

Lucrarea nr. 12 INSTALATII DE LEGARE LA PAMANT

1.Probleme generale

Prin instalatie de legare la pamant se intelege ansamblul format din electrozi ingropati in pamant, legati intre ei, si conductoare de legare la pamant, montate intre electrozi si intre acestia si instalatiile electrice. Rolul acestor instalatii este de a dirija in pamant, in conditii de siguranta a curentilor proveniti din descarcari atmosferice sau a curentilor de defect datorita deteriorarii sau conturarii izolatiei (instalatii de legare la pamant de protectie), precum si asigurarea unui anumit mod de functionare a instalatiilor de curenti tari sau de telecomunicatii (instalatii de legare la pamant de exploatare).

Partea principala a unei instalatii de legare la pamant o constituie priza de pamant. Aceasta este formata dintr-un ansamblu de elemente in contact cu pamantul (electrozi) prin care se realizeaza transmiterea curentilor in pamant. Conductoarele de legare la pamant, ingropate in pamant si neizolate, se considera ca fac parte din priza de pamant, deoarece participa si ele la transmiterea curentului in pamant. Conductoarele de legare dintre electrozi pot fi considerate electrozi ai prizei daca sunt neizolate. Conform STAS – 6119- 68 si STAS – 4102-63, toate conductoarele ingropate in pamant trebuie sa indeplineasca aceleasi conditii de dimensiuni minime (sectiuni, grosimi) si de material ca si electrozii prizei de pamant.

Independent de necesitatile instalatiilor electrice, se intalnesc frecvent retele de conducte metalice de apa potabila, mantale metalice de cabluri, care au un contact bun si pe o suprafata mare cu solul, putand fi folosite de aceea ca prize de pamant. Ele constituie prize de pamant naturale, diferite de prizele de pamant artificiale formate, de exemplu, din tevi de otel, banda de otelrotund sau cornier, ingropate in pamant exclusiv pentru a realiza legaturi la pamant.

2.Executarea prizelor de pamant.

Experienta de decenii in domeniul tehnicii protectiei prin legare la pamant a dus la stabilirea unor principii cuprinse in STAS – 6119 – 68.

Se are in vedere ca siguranta in exploatare a unei instalatii electrice depinde in mod deosebit de calitatea instalatiei de legare la pamant, iar aceasta depinde la randul ei de o executie corespunzatoare a prizelor de pamant.

De asemenea se tine seama de faptul ca orice solutie trebuie justificata din punct de vedere al eficacitatii dar si economic.

Se urmareste realizarea unei rezistente de dispersie cat mai mica pentru o durata de timp cat mai mare cu cheltuieli minime. De aceea se exclude utilizarea electrozilor plac, funie, precum si a cuprului in toate cazurile in care solul nu prezinta o agresivitate accentuata fata de otel.

Este interzisa folosirea electrozilor din aluminiu deoarece formeaza in timp un strat superficial izolant si nu are o rezistenta mecanica corespunzatoare.

2.1 Dimensiuni minime.

In instalatiile electrice de joasa tensiune , dimensiunile minime ale electrozilor se determina din punct de vedere al stabilitatii termice si a unei rezistente adecvate la coroziune.

TABEL.1.

Electrodul	Durata de functionare a instalatiei			
	Mai mica de 4 ani		Mai mare de 4 ani	
	Aciditatea solului		Aciditatea solului	
	pH<7	pH>7	pH<7	pH>7
Benzi sau alte profile di otel zincate	S = 100mm ² 9 = 4mm	S = 150m 9 = 4mm	S = 100mm ² 9 = 4mm	S = 150m 9 = 6mm
Idem nezincate	S = 100mm ² 9 = 4mm	Nu sunt admise	S = 150m 9 = 6mm	Nu sunt admise
Tevi din otel zincate	9 = 3.5mm	9 = 3.5mm	9 = 3.5mm	9 = 4.5
Idem nezincate	9 = 3.5mm	Nu sunt admise	9 = 4.5	Nu sunt admise
Otel rotund zincat	d = 11mm	d = 14mm	d = 11mm	d = 14mm
Idem nezincat	d = 11mm	Nu sunt admise	d = 14mm	Nu sunt admise
Placi din otel zincate	9 = 3mm	9 = 4mm	9 = 3	9 = 4mm
Idem nezincate	Nu sunt admise			
Funie di otel zincat sau nezincat	Nu sunt admise			

La electrozi verticali care se introduc in pamant prin batere trebuie asigurata si o rezistenta suficienta de flambare.

Dimensiunile minime ala electrozilor sunt cele date in tabelul.1. Ele sunt valabile si pentru conductoarele de legare la pamant.

In comparatie cu lungimea electrodului , diametrul sau latimea acestuia are o influenta neinsemnata asupra marimii rezistentei de dispersie.

Relatiile de calcul al rezistentelor de dispersie cuprind numai logaritmul diametrului sau latimii electrodului. In figura 12.1 este prezentata ,pentru un electrod vertical, influenta diametrului asupra rezistentei de dispersie.

Nu se justifica solutia de crestere a diametrului deoarece o crestere a diametrului de la 1'' la 2'' pentru o lungime de 10[m] ar determina o crestere a greutatii de la 24 la 52[kg]. Iar din tabelul.2. rezulta o scadere cu numai 8% a rezistentei de dispersie, ceea ce justifica materialul consumat.

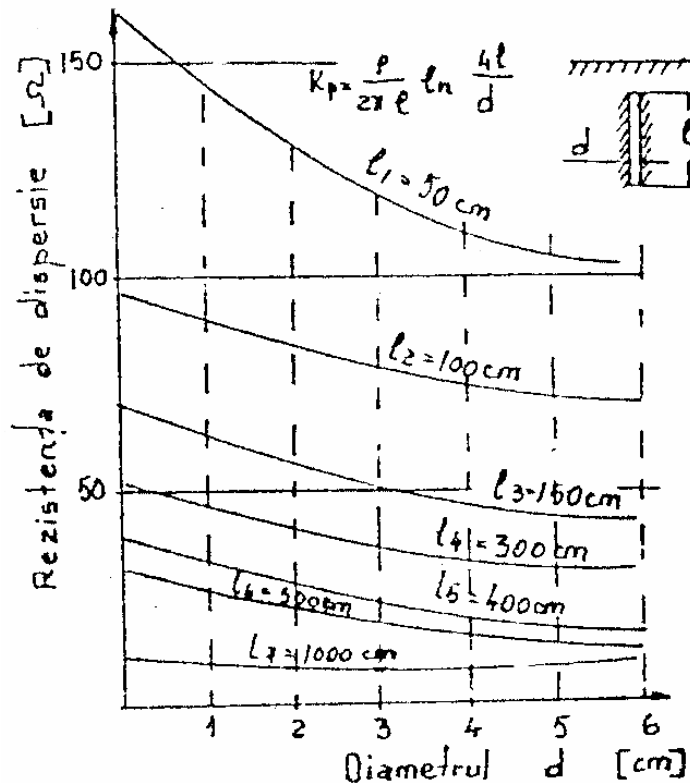


Fig. 12.1

Un rationament similar se poate face si pentru electrozii orizontali. De asemenea , otelul rotund , din ce in ce mai mult folosit , este mai recomandat decat cel lat, deoarece la aceeasi sectiune are o suprafata laterala mai mica si o grosime mai mare, fiind mai rezistent la coroziune.

TABELUL.2.

Lungimea electrodului l[m]	Rezistenta de dispersie $R_p[\Omega]$ pentru $\rho = 100\Omega \cdot m$				
	Diametrul exterior al electrodului d[m]				
	26.75 3/4''	33.50 1''	42.25 5/4''	48.25 6/4''	60.00 2''
1	79.6	76.0	72.4	70.4	66.8
2	45.4	43.5	41.7	40.6	39.0
3	32.3	31.2	29.8	29.2	28.0
4	25.4	23.6	23.1	22.2	21.3
5	21.0	20.3	19.6	19.1	18.5
6	18.0	17.4	16.8	16.5	15.9
7	15.8	15.2	14.8	15.4	13.9
8	14.0	13.7	13.2	12.9	12.5
9	12.7	12.4	11.9	11.7	11.3
10	11.7	11.3	11.0	10.8	10.4

2.2 Dispozitia prizelor de pamant.

Pentru o concordanta cat mai buna intre valoarea calculata si cea masurata ulterior a rezistentei de dispersie, la executarea prizelor de pamant trebuie sa se respecte urmatoarele:

1. Prizele de pamant sa aiba o legatura electrica cu solul cat mai buna. Electrozii nu trebuie sa fie acoperiti cu vopsea, gudron si alte impuritati.

2. Electrozii orizontali se vor ingropa la o adancime de minim 0.8[m].

3. Electrozii se vor ingropa in stratul de pamant cel mai bun conductor, care se determina prin masuratori geoelectrice.

4. Electrozii se dispun astfel ca influenta lor reciproca sa fie cat mai mica. Ca urmare distanta dintre electrozii orizontali, montati in paralel, sa fie mai mare decat lungimea lor. Deregula electrozii verticali se monteaza la o distanta de doua ori lungimea lor.

5. La electrozi orizontali lungimea in linie dreapta nu trebuie sa depaseasca 100[m], deoarece impedanta longitudinala, neglijabila la o lungime scurta, ajunge la valori importante.

2.3 Influenta reciproca a electrozilor.

Adesea este necesar sa se realizeze prize de pamant cu rezistente de dispersie mici pe o suprafata foarte restransa. Distantele mici dintre electrozi nu permit o micorare apreciabila a rezistentei de dispersie. Aceasta se explica prin faptul ca in cazul unui singur electrod, curentii de punere la pamant prin priza se pot dispersa nestanjenit, pe cand in cazul mai multor electrozi legati in paralel intervine o ecranare care depinde de distanta dintre electrozi, de lungimea si numarul acestora.

In cosecinta rezistenta rezultanta R_p a unei prize de pamant cu mai multi electrozi in paralel este intotdeauna mai mare decat rezistenta R'_p calculata cu relatia:

$$R'_p = \frac{1}{\frac{1}{R_{p1}} + \frac{1}{R_{p2}} + \frac{1}{R_{p3}} + \dots + \frac{1}{R_{pn}}} \quad (1)$$

unde: R_{p1}, \dots, R_{pn} sunt rezistentele de dispersie calculate ale electrozilor simpli.

S-a introdus: coeficientul de utilizare a prizelor simple

$$u = \frac{R'_p}{R_p} < 1 \quad (2)$$

respectiv factorul de corectie: $K = \frac{1}{U}$ (3)

Pentru calculul coeficientului de utilizare se dau relatii si tabele care tin cont de modul de asezare, de dimensiunile electrozilor.

Astfel, pentru o priza multipla cu electrozi verticali, asezati in varfurile unui poligon regulat, coeficientul de utilizare se poate calcula cu relatia:

$$u = \frac{1}{1 + \frac{\rho \cdot n}{4\pi \cdot D \cdot r_p} \cdot f(n)} \quad (4)$$

unde:- r_p - rezistenta unei prize singulare (a unui electrod);

- n – numarul de electrozi legati in paralel;

- ρ - rezistivitatea solului;

- D -diagonala mare a poligonului, sau diametrul cercului circumscris;

- $f(n)$ -un coeficient ce depinde de numarul electrozilor;

In figura 12.2 se indica variatia factorului de corectie in cazul unor electrozi verticali pe un cerc.

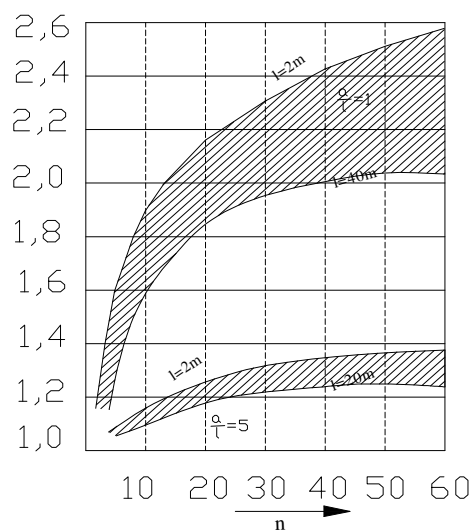


Fig.12.2.

3. Calculu rezistentei de dispersie.

Rezistenta de dispersie a unei prize de pamant reprezinta rezistenta electrica a solului intre priza de pamant si zona de potential nul (pamantul de referinta)

Rezistenta de dispersie se obtine inmultind rezistivitatea cu un factor de forma K , care depinde numai de dimensiunile geometrice ale prizei de pamant :

$$R_p = K \cdot \rho \quad (5)$$

Cand se pune problema calculului rezistentei de dispersie ohmice, ignorandu-se influenta reactantei inductive longitudinale X_L pe unitatea de lungime, a reactantei capacitive transversale X_C , a rezistentei ohmice longitudinale proprii R pe unitatea de lungime, deoarece acestea sunt foarte mici in cazul frecventei de 50[Hz] fig. 12.3.

Pentru calculul practi al rezistentei de dispersie se aplica reletile urmatoare :
-electrod vertical tubular sau cilindric montat in pamant la adancimea de (0.5-0.7)[m] figura 12.4a :

$$R_p = 0.366 \frac{\rho}{i} \left(\lg \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4t+l}{4t-l} \right) \quad (6)$$

-electrod tubular cu bara montat vertical, la suprafata solului figura 12.4b :

$$R_p = 0.366 \frac{\rho}{l} \lg \frac{4l}{d} \quad (7)$$

$$\text{respectiv : } R_p = 0.366 \frac{\rho}{l} \lg \frac{4l}{b} \quad (8)$$

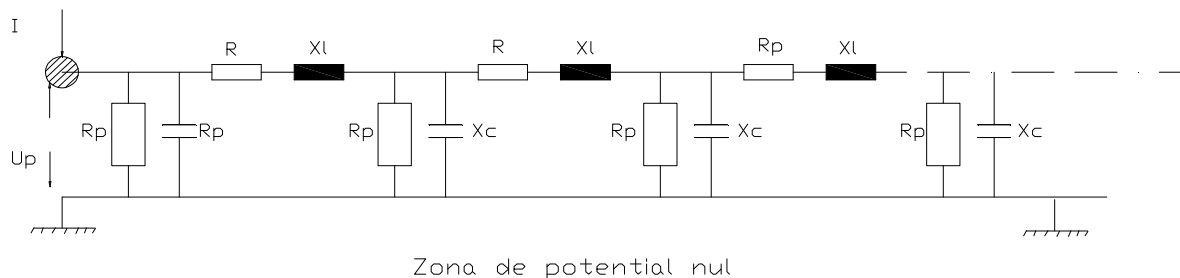


Fig.12.3.

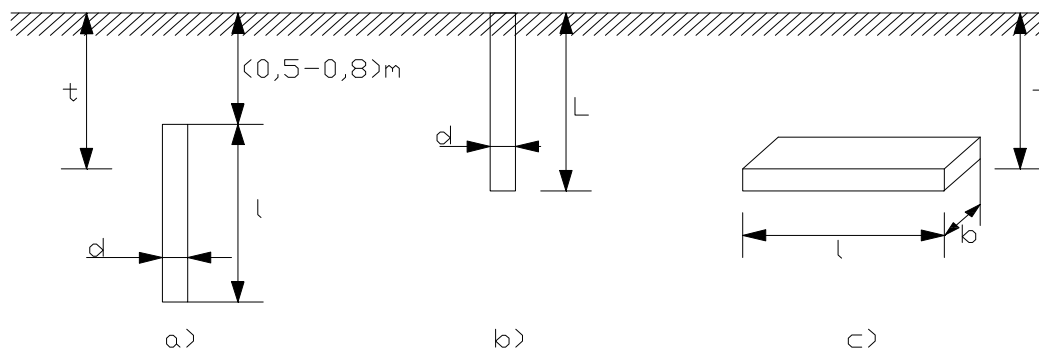


Fig.12.4

-electrod banda sau tubular ingropat orizontal la adancimea t figura 12.4c.

$$R_p = 0.366 \frac{\rho}{l} \lg \frac{4l^2}{b \cdot t} \quad (9)$$

$$\text{respectiv : } R_p = 0.366 \frac{\rho}{l} \lg \frac{l^2}{d \cdot t} \quad (10)$$

4.Masuratori in instalatii de legare la pamant.

4.1 Masurarea rezistentei de dispersie.

In conformitate cu standardele in vigoare este obligatorie verificarea prizelor de pamant inainte de receptionare, verificare ce consta in demonstrarea ca rezistenta de dispersie va corespunde valorii pentru protectia persoanelor, animalelor si a bunurilor in orice anotimp.

Rezultatul masuratorii, traseele de masurare si distantele alese pentru sonde si prizele de pamant, astfel incat la verificari ulterioare sa se poata efectua comparari ale valorilor masurate.

4.1.1 Alegerea curentului de masura.

S-a dovedit ca pentru masuratori nu este indicat curentul continuu, deoarece au loc fenomene de polarizare in vecinatatea electrozilor, care determina erori insemnate (figura 12.5)

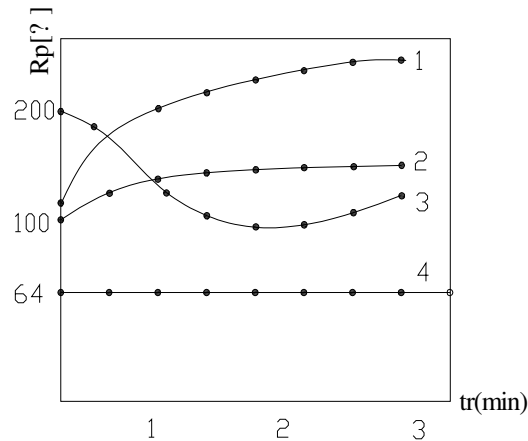


Fig. 12.5. Reprezentarea influentei polarizarii curentului continuu pentru un electrod cu $l=2$ [m]; $d=3/2$ "

$U_{\text{incercare}}=4.5$ [Vcc] si 8 [V.c.a]

Curba 1-polul negativ legat la electrod

2-polul pozitiv legat la electrod

3-comutata de la plus la minus

4-rezistenta reala masurata in curent alternativ de 800Hz.

De asemenea nu se mai tine seama de componentele capacitive si inductive ale prizei (figura 12.3) care se manifesta in curent alternativ.

4.12 Metode de masurare.

Rezistentele de dispersie se pot determina cu o precizie mai mare sau mai mica, functie de metoda de masurare folosita.

Din numarul mare de metode, practicianul va alege pe acelea care dau un rezultat mai bun, indiferent de rezistenta de dispersie a prizelor sonda sau auxiliare, necesitand o dotare minima de aparate si un timp cat mai scurt de masurare.

Pentru determinarea rezistentei de dispersie se folosesc urmatoarele metode de masurare:

- metoda compensarii;
- metoda voltmetrului si ampermetrului;
- metoda ampermetrului si a watmetrului;

4.1.2.1. Metoda compensarii.

Aceasta metoda are la baza schema din figura 12.6, in care curentul I_1 produs de generatorul de curent alternative circula prin infasurarea primara a transformatorului de curent, apoi prin priza de pamant care se masoara si prin priza auxiliara. Printr-o alegere potrivita a pozitiei potentiometrului de compensare (la zero) se anuleaza curentul din circuitul prizei sonda, in care caz :

$$I_1 \cdot R_p = I_2 \cdot a \cdot R \quad (11)$$

$$\text{sau } R_p = \frac{a \cdot R}{n} [\Omega]$$

unde : $n = \frac{I_1}{I_2}$ este raportul de transformare al transformatorului.

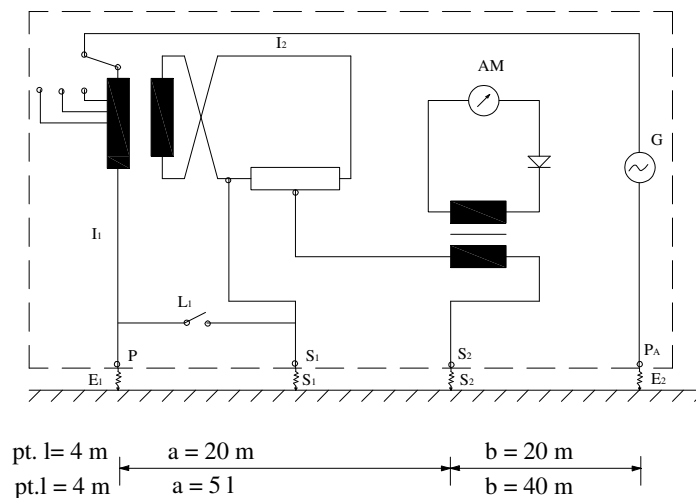


Fig.12.6.

G - inductor actionat manual

AM - galvanometru de curent continuu

Pentru ca eroarea de masurare sa fie mai mica de 3% ,rezistenta de dispersie a prizei sonda si a prizei auxiliare trebuie sa aiba cel mult :

-300 Ω in cazul rezistentelor de dispersie de pana la 5 Ω .

-3000 Ω in cazul unor rezistente de dispersie mai mari de 5 Ω .

4.1.2.2. Metoda voltmetrului si ampermetrului.

Metoda compensarii se recomanda in cazul prizelor de pamant cu intindere mica si medie si pentru valori ale rezistentei de dispersie mai mari de 0.5 Ω .

Pentru prize de pamant cu intindere mare si cu valori ale rezistentei de dispersie sub 0.5 Ω se utilizeaza metoda ampermetrului si voltmetrului sau metoda ampermetrului si watmetrului.

Principiul metodei ampermetrului si voltmetrului.

Intre priza de pamant care se verifica P (figura 12.7) si cea auxiliara A se aplica o tensiune alternativa ce se poate lua din reseaua de distributie sau de la un grup electrogen. Pentru a limita curentul de masurare si deci tensiunea pe priza se introduce o rezistenta reglabila R_v .

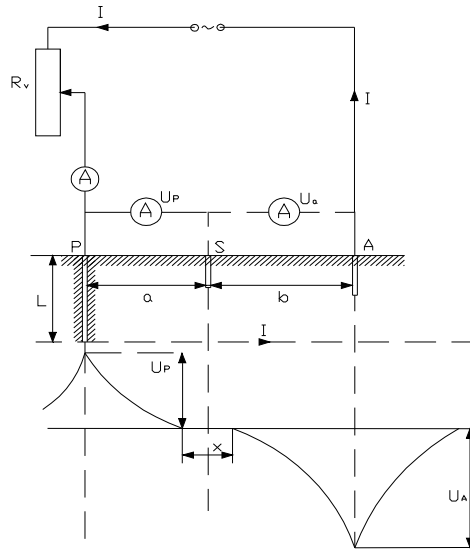


Fig.12.7

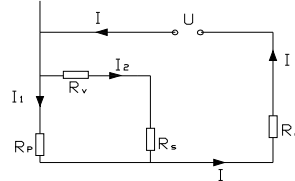


Fig.12.8

Se impun distante între cele trei prize:

$$a \geq 20[m]; b \geq 20[m] \text{ pentru } \longrightarrow l \leq 4[m]$$

$$a \geq 5l; b \geq 40[m] \text{ pentru } \longrightarrow l \leq 4[m]$$

X-este zona în care se poate amplasa sonda.

Respectând distanțele menționate pe figura, se poate scrie :

$$U_p = R_p \cdot I$$

Ca urmare $R_p = \frac{U_p}{I}$ unde : U_p -se citește pe voltmetru

I- la ampermetru

Pentru un rezultat cât mai corect, așa cum rezulta din fig.12.8 se impune ca $I_2 \approx 0$, $R_v \gg R_s$, ceea ce se poate realiza cu un voltmetru electronic. În caz contrar se aplică următoarea corectie :

$$R_p = \frac{U}{I} \left(1 + \frac{R_s}{R_v} \right) \quad (13)$$

Cel mai simplu montaj de măsurare cu metoda ampermetrului și voltmetrului este cel din figura 12.9 în care locul prizei auxiliare este preluat de priza de pământ de exploatare. Distanța între priza de pământ care se verifică și cea de exploatare depinde și aici de întinderea prizei de pământ ; zonele de influență a prizelor nu trebuie să se suprapună.

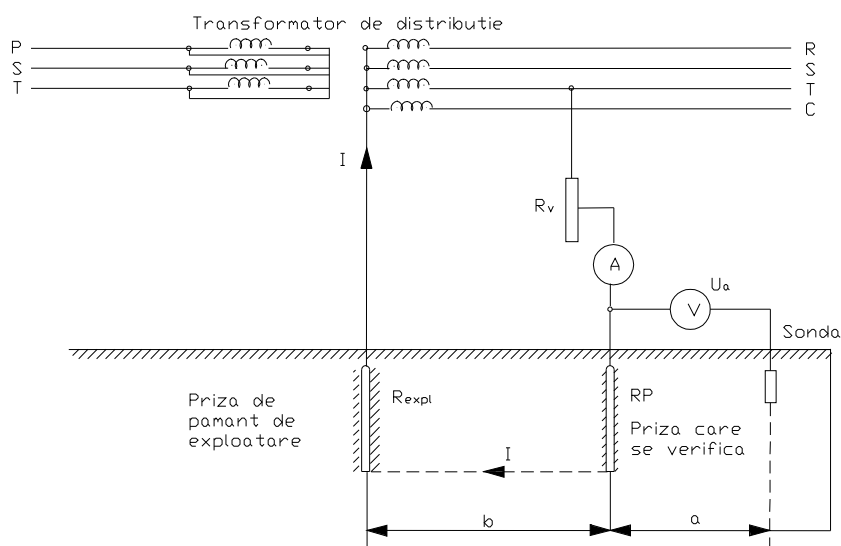


Fig.12.9

Acest montaj este indicat cand consumatorii sunt deconectati, pentru a nu influenta masuratoarea. Pentru a evita acest neajuns se foloseste scheme din fig.12.10 in care se foloseste un transformator de separatie cu tensiunea reglabila in secundar.

4.1.2.3. Metoda ampermetrului si watmetrului.

Daca rezistentele de dispersie sunt mici, curentii straini (vagabonzi) care au frecventa curentului de masurare, pot avea o influenta insemnata asupra rezultatului masurarii cu metodele anterioare.

De aceea se utilizeaza metoda ampermetrului si watmetrului (fig.12.11) care compenseaza influenta curentilor vagabonzi, printr-o schimbare a bobinei de curent a

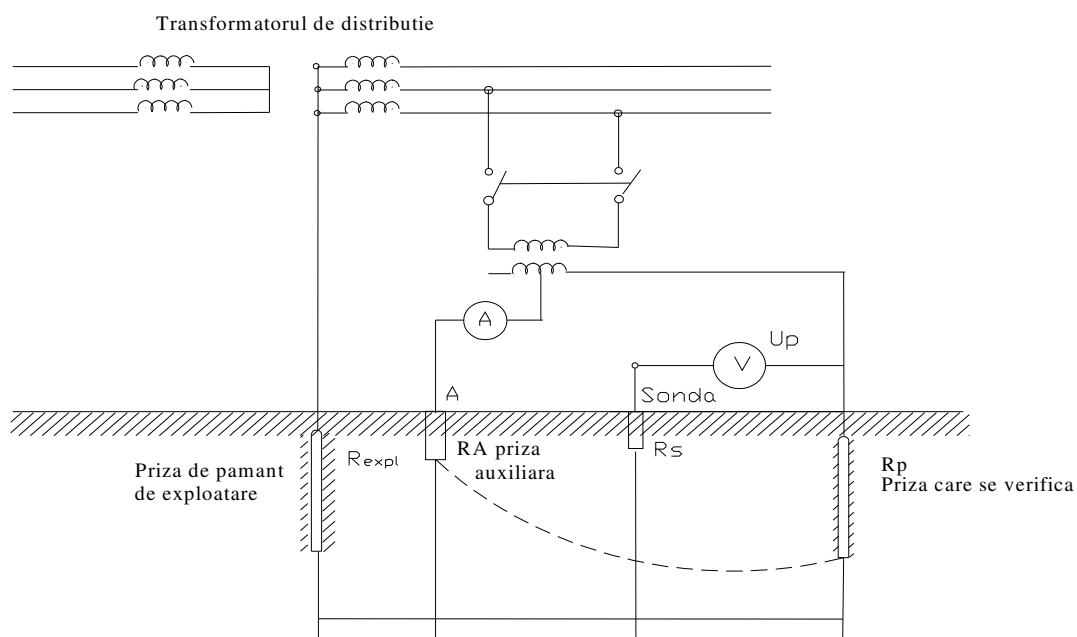


Fig.12.10.

watmetrului (se trece comutatorul de pe pozitia 1 pe pozitia 2). Luand c abaza media aritmetica P a celor doua indicatii ale watmetrului :

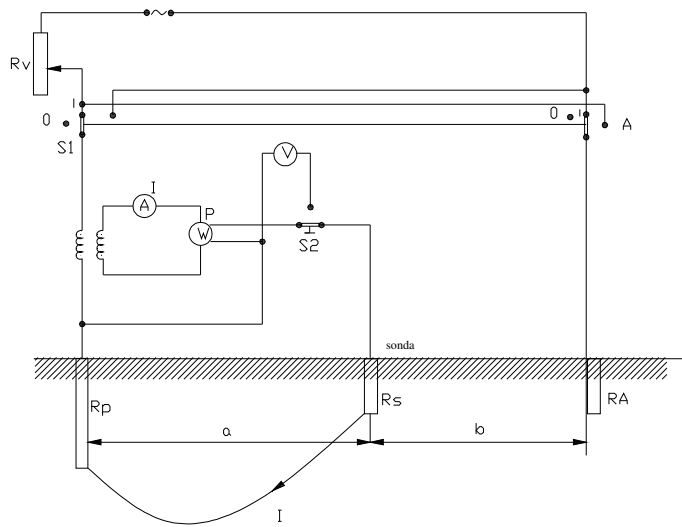


Fig.12.11

Se impun aceleasi conditii in ceea ce priveste valorile lui a si b ca si la metodele anterioare.

4.2. Masurarea tensiunii de atingere si de pas.

Masurarea acestor tensiuni se poate face prin metode directe sau indirecte.

In cazul masuratorilor directe , instalatia de legare la pamant trebuie pusa in mod voit sub tensiune de defect, lucru ce nu se recomanda.

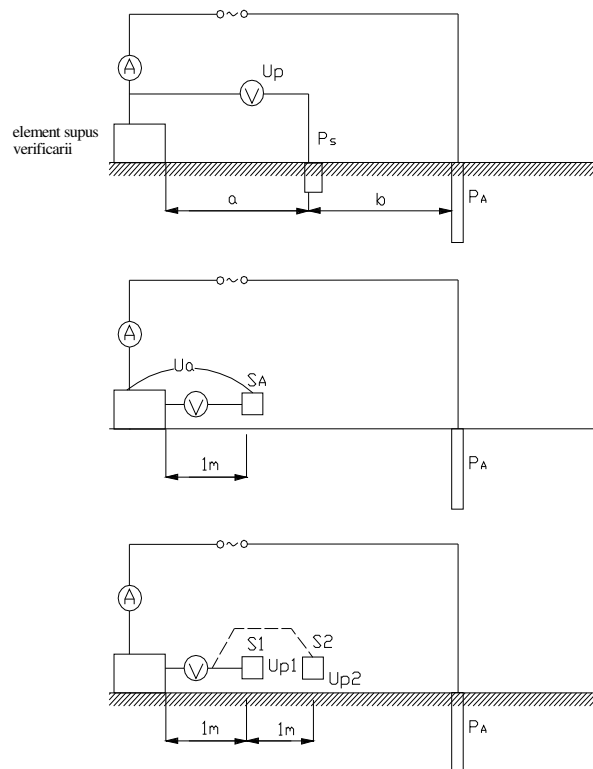


Fig.12.12.

Se prefera masuratorile indirecte , cu curenti mult mai mici , ca cei reali, determinandu-se coeficientii de atingere si de pas, pe seama faptului ca tensiunile de atingere si de pas sunt proportionale cu valoarea curentului ce se scurge prin instalatia de legare la pamant.

Astfel, coeficientii de atingere K_a , definit ca raportul $K_a = \frac{U_a}{U_p}$; sau

$$U_a = K \cdot U_p \text{ unde} \quad (15)$$

Unde : U_a – este tensiunea de atingere masurata

U_p – este tensiunea intregii prize

$$U_{a1} = I_{p1}R_1 \quad ; \quad U_{a2} = I_{p2}R_1 \quad ; \quad U_{areal} = I_{preal}R_1$$

$$\frac{U_a}{U_p} = ct = K$$

$$U_{p1} = I_{p1}R_p \quad ; \quad U_{p2} = I_{p2}R_p \quad ; \quad U_{preal} = I_{preal}R_p$$

este o constanta pentru un caz dat.

Metoda cea mai utilizata pentru determinarea tensiunilor de atingere si de pas , a coeficientiilor corespunzatori, este cea a ampermetrului si voltmetrului (fig.12.12)

5. Determinarea rezistivitatii solului.

Asa cum s-a vazut in paragraful 3, pentru calculul rezistentei de dispersie este necesara rezistivitatea solului ρ , cu care este direct proportionala.

Pentru determinarea rezistivitatii solului se utilizeaza doua metode :

- metoda electrodului de control ;
- metoda celor patru electrozi .

5.1. Metoda electrodului de control.

Se bazeaza pe directia proportionalitate dintre ρ si R_p a unei prize de pamant singulare prin intermediul unui factor de proportionalitate K , ce depinde de dimensiunile geometrice ale electrodului.

$$\rho = R_p \cdot K [\Omega \cdot m] \quad (16)$$

Metoda foloseste un electrod cu sectiunea circulara, care se introduce prin batere in solul a carui rezistivitate se determina. Aceasta se introduce treptat, din 25 in 25[cm], si de fiecare data se masoara rezistenta R_p de dispersie a prizei astfel constituite.

$$\text{Rezulta : } \rho_i = \frac{2\pi \cdot l_i}{\ln \frac{4 \cdot l_i}{d}} \cdot R_{pi} \quad [\Omega \cdot m] \quad (17)$$

Cu care se determina :
$$\rho = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \rho_i \quad (18)$$

Unde : l_i – lungimea din sol a electrodului de control ;

R_{pi} - rezistenta de dispersie a electrodului corespunzatoare lungimi l_i , masurata cu una din metodele prezentate ;

n – numarul de masuratori efectuate, = 1/25[cm]

5.2. Metoda celor patru electrozi.

Se foloseste patru electrozi ce se dispun in linie , la o distanta d unul de altul (figura12.13).

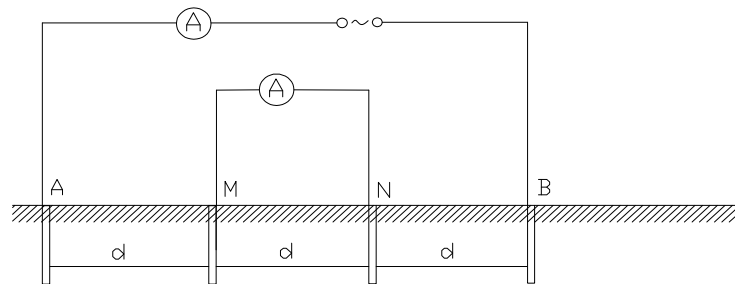


Fig.12.13.

Electrozii A si B se numesc de curent, iar electrozii M si N de potential. Rezistivitatea solului se determina cu relatia :

$$\rho = K \frac{U}{I} [\Omega m] \quad (19)$$

unde : $K = \frac{\pi}{4MN} (AB^2 - MN^2) = 2\pi d$ pentru $AM = MN = NB = d$

Distanța dintre electrozii A si B depend de adancimea H la care se masoara rezistivitatea solului. Se recomanda $AB = 4h$.

6. Desfasurarea lucrarii.

In cadrul orelor de laborator se va determina rezistivitatea solului din incinta cladirii, se va calcula rezistenta de dispersie a unei prize singulare verticale si orizontale si se va masura apoi rezistenta de dispersie prin metoda voltmetrului si ampermetrului si a ampermetrului si watmetrului.