



(12)

## CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2015 00168**

(22) Data de depozit: **06/03/2015**

(41) Data publicării cererii:  
**27/11/2015** BOPI nr. **11/2015**

(71) Solicitant:  
• AOT ADVANCED OPTICAL  
TRANSDUCER COMPANY S.R.L.,  
CALEA ȘERBAN VODĂ NR. 50, SECTOR 4,  
BUCUREȘTI, B, RO

(72) Inventatori:  
• INVENTATORI NEDECLARAȚI, \*, RO

(74) Mandatar:  
ECOINTELLECT CABINET INDIVIDUAL  
ANDRONACHE PAUL,  
ALEEA COMPOZITORILOR NR.1, BL.E21,  
ET.6, AP.35, SECTOR 6, BUCUREȘTI

(54) **SENZOR OPTIC PENTRU MĂSURAREA POZIȚIEI  
COMPONENTELOR ELECTRICE, DE ÎNALTĂ TENSIUNE, ÎN  
SPECIAL A RILELOR IZOLATORULUI DE ÎNALTĂ TENSIUNE**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un senzor optic pentru măsurarea poziției componentelor electrice de înaltă tensiune, în special a rilelor izolatorului de înaltă tensiune, utilizate la verificarea în serie a stării componentelor electrice de înaltă tensiune. Senzorul optic, conform invenției, este constituit dintr-o sursă (A) optică de coerență scăzută, cu o lungime de undă de 633 nm, care luminează o fibră (C1) optică, dintr-un cuplur (D) pentru propagarea luminii, dintr-o altă fibră (C2) optică de preluare a semnalului reflectat, pentru citirea semnalului reflectat și transformarea lui în semnal de curent/tensiune fiind folosită o fotodiodă (B) care primește semnalul luminos printr-o altă fibră (C3) optică.

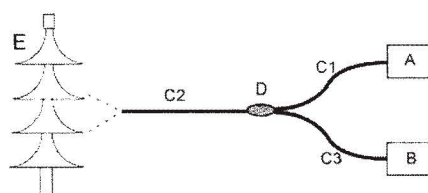


Fig. 1

Revendicări: 8  
Figuri: 8





## SENZOR OPTIC PENTRU MĂSURAREA POZIȚIEI COMPONENTELOR ELECTRICE DE ÎNALTĂ TENSIUNE, ÎN SPECIAL A RILELOR IZOLATORULUI DE ÎNALTĂ TENSIUNE

Invenția se referă la un senzor optic pentru măsurarea poziției componentelor electrice de înaltă tensiune, în special a rilelor izolatorului de înaltă tensiune, utilizate la verificarea în serie a stării componentelor de înaltă tensiune. Invenția revendicată mai este folosită pentru a măsura proximitatea sau profilul unei componente electrice de înaltă tensiune, în special a rilelor izolatorului de înaltă tensiune.

Se cunoaște din literatura de specialitate, că profilul componentei de înaltă tensiune se măsoară cu un senzor optic de distanță. S-au dezvoltat metode diferite de a detecta optic distanța: tehnica bazată pe intensitate, tehnica timpului de zbor, și tehnica interferometrică. În tehnica interferometrică, distanța se află prin trimiterea de unde electromagnetice (de exemplu, lumina) către focar și măsurarea timpului necesar pentru ca undele să ajungă de la senzor la focar și înapoi; această tehnică este potrivită pentru măsurarea distanțelor lungi, însă pentru distanțe mici este nevoie de foarte mare precizie în măsurarea timpului și de un circuit electronic foarte rapid.

Metoda interferometrică pe baza diferitelor dispozitive interferometrice (de exemplu, Michelson) poate măsura deplasările sublungimilor de undă ale unui obiect; această tehnică este foarte precisă și se pot măsura distanțe foarte mici, însă este nevoie de o sursă de lumină foarte stabilă și clară sau de un dispozitiv optic foarte stabil (pentru ROCS – Reflectometrie Optică cu Coerență Scăzută) și de un sistem de demodulație electronică.

Sunt cunoscute, din cererea de brevet americană **US4760343**, o metodă și un aparat pentru detectarea defectelor de poziție a unui izolator care se află într-o coloană de izolatoare montate pe o linie electrică de înaltă tensiune, conectate în serie. Conform soluției din cererea americană, este folosită o metodă de măsurarea câmpului electric utilizând o sondă de câmp electric special configurată pentru a măsura de la distanță și în locuri predeterminate, acest câmp electric. Este prevăzut un dispozitiv de deplasare prin care să se deplaseze sonda de-a lungul unei axe aproximativ paralele cu lungimea

coloanei, pentru a obține automat măsurători. În cazul în care există discontinuități în câmpul electric din jurul coloanei, se consideră că există poziții ale izolatoarelor care nu corespund locațiilor optime. Principalul avantaj al acestei metode este faptul că nici un contact electric trebuie să se facă la izolatori. Principalul dezavantaj este acela că măsurătorile nu sunt foarte precise, câmpul electric putând fi influențat și de alți factori decât neliniaritatea.

Din cererea de brevet americană **US5017772** mai este cunoscut un senzor cu fibra optică pentru măsurarea precisă a deplasării unei ținte la distanțe foarte mici. Senzorul este format dintr-o multitudine de fibre concentrice emițătoare de lumină care sunt conectate la o sursă de lumină pentru iluminarea țintei, dintr-o multitudine de fibre de recepție a luminii, precum și din niște mijloace de măsurare a luminii reflectate, primită de la țintă, astfel încât se generează un semnal de ieșire proporțional cu lumina primită. Dezavantajul acestei soluții constă în aceea că e folosesc mai multe tipuri de fibre optice, pentru iluminare și colectare. Rezultatul este obținerea unui senzor neinfluențat de gradul de reflexie a focarului.

Un instrument de măsurare proximitate cu fibră optică, pentru măsurarea schimbărilor dinamice, este cunoscut din cererea de brevet **US4247764** și include o sursă de lumină, doi senzori de măsurare a luminii reflectate și un cablu conducător de lumină pentru transmiterea luminii la țintă și un cablu conducător de lumină reflectată de la obiectiv înapoi la senzorul de lumină reflectată. Intensitatea sursei de lumină este stabilită de un dispozitiv de control al luminozității în timpul configurării, pentru a produce un nivel mediu de intensitate a luminii reflectate, în ciuda modificărilor de reflexie dintre țintă și cablul de lumină. Instrumentul propus în cererea de brevet menționată are avantajul că folosește fibră optică măsurătorile sunt independente de gradul de reflexie a focarului, ceea ce îl face neaplicabil la determinarea unor defecte, cum ar fi neliniaritatea rilelor izolatorului de înaltă tensiune.

Din cererea internațională **WO9901745A1** este cunoscut un alt sistem optic de măsurare a unor caracteristici și o metodă de determinare a acestor caracteristici care folosesc un ansamblu de fibre optice având geometrie diferită, pentru a se obține înălțimea sondei, unghiul suprafeței și alte caracteristici ale unui focar de lumină. Dar ca și la soluțiile menționate mai sus, această soluție nu poate fi aplicată într/un câmp electric intens, așa cum este cel de înaltă tensiune.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în detectarea neliniarității sau alinierii componentelor electrice de înaltă tensiune, în special a rilelor izolatorului de înaltă tensiune astfel încât să nu fie afectat câmpul electric sau să nu se compromită siguranța în prezența conductorului de înaltă tensiune.

Senzorul optic pentru măsurarea poziției componentelor electrice de înaltă tensiune, în special a rilelor izolatorului de înaltă tensiune, conform invenției, într-o primă variantă constructivă, este constituit dintr-o sursă optică de coerență scăzută cu o lungime de undă de 633 nm, care luminează o fibră optică, un cuplor pentru propagarea luminii, o altă fibră optică de preluarea semnalului reflectat, pentru citirea semnalului reflectat și transformarea lui în semnal de curent/tensiune fiind folosită o fotodiodă care primește semnalul luminos printr-o altă fibră optică.

Conform unui alt aspect al invenției, pentru a înlătura reflexia Fresnel de la capătul de fibre de preluarea semnalului, capătul acesteia se tratează cu strat anti-reflectorizant sau se realizează un unghi de clivaj.

Senzorul optic pentru măsurarea poziției componentelor electrice de înaltă tensiune, în special a rilelor izolatorului de înaltă tensiune, conform unei a doua variante constructive, este constituit dintr-o sursă optică de coerență scăzută cu o lungime de undă de 633 nm care luminează o fibră optică, pentru citirea semnalului reflectat și transformarea lui în semnal de curent/tensiune fiind folosită o fotodiodă care primește semnalul luminos printr-o altă fibră optică.

Conform unui alt aspect al invenției, pentru a evita existența unei interferențe între semnalul optic transmis și semnalul optic reflectat la întoarcerea fasciculului optic în fotodiodă, sursa optică de coerență scăzută este un LED cu lungime de undă de 633 nm.

Conform unui alt aspect al invenției, fibrele optice sunt realizate din plastic.

Conform unui alt aspect al invenției, în cazul unui unghi de deschidere amplu al fasciculului, mai conține și o lentilă plasată în fața fibrei optice de preluarea semnalului.

Conform unui alt aspect al invenției, pentru a transforma curentul furnizat de fotodiodă în semnal de tensiune, senzorul mai conține un circuit electric de conversie curent-tensiune.

Conform unui alt aspect al invenției, pentru alinierea sursei optice de coerență scăzută cu nucleul fibrei optice de transmitere semnal, senzorul optic mai este prevăzut cu un suport demontabil, realizat din metal sau plastic dur.

Avantajele care se obțin din aplicarea invenției sunt:

- este o metodă simplă, bazată pe intensitate;
- prezintă coerență deoarece nu necesită o sursă optică;
- nu are nevoie de sistem de demodulație în timp real;
- prezintă sensibilitate, linearitate.
- 

Se dă în continuare două variante de realizare a invenției în legătură cu figurile explicative, care reprezintă:

- Figura 1 – schema de principiu a senzorului optic pentru măsurarea liniarității rilelor izolatorului de înaltă tensiune, conform unei prime variante de realizare a invenției;
- Figura 2 – schema de principiu a senzorului optic pentru măsurarea liniarității rilelor izolatorului de înaltă tensiune, conform unei a doua variante de realizare a invenției;
- Figura 3 – diagrama variației semnalului recepționat funcție de poziția rilelor izolatorului de înaltă tensiune, conform invenției;
- Figura 4 – diagrama tensiune-distanță, în configurația cu cuplor, conform invenției (linia continuă) și în configurația fără cuplor, conform invenției (linia punctată);
- Figura 5 – diagrama tensiune-distanță, în configurația cu două fibre optice, cu deschideri mai mari de 3 mm conform invenției;
- Figura 6 – schema circuitului electric de conversie curent-tensiune;
- Figura 7 – vedere generală suport de susținere pentru a alinia LED-ul (cu lentila sa) la nucleul sursei, conform invenției;
- Figura 8 – vedere schematică a suport de susținere pentru a alinia LED-ul (cu lentila sa) la nucleul sursei, conform invenției;

Senzorul propus se folosește de tehnica bazată pe intensitate: aceasta este cea mai simplă tehnică și constă într-o sursă de lumină și un detector, în care intensitatea luminii reflectate de la obiect pe detector este o funcție a distanței dintre sursa de lumină/

detector și obiect. Fibra optică este mediul de propagare pentru senzorul propus. Această tehnică nu necesită o sursă optică prezentând coerență și nu are nevoie de sistem de demodulație în timp real.

Mobilitatea crescută, dimensiunea mică a senzorului și construcția dielectrică permit folosirea senzorului în mediu de înaltă tensiune, fără să afecteze câmpul electric sau să compromită siguranța în prezența conductorului de înaltă tensiune.

Senzorul optic, conform invenției, folosit, de exemplu la detectarea alinierii aripioarelor izolatorului de înaltă tensiune, folosește pentru dedectarea poziției, în raport cu aripioarele izolatorului, senzorului de câmp electric în timp ce operatorul îl face să alunece de-a lungul acestuia.

Cum senzorul de câmp electric este în totalitate din materiale dielectrice este necesar ca și sistemul detector de aripioarere să fie în întregime dielectric și să fie simplu de instalat pe rezistența dielectrică pe care va fi instalat și senzorul de câmp electric. Dat fiind că nu trebuie să existe contact între senzor și izolator este necesar să se facă o măsurătoare fără contact: este folosit un fascicul optic ce iese dintr-o fibră optică și care este făcut să interacționeze cu aripioarele izolatorului. Pentru a evita construirea unui sistem de aliniere complex, conform invenției, se folosește un senzor în care lumina ce iese dintr-o fibră optică iluminează izolatorul, se reflectă și apoi este captată de o altă fibră optică și măsurată cu o fotodiodă.

Obiectul invenției este un senzor de distanță optică pe bază de măsurare a amplitudinii. Fasciculul de lumină care iese dintr-o fibră optică este reflectat de focar, iar reflexia este absorbită de aceeași fibră sau de alta; datorită divergenței fasciculului de lumină, mișcarea de apropiere sau de depărtare a focarului modulează puterea absorbită de fibra de colectare.

În Figura 1 și Figura 2 sunt prezentate două variante de realizare a unui senzor optic de măsurarea poziției componentelor electrice de înaltă tensiune, în special a rilelor izolatorului de înaltă tensiune.

Conform unei prime variante de realizare a invenției, Figura 1, senzorul optic este constituit dintr-o sursă **A** optică de coerență scăzută cu o lungime de undă potrivită care luminează o fibră **C1** optică. Pentru propagarea luminii, senzorul conține și un cuplor **D** optic și o altă fibră **C2** optică. Pentru citirea semnalului reflectat și transformarea lui în

semnal de curent/tensiune este folosită o o fotodiodă **B** care primește semnalul luminos printr-o altă fibră **C3** optică. Pentru a înlătura reflexia Fresnel de la capătul fibrei **C2**, capătul acesteia se tratează cu strat anti-reflectorizant sau se realizează un unghi de clivaj.

Senzorul optic, conform primului exemplu de realizare a invenției, funcționează astfel: sursa **A** optică de coerență scăzută cu o lungime de undă potrivită luminează fibra **C1** optică. Lumina se propagă prin cuplorul **D** optic și apoi prin fibra optică **C2**. La capătul fibrei optice **C2**, lumina iese cu o divergență  $\vartheta$  care este o funcție a deschiderii NA a fibrei **C2**.

$$\vartheta = 2 \sin^{-1}(NA)$$

Datorită divergenței fasciculului de lumină, intensitatea luminii reflectate scade odată cu distanța. Lumina absorbită de aceeași fibră **C2** este astfel modulată funcție de distanța focarului, iar trecerea la cuplorul **D1** se va citi cu fotodioda **B** care primește semnalul reflectat prin fibra **C3**.

Conform unei a doua variante de realizare a invenției, Figura 2, senzorul optic este constituit dintr-o sursă **A** optică de coerență scăzută cu o lungime de undă potrivită care luminează o fibră **C** optică. Pentru citirea semnalului reflectat și transformarea lui în semnal de curent/tensiune este folosită o o fotodiodă **B** care primește semnalul luminos printr-o altă fibră **D** optică.

Senzorul optic, conform celui de-al doilea exemplu de realizare a invenției, funcționează astfel: sursa optică de coerență scăzută **A** cu o lungime de undă potrivită luminează fibra optică **C**. Lumina se propagă prin fibra optică **C** iar la capătul fibrei optice **C** lumina iese cu o divergență  $\vartheta$ . Lumina absorbită de fibra optică **D** este astfel modulată funcție de distanța focarului și se va citi cu fotodioda **B**.

Sursa optică **A** și fotodioda **B** din Figura 1 și Figura 2 pot fi amplasate departe de mediul de înaltă tensiune și pot ajunge la locul măsurătorii prin intermediul fibrei **C2** pentru senzorul din Figura 1 și prin intermediul fibrelor **C** și **D** pentru senzorul optic din Figura 2.

Pentru a obține profilul componentei de înaltă tensiune, de exemplu rielele izolatorului de înaltă tensiune **E** din Figura 1 și din Figura 2 trebuie ca senzorul să gliseze de-a lungul componentei de înaltă tensiune **E** menținând o distanță fixă. La ieșirea

fotodiodei **B** se obține și se salvează o formă de undă **F**, Figura 3. Forma de undă **F** permite obținerea poziției măsurătorii treptat, independent de viteza de glisare.

Semnalul senzorului depinde strict de gradul de reflexie a suprafeței componente electrice, astfel că senzorul trebuie calibrat pentru fiecare suprafață a unei componente electrice. Lungimea de undă a luminii folosite trebuie aleasă pentru a se obține reflexie maximă a suprafeței. Lungimea de undă aleasă influențează tipul componente optice folosite la senzor.

Valoarea semnalului nu este liniară cu distanța. Doar după procesare se poate lineariza semnalul. Dacă suprafața focarului nu este plană, ci denivelată, nu va fi posibil să se obțină distanța. În acest caz, senzorul poate fi folosit doar ca reper.

Semnalul generat obținut la ieșirea fotodiodei **B** este o valoare de semnal care crește în raport cu apropierea de aripioara izolatorului cu cât e mai mare apropierea de aripioara cu atât mai mare va fi semnalul: făcând să alunece semnalul optic de aripioare la o distanță fixă de axa izolatorului se va obține un semnal ca în Figura 3..

Originea luminii alese este la 633nm pentru că e unica lungime de undă care este reflectată suficient de un izolator din material compozit cu un coeficient de reflexie măsurat egal cu 4.7%.

Pentru a evita existența unei interferențe între semnalul optic transmis și semnalul optic reflectat la întoarcerea fasciculului optic în fotodiodea **B**, sursa **A** este un LED cu lungime de undă de 633 nm. Se evită astfel folosirea unui LASER.

În ceea ce privește fibrele optice **C1**, **C2**, **C3**, conform variantei cu cuplor optic **D1**, și respectiv, fibrele optice **C** și **D**, conform variantei fără cuplor optic, sunt realizate din plastic. Aceste fibre au diametrul intern de 2.2 mm, diametrul nucleului de 1 mm și o deschidere numerică de  $NA=0.5$  care corespunde unei semi-deschideri a fasciculului optic ce iese din fibră de  $30^\circ$ . Pentru fibrele optice **C1**, **C2**, **C3** se folosesc cuploare de 1x2 sau 2x2.

În Figura 4 este prezentată diagrama tensiune-distanță, în configurația cu cuplor, conform invenției (linia continuă) și în configurația fără cuplor, conform invenției (linia punctată); Așa cum se observă, pentru distanțele mici, semnalul configurării cu couplerul **D1** este mult mai mare. Însă din cauza unghiului de deschidere amplu al fasciculului



ambele configurări au semnale joase pe distanțe mai mari de 3 mm, lucru ce ar putea să țină foarte aproape fibrele izolatorului pentru a face măsurătorile.

În Figura 5 este prezentată diagrama tensiune-distanță, în configurația cu două fibre optice, cu deschideri mai mari de 3 mm conform invenției; În aceste situații, senzorul optic mai conține și o lentilă plasată în fața fibrei **C2**, (daca se folosește un coupler), sau a fibrei **C** (daca nu se folosește un coupler). Se observa o îmbunătățire a semnalului inclusiv pentru distanțe mai mari de 3 mm.

Pentru a transforma curentul furnizat de fotodioda **B** în semnal de tensiune, senzorul optic, conform invenției, mai conține un circuit electric de conversie curent-tensiune, în sine cunoscut, de exemplu cel prezentat în Figura 6.

Pentru alinierea sursei optice de coerență scăzută **A** (LED-ul) cu nucleul fibrei optice **C2**, și respectiv **D**, senzorul optic este prevăzut cu un suport **S** demontabil, a se vedea Figurile 7 și 8. Piesa este făcută unitar și poate fi metal sau plastic dur.

Cu aceasta sursă **A** și fotodiodă **B**, semnalul citit mișcând fibrele optice de-a lungul izolatorului este suficient de tare pentru a detecta poziția aripioarelor.

Semnalul generat obținut este o valoare de semnal care crește în raport cu apropierea de aripioara izolatorului : cu cât e mai mare apropierea de aripioara cu atât mai mare va fi semnalul: facând să alunece semnalul senzorului de aripioare la o distanță fixă de axa izolatorului.

## REVENDICĂRI

1. Senzor optic pentru măsurarea poziției componentelor electrice de înaltă tensiune, în special a rilelor izolatorului de înaltă tensiune **caracterizat prin aceea că**, într-o primă variantă constructivă, este constituit dintr-o sursă (A) optică de coerență scăzută cu o lungime de undă de 633 nm, care luminează o fibră (C1) optică, un cuplor (D) pentru propagarea luminii, o altă fibră (C2) optică de preluarea semnalului reflectat, pentru citirea semnalului reflectat și transformarea lui în semnal de curent/tensiune fiind folosită o fotodiodă (B) care primește semnalul luminos printr-o altă fibră (C3) optică.

2. Senzor optic, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, pentru a înlătura reflexia Fresnel de la capătul fibrei (C2), capătul acesteia se tratează cu strat anti-reflectorizant sau se realizează un unghi de clivaj.

3. Senzor optic pentru măsurarea poziției componentelor electrice de înaltă tensiune, în special a rilelor izolatorului de înaltă tensiune **caracterizat prin aceea că**, într-o a doua variantă constructivă, este constituit dintr-o sursă (A) optică de coerență scăzută cu o lungime de undă potrivită care luminează o fibră (C) optică, Pentru citirea semnalului reflectat și transformarea lui în semnal de curent/tensiune fiind folosită o fotodiodă (B) care primește semnalul luminos printr-o altă fibră (D) optică.

4. Senzor optic, conform revendicării 1 sau revendicării 3, **caracterizat prin aceea că**, pentru a evita existența unei interferențe între semnalul optic transmis și semnalul optic reflectat la întoarcerea fasciculului optic în fotodioda (B), sursa (A) este un LED cu lungime de undă de 633 nm.

5. Senzor optic, conform revendicării 1 sau revendicării 3, **caracterizat prin aceea că**, fibrele optice (C1, C2, C3), conform variantei cu cuplor optic (D1), și respectiv, fibrele optice (C și D), conform variantei fără cuplor optic, sunt realizate din plastic.

6. Senzor optic, conform revendicării 1 sau revendicării 3, **caracterizat prin aceea că**, în cazul unui unghi de deschidere amplu al fasciculului, mai conține și o lentilă plasată în fața fibrei (C2), dacă se folosește un coupler, sau a fibrei (C), dacă nu se folosește un coupler.

7. Senzor optic, conform revendicării 1 sau revendicării 3, **caracterizat prin aceea că, pentru a transforma curentul furnizat de fotodioda (B) în semnal de tensiune, mai conține un circuit electric de conversie curent-tensiune.**

8. Senzor optic, conform revendicării 1 sau revendicării 3, **caracterizat prin aceea că, pentru alinierea sursei optice de coerență scăzută (A) cu nucleul fibrei optice (C2), și respectiv (D), senzorul optic este prevăzut cu un suport (S) demontabil, realizat din metal sau plastic dur.**

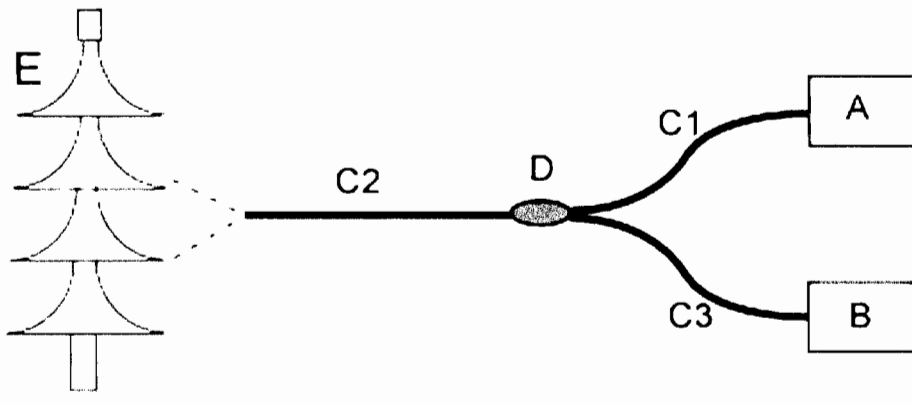


Figura 1

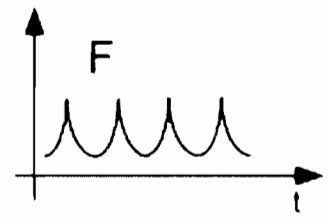


Figura 3

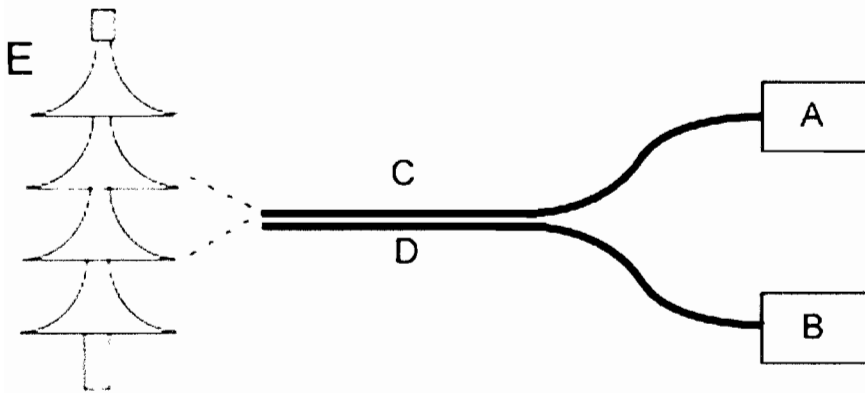


Figura 2

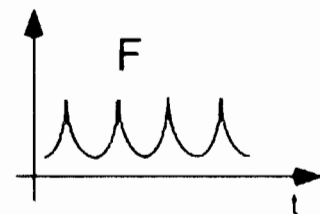


Figura 3

tensiune



Figura 4

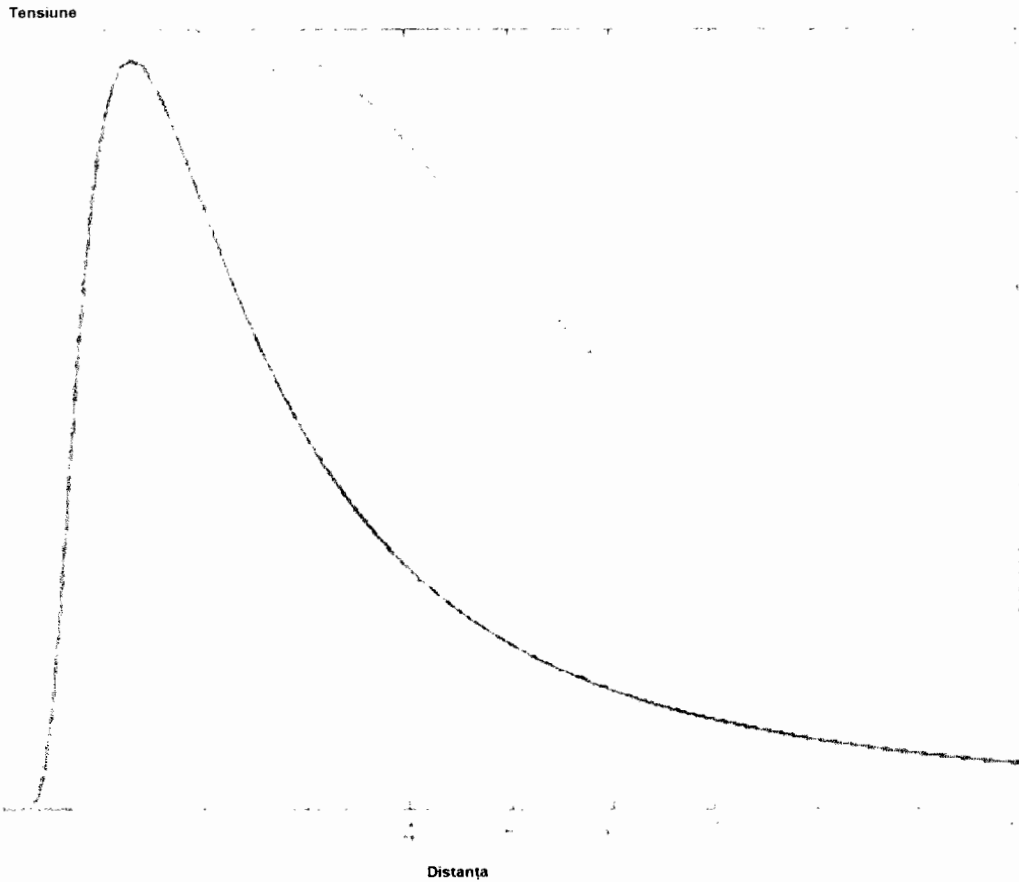


Figura 5

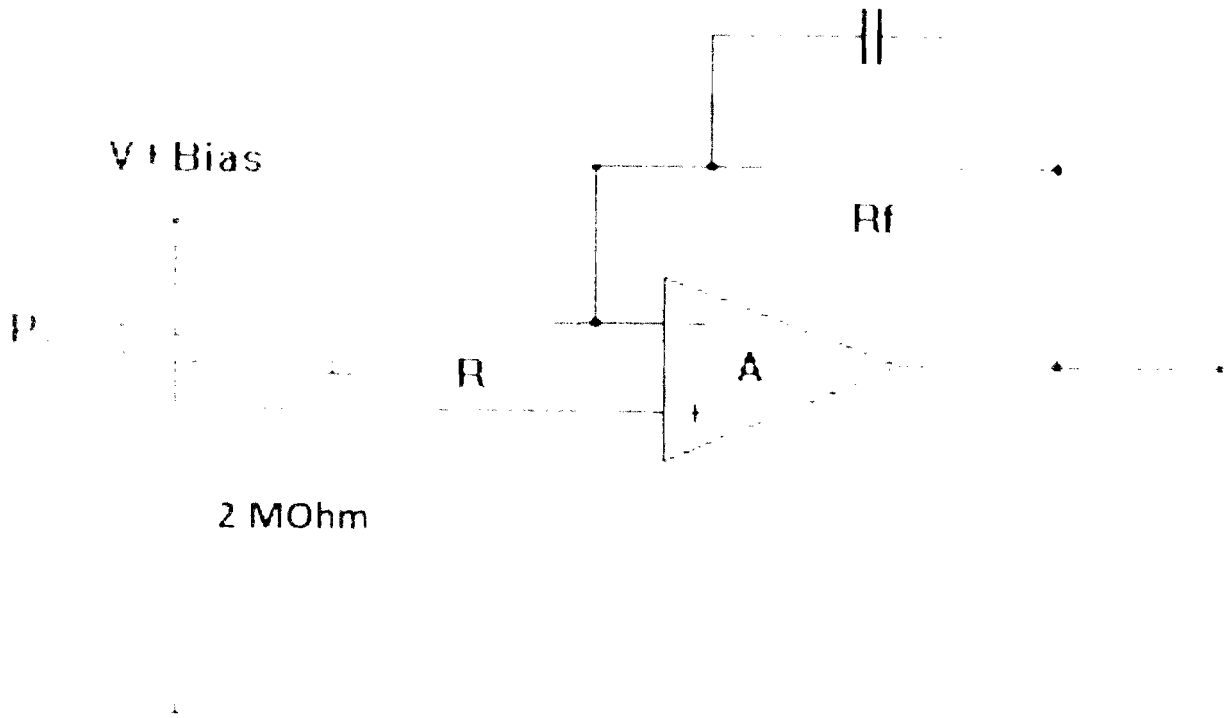


Figura 6



Figura 7

S



Figura 8