

LOCALIZAREA DEFECTELOR LA LINIILE ELECTRICE ÎN CABLU PRIN METODA IMPULSURILOR

1. Introducere

În cadrul acestei lucrări se urmărește expunerea principiului *metodei impulsurilor* pentru determinarea locului de defect într-un cablu, prezentarea aparaturii folosite în acest scop, precum și utilizarea ei la determinarea locului defectului într-un cablu, în condiții de laborator.

2. Considerații de ordin teoretic

Localizarea defectelor prin intermediul impulsurilor este o metodă relativă ce se bazează pe reflexia impulsurilor electrice la locul defectului și pe măsurarea intervalului de timp scurs din momentul transmiterii impulsului și momentul sosirii impulsului reflectat. Din acest motiv, metoda este cunoscută și sub denumirea de *metodă ecometrică*. Practic, prin linie este transmis un impuls electric care se repetă periodic, numit *impuls incident* sau *de sondaj*, impuls care se reflectă la locul unde se află o neomogenitate și care apare pe ecranul unui osciloscop sub forma unui *impuls reflectat*.

Notând cu v viteza de propagare a impulsurilor prin linie, cu t intervalul de timp scurs între momentul transmiterii impulsului și cel al sosirii impulsului reflectat, distanța l până la locul defectului se determină cu relația:

$$l = \frac{v \cdot t}{2} \quad (1)$$

Locatoarele de defecte apărute în cabluri, care folosesc metoda impulsurilor, sunt prevăzute cu un tub catodic pe ecranul căruia se determină direct, prin vizualizare, intervalul de timp scurs între lansarea impulsului incident și întoarcerea impulsului reflectat. În cadrul acestei lucrări se utilizează două tipuri de locatoare pentru determinarea intervalului menționat:

- ◆ aparatura tip ICEMENERG, cu marcarea pe tub a bazei de timp;
- ◆ aparatura germana, cu aplicarea unei întârzieri dispozitivului de baleaj.

Locatoarele bazate pe metoda impulsurilor indică și natura defectului, prin intermediul coeficientului de reflexie p , care se determină cu relația:

$$p = \frac{U_r}{U_i} = \frac{Z_d - Z_c}{Z_d + Z_c} \quad (2)$$

unde: U_r – amplitudinea impulsului reflectat;
 U_i – amplitudinea impulsului incident;
 Z_c – impedanța caracteristică a cablului;
 Z_d – impedanța defectului.

Laborator Transportul și distribuția energiei electrice - B. Neagu

Valoarea numerică a vitezei de propagare a impulsurilor și impedanțele caracteristice pentru diferite tipuri de linii electrice sunt prezentate în Tabelul 1.

Tabelul 1

Tipul liniei	U_n (kV)	v (m/ μ s)	Z_c (Ω)
Linii electrice aeriene de înaltă tensiune	20 - 400	295	350 – 500
Linii aeriene telefonice cu conductoare din oțel		230	1400 – 1500
Cabluri de energie de medie tensiune	10	160	15 – 30
Cabluri de energie de medie tensiune	6	164	15 – 30
Cabluri de energie de joasă tensiune	1	184	15 – 30
Cabluri telefonice		248	150
Cabluri coaxiale		230	75

Dacă impedanța defectului este mai mare decât impedanța caracteristică a cablului ($Z_d > Z_c$), impulsul reflectat va fi de aceeași polaritate cu impulsul incident, iar dacă este mai mică ($Z_d < Z_c$), impulsul reflectat va avea o polaritate opusă celui incident. În particular, dacă s-a produs un scurtcircuit ferm ($Z_d = 0$), coeficientul de reflexie devine negativ ($p = -1$), iar dacă linia este întreruptă ($Z_d \cong \infty$), coeficientul de reflexie devine pozitiv ($p \cong 1$).

Un rol important în aplicarea metodelor cu impulsuri îl are *durata impulsului*. Impulsurile cu o durată mare generează un ecou la locul defectului cu o amplitudine de cca 30 – 40% din amplitudinea impulsului incident, iar impulsurile cu durată mică generează un ecou cu o amplitudine de 10 – 15%. De aceea, în cazul defectelor îndepărtate, pentru evitarea atenuării exagerate a impulsului reflectat, se utilizează impulsul de lungă durată, iar pentru defectele apropiate se recomandă folosirea impulsurilor de scurtă durată, în scopul creșterii preciziei.

Metodele de localizare prin impulsuri se clasifică în funcție de tensiunea impulsurilor și anume:

- *metode de joasă tensiune;*
- *metode de înaltă tensiune.*

În cadrul acestei lucrări se stabilește locul de defect în cablu prin aplicarea câtorva variante ale *metodei de joasă tensiune:*

- ✓ varianta directă;
- ✓ varianta comparării fazelor în raport cu pământul;
- ✓ varianta diferențială.

Varianta directă

În acest caz, detectorul se conectează la cablul defect între conductorul de fază și ecranul cablului *direct* sau utilizând adaptoare de impedanță. Se determină apoi, în cazul în care se cunoaște lungimea totală a cablului defect, viteza de propagare a impulsurilor, folosind relația:

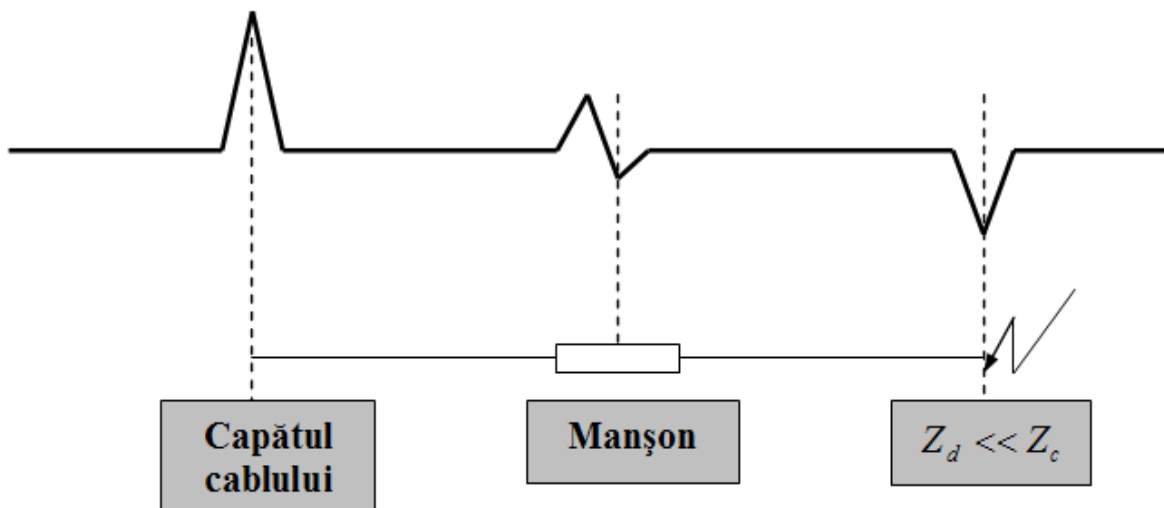
$$v = \frac{2 \cdot L}{t} \quad (3)$$

unde:

L – lungimea totală a cablului, exprimată în metri;

t – timpul în care impulsul injectat printr-o fază sănătoasă parcurge cablul cu defect de la un capăt la altul și înapoi, exprimat în μs și determinat cu ajutorul locatorului.

Dacă nu se cunoaște lungimea totală a cablului, viteza de propagare se adoptă din tabelul prezentat anterior. După aceea, se conectează ecometrul la conductorul de fază defect și se măsoară intervalul t necesar impulsurilor pentru parcurgerea distanței până la locul defectului și înapoi. Cu această valoare și, știind deja viteza v , se poate determina distanța l până la locul cu defect.



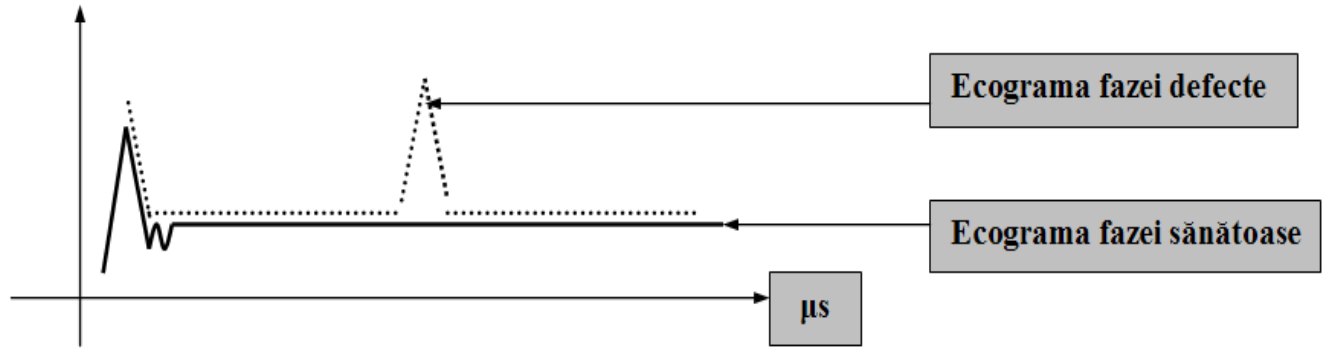
O atenție deosebită trebuie acordată reflexiilor impulsurilor provocate de manșoane, pentru a nu fi confundate cu reflexiile de la locul defectului.

Reflexiile provocate de manșoane au o alură proprie, ilustrată în figura anterioară.

Pentru a se evita erorile ce pot apărea în cazul cablurilor cu derivații, este bine să se cunoască ecograma corespunzătoare unui conductor de fază fără defect.

Varianta comparării fazelor în raport cu pământul

În cazul acestei variante, ecometrul este conectat, prin intermediul unui dispozitiv de comutare electronică, atât la un conductor de fază fără defect, cât și la cel cu defect, obținându-se astfel suprapunerea ecogramelor pe ecranul aparatului. Poziția defectului rezultă din compararea celor două ecograme, ca în figură:



Varianta diferențială

Singura diferență dintre această variantă și cea anterioară constă în faptul că pe ecranul aparatului apare, în cazul de față, doar diferența dintre cele două ecograme, diferență obținută prin intermediul unui dispozitiv electronic.

Metodele ecometrice de înaltă tensiune au la bază injectarea în cablurile defecte a unor impulsuri de înaltă tensiune (3 – 70 kV). Aceste metode sunt mai puțin utilizate deoarece necesită aparate speciale și precauții deosebite în folosirea lor.

Metodele ecometrice au, în ansamblul lor, următoarele avantaje:

- viteza de propagare a impulsurilor variază foarte puțin cu modificarea formei și secțiunii conductoarelor;
- datorită faptului că în locurile cu defect nu are loc o reflexie totală a impulsurilor, cablul este explorabil pe toată lungimea sa;
- explorarea prin această metodă a unui cablu scoate în evidență prezența defectelor în diverse porțiuni ale cablului.

Inconveniențele acestei metode constau în următoarele aspecte:

- dacă locul de defect se află după o discontinuitate și la o distanță mai mică decât cea corespunzătoare duratei impulsului, ecoul datorat defectului este acoperit de cel datorat discontinuității;

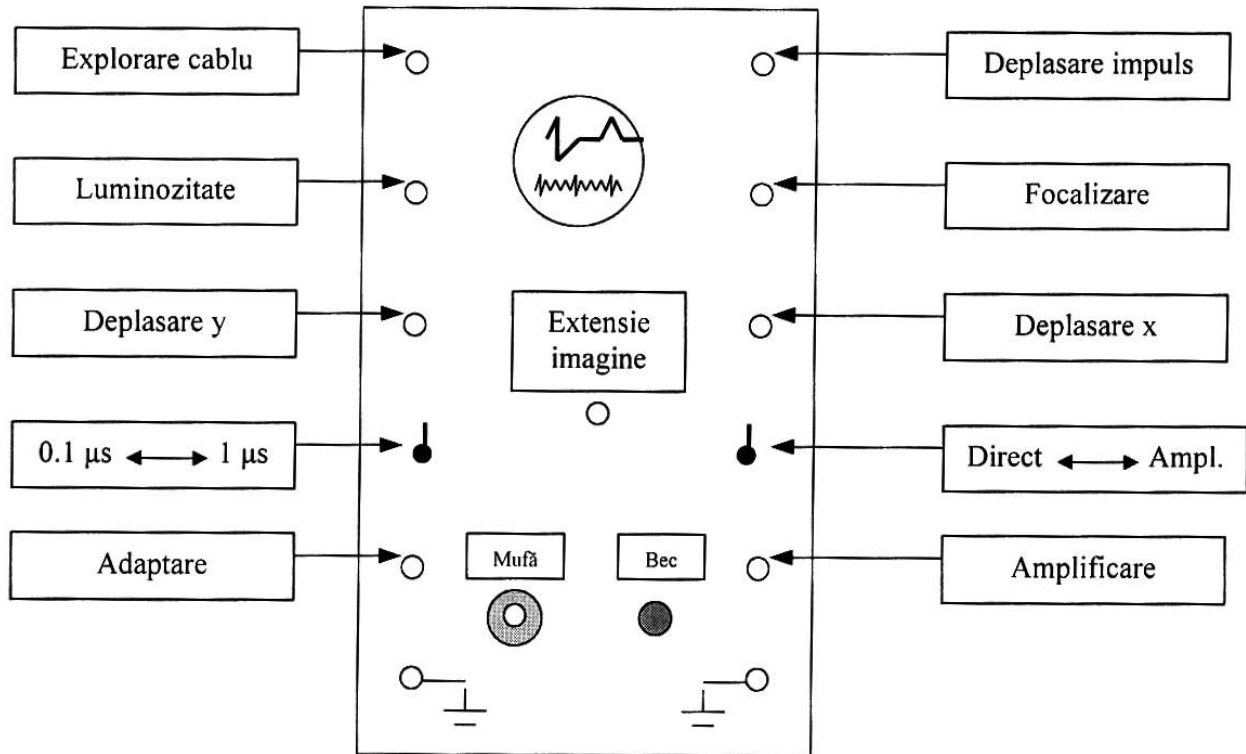
- este important să se poată distinge între impulsul reflectat corespunzător defectului și acele impulsuri reflectate cauzate de diversele discontinuități (manșoane de legătură, de derivație, etc.).

3. Analiza descriptivă/funcțională a instalațiilor folosite și modul de desfășurare a lucrării

În cadrul laboratorului se află la dispoziție două tipuri de locatoare prin impulsuri:

- locator de defecte în cablu (LDC) tip ICEMENERG;
- locator de defecte de producție germană.

În figura următoare se prezintă placa frontală a locatorului tip ICEMENERG:



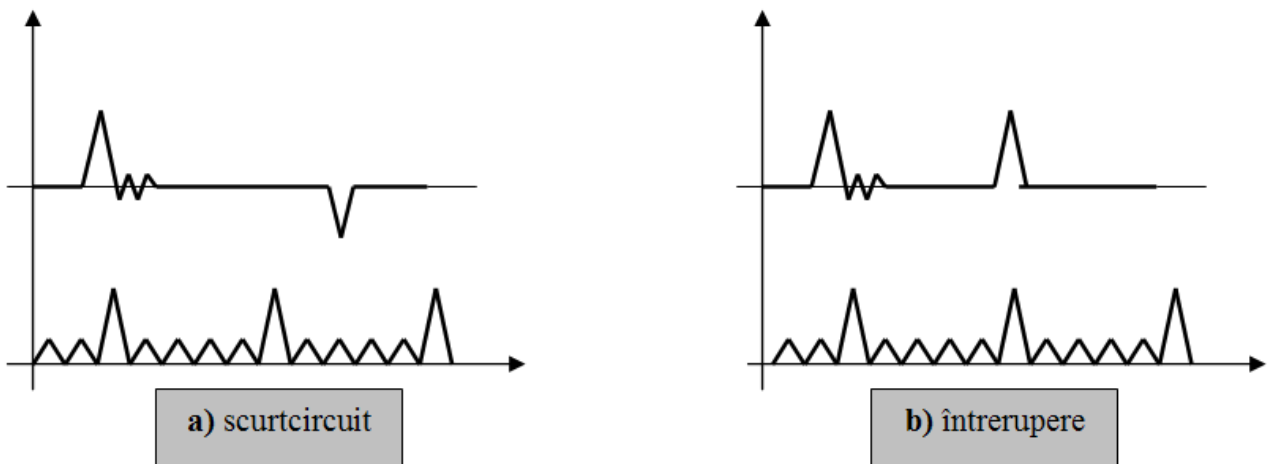
Punerea în funcțiune a aparatului se face cu ajutorul butonului *focalizare*. Prin intermediul butoanelor *focalizare*, *luminozitate*, *deplasare x*, *deplasare y* se obține în centrul ecranului o imagine luminoasă stabilă. Pentru explorarea cablurilor de energie, comutatorul basculant din stânga se fixează pe poziția 0.1 μs.

Comutatorul din dreapta rămâne, în general, pe poziția *amplificare*. Poziția *direct* se folosește în cazul cablurilor foarte scurte. Pentru cablurile de energie, potențiometrul *adaptare* va rămâne pe poziția de minim. Se fixează comutatorul *extensie imagine* cu săgeata butonului în extremitatea stângă

Laborator Transportul și distribuția energiei electrice - B. Neagu

și se conectează cordonul bifilar al aparatului la cablul defect. Dacă impulsul reflectat iese în afara ecranului, acesta se readuce pe ecran cu ajutorul butonului *explorare cablu*.

După ce s-a reperat impulsul reflectat, se efectuează măsurătoarea. Pentru aceasta, se realizează suprapunerea frontului anterior al impulsului de sondaj peste frontul anterior al unuia din impulsurile mari (de referință) cu ajutorul butonului *deplasare impuls*. Se numără apoi intervalele mari și mici dintre impulsul de sondaj și frontul impulsului reflectat. Între două impulsuri de referință mari, diferența de timp este de $10\mu\text{s}$, iar între două impulsuri mici de $2\mu\text{s}$.



În următoarea figură sunt prezentate ecogramele pentru un cablu de energie de joasă tensiune ($v = 184 \text{ m}/\mu\text{s}$), pentru două tipuri de defect:

Ecograma din fig. *a* corespunde unui scurtcircuit aflat la distanța l , calculabilă cu ajutorul relației:

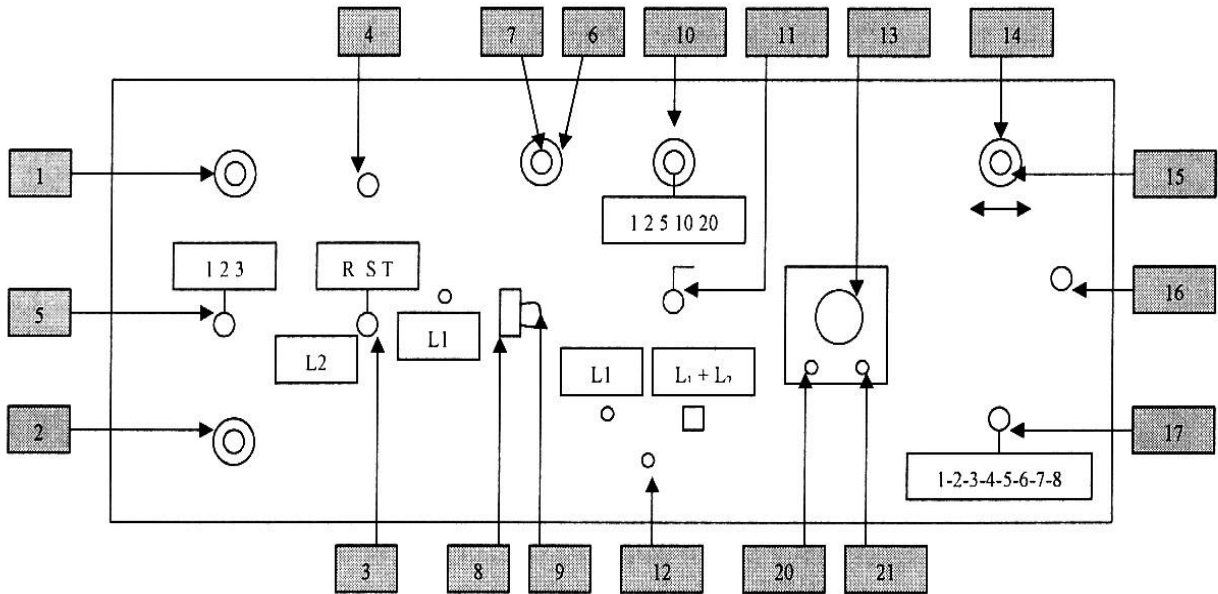
$$l = \frac{v(10 + 4,2)}{2} = \frac{2612,8}{2} = 1306 \text{ m}$$

Ecograma din fig. *b* corespunde unei întreruperi aflată la distanța:

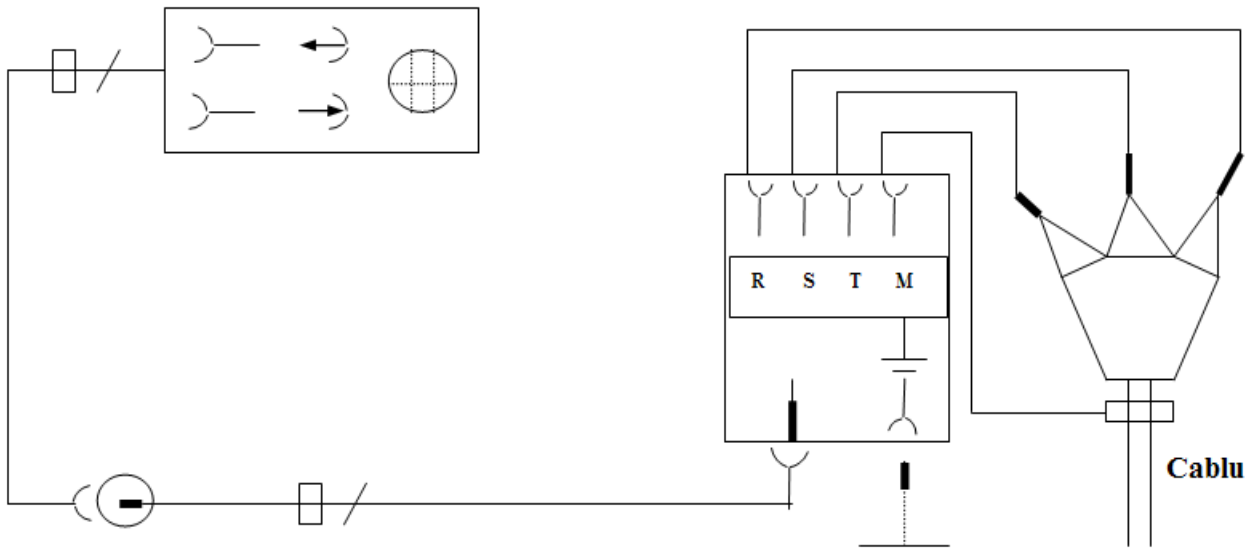
$$l = \frac{v \cdot 10}{2} = \frac{1841,0}{2} = 920 \text{ m}$$

Varianta ecometrică utilizată la acest locator este cea *directă*.

În următoarea figură este prezentat panoul frontal al locatorului de producție germană:

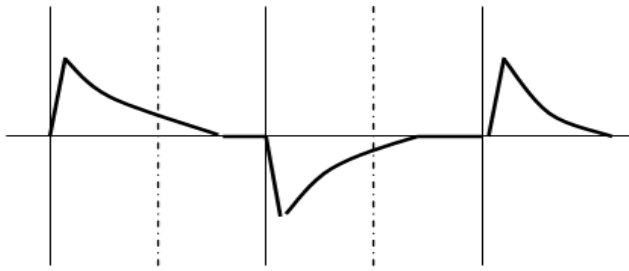


Pentru determinarea locului de defect în mod direct, se realizează montajul sugerat de următoarea figură:

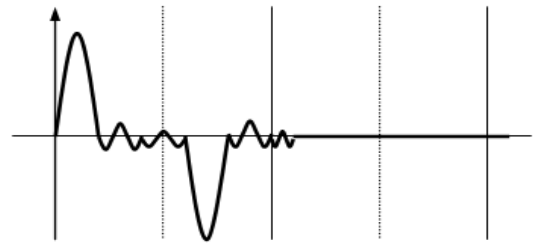


Pentru punerea în funcțiune a locatorului și pentru localizarea defectului, se efectuează următoarele operații:

- se conectează aparatul la rețeaua de c.a. sau la baterii;
- butonul 4 se pune în poziția I , butonul 10 (domeniul de măsurare) în poziția \blacktriangledown , iar butonul 5 (regimuri) în poziția 1; cu ajutorul butoanelor 6 (intensitate), 7 (focalizare), 14 (deplasare verticală), 15 (deplasare orizontală), 17 (amplificare), 11 (baza de timp), se obține o imagine ca în fig. c;

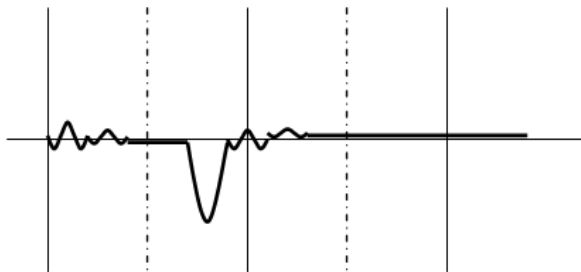


c

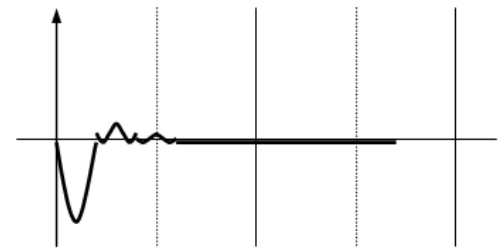


d

- butonul 12 se pune în poziția ▼ și se aduce vârful impulsului negativ, cu ajutorul potențiometrului 16, în mijlocul ecranului (scala 8 indicând 0.00);
- se deblochează butonul 12 și se rotesc butoanele 6, 7, 14, 15 până când obținem din nou imaginea din figura c; ultimele două operații se repetă până când nu mai are loc nici o deplasare orizontală a impulsului negativ când se acționează butonul 12;
- comutatorul domeniului de măsurare (10) se pune într-o astfel de poziție încât pe ecran să apară atât impulsul incident, cât și cel reflectat (fig. d);
- comutatorul de pe adaptor se pune în una din pozițiile 1, 2, 3, 4 sau 5 în așa fel încât impulsul incident să fie redus la minim (fig. e);



e



f

- prin rotirea butonului 9 (temporizare) se aduce impulsul reflectat în locul impulsului incident (fig. f);
- scala 8 ne indică timpul necesar impulsului pentru parcursul dus-întors până la locul defectului (se ține seama de ordinul de multiplicitate indicat de comutatorul 10);
- prin rotirea butonului 3 se testează, pe rând, toate fazele.

Desfășurarea lucrării.

În cadrul acestei lucrări de laborator se vor detecta defectele existente într-un cablu de energie de joasă tensiune de cca 100 m, folosind ambele tipuri de locatoare și se vor compara rezultatele.

Bibliografie

1. **Georgescu Gh.**, *Sisteme de distribuție a energiei electrice*, Editura Politehniun, Iași, 2007.
2. **Georgescu Gh., Neagu B.**, *Proiectarea și exploatarea asistată de calculator a sistemelor publice de repartiție și distribuție a energiei electrice*, vol. 1, partea I-a, Editura Fundației Academice AXIS, Iași, 2010.
3. **Georgescu Gh.**, *Transportul și distribuția energiei electrice. Lucrări practice de laborator*, Editura Politehniun, Iași, 2005.
4. **Georgescu Gh.**, *Elemente ale liniilor electrice în cablu*, Editura Venus, Iași, 2005.
5. **Georgescu Gh., Neagu B., Ciobanu R.**, *Proiectarea și exploatarea asistată de calculator a sistemelor publice de repartiție și distribuție a energiei electrice*, vol. 1, partea II-a, Editura PIM, Iași, 2011.