

### Cuprins

|   |       |
|---|-------|
| Fișa de Asamblare   |       |
| 1. Funcționare  | 2     |
| 2. Schema   | 2     |
| 4. Lista de componente  | 3     |
| 5. PCB  | 3     |
| 6. Tutorial   |       |
| Principii și metode de localizare a defectelor din cablurile de energie | 4 - 9 |

## REFLECTOMETRU

- Avantaj Pret/Calitate
- Livrare rapida
- Design Industrial
- Proiecte Modificabile
- Adaptabile cu alte module
- Module usor de asamblat
- Idei Interesante

Idei pentru afaceri

Hobby & Proiecte Educationale

## Caracteristici

|                                   |                     |
|-----------------------------------|---------------------|
| Alimentare                        | 4.5-5Vcc            |
| Amplitudinea semnalului de ieșire | 5Vpp                |
| Durata impulsuri de ieșire        | 10ns-5μs            |
| Impedanța de ieșire               | 50Ω – 100Ω          |
| Rezoluție                         | 5ns la 1m de cablu. |

## Funcționare

Acest aparat era destinat, cel puțin până acum, doar companiilor mari și folosit de ingineri cu înaltă calificare, din cauza complexității de operare și costului ridicat al instrumentelor. El testează cablurile în toate fazele existenței lui: de la fabricație, întreținere, detectare defecte, chiar dacă are înveliș metalic sau are mai multe conductoare, va depana și măsoară toate tipurile de perechi de fire răsucite, cabluri coaxiale, poate localiza probleme minore sau majore de cablare, inclusiv defecte ale învelișului, conductoare rupte, pătrundere umezeală sau apă, conectori desfăcuți, tăieturi, cabluri distruse, cabluri zdrobite, componente de sistem și o varietate de alte condiții de defect.

Reflectometrul poate deci fi folosit pentru a localiza tipul de problemă și locul în care este defectul de-a lungul cablului.

Funcționează pe același principiu ca și radarul. Când impulsul generat atinge capătul cablului, sau un defect de-a lungul acestuia, o parte sau toată energia impulsului este reflectat înapoi iar semnalul este analizat (întârziere, amplitudine, formă). Orice modificare de impedanță în cablu va duce la reflectarea semnalului cu o anumită energie iar semnalul va fi analizat pe un osciloscop. Schimbarea impedanței determină amplitudinea semnalului reflectat.

Operațiunea constă în generarea unor impulsuri scurte ce sunt aplicate cablurilor testate. Semnalul reflectat este captat, vizualizat și interpretat pe principiile reflectometriei cu

ajutorul unui osciloscop. Permite localizarea defectelor în cablu și măsurarea impedanței liniei de transport.

Circuitul funcționează pe cabluri de lungimi cuprinse între 5-500m însă poate fi testat cu bune performanțe și la lungimi de câțiva kilometri.

Nu necesită măsuri speciale de siguranță.

Este recomandată folosirea integratului AC14, alte variante nu funcționează corect.

Conectarea osciloscopului și generatoului la capatul cablului se face printr-un splitter rezistiv. Lungimea cablului de osciloscop va trebui să nu fie mai mare de 20-30cm (ar induce semnale false ca urmare a timpului de propagare).

Osciloscopul va trebui să aibă impedanța mare de intrare. Pentru cele de radiofrecvență, cu impedanța de intrare 50Ω, se va insera o rezistență de 1K.

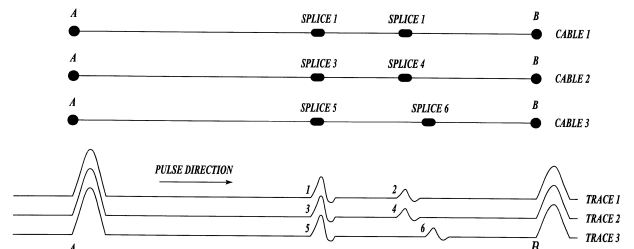
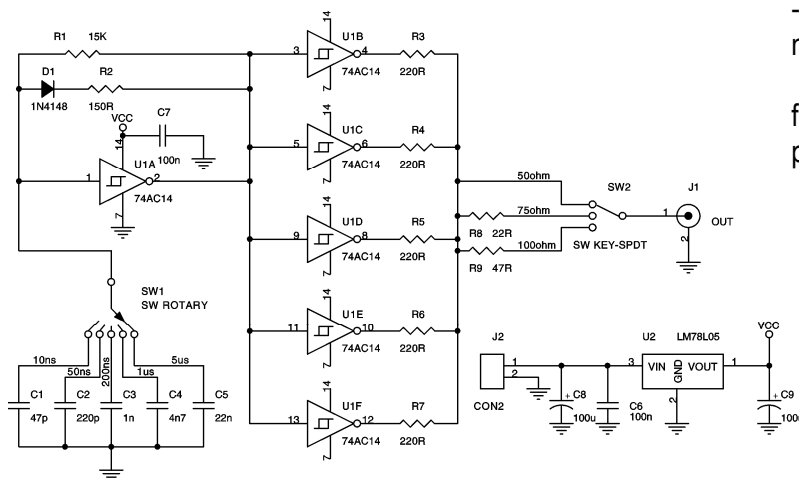
Există reflectometre ce au posibilitatea modificării perioadei impulsurilor, între 10ns și 5μs (t mare, mai multă energie).

Impulsurile mai scurte ca durată se folosesc la lungimi mai mici, cele mai lungi la cabluri mai lungi.

Interpretarea semnalelor:

- Semnal reflectat cu aceeași polaritate: cablu cu impedanță ridicată, fără scutcircuite.
- Semnal reflectat cu polaritate inversată: cablu cu impedanță mică, scutcircuit.
- Apariția oscilațiilor ne indică locul unde cablul a fost îndoit (inductanță).
- Un impuls cu amplitudine mare indică existența unei bobine ce înmagazinează energie.

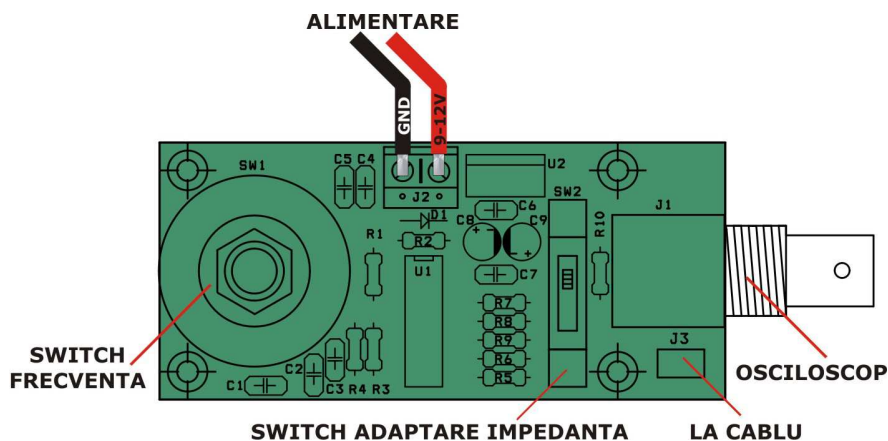
Viteza de propagare a semnalului este de 160-240m/μs, funcție de tipul de cablu, iar lungimea cablului se calculează pentru  $t/2$  (timp dus-întors)



Schema electrică

## Lista de componente

| Nr.Crt. | Part Type      | Denumire        | Valoare         | Cant |
|---------|----------------|-----------------|-----------------|------|
| 1       | C1             | Condensator NP  | 47pF            | 1    |
| 2       | C2             | Condensator NP  | 220pF           | 1    |
| 3       | C3             | Condensator NP  | 1nF             | 1    |
| 4       | C4             | Condensator NP  | 4,7nF           | 1    |
| 5       | C5             | Condensator NP  | 22nF            | 1    |
| 6       | C7,C6          | Condensator NP  | 100nF           | 2    |
| 7       | C8,C9          | Condensator POL | 100uF           | 2    |
| 8       | D1             | Diodă           | 1N4148          | 1    |
| 9       | J1             | BNC             | OUT             | 1    |
| 10      | J2             | CON2            | CON2            | 1    |
| 11      | R1             | Rezistență      | 15KΩ            | 1    |
| 12      | R2             | Rezistență      | 150Ω            | 1    |
| 13      | R3,R4,R5,R6,R7 | Rezistență      | 220Ω            | 5    |
| 14      | R8             | Rezistență      | 22Ω             | 1    |
| 15      | R9             | Rezistență      | 47Ω             | 1    |
| 16      | SW1            | Switch          | SW<br>ROTARY    | 1    |
| 17      | SW2            | Switch          | SW KEY-<br>SPDT | 1    |
| 18      | U1             | C.I.            | 74AC14          | 1    |
| 19      | U2             | C.I.            | LM78L05         | 1    |



## Amplasarea componentelor

Acest produs se livrează în varianta asamblată sau în varianta circuit imprimat + componente în scopuri educaționale și va fi însoțit de documentația completă de asamblare pe CD.

Dacă doriți să aflați mai multe despre produsele noastre, vizitați situl [www.epsicom.com](http://www.epsicom.com)

Dacă ați întâmpinat probleme cu oricare dintre produsele noastre sau dacă doriți informații suplimentare, contactați-ne prin e-mail [office@epsicom.com](mailto:office@epsicom.com)

Pentru orice întrebări, comentarii sau propuneri de afaceri nu ezitați să ne contactați pe adresa [office@epsicom.com](mailto:office@epsicom.com)

31 Sararilor Street | 200570 Craiova, Dolj, Romania | 0723.377.426, 0743.377.426

## Principii și metode de localizare a defectelor din cablurile de energie

### Generalități

Linii electrice de energie cu cablu sunt echipate pentru transportul și distribuția energiei electrice în diferite puncte ale rețelei. Acestea sunt montate fie în pamant fie în canale sau tuneluri, pozate aerian sau în fluxuri de mai multe linii în cablu.

Elementele componente ale liniei sunt: cablurile de energie, manșoanele de legătură sau derivație, manșoane de stopare (pentru cablurile cu izolație în hârtie impregnată în ulei), capete terminale (de interior sau exterior) și alte accesorii folosite în diferite faze de existență ale liniei.

Traseul liniei electrice este proiecția în plan orizontal a liniei, adâncimea de pozare fiind aleasă în funcție de natura locului pe unde trece linia, obstacolele întâlnite în traseu necesitând supratraversarea sau subtraversarea acestora.

### Clasificarea rețelelor de cabluri

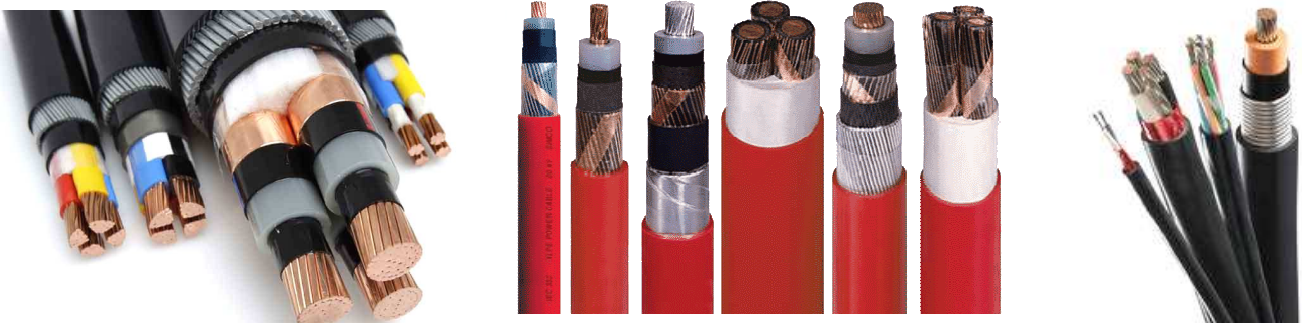
Cablul de energie sau de forță este cablul cu tensiunea nominală cuprinsă între 1 kV și 220kV, folosit în circuitele primare ale instalațiilor de producere, transport, distribuție și utilizare a energiei electrice în curent alternativ sau curent continuu.

După tipul constructiv al cablului, se deosebesc:

- cablu monopolar, construit dintr-un conductor izolat și învelișul de protecție exterior
- cablu multipolar, alcătuit din mai multe conductoare, izolate electric și solidare mecanic împreună cu învelișul de protecție exterior .

După valoarea tensiunii, se deosebesc :

- Linii electrice de înaltă tensiune, cu valori între 60kV și 220kV.
- Linii electrice de medie tensiune, cu valori între 6kV și 35kV.
- Linii electrice de joasă tensiune, cu valori sub 1 kV, cele mai frecvente fiind cele de 400 V respectiv 230V.



După tipul izolației și al conductoarelor întâlnim următoarele cabluri:

- cu izolație în hârtie impregnată în ulei și conductorul din Cu sau Al
- cu izolație din PVC și conductor din Cu sau Al
- cu izolație din PE, XLPE și conductor din Cu sau Al.

Protecția împotriva apariției accidentale a tensiunii în exteriorul cablului prin străpungerea izolației, este asigurată de ecranul sau învelișul metalic din jurul cablului, acest înveliș fiind legat la pământ în capetele cablului. Ecranul mai are și rolul de a proteja cablul împotriva acțiunilor câmpurilor electrice exterioare.

Protecția mecanică se realizează prin armături din benzi de oțel, de aluminiu sau din plumb situate în jurul cablului.

În timpul exploatarei de proba se verifică:

- comportarea generală a liniei la punerea sub tensiune;
- conturnări sau descărcări superficiale pe izolatoare;
- eventuale contacte imperfecte;
- proba funcțională a comenzilor, semnalizărilor și blocajelor, întreruptoarelor și separatoarelor;
- proba de interacțiune a protecțiilor;
- indicația instrumentelor de măsură;
- măsurarea curentului capacitiv, tensiunea la ambele capete;
- inscripționarea terminațiilor pentru identificare și securitate.

Dacă toți acești parametri corespund, se dă în exploatare linia respectivă.

### Defectarea liniilor electrice subterane

Cea mai mare problemă a liniilor electrice subterane o reprezintă depistarea defectelor apărute asupra acestora.

*Cauzele* apariției defectelor în cabluri sunt numeroase și de naturi diferite:

- vicii de fabricație (fisuri ale învelișului izolant, fisuri ale mantalelor, incluziuni de aer sau gaze în dielectricul cablurilor, bavuri ale conductoarelor);
- vicii de montaj (ruperea izolației la separarea conductoarelor, umplerea necorespunzătoare cu masă izolantă a manșoanelor)
- erori de pozare (îndoirea la unghiuri mici în coturi, ruperi, deformări);
- străpungeri și deformări provocate de diferitele lucrări care se execută în zonele de pozare ale cablurilor;
- coroziunea mantalelor, datorată curenților vagabonzi sau reacțiilor chimice provocate de compoziția solului;
- încălzirea excesivă a cablului provocată de suprasarcini de durată;
- arderea conductoarelor în timpul scurtcircuitului. În funcție de modul de operare, materialul izolant, tensiunea de lucru a cablului și de cauzele care au produs defectul există o multitudine de tipuri de defecte în cablu.

Defectele cele mai importante sunt:

- defecte de izolație cu sau fără contact la pământ;
- întreruperi sau defecte seriale ohmice;
- descărcări sau defecte cu strapungere;
- defecte de cuplare;
- defecte de discontinuitate;
- defecte de manta.

Evident, se pot întâlni și combinații ale acestora, întrucât pot apărea simultan defecte diferite. Defectele de pe cabluri se produc de regulă într-un singur punct, dar există situații în care acestea se produc pe distanțe mai mari, datorate penetrării umezelii între mantaua de protecție de PVC și ecran, pentru cablurile de putere cu izolație de mase plastice. Defectele din cabluri duc la apariția perturbațiilor sau a desperechierilor în transmisia semnalelor sau a energiei și trebuie considerate ca fiind heterogenități în anumite puncte de pe cablu. Pentru a localiza defectele dintr-un cablu trebuie să cunoaștem diferiți parametri ai acestuia, întrucât deviațiile acestora de la valorile nominale ne vor da indicații despre poziția defectului. Pentru localizarea defectelor se vor face în afara măsurătorilor de c.c. și o serie de măsurători de c.a.. Trebuie deci să cunoaștem atât parametrii de c.c. cât și pe cei de c.a. ai cablului.

### Localizarea deranjamentelor în cablurile subterane

Pentru depistarea deranjamentelor în cabluri prin măsurători electrice este necesar să se țină o *evidență* asupra cablurilor, privind lungimea cablului (dacă sunt înseriate mai multe tipuri de cabluri, fabricații diferite, lungimea, rezistența și capacitatea electrică a fiecărei porțiuni), rezistența și capacitatea unui circuit în stare normală. Se poate, astfel, efectua o etalonare a fiecărui cablu și deci determina locul deranjamentului pe baza măsurătorilor electrice.

În timpul localizării deranjamentului, circuitele cablului deranjat se izolează în repartitor, prin scoaterea bobinelor termice și întoarcerea blocurilor de porțelan și cărbuni.

### Metode de prelocalizare și localizare a defectelor în cablu

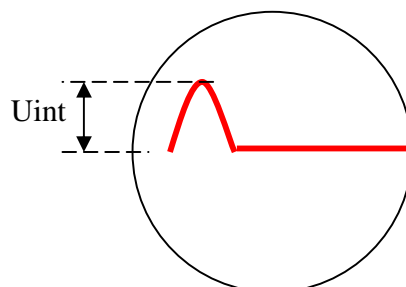
#### Metoda impulsurilor folosind reflectometrul

Avantajele metodei sunt: rapiditate, precizie și ușurința de interpretare a naturii deranjamentului. Aparatura este însă complicată și nu poate localiza scăderile moderate ale izolației.

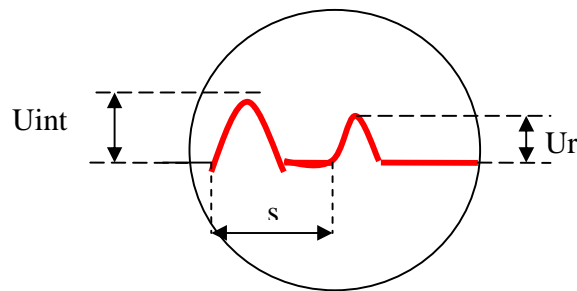
Se folosește un reflectometru cu ajutorul căruia se aplică la intrarea circuitului o succesiune de impulsuri scurte care sunt observate pe ecranul unui osciloscop, împreună cu impulsurile reflectate.

Se pot prezenta trei cazuri:

*Linie în bună stare și corect terminată.* În acest caz impedanța sarcinii terminale a liniei este egală cu impedanța caracteristică a liniei, deci nu există reflexii și tensiunea undei reflectate este zero. Pe ecranul osciloscopului apare numai impulsul inițial.

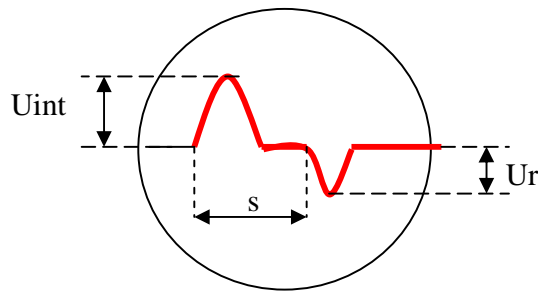


**Linie întreruptă.** În acest caz impedanța sarcinii terminale a liniei este mult mai mare decât impedanța caracteristică a liniei, iar pe ecranul osciloscopului apare și impulsul reflectat cu amplitudinea  $U_r$ .



$s$  – intervalul de timp dintre impulsul aplicat și cel reflectat

**Linie scurtcircuitată.** În acest caz impedanța sarcinii terminale a liniei este mult mai mică decât impedanța caracteristică a liniei, iar pe ecranul osciloscopului apare și impulsul reflectat cu amplitudinea  $U_r$  ce va avea sens invers față de  $U_{int}$ .



O cantitate importantă care derivă din relația geometrică dintre conductoare și constanta dielectrică a izolantului este viteza de propagare „ $v$ ” a undelor electromagnetice în cablurile electrice care diferă de viteza de propagare în spațiul liber „ $c$ ” și se calculează cu relația:

$$Z = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_{rel}}}$$

Deci timpul de tranziție „ $t$ ” necesar unui semnal să traverseze o anumită lungime de cablu poate fi calculat din viteza de propagare „ $v$ ”:

$$t = \frac{l}{v}$$

Pentru localizarea defectelor din cabluri se vor lua în considerare următoarele caracteristici ale cablului:

- |                            |                     |
|----------------------------|---------------------|
| a) rezistența distribuită  | $R'$ [ $\Omega$ km] |
| b) inductanța distribuită  | $L'$ [mH/km]        |
| c) conductanța distribuită | $G'$ [S/km]         |
| d) capacitatea distribuită | $C'$ [ $\mu$ F/km]  |
| e) viteza de propagare     | $v$ [m/ $\mu$ s]    |

Cablul va fi considerat intact cât timp caracteristicile lui rămân neschimbate atât în serviciu cât și în condiții de rezervă. O modificare a unui parametru în orice punct al cablului îi va perturba omogenitatea, rezultând un cablu defect. În principiu un cablu defect este compus din două secțiuni bune care sunt cuplate între ele la locul de defect.

## Etapele de localizare a unui defect

Procesul de localizare a unui defect se poate împărți în patru etape distincte care sunt:

- recunoașterea tipului și determinarea condițiilor defectului;
- transformarea pe timp scurt sau permanent a defectului;
- prelocalizarea defectului;
- localizarea exactă a defectului.

## Recunoașterea defectului

În majoritatea cazurilor, informația primită odată cu notificarea despre defectarea cablului nu este suficientă în detalii pentru a recunoaște tipul defectului și a face localizarea, din această cauză cele patru etape trebuie parcurse întotdeauna în ordinea descrisă anterior. De exemplu, pentru un defect de joasă rezistență se va folosi un ohmetru simplu cu o scală de maxim 1kΩ, cu ajutorul căruia se recunosc ușor defectele rezistive care se pot prelocaliza prin măsurare directă cu un reflectometru.

## Metoda impulsului reflectat

Dacă impedanța caracteristică „Z” se modifică într-un punct de pe cablu, un impuls trimis pe cablu se va reflecta înapoi din acel punct către începutul cablului. Cunoscându-se viteza de propagare a impulsului în cablu, se poate calcula distanța față de punctul de reflexie din timpul de tranzitare a impulsului.

Aceste discontinuități care sunt cauzate de schimbările impedanței caracteristice reflectă o parte din impulsul de tensiune în direcția sursei de tensiune, adică spre începutul cablului. Partea din impulsul de tensiune reflectată este definită de coeficientul de reflexie „r”, care reprezintă raportul dintre unda transmisă și cea reflectată.

În cazul în care cablul se termină cu „Ra”, se poate aplica următoarea formulă:

$$r = \frac{R_a - Z}{R_a + Z}$$

În funcție de raportul dintre Ra și Z semnul expresiei poate fi pozitiv sau negativ.

În cazul în care impedanța terminală este mai mică decât Z, impulsul transmis se va reflecta cu polaritate inversată .

Dacă impedanța terminală este echivalentă impedanței caracteristice nu se va obține reflexie – în acest caz terminația nu poate fi percepută pe reflectometru.

Totuși, întrucât cele mai multe defecte se produc pe cablu, trebuie notat că în cazul unui defect paralel, impedanța caracteristică a cablului după locul de defect este în paralel cu defectul, ceea ce înseamnă că rezistența de reflexie va fi întotdeauna mai mică decât rezistența defectului.

Pentru defecte paralele se utilizează următoarea formulă:

$$r = \frac{-Z}{2R_f + Z}$$

iar pentru defectele seriale:

$$r = \frac{R_f}{2Z + R_f}$$

## Localizarea defectului

Perioada de timp necesară impulsului să parcurgă distanța de la începutul cablului la punctul de reflexie este măsurată cu un reflectometru.

Deoarece impulsul străbate distanța de la începutul cablului la defect de două ori (dus/întors), numai jumătate din viteza de propagare „v” („v/2”), se va introduce în formulă pentru calcularea distanței până la defect:

$$l_x = t \cdot \frac{v}{2}$$

Aici timpul este introdus în „s”, viteza „v/2” în „m/s”, iar lungimea „l” rezultă din calcule în „m”. Pentru reflectometrele performante, constanta cablului v/2, se introduce direct înainte de măsurătoare și acesta calculează direct distanța până la punctul de reflexie și o afișează direct în metri, fără nicio altă operație suplimentară.

Dacă nu se cunoaște constanta cablului dar se știe lungimea acestuia, există posibilitatea de a determina viteza de propagare „v”, sau respectiv – „v/2”. Pentru aceasta se masoară capătul distant al cablului și se calculează viteza de propagare după cum urmează:

$$\frac{v}{2} = \frac{l_g}{t}$$

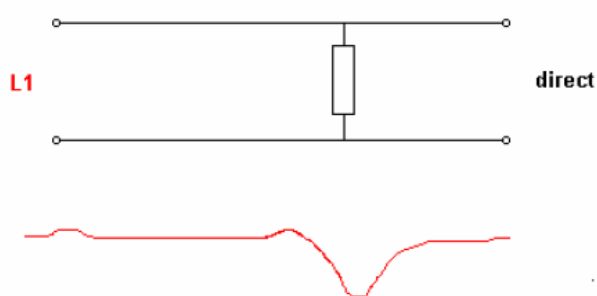
(lg este lungimea fizică a cablului)

Ca un criteriu, se masoară intervalul de timp dintre plecarea și întoarcerea impulsului – în cazul cablurilor lungi amplitudinea impulsului reflectat este redusă, o măsurătoare exactă fiind de multe ori dificilă sau chiar imposibilă din cauza atenuării cablului.

## Măsurători practice cu impuls reflectat

### Măsurarea directă

Dacă pentru măsurătoare se folosesc numai două conductoare ale cablului defect ca o rețea cu două terminale, simetrică sau asimetrică, măsurătoarea este denumită directă.

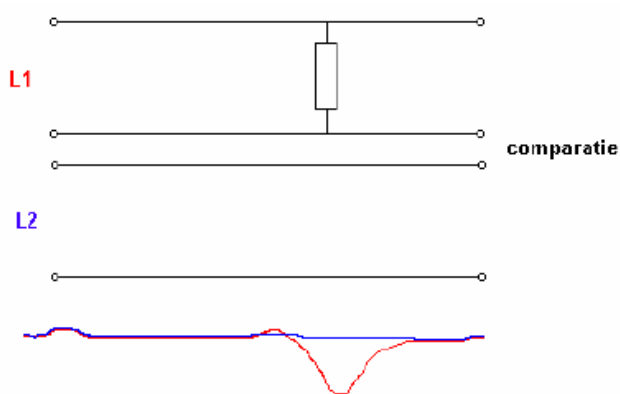


Această metodă de lucru se alege atunci când nu sunt așteptate probleme deosebite, sau atunci când măsurătoarea are numai un scop orientativ.

În cazul cablurilor scurte sau atunci când defectul este în apropierea punctului de conectare, impulsul reflectat coincide cu impulsul transmis și este foarte greu de recunoscut. Pentru a putea fi făcută măsurătoarea și în cazul defectelor apropiate, un circuit special inclus în reflectometru oferă posibilitatea suprimării impulsului transmis, astfel încât să poată fi observat impulsul reflectat.

### Comparația de faze sau de perechi

Pentru a face o comparație de faze, două din fazele aceluiași cablu (una trebuie să fie bună) se conectează la reflectometru printr-un dispozitiv de comutație periodică astfel încât impulsul să fie transmis atât în cablul defect cât și în cel bun.



Cele două reflectograme coincid până la punctul de reflexie și acolo se despart – punctul de despărțire se va utiliza pentru localizarea exactă a defectului.

În cazul cablurilor simetrice de semnalizare sau de telecomunicații, se preferă comparația de perechi. Această metodă este potrivită pentru defectele cu rezistența relativ mare care nu sunt mult diferite de heterogenitățile ce există întotdeauna în cablu și nu se pot măsura prin măsurare directă.

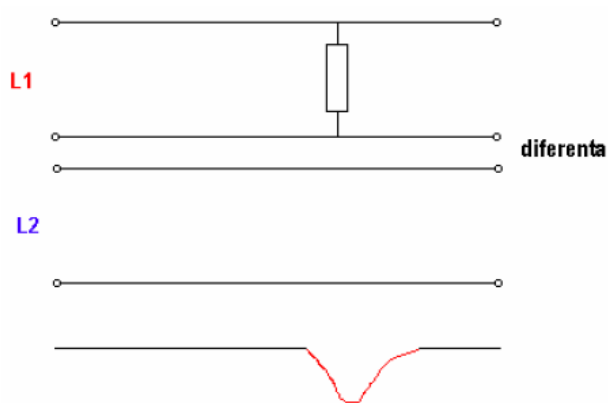
Metoda comparației poate fi folosită cu succes în cablurile cu ramificații pe care se produc reflexii independente de defectele

existente.

### Metoda diferențială

Metoda diferențială este utilizată de regulă în cablurile de telecomunicații simetrice și necesită să avem la dispoziție două perechi sau două faze identice. Ea oferă posibilitatea realizării unei punți exacte și a unei echilibrări hibride.

În metoda diferențială impulsul de plecare este injectat simultan în cele două perechi sau faze. Reflexiile ce se returnează din cele două perechi în același timp și au aceeași amplitudine sunt compensate de efectul hibrid.



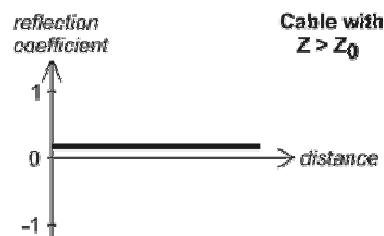
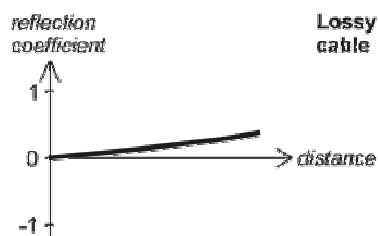
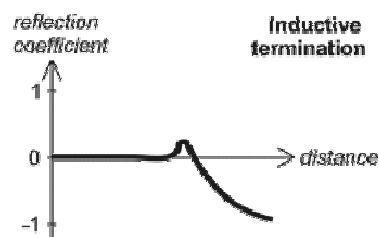
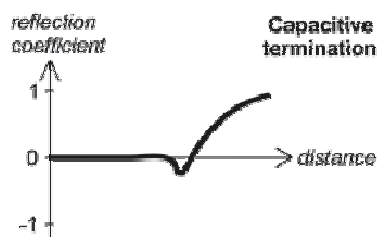
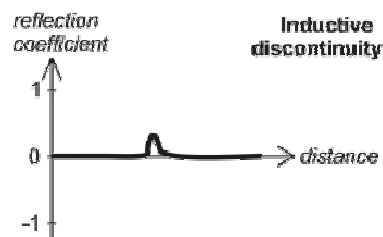
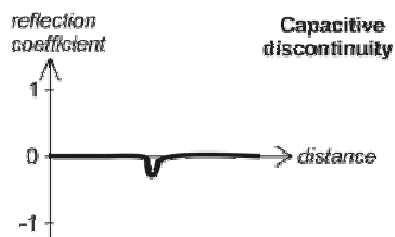
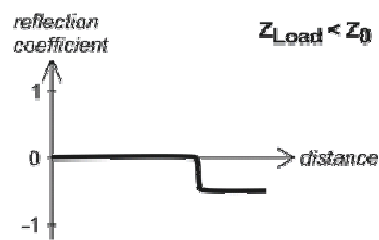
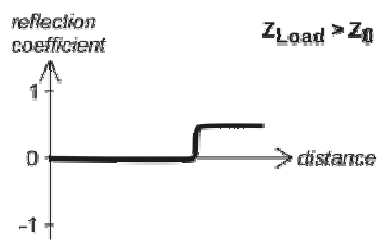
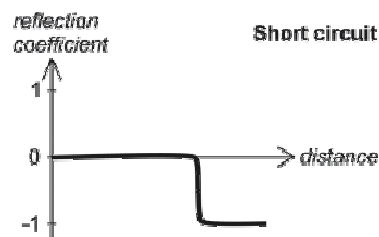
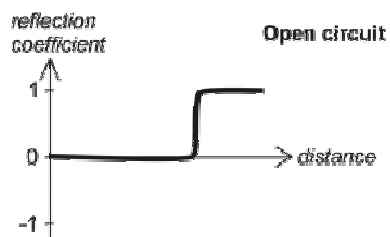
Reflexia de pe un defect precum și posibilele reflexii multiple care se produc numai în perechea defectă nu vor fi compensate și se vor vedea clar pe ecran.

Cu această metodă se pot recunoaște cu claritate chiar și micile deviații de pe una din perechi. Ea se utilizează și în cablurile de energie cu mai multe faze, cu toate că în acest caz condițiile nu sunt dintre cele mai bune. Este de exemplu necesar să convertim cablul tripolar într-un pseudo quadripol. Aceasta este posibilă dacă de exemplu L1 și conductorul neutru formează o ramură a punții, iar L2 sau L3 și din nou cu conductorul neutru – cea de-a doua ramură a punții. În această versiune de măsurare, este preferabil ca faza defectă să fie conectată la

L1 iar cea de a doua fază la L2, întrucât L1 este afișată ca o imagine permanentă iar L2 este afișată prin eșantionare.

Această metodă extinde domeniile limită ale unei măsurări cu impuls reflectat și este utilizată de regulă pentru cablurile cu ramificații de joasă tensiune, unde măsurarea directă este imposibil de aplicat din cauza reflexiilor multiple ale derivațiilor.

În graficele de mai jos se pot observa câteva exemple de defecte singulare sau multiple, ce ajută la găsirea și interpretarea unui defect:



## Bibliografie

1. <http://www.rigexpert.com/index?s=aa230&f=tdr>
2. [http://www.radio-electronics.com/info/t\\_and\\_m/time-domain-reflectometer/basics-tutorial.php](http://www.radio-electronics.com/info/t_and_m/time-domain-reflectometer/basics-tutorial.php)
3. Procedee de localizare a defectelor în rețelele de cabluri de energie Editura tehnică – București – 1976;
4. PE 128-90 Regulament de exploatare tehnica a liniilor electrice in cablu;
5. FT 4-93 Metode de verificare a liniilor electrice de energie in cablu de 1-35 kV ;
6. Ete 13 Localizarea defectelor in cabluri;
7. <http://www.sebakmt.com>
8. Seba Dynatronic „Basics of fault location in energy cables”;

Dacă doriți să aflați mai multe despre produsele noastre, vizitați situl [www.epsicom.com](http://www.epsicom.com)

Dacă ați întâmpinat probleme cu oricare dintre produsele noastre sau dacă doriți informații suplimentare, contactați-ne prin e-mail [office@epsicom.com](mailto:office@epsicom.com)

Pentru orice întrebări, comentarii sau propuneri de afaceri nu ezitați să ne contactați pe adresa [office@epsicom.com](mailto:office@epsicom.com)

31 Sararilor Street | 200570 Craiova, Dolj, Romania | 0723.377.426, 0743.377.426