



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2020 00278

(22) Data de depozit: 22/05/2020

(41) Data publicării cererii:
29/11/2021 BOPI nr. 11/2021

(71) Solicitant:
• INSTITUTUL NAȚIONAL DE CERCETARE
- DEZVOLTARE PENTRU
OPTOELECTRONICĂ - INOE 2000,
STR.ATOMIȘTIILOR, NR.409, CP-OP MG 05,
MĂGURELE, IF, RO

(72) Inventatori:
• RUSU MĂDĂLIN ION,
STR. PRELUNGIREA GHENCEA NR. 53,
BL. F2, SC. C, ET. 3, AP. 126, BRAGADIRU,
IF, RO;
• SAVU VALERIU, ALEEA CĂȚINEI NR. 13,
BL. 37C, SC. C, ET. 2. AP. 51, PLOIEȘTI,
PH, RO;
• SAVASTRU DAN, STR.IANI BUZOIANI
NR.3, BL.16, SC.A, AP.2, SECTOR 1,
BUCUREȘTI, B, RO

(54) PROCEDURĂ DE DETERMINARE ȘI DE MĂSURARE
A TENSIUNILOR PULSANTE ÎNALTE ȘI FOARTE ÎNALTE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o procedură de determinare și de măsurare a tensiunilor pulsante înalte și foarte înalte. Procedura conform invenției constă din două etape, o primă etapă de obținere a unui condensator C având o capacitate bine stabilită și o a doua etapă de realizare a unui divizor capacitiv care se conectează la un dispozitiv de măsurare a tensiunilor, în care, prima etapă constă în decuparea, pe o zonă bine determinată a ecranului unui cablu ecranat de alimentare cu înaltă tensiune care alimentează acceleratoare de particule sau alte tipuri de sisteme sau instalații și întreruperea din punct de vedere electric, la ambele capete ale zonei, pe o distanță mai mare de 1mm, urmând ca celelalte porțiuni ale ecranului să se conecteze între ele printr-un conductor, astfel încât ecranul să fie continuu din punct de vedere electric, apoi, la jumătatea zonei decupate se conectează electric un conductor în vederea formării unui divizor capacitiv ce este format de condensatorul având o capacitate C care depinde de permitivitatea (ϵ_r) dielectrică relativă a materialului izolator dintre conductorul central și ecranul din zona delimitată, de lungimea (l) conductorului, de diametrul (D) zonei delimitate și de diametrul (d) conductorului central al cablului de alimentare cu înaltă tensiune, iar a doua etapă constă în conectarea unui conductor electric între ecranul de lungime l și unul din pinii unui condensator (C_{fix}) fix, urmând ca al doilea pin să fie conectat la masă, iar în paralel cu acest condensator fix se conectează aparatul de măsură, direct sau prin

intermediul unui etaj repetor, alegând pentru divizorul capacitiv astfel format un factor de divizare (k) multiplu de 10 și astfel încât tensiunea maximă pe condensatorul fix să nu depășească valorile permise pentru tensiuni nepericuloase, în funcție de aceste valori fiind determinată și valoarea lungimii l menționate anterior.

Revendicări: 3

Figuri: 2

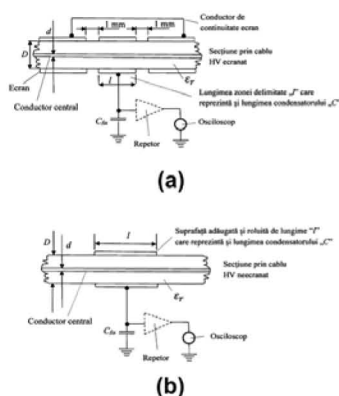


Fig. 2

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).



Procedură de determinare și de măsurare a tensiunilor pulsante înalte și foarte înalte

Invenția se referă la o procedură de determinare a formei de undă a tensiunilor pulsante (sub forma unui impuls), cu ajutorul unui dispozitiv extern de determinare și memorare a formei de undă (osciloscop etc.) și de măsurare a amplitudinii acestei tensiuni, cu același dispozitiv prin utilizarea unui divizor capacitiv, care alimentează acceleratoarele de particule sau alte tipuri de sisteme sau instalații, prin despărțirea ecranului conductorului de alimentare (cablului) cu tensiune, al acestor sisteme comandate (acceleratoarele de particule, etc.) pentru o zonă bine determinată, ale cărei dimensiuni sunt bine stabilite, care se găsește înfășurată (roluită) pe conturul exterior al conductorului de alimentare, sub forma unui cilindru foarte bine strâns și de care se conectează un conductor electric de unul din pinii unui condensator fix (adăugat), formând cu acesta un circuit serie, urmând ca cel de al doilea pin al condensatorului fix să se conecteze către potențialul zero (GND, masă, etc.), a cărui valoare este dependentă de capacitatea formată dintre firul central al conductorului de alimentare cu tensiune a acceleratoarelor de particule sau alte tipuri de sisteme sau instalații și suprafața conductoare sub formă de ecran (roluită) despărțită și foarte bine determinată, formându-se astfel, un divizor capacitiv la care se conectează, în paralel pe condensatorul adăugat, dispozitivul de determinare și memorare (impedanță de intrare foarte mare, minim $1M\Omega$) a formei de undă.

Până în acest moment sunt cunoscute câteva proceduri, metode și dispozitive care sunt utilizare pentru măsurarea tensiunilor înalte și foarte înalte. Una dintre procedurile și metodele de măsurare a tensiunilor înalte este bazată pe un senzor de înaltă tensiune de curent alternativ ce utilizează un traductor piezoelectric și un manometru. Acest senzor detectează tensiunea mecanică a traductorului pe care este cimentat un calibrul tensionat mecanic. Măsurarea tensiunii se bazează pe măsurarea detensionării calibrului și s-a constatat o eroare de 2% până la tensiuni maxime de 26.000V vârf la vârf [1]. O altă metodă de măsurare a tensiunilor înalte constă în utilizarea unui divizor rezistiv pentru care fiind utilizate foarte multe rezistoare înseriate, acestea sunt așezate sub forma unei bobine cu pas foarte mare [2]. În brevetul de invenție RO 125566 B1 se prezintă un dispozitiv complex pentru măsurarea tensiunilor înalte prin separare galvanică, care utilizează un condensator cu ceramică tunabilă, de tip BST, care este greu de realizat practic [3].

Fiecare din procedurile, metodele și dispozitivele menționate mai sus, **prezintă dezavantaje majore**. Primul sistem menționat, are dezavantajul că determină valoarea

tensiunii măsurate indirect (măsoară efectul mecanic influențat de valoarea tensiunii înalte), prezintă erori și nu poate măsura tensiuni mai mari de 26.000V. A doua metodă menționată are un mare dezavantaj prin aceea că necesită foarte multe rezistoare înseriate, acestea fiind așezate sub forma unei bobine cu pas mare care prezintă inductanță parazită și capacitate parazită între două spire consecutive ducând la erori în măsurarea tensiunilor înalte și la conturnări între aceste spire. Al treilea dispozitiv prezentat (Brevet de invenție RO 125566 B1) necesită realizarea unui condensator cu ceramică tunabilă de tip BST care este greu de realizat practic și este complicat prin aceea că utilizează mai multe elemente, cum ar fi: condensatorul cu ceramică tunabilă de tip BST, un condensator fix și un transformator pentru separare galvanică în secundarul căruia se află dispozitivul extern de măsurare.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în măsurarea tensiunilor înalte și foarte înalte sub forma unui impuls, printr-o procedura foarte simplă, utilizând un divizor capacitiv de tensiune, de care este conectat un dispozitiv extern de măsurare, **caracterizată prin aceea că înlătură dezavantajele** celorlalte metode, proceduri și dispozitive cunoscute până în acest moment, *eliminând limita maximă de măsurare*, deoarece tensiunea maximă măsurată este dependentă de valoarea maximă pe care o suportă conductorul de alimentare, care deja este utilizat în sistemele sau instalațiile respective, *elimină conturnările*, deoarece cablul de alimentare este proiectat să funcționeze în condiții de tensiuni înalte și foarte înalte, *nu este complicată* deoarece nu necesită condensatoare aplicate, care să lucreze la tensiuni foarte mari, utilizând un simplu divizor capacitiv de tensiune, la care condensatorul adăugat " C_{fix} " *lucrează la tensiuni mici*, nepericuloase, *prezintă erori foarte mici pe tot parcursul măsurătorilor* sau poate elimina total erorile de măsurare provenite din variația directă cu temperatura, cu condiția ca permitivitatea dielectrică a condensatorului adăugat " C_{fix} " să fie aceeași cu a cablului de alimentare.

Procedura de determinare și de măsurare a tensiunilor pulsante înalte și foarte înalte, **conform invenției**, constă, **pentru cablurile ecranate**, în decuparea pe o zonă bine determinată a ecranului cablului de alimentare cu înaltă tensiune a instalațiilor și sistemelor pentru care a fost proiectat și întreruperea din punct de vedere electric la ambele capete ale zonei pe o distanță mai mare de 1mm, urmând ca celelalte porțiuni ale ecranului să se conecteze între ele printr-un conductor astfel încât din punct de vedere electric ecranul să fie continuu, apoi în jumătatea zonei să se conecteze, din punct de vedere electric, un conductor electric cu lungimea dată până la locul unde va fi amplasat dispozitivul extern de determinare și memorare a formei de undă și de măsurare a amplitudinii acestei tensiuni, urmând ca la capătul de lângă dispozitivul extern să se conecteze un condensator fix, a cărui valoare este dependentă de capacitatea formată dintre

conductorul central al cablului ecranat și ecranul acestuia. De asemenea **pentru cablurile neecranate** zona de ecran descrisă anterior va fi înlocuită prin roluirea în jurul acestuia a unei suprafețe flexibile din tablă subțire și conductoare din punct de vedere electric ce va fi folosită în aceleași condiții ca și zona ecranată (decupată). Capacitatea formată dintre conductorul central al cablului de înaltă tensiune și zona delimitată pentru cablurile ecranate și respectiv suprafața flexibilă și roluită pentru cele neecranate, este dependentă de permitivitatea relativă a dielectricului utilizat ca izolator al acestor cabluri, de diametrul conductorului central, de diametrul exterior al zonei delimitate (ecran sau suprafață), de lungimea zonei delimitate și are următoarea formulă de calcul: $C = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon_r l}{\ln\frac{D}{d}}$, unde: $\epsilon_0 = 8,859 \times 10^{-12} F/m$ reprezintă constanta dielectrică a vidului (permitivitatea dielectrică a vidului); ϵ_r reprezintă permitivitatea dielectrică relativă a materialului izolator dintre conductorul central și zona delimitată; l reprezintă lungimea zonei delimitate; D reprezintă diametrul zonei delimitate; d reprezintă diametrul conductorului central al cablului de înaltă tensiune.

Se dă în continuare un exemplu de determinare al capacității C în legătură cu figura 1 care prezintă o secțiune prin cablul de înaltă tensiune (a) și lungimea zonei delimitate (b).

- Fig.1 – Determinarea capacității C , secțiune prin cablul de înaltă tensiune (a) și lungimea zonei delimitate (b).

Invenția prezintă următoarele avantaje:

- este o procedură simplă;
- erorile sunt minimizează dacă valorile condensatoarelor C și condensatorului fix adăugat sunt măsurate înainte de determinarea tensiunii înalte și sunt folosite în calculul acesteia, astfel erorile de determinare a tensiunii înalte sunt date de erorile dispozitivului extern;
- poate elimina total erorile de măsurare provenite din variația directă cu temperatura, cu condiția ca permitivitatea dielectrică a condensatorului adăugat " C_{fix} " să fie aceeași cu a cablului de alimentare.
- nu prezintă conturnări în condensatorul C , deoarece cablul de înaltă tensiune utilizat în alimentarea instalației/sistemului este proiectat să funcționeze la tensiuni mult mai mari decât cele de lucru și de asemenea nici la capetele zonei delimitate (pentru cablurile ecranate – distanța dintre zona delimitată și celelalte este mai mare de 1mm) și celelalte părți ale ecranului deoarece se lucrează cu tensiuni mici;
- se poate crește precizia de măsurare deoarece permite utilizarea unui repetor intercalat între condensatorul fix și dispozitivul extern de măsurare;

- permite lucru cu tensiuni mici (în funcție de coeficientul de divizare al divizorului capacitiv) în zona de măsurare a amplitudinii și de determinare a formei de undă a tensiunii înalte;
- nu prezintă inductanță parazită deoarece conductorul de legătură dintre ecran sau suprafața roluită și condensatorul fix este drept (nu este spiralat) și nici capacitate parazită deoarece distanța dintre zona delimitată și celelalte părți ale cablului ecranat este aleasă încât să nu influențeze capacitatea condensatorului C_{fix} ;
- este o măsurătoare directă, utilizând un simplu divizor capacitiv (nu folosește procese indirecte de măsurare – tensionare mecanică);
- permite utilizarea unor feedback-uri în controlul tensiunilor înalte.

Se dă în continuare un exemplu de aplicare practică a invenției în legătură cu figura 2 care prezintă o schemă bloc de aplicare practică a procedurii de determinare și de măsurare a tensiunilor pulsante foarte înalte:

- Fig.2 – Schema bloc de aplicare practică a procedurii de determinare și de măsurare a tensiunilor pulsante foarte înalte, (a) pentru cablul ecranat, (b) pentru cablul neecranat.

Realizarea practică a procedurii de determinare și de măsurare a tensiunilor pulsante înalte și foarte înalte, necesită realizarea a două etape constitutive:

Prima etapă constă în realizarea zonei delimitate pentru cablul ecranat și a suprafeței roluite pentru cablul neecranat pentru obținerea condensatorului C . Pentru aceasta este necesar să cunoaștem permitivitatea dielectrică relativă (ϵ_r) a materialului izolator al cablului ecranat sau neecranat ce este utilizat pentru înaltă tensiune. Aceste date sunt deja cunoscute de proiectantul cablurilor. Se alege un factor de divizare (k), multiplu de 10, pentru divizorul capacitiv, astfel încât tensiunea maximă ce se va găsi pe condensatorul fix să nu depășească valorile admise pentru tensiuni nepericuloase. Se cunoaște durata medie a pulsului (σ_{med}) de tensiune de înaltă tensiune ce alimentează sistemele sau instalațiile aferente și se va determina frecvența corespunzătoare acestei durate medii ($f_{med} = \frac{1}{\sigma_{med}}$). Se calculează valoarea condensatorului fix (C_{fix}) astfel încât valoarea reactanței capacitive să fie de ordinul $K\Omega$ ($X_{C_{fix}} = \frac{1}{2\pi f_{med} C_{fix}}$). Pe baza factorului de divizare ($k = \frac{U_{HV}}{U_{mm}} = \frac{C + C_{fix}}{C} \in N^*$) se determină valoarea capacității condensatorului C , apoi se determină lungimea (l) a zonei delimitate sau a suprafeței roluite.

Unde: U_{HV} reprezintă valoarea tensiunii înalte ce alimentează sistemele sau instalațiile aferente;

U_{mm} reprezintă tensiunea maximă măsurată.

Tot în această etapă se reface calculul pentru determinarea căderii de tensiune pe condensatorul fix și se ajustează valoarea pentru a nu se depăși valorile admise pentru tensiuni nepericuloase și factorul de divizare (k) să fie multiplu de 10. Se redimensionează valoarea lui l pentru a se îndeplini toate condițiile determinate până aici, apoi se recalculează valoarea condensatorului C .

A doua etapă constă în realizarea legăturilor electrice (realizarea divizorului capacitiv și conectarea la dispozitivul extern de măsurare a amplitudinii și formei de undă ale tensiunii înalte și foarte înalte). Pentru aceasta, se conectează un conductor electric ce suportă un curent maxim admis de divizorul capacitiv, de exteriorul zonei delimitate pentru cablul ecranat și neecranat, nefiind bobinat iar de capătul opus se conectează unul din pinii condensatorului fix C_{fix} , urmând ca cel de al doilea pin să se conecteze la potențialul zero (masă, GND, etc.). În paralel pe acest condensator fix C_{fix} se conectează aparatura de măsură (dispozitivul extern de măsurare a amplitudinii și formei de undă), direct sau prin intermediul unui etaj repetor, ce mărește impedanța aplicată pe condensatorul fix C_{fix} și scade impedanța de ieșire ce este conectată la aparatura de măsurare.

Condițiile de punere în aplicare a procedurii de determinare și de măsurare a tensiunilor pulsante înalte și foarte înalte sunt determinate de cele două etape, în special de determinarea valorii condensatorului C determinat de lungimea l a zonei delimitate și de factorul de divizare k ce este dependent de raportul $\frac{U_{HV}}{U_{mm}}$.

Prin caracteristicile sale procedura de determinare și de măsurare a tensiunilor pulsante înalte și foarte înalte este aplicabilă sistemelor, instalațiilor, etc. care folosesc tensiuni înalte și foarte înalte, pentru buna funcționare a lor și pentru care sunt necesare determinarea valorilor acestor tensiuni și a formei de undă în vederea realizării unor feedback-uri, fiind o procedura simplă de pus în practică, care se bazează pe parametrii de proiectare și fabricare a cablurilor ce sunt utilizate pentru alimentarea cu înaltă tensiune a acestora (acceleratoare de particule, etc.).

Bibliografie:

1. Kaj Iwansson, Günther Sinapius, Winfried Hoornaert, "Chapter 2. Measuring high voltages and currents", „Handbook of Sensors and Actuators”, Volume 7, 1999, Pages 67-106, [https://doi.org/10.1016/S1386-2766\(99\)80006-1](https://doi.org/10.1016/S1386-2766(99)80006-1).
2. http://www.bu.edu.eg/portal/uploads/Engineering,%20Shoubra/Electrical%20Engineering/3103/crs-12215/Files/Ch7_MEASUREMENT%20OF%20HIGH%20VOLTAGES%20AND%20CURRENTS.pdf
3. Brevet de invenție RO 125566 B1, "Dispozitiv pentru măsurarea tensiunilor electrice înalte prin separare galvanică", 30-05-2011, BOPI nr. 5/2011.

Revendicări:

1. Realizarea condensatorului C prin determinarea lungimii zonei delimitate (l) pentru cablurile ecranate și adăugarea unei suprafețe roluite pentru cablurile neecranate și prin utilizarea parametrilor cablurilor de înaltă tensiune utilizate în instalații, sisteme, etc. (acceleratoare de particule, etc.).
2. Determinarea factorului de divizare $k \in N^*$, aplicabil pentru măsurători ca fiind multiplu de 10 și astfel încât tensiunea maximă pe condensatorul (C_{fix}) să nu depășească valorile admise pentru tensiuni nepericuloase.
3. Realizarea divizorului capacitiv format din condensatorul C și condensatorul C_{fix} .

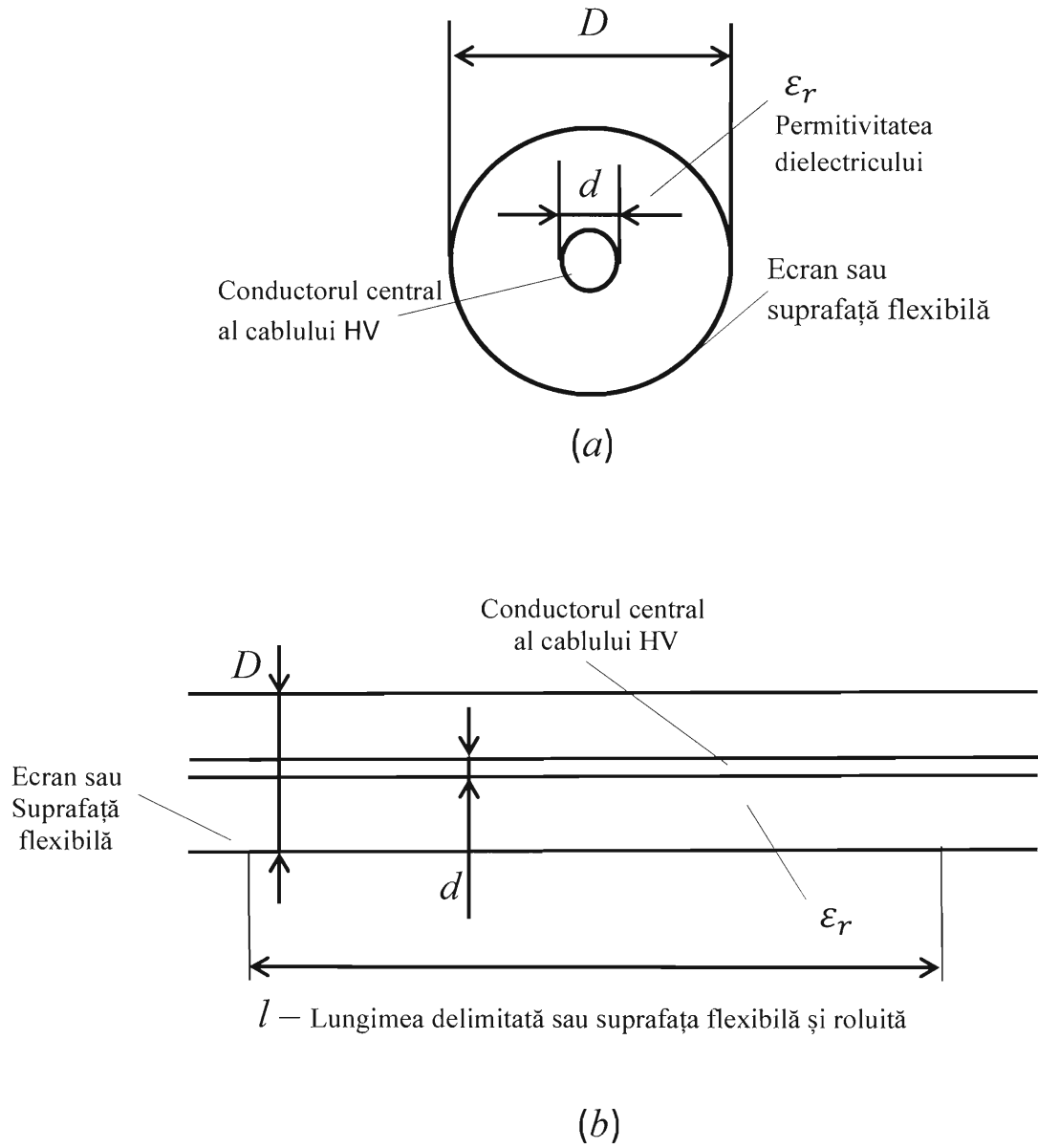
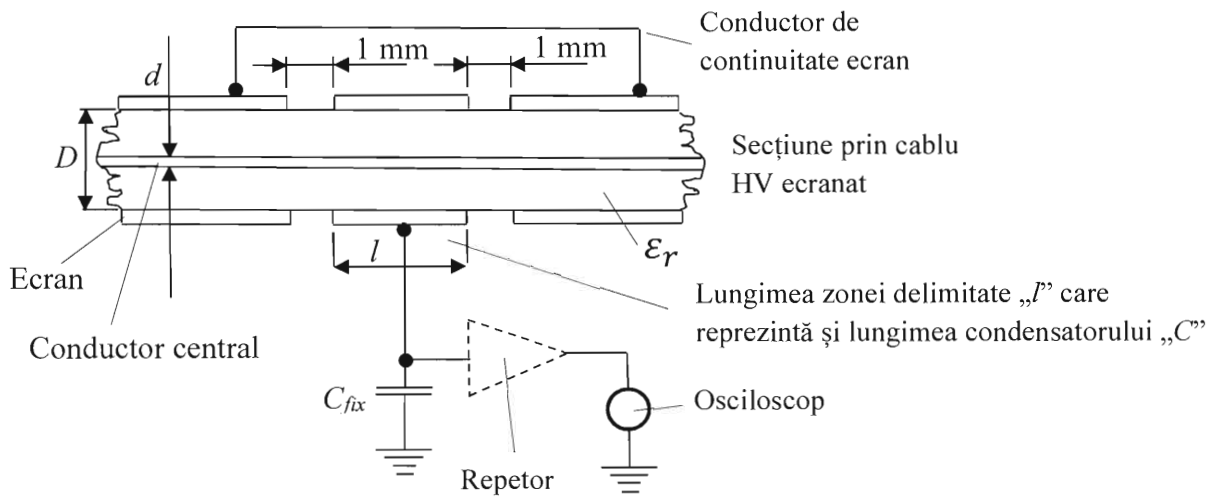
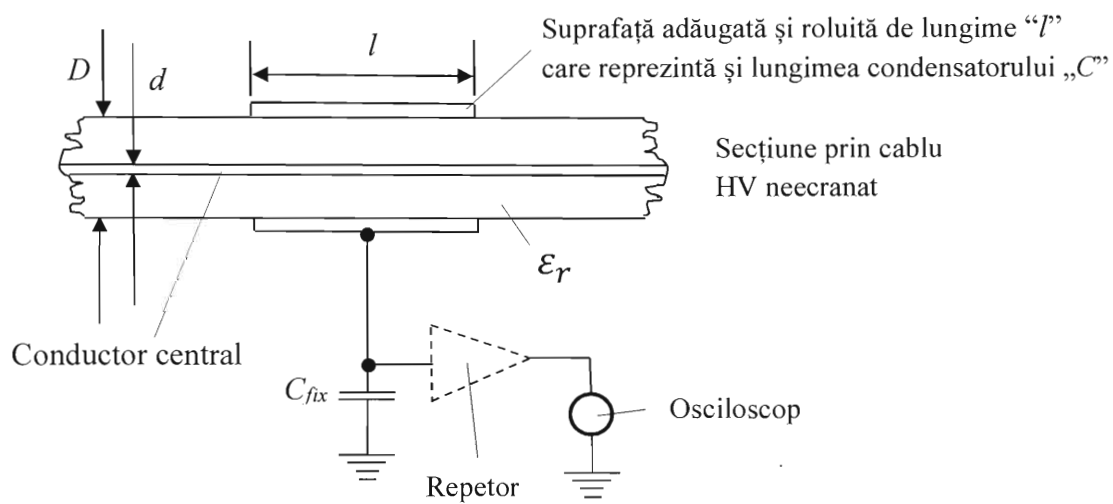


Fig.1 – Determinarea capacității C , secțiune prin cablul de înaltă tensiune (a) și lungimea zonei delimitate (b).



(a)



(b)

Fig.2 – Schema bloc de aplicare practică a procedurii de determinare și de măsurare a tensiunilor pulsante foarte înalte, (a) pentru cablul ecranat, (b) pentru cablul neecranat.