10 pe o direcție paralelă și coincidentă cu fascicolul 8a, după care fascicolele 8a și 8b trec printr-un polarizor liniar 16 cu direcția de polarizare la  $45^{\circ}$  față de cele ale fascicolelor 8a și 8b, la ieșirea din polarizorul 16 cele două fascicole 8a și 8b interferând, valoarea intensității luminoase rezultante depinzând de distanța de drum optic dintre cele două fascicole 8a, 8b, deci de deplasarea celor două membrane 6a și 6b.

6. Sistem miniaturizat integrat pentru măsurarea valorilor instantanee ale parametrilor curentului electric pe liniile de tensiune conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că fascicolele 8 care ies din sistemele de citire ale tensiunii electrice, respectiv ale curentului electric sunt transmise mai departe către dispecerul de rețea fie prin conversia lor în semnal electric cu ajutorul unor fotodiode 18, semnalul electric rezultat fiind amplificat apoi de către amplificatorul 19, codificat de către modulul 20 și trimis către dispecer fie pe cablu electric fie prin intermediul unui sistem radio 21, modulul 20 și sistemul radio 21 putând fi comune pentru sub-sistemul de tensiune și, respectiv, pentru sub-sistemul de curent sau putând fi separate, fie fascicolele 8 sunt transmise prin cablu optic către dispecer.

7. Sistem miniaturizat integrat pentru măsurarea valorilor instantanee ale parametrilor curentului electric pe liniile de tensiune conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că toate fascicolele 8 pot fi monocromatice sau pot conține, preferabil, cel puțin două fascicole cu lungimi de undă diferite, lungimile de undă respective trebuind să nu aibă un raport întreg între ele, domeniul spectral al fascicolelor 8 fiind cuprins între 190 nm și 12 micrometri, fascicolele fiind în undă continuă și având o putere cuprinsă între 1 mW și 10 W, fascicolele 8 fiind coerente, sursa 9 putând fi o sursă locală, de exemplu o diodă laser alimentată de la linia 5 de tensiune / curent prin mijloace în sine cunoscute sau poate fi o fibră optică care aduce fascicolul 8 de la distanță, de exemplu de la dispecer, prin intermediul unei fibre optice, fascicolul 8 care iese din fibra optică fiind un fascicol paralel / colimat.

8. Sistem miniaturizat integrat pentru măsurarea valorilor instantanee ale parametrilor curentului electric pe liniile de tensiune conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că adaptarea citirii tensiunii





electrice la diferite valori ale tensiunii de pe linie – de exemplu 10 kV, 20 kV, 110 kV, 220 kV, 400 kV – se face modificând doar distanța dintre membranele 1a, 1b și electrodul 4, membranele 1a și 1b fiind înconjurate de suportul 3 conductor care, la rândul lui, este înconjurat de un inel de gardă aflat la același potențial cu substratul 3 și membranele 1a și 1b, scopul fiind acela de a asigura un câmp electric uniform la nivelul membranelor.

9. Sistem miniaturizat integrat pentru măsurarea valorilor instantanee ale parametrilor curentului electric pe liniile de tensiune conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că materialul din care sunt făcute membranele 1a, 1b, 6a și 6b și implicit ancorele 2 și substratul 3 poate fi Siliciu monocristalin puternic dopat cu rezistivitate de maxim 0,02 Ohm\*cm, Germaniu monocristalin puternic dopat cu rezistivitate de maximum 0,02 Ohm\*cm, SiC monocristalină puternic dopată cu rezistivitate de maximum 0,02 Ohm\*cm, diamant monocristalin puternic dopat cu rezistivitate de maximum 0,02 Ohm\*cm, metal monocristalin de preferință Cupru, Aur, Platină, Iridiu, sau aliaje metalice, respectiv compuși inter-metalici monocristalini, în cazul materialelor semiconductoare membranele 1a, 1b, 6a și 6b și implicit ancorele 2 și substratului 3 pot fi fabricate fie din plachete șlefuite dublă față fie din plachete de tip SOI.

10. Sistem miniaturizat integrat pentru măsurarea valorilor instantanee ale parametrilor curentului electric pe liniile de tensiune conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că permite recalibrarea sub-sistemului de citire a valorii tensiunii electrice, respectiv a sub-sistemului de citire a valorii curentului electric folosind o sursă 23 calibrată de tensiune electrică.

11. Sistem miniaturizat integrat pentru măsurarea valorilor instantanee ale parametrilor curentului electric pe liniile de tensiune conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că ansamblul care conține sistemul de măsură are prevăzut un comutator 22 care permite fie conectarea la linia 5 de tensiune / de curent, fie împământarea electrodului 4, fie conectarea unei surse calibrate 23 de tensiune în scopul verificării periodice a răspunsului membranelor 1a, 1b, de asemenea, ansamblul conținând un comutator 24 de decuplare de la linia 5 de tensiune / de curent atunci când sunt necesare lucrări de mentenanță.

12. Sistem miniaturizat integrat pentru măsurarea valorilor instantanee ale parametrilor curentului electric pe liniile de tensiune conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că partea de citire a curentului electric conține un comutator 25 de decuplare a bobinei Rogowski 7 și conectarea membranelor 6a și 6b fie la împământare simultan cu conectarea electrodului 4 la împământare prin intermediul comutatorului 22, fie la o sursă de tensiune calibrată 23 în scopul verificării periodice a răspunsului membranelor 6a și 6b.

13. Sistem miniaturizat integrat pentru măsurarea valorilor instantanee ale parametrilor curentului electric pe liniile de tensiune conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că sistemul de măsură se află plasat într-o incintă 26 izolatoare electric și etanșă, în interiorul căreia se află un gaz 27 izolator electric, presiunea gazului 27 fiind cuprinsă între  $10^{-9}$  Torr și 1 atm.

14. Sistem miniaturizat integrat pentru măsurarea valorilor instantanee ale parametrilor curentului electric pe liniile de tensiune conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că, într-una dintre situații, în interiorul incintei 26 se află un senzor 28 de temperatură care are rolul de a transmite la dispecer valoarea temperaturii din incintă și implicit a temperaturii membranelor 1a, 1b, 6a și 6b, senzor de temperatură care poate fi citit fie optic fie electric, în acest din urmă caz semnalul fiind transmis către dispecer prin aceleași metode electronice ca și semnalul de tensiune electrică și, respectiv, de curent electric.



15. Sistem miniaturizat integrat pentru măsurarea valorilor instantanee ale parametrilor curentului electric pe liniile de tensiune conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că mai multe sub-sisteme de citire a tensiunii electrice pot fi conectate în serie prin intermediul a cel puțin două oglinzi 30 și 31 în vederea scăderii erorii de măsură a tensiunii electrice.

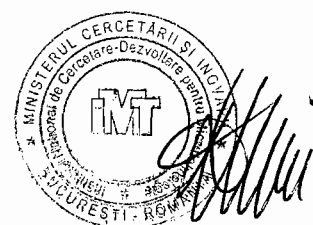
16. Sistem miniaturizat integrat pentru măsurarea valorilor instantanee ale parametrilor curentului electric pe liniile de tensiune conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că mai multe sub-sisteme de citire a curentului electric pot fi conectate în serie prin intermediul a cel puțin două oglinzi 30 și 31 în vederea scăderii erorii de măsură a curentului electric.

17. Sistem miniaturizat integrat pentru măsurarea valorilor instantanee ale parametrilor curentului electric pe liniile de tensiune conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că, în scopul asigurării redundanței necesare, mai multe sub-sisteme de citire a tensiunii electrice pot fi conectate în paralel, în acest caz, fiecare set de senzori conectați în paralel va fi citit de un fascicol 8 având o anumită lungime de undă diferită de cea a fasciculelor 8 utilizate pentru celelalte seturi de măsură a tensiunii electrice.

18. Sistem miniaturizat integrat pentru măsurarea valorilor instantanee ale parametrilor curentului electric pe liniile de tensiune conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că, în scopul asigurării redundanței necesare, mai multe sub-sisteme de citire a curentului electric pot fi conectate în paralel, în acest caz, fiecare set de senzori conectați în paralel va fi citit de un fascicol 8 având o anumită lungime de undă diferită de cea a fasciculelor 8 utilizate pentru celelalte seturi de măsură a curentului electric.

19. Sistem miniaturizat integrat pentru măsurarea valorilor instantanee ale parametrilor curentului electric pe liniile de tensiune conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că, într-una dintre situații, gazul 27 este SF<sub>6</sub>.

20. Sistem miniaturizat integrat pentru măsurarea valorilor instantanee ale parametrilor curentului electric pe liniile de tensiune conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că întreg ansamblul de măsură se află montat pe un stâlp 29 izolator.



Desene

Figura 1

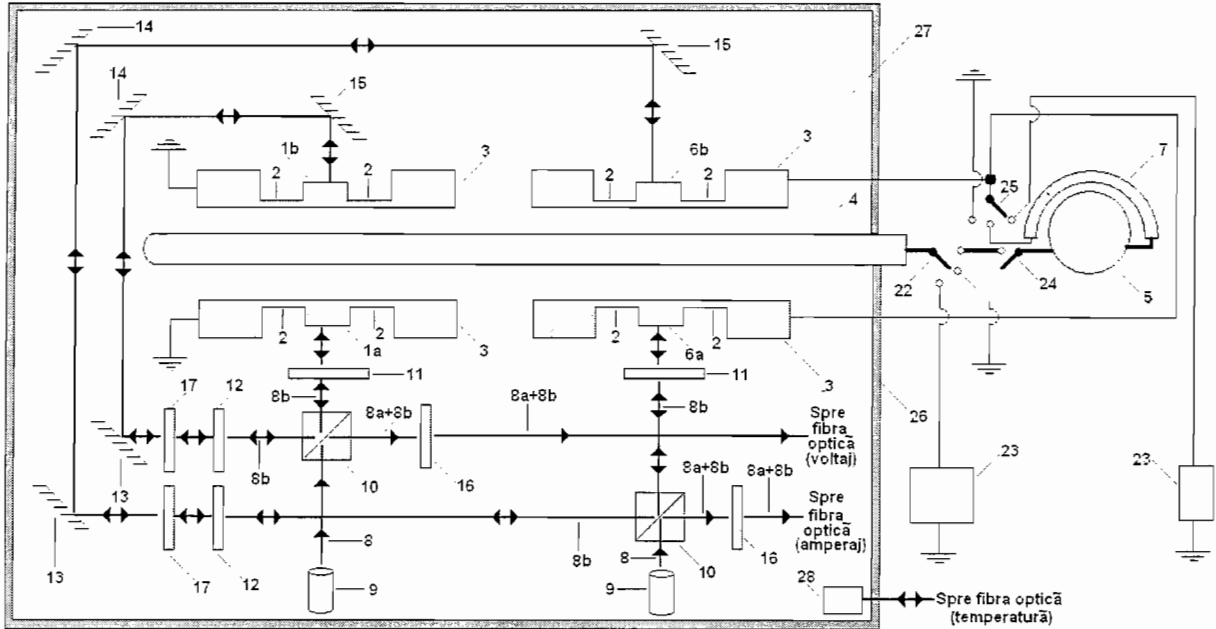


Figura 2

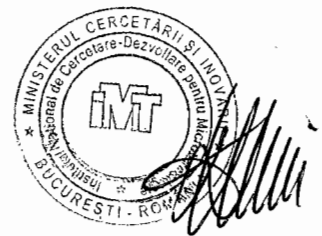
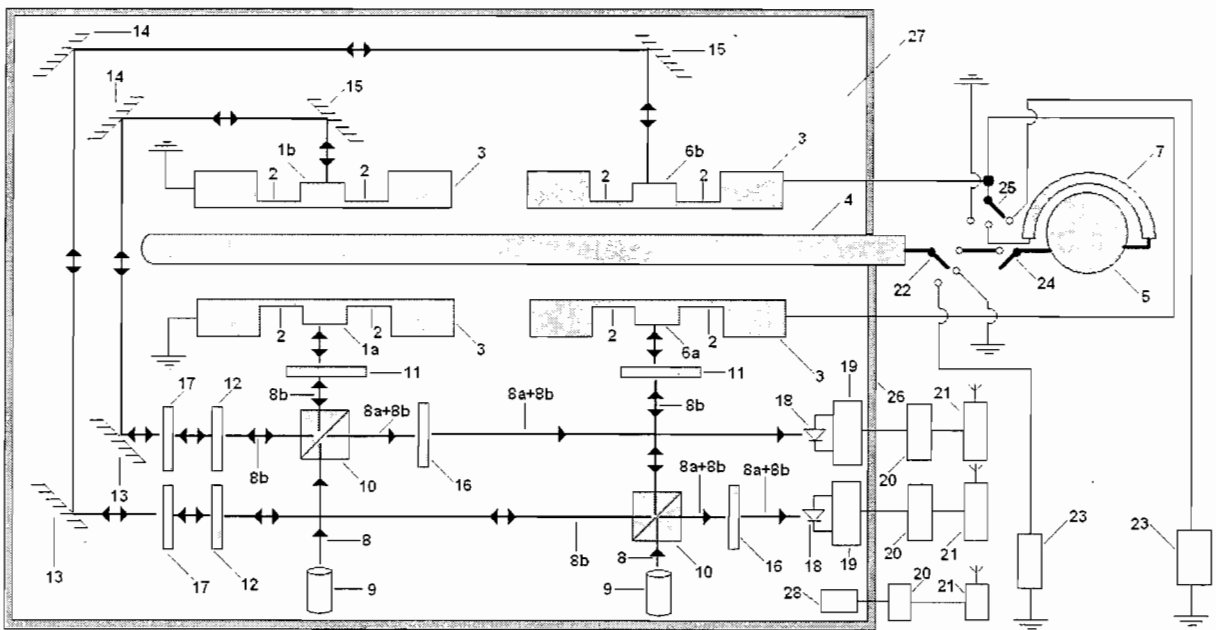


Figura 3

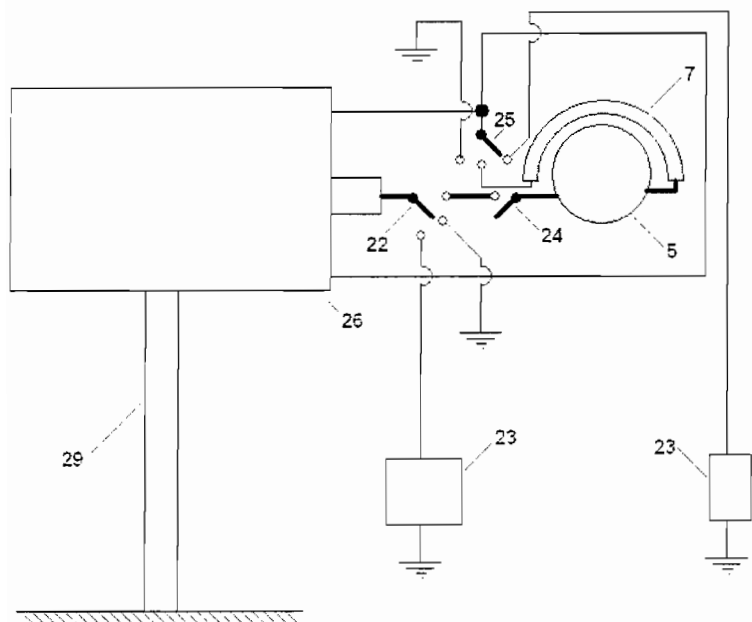


Figura 4

