

Laborator Electrosecuritate - Instalații de legare la pământ

Verificarea prin măsurare a rezistenței de dispersie a prizelor de pământ

1. Aspecte generale

Instalațiile de protecție prin legare la pământ se verifică, în primul rând, la punerea în funcțiune a instalațiilor electrice pe care le deservește, după care se fac verificări periodice ale instalațiilor de legare la pământ de protecție, pentru a reduce, la minimum posibil, riscul de electrocutare prin atingere indirectă, de exemplu, în urma întreruperii circuitelor de legare la pământ sau corodării excesive a electrozilor prizei de pământ.

Pentru a asigura o protecție corectă împotriva electrocutării prin atingere indirectă, instalația de legare la pământ de protecție, și nu numai priza de pământ, trebuie să aibă o rezistență maximă acceptată, valorile indicate în normativele aflate în vigoare fiind de:

- 4 Ω - pentru prize de pământ utilizate exclusiv în scopul protecției împotriva electrocutării prin atingere indirectă;
- 10 Ω - pentru prize de pământ utilizate exclusiv pentru deservirea instalațiilor de paratrăsnete;
- 1 Ω - pentru prize de pământ utilizate în comun, în scopul asigurării securității electrice și al descărcării la pământ a curenților de trăsnet.

Verificarea stării fizice a unei instalații de legare la pământ, la un moment dat, implică verificarea vizuală a unor elemente, însă componenta principală a testării implică efectuarea de măsurători asupra următorilor parametri principali:

- rezistența de dispersie a prizei de pământ;
- tensiunea totală pe priza de pământ, tensiunile accidentale de atingere și de pas, precum și tensiunile ce pot să apară prin cuplaj rezistiv;
- continuitatea electrică a legăturilor dintre elementele instalației de legare la pământ.

Pentru măsurarea rezistenței unei prize de pământ, aceasta trebuie separată de restul instalației de legare la pământ. Procedând în acest fel, se măsoară rezistența de dispersie a prizei de pământ. Măsurarea rezistenței de dispersie a prizelor de pământ se efectuează numai în curent alternativ. Se evită, astfel, alterarea rezultatelor măsurătorilor de către tensiuni externe, de polarizație, care ar putea să apară în cazul în care măsurătorile ar fi făcute în curent continuu. În aceste condiții, se măsoară, de fapt, impedanța prizei de pământ, la frecvența tensiunii sursei aparatului de măsură sau a altei surse externe, utilizate pentru măsurători.

În cadrul acestei lucrări de laborator se urmărește verificarea rezistenței de dispersie a unei prize de pământ complexe. Măsurătorile vor fi efectuate folosind metoda ampermetrului și voltmetru, utilizând un aparat digital de măsurare.

2. Măsurarea rezistenței de dispersie a prizelor de pământ prin metoda ampermetrului și voltmetrului

Această metodă mai este cunoscută și sub numele de metoda celor trei puncte, sau metoda 62%. Pentru măsurarea rezistenței de dispersie a unei prize de pământ, R_p , sunt necesari doi electrozi suplimentari, așa cum rezultă din schema de principiu dată în figura 1. Electrocul notat cu R_A este electrocul auxiliar de curent (numit și priză de curent), iar electrocul notat cu R_S este electrocul auxiliar de potențial (numit și priză sondă sau priză de potențial).

În circuitul reprezentat în figura 1.a, valoarea rezistenței de dispersie a prizei de pământ rezultă, conform legii lui Ohm:

$$R_p = \frac{U}{I_p}, \quad (3.1)$$

în care U este tensiunea măsurată de voltmetru, iar I_p intensitatea curentului care se închide prin prizele de pământ.

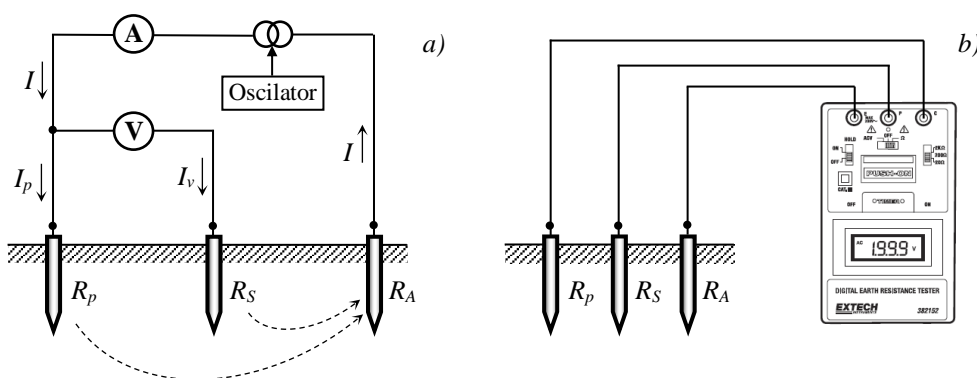


Fig.1. Schema de principiu a măsurării rezistenței de dispersie a prizelor de pământ

Distanța de amplasare dintre electrocul prizei de curent, R_a , și prizele de pământ de măsurat, R_p , influențează în mod decisiv precizia măsurătorilor. Astfel, pentru distanțe mici între cei doi electrozi, zonele de potențial ale acestora se suprapun, rezultând erori mari de măsurare, așa cum se poate observa și din figura 2.a. Cu cât distanța de amplasare între R_p și R_a este mai mare cu atât curba de variație a potențialului devine mai aplatizată, astfel încât electrocul auxiliar de tensiune se va regăsi într-o zonă de potențial nul, așa cum rezultă și din figura 2.b.

Voltmetrul din schema de măsurare trebuie să aibă o rezistență internă suficient de mare, astfel încât curentul prin prizele de sondă să aibă o valoare neglijabilă.

Pentru determinarea zonei de potențial nul, într-o configurație dată a prizei de pământ ce urmează a fi măsurate, se poate proceda astfel:

- se execută un montaj de tipul celui reprezentat în figura 1.a, fără a fi necesar ampermetru, iar sursa de alimentare putând fi alta decât aceea proprie a unui aparat de măsură a rezistenței de dispersie a prizelor de pământ;
- se citesc tensiunile măsurate de voltmetru având o bornă legată la electrocul prizei iar cealaltă la electrocul de potențial, sondă care se mută la diferite distanțe față de electrocul prizei de măsurat;

Electrosecuritate

- pe măsura depărtării de priza de măsurat, valorile tensiunii măsurate cresc, această creștere fiind din ce în ce mai mică, pentru o aceeași distanță de îndepărtare a electrodului sondă, pe aceeași direcție;
- atunci când creșterea devine foarte mică, valorile măsurate de voltmetru rămânând aproximativ constante, înseamnă că s-a ajuns cu electrodul auxiliar de potențial în zona de potențial nul, iar valoarea măsurată a tensiunii reprezintă tocmai tensiunea totală a prizei, la valoarea intensității curentului care a fost stabilită prin priză;
- dacă nu se înregistrează această scădere a pantei potențialului, pe măsura depărtării de priza de pământ de măsurat, atunci zonele de rezistență efectivă ale prizei de pământ și electrodului auxiliar de curent se suprapun; cei doi electrozi fiind prea apropiați, nu creează o zonă de potențial nul între ei (figura 2.a), pentru o măsurătoare acceptabilă trebuind să fie mărită distanța dintre priza de măsurat și electrodul auxiliar al prizei de curent.

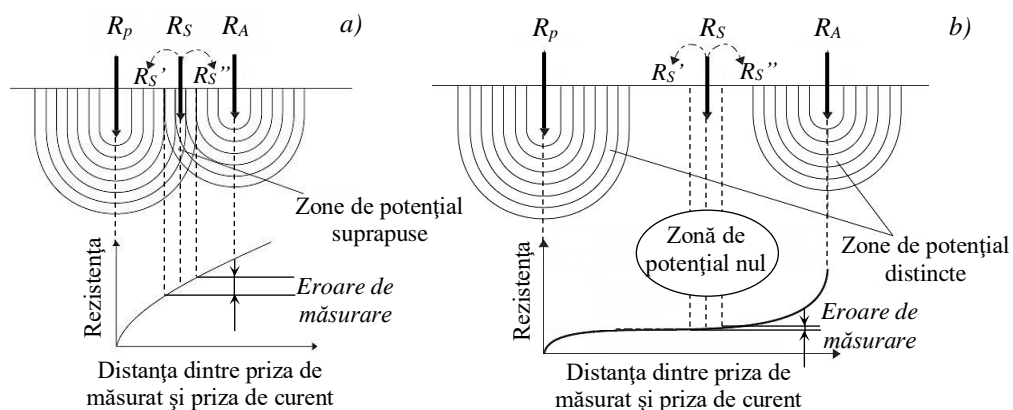


Fig.2. Repartiția potențialului la nivelul în funcție de distanța dintre priza de măsurat și priza de curent

Modul de amplasare a electrozilor auxiliari depinde de tipul prizei de pământ pentru care se face verificarea rezistenței de dispersie. Astfel, electrozii se pot dispune colinar sau în vârfurile unui triunghi isoscel, conform reprezentării grafice din figura 3.

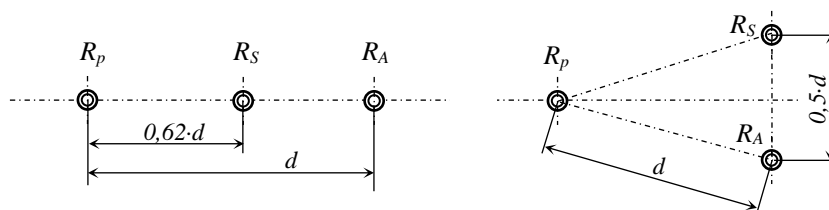


Fig.3. Variante de dispunere a electrozilor circuitului de măsurare a rezistenței prizelor de pământ.

Valoarea optimă a distanței de amplasare dintre electrozi, d , depinde de diametrul electrodului prizei de măsurat, de lungimea sa și de omogenitatea solului în care este plasat. Producătorii aparatelor de măsură a rezistenței de dispersie a prizelor de pământ recomandă amplasarea electrozilor la distanțe minime cuprinse între $10 \div 20$ m.

3. Modul de lucru

Lucrarea are ca scop cunoașterea modului de măsurare a rezistenței de dispersie a prizelor de pământ, prin metoda ampermetrului și voltmetrului, și ulterior determinarea efectivă a rezistenței de dispersie a prize de pământ a laboratorului de înaltă de tensiune din cadrul facultății. În acest scop, bazele teoretice au fost prezentate anterior, în paragraful 2, măsurătorile realizându-se cu ajutorul unui kit automat de măsură.

Priza de pământ a laboratorului de înaltă tensiune este realizată într-o structură dreptunghiulară cu dimensiunile de 24 x 18 m. Aceasta este formată dintr-un număr de 20 de electrozi verticali dispuși în colțurile unor ochiuri pătrate cu latura de 6 m. Electrozii sunt confecționați din țevă de oțel zincat cu diametrul de 76 mm, lungimea tijelor fiind de 5 m. Capetele superioare ale electrozilor verticali sunt legate printr-o rețea orizontală realizată din platbandă de oțel zincat, amplasată la adâncimea de 1 m. Lățimea platbandei este 40 mm.

3.1. Kit de măsurare a rezistenței de dispersie a prizei de pământ – EXTECH 382152

Kit-ul de măsurare din dotarea laboratorului include aparatul digital de măsurare, tip EXTECH – 382152, trei conductoare cu clești pentru conectarea electrozilor auxiliari și a prizei de măsurat, respectiv doi electrozi metalici, tip țăruiș, pentru priza de curent, respectiv priza de tensiune (priza sondă).

Kit-ul de măsurare ce permite măsurarea automată a rezistenței de izolație a prizelor de pământ, precum și determinarea zonei de potențial nul, necesară în vederea asigurării unei precizii cât mai ridicate a măsurătorii asupra rezistenței de dispersie.

Dispozitivul permite efectuarea atât a unor încercări instantanee, cât și a unui test cu o durată de 3 minute.

Principalele specificații ale aparatului digital sunt următoarele:

- domeniul de măsurare al rezistenței de dispersie: 20 Ω , 200 Ω , 2000 Ω , valorile treptelor de măsură pentru fiecare domeniu fiind de 0,01 Ω , 0,1 Ω , respectiv 1 Ω ;
- precizia măsurătorii rezistenței de dispersie: $\pm 2\%$;
- domeniul de măsurare al tensiunii la nivelul solului este cuprins între 0 și 200 V, nivelul rezoluției fiind de 0,1 V;
- precizia măsurătorii tensiunii la nivelul solului: $\pm 1\%$;
- amplitudinea curentului de încercare este de 2 mA, frecvența acestuia fiind de 840 Hz;
- sursa de tensiune: 6 baterii tip ‘AA’;
- lungimea conductoarele incluse: 15 m pentru conductorul roșu (al prizei de curent), 10 m pentru conductorul galben (al prizei de tensiune), respectiv 5 m pentru conductorul verde ce se conectează la priza de pământ de măsurat;
- domeniul de temperatură pentru efectuarea măsurătorilor: 0 ÷ 40 °C;
- altitudinea maximă de utilizare: 2000 m;

Electrosecuritate

- afișaj LCD cu posibilitatea de memorare a ultimelor valori măsurate;

Utilizarea dispozitivului se realizează prin intermediul unor butoane de acționare dispuse pe panoul frontal al acestuia, așa cum se poate observa și din figura 4, prezentată mai jos:

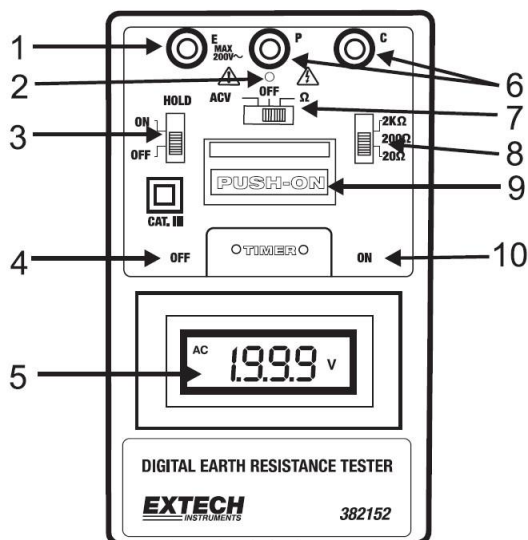


Fig.4. Interfața aparatului digital EXTECH – 382152

Semnificația notațiilor din figura anterioară este următoarea:

- 1 – borna de conexiune a conductorului pentru priza de pământ de măsurat;
- 2 – indicator LED de culoare roșie pentru semnalizarea condițiilor în care se efectuează măsurătorile (indicator aprins – testul se desfășoară în condiții corecte, indicator stins – condițiile de efectuare ale încercării nu sunt corecte și se recomandă verificarea montajului);
- 3 – comutator pentru menținerea pe ecran a valorii măsurate;
- 4 – buton de oprire (TIMER-OFF) a testului automat de trei minute;
- 5 – display LCD;
- 6 – bornele de conexiuni ale conductoarelor pentru electrozii auxiliari și pentru priza de pământ de măsurat;
- 7 – buton de selectare a tipului de măsurare ce se dorește a fi efectuat (se comută în poziția din partea stângă pentru măsurarea tensiunii la nivelul solului, respectiv în partea dreaptă pentru măsurarea rezistenței de dispersie a prizei de pământ);
- 8 – buton pentru selectarea domeniului de măsurare a rezistenței de dispersie;
- 9 – buton de acționare (PUSH-ON) pentru efectuarea unei măsurători instantanee.
- 10 – buton de pornire (TIMER-ON) a testului automat de trei minute;

3.2. Indicații metodice

Scopul lucrării este acela de a măsura rezistența de dispersie a prizei de pământ a laboratorului de înaltă tensiune din facultate.

Pentru efectuarea măsurătorilor este necesară desfacerea mai întâi a tuturor conexiunilor existente la priza de pământ, după care se trece la realizarea propriu-zisă a montajului. Astfel, modul de dispunere a prizelor auxiliare este prezentat schematic în figura 5.

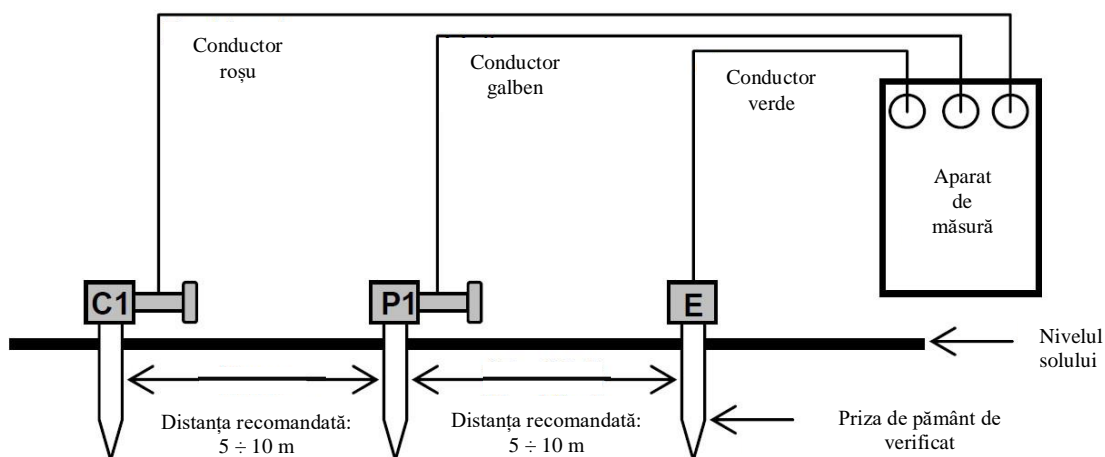


Fig.5. Amplasarea prizelor auxiliare, de curent și de tensiune, în raport priza de pământ de măsurat

Pentru început se vor conecta toate cele trei conductoare la bornele aparatului digital de măsură, în conformitate cu codul culorilor specific aparatului. Electrozii metalici ai celor două prize auxiliare se vor introduce în pământ, respectând distanțele minime indicate în figura 5, urmând a fi conectați la aparatul de măsură prin intermediul cleștilor de la capetele conductoarelor. Conductorul de culoare verde se va conecta la elementul metalic ce face legătura cu priza de pământ ce se dorește a fi verificată.

Verificarea existenței zonei de potențial nul

Așa cum s-a arătat anterior, determinarea corectă a valorii rezistenței de dispersie a unei prize de pământ depinde în mod esențial de modul de dispunere a electrozilor prizelor auxiliare în raport cu priza de pământ propriu-zisă.

O dispunere corectă a electrozilor va conduce la apariția unei zone de potențial nul între electrodul prizei de curent și cel al prizei de pământ propriu-zisă. Pentru verificarea existenței unei astfel de zone se execută următorii pași:

1. se selectează opțiunea de măsurare a tensiunii la nivelul solului, prin comutarea butonului notat cu 7 în figura 4 în poziția din partea stângă, notată ACV;
2. se apasă butonul PUSH-ON pentru efectuarea unei măsurători instantanee, sau simultan butoanele PUSH-ON și TIMER-ON pentru efectuarea unui test automat cu durata de 3 minute. După trecerea celor 3 minute testul se oprește automat. Prin apăsarea butonului TIMER-OFF se poate realiza întreruperea testului în orice moment;

Electrosecuritate

3. *se urmărește indicația LED-ului notat cu 2 în figura 4, acesta urmând a fi aprins dacă testul se execută în condiții corecte, sau stins în stins dacă situația existenței unor întreruperi în circuit sau a apariției unor suprasarcini. În cazul din urmă se verifică modul de realizare a montajului, precum și setările efectuate anterior pentru depistarea problemei. După soluționare se reiau operațiile, începând cu punctul 1.*
4. *se citește de pe display-ul aparatului indicația asupra valorii tensiunii măsurate. Dacă valoarea măsurată este sub 10 V atunci măsurarea rezistenței de dispersie se poate efectua cu o precizie ridicată. Dacă valoarea măsurată este de peste 10 V atunci este necesară creșterea distanței între electrozii prizei de curent și ai prizei de pământ, sau identificarea prezenței unei alte surse de tensiune. După soluționare se reiau operațiile începând cu punctul 1.*

Măsurarea rezistenței de dispersie a prizei de pământ

După verificarea existenței zonei de potențial nul între electrodul prizei auxiliare de curent și cel al prizei de pământ ce se dorește a fi verificată, se poate trece la măsurarea efectivă a rezistenței de dispersie a acesteia. Modul de montare a electrozilor nu se modifică față de cazul anterior al determinării tensiunii

Efectuarea măsurătorii se face prin parcurgerea următoarelor operații:

1. *se selectează opțiunea de măsurare a rezistenței prizei de pământ, prin comutarea butonului notat cu 7 în figura 4 în poziția din partea dreaptă, unde este marcat sugestiv simbolul Ω ;*
2. *se selectează domeniul de măsurare a rezistenței de dispersie, în cazul de față optându-se pentru domeniul de 20 Ω , prin comutarea în jos a butonului notat cu 8 în figura 4 în dreptul valorii dorite;*
3. *se apasă butonul PUSH-ON pentru efectuarea unei măsurători instantanee, sau simultan butoanele PUSH-ON și TIMER-ON pentru efectuarea unui test automat cu durata de 3 minute. După trecerea celor 3 minute testul se oprește automat. Prin apăsarea butonului TIMER-OFF se poate realiza întreruperea testului în orice moment;*
4. *se urmărește indicația LED-ului notat cu 2 în figura 4, acesta urmând a fi aprins dacă testul se execută în condiții corecte, sau stins în stins dacă situația existenței unor întreruperi în circuit sau a apariției unor suprasarcini. În cazul din urmă se verifică modul de realizare a montajului, precum și setările efectuate anterior pentru depistarea problemei. După soluționare se reiau operațiile, începând cu punctul 1.*
5. *se notează valoarea rezistenței de dispersie indicată pe display-ul aparatului.*

Valoarea obținută prin măsurare se compară cu cea indicată de normativele în vigoare pentru prizele de pământ folosite în comun în scopul asigurării securității electrice și al descărcării la pământ a curenților de trăsnet, și anume 1 Ω .

De asemenea, valoarea obținută prin măsurare se va compara cu valoarea determinată analitic, calculată pentru aceeași priză de pământ în cadrul ședinței de laborator anterioare.