



A XII-a Conferință Națională multidisciplinară – cu participare internațională
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii românești",
SEBEȘ, 2012

COMPARAȚIE PRIVIND METODELE UZUALE DE DIMENSIONARE A INSTALAȚIILOR DE LEGARE LA PĂMÂNT. O ANALIZĂ PARALELĂ A STANDARDELOR ROMÂNEȘTI ȘI IEEE

Alexandru DINA, Basarab GUZUN, Gheorghe COMĂNESCU

COMPARISON REGARDING USUAL METHODS FOR CALIBRATION GROUNDING INSTALLATIONS. ONE PARALLEL ANALYSIS BETWEEN THE ROMANIAN AND IEEE STANDARDIZATION

Safety for both the operational personnel and the power electrical installations are dependent at a great extent by the correct dimensioned grounding installations herewith involved. From this point of view, is very important the careful understanding for basic principles in order to optimize the costs in balance with the required conditions for complete safety in which are working the operational personnel.

Cuvinte cheie: instalația de legare la pământ, curenți de calcul prin corp, limite admise, tensiuni de atingere și de de pas, ipoteze de dimensionare
Keywords: plant earth, the body current calculation, values range, touch voltages and step, sizing assumptions

1. Generalități

Instalațiile de legare la pământ, aferente instalațiilor de înaltă tensiune, sunt destinate protejării personalului de exploatare și întreținere, împotriva electrocutării prin atingere indirectă a instalațiilor și echipamentelor (care în mod accidental pot căpăta tensiuni datorită

unui defect de izolație, ruperilor sau căderilor de conductoare), asigurând valori pentru tensiunea de atingere și de pas (care pot apărea în caz de defect) sub valorile limită admise, reglementate în prescripțiile specifice și de execuție a instalațiilor de legare la pământ.

Prin instalația de legare la pământ se înțelege ansamblul format din conductoarele de legare la pământ și priza de pământ prin care se realizează legarea la pământ [1].

2. Dimensionarea instalațiilor de legare la pământ, de ÎT, în conformitate cu standardele românești

Realizarea protecției necesare împotriva electrocutărilor prin atingere indirectă se face dacă, cu ajutorul instalației de protecție, se obțin valori sub limita admisă pentru următoarele tensiuni accidentale [1]:

- tensiunile de atingere și de pas în zonele de influență ale instalațiilor de legare la pământ prin care trec curenții de defect;

- tensiunile transmise prin instalații cu diferite destinații cum sunt conducte cu fluide (apă, gaze, termoficare, combustibili lichizi etc), căile de rulare, conductoare ale liniei de racord scurtcircuitate și legate la pământ la capete etc, care ies din zona de influență a instalației de legare la pământ;

- tensiuni prin cuplaj rezistiv U_R în rețelele de comandă-control și de telecomunicații aflate în contact cu elemente ale instalației de legare la pământ.

2.1. Condiții generale privind stabilirea valorilor de calcul maxim admise ale tensiunilor de atingere și de pas

Valorile maxime admise ale tensiunilor de atingere U_a și de pas U_{pas} sunt cele din STAS 2612/87 și îndreptarul 1RE-Ip30-1990, determinate în funcție de:

- zona de amplasare a instalației sau echipamentului electric (cu circulație frecventă sau redusă de persoane);

- categoria (tipul) rețelei sau instalației electrice (joasă tensiune sau înaltă tensiune, respectiv izolată față de pământ, simbol I, sau legată la pământ, simbol T);

- timpul de eliminare a defectului prin protecția de bază;

- numărul sistemelor distincte de protecție prevăzute în cazul rețelelor de medie tensiune, T_1T sau T_2T .

2.2. Curenții de calcul prin corpul omului I_h

Limitele maxime ale curenților prin corpul omului, considerate în calcule pentru concepția și stabilirea sistemelor de protecție

împotriva electrocutărilor și care pot fi folosite la dimensionarea instalațiilor de legare la pământ pentru timpii de întrerupere la protecția de bază $t_b \leq 0,4$ s sunt arătate în tabelul 2.1.

(Limitele maxim admise de calcul ale curenților prin corpul omului I_h (mA) pentru $t_b \leq 0,4$ s [1], în mA).

Tabelul 2.1

Nr. crt.	Felul curen- tului	Nr. sistemelor de eliminare a defectului	Timpul de întrerupere la protecția t_b , în s			
			0,1	0,2	0,3	0,4
1.	c.a	1.1 - un sistem	115	60	50	35
		1.2 - două sisteme	465	385	265	200
2.	c.c.	2.1 - un sistem	-	115	90	80
		2.2 - două sisteme	480	440	400	350

În cazul protecției împotriva electrocutărilor prin atingere indirectă, limita de calcul maximă admisă a impedanței totale a corpului omului Z_h (se poate considera egală cu rezistența ohmică a corpului R_h) unde $Z_h = R_h = 3000 \Omega$ [1].

Condiția dimisionării instalației de legare la pământ este:

$$U_h = R_h \cdot I_h \leq U_a \quad \text{și} \quad R_h \cdot I_h \leq U_{pas} \quad (2.1)$$

2.3. Tensiuni de atingere U_a și de pas U_{pas}

Valorile maxime admise pentru tensiunile de atingere și de pas sunt cele indicate în tabelul 2.2. (Tensiuni de atingere și de pas (în V) maxime admise în cazul unui defect la instalațiile electrice de înaltă tensiune [1]).

Tabelul 2.2

Zona de ampla- sare	Ti- pul rețel ei	Tensiunea maximă admisă de atingere și de pas pentru timpul de întrerupere la protecția de bază de:								
		$\leq 0,2$ s	0,3 s	0,4 s	0,5 s	0,6 s	0,7 s	0,8 - 1,2 s	1,2 - 3 s	>3 s
		V								
a) Circula- ție frecven- ță	I, T_1	125	100	85	80	75	70	65	65	50
	T_2	250	200	165	150	140	130	125	65	50

Zona de amplasare	Tipul rețelei	Tensiunea maximă admisă de atingere și de pas pentru timpul de întrerupere la protecția de bază de:								
		≤0,2 s	0,3 s	0,4 s	0,5 s	0,6 s	0,7 s	0,8 - 1,2 s	1,2 - 3 s	>3 s
		V								
b) Circulație redusă fără mijloace individuale de protecție izolante	I, T ₁	250	200	165	150	140	130	125	125	125
	T ₂	500	400	330	300	280	260	250	125	125
	T ₂	1100	795	600	500	500	500	500	250	250

3. Dimensionarea instalațiilor de legare la pământ, de ÎT, în conformitate cu standardele IEEE-ST 80 [3]

Efectele trecerii curentului electric prin părțile vitale ale corpului omului depind de durata, valoarea și de frecvența curentului. Dimensionarea instalațiilor de legare la pământ este considerată nejustificată pentru preîntâmpinarea șocurilor puțin dureroase și care nu cauzează leziuni serioase, acesta fiind cazul curenților mai mici decât pragul de fibrilație ventriculară (valoarea minimă a curentului prin corp care provoacă fibrilație ventriculară), astfel dimisionarea/proiectarea se realizează pornind de la valorile curenților maxim admiși care nu determină fibrilații ventriculare [4].

3.1. Curenții admisibili prin corpul omului

Valoarea și durata curenților care traversează corpul uman la frecvențele de 50 Hz, respectiv 60 Hz trebuie să fie mai mici decât aceia care determină fibrilația ventriculară.

Durata pentru care un curent, la frecvența de 50 Hz, respectiv 60 Hz, poate fi tolerat de majoritatea populației este dată în principal de ecuația (3.1). Pe baza rezultatelor din studiul realizat de Dalziel, se presupune că 99,5 % din toată populația poate rezista, fără riscul apariției fibrilației ventriculare, la trecerea unui curent de mărime și durata prezentată în următoarea formulă de calcul [3]:

$$I_B = \frac{k}{\sqrt{t_s}} \quad (3.1)$$

$k = k_{50} = 0,116$ (pentru o persoană având aproximativ 50 kg).

$k = k_{70} = 0,157$ (pentru o persoană având aproximativ 70 kg).

3.2. Rezistența electrică a corpului omului

Atât în curent continuu, cât și în curent alternativ pentru frecvențe normale (50÷60 Hz) corpul omului poate fi reprezentat prin rezistențe neinductive. Rezistența fiind măsurată între extremități: de la mână la ambele picioare sau de la un picior la celălalt picior.

Astfel, se consideră neglijabilă (egală cu zero) rezistența pentru contactul mâinii și al pantofului iar valoarea rezistenței de 1000 Ω este aleasă pentru calcul și este considerată ca fiind rezistența corpului uman de la mână la amândouă picioarele, de la mână la mână și de la un picior la alt picior.

3.3. Circuitul echivalent în cazul unui defect

Relații general valabile pentru determinarea tensiunilor maxim admise de atingere și de pas sunt date în tabelul 3.1 (Limitele tensiunilor de atingere și de pas [3]). ținând cont de circuitele echivalente din figurile 3.1 și 3.2

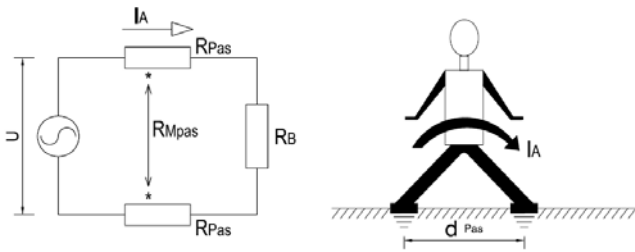


Fig. 3.1 Circuitul echivalent aferent tensiunii de pas [3]

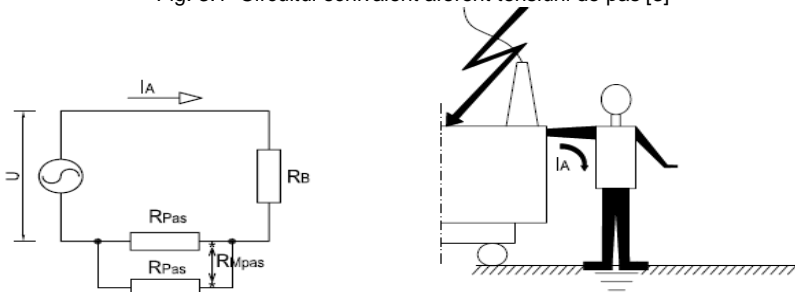


Fig. 3.2 Circuitul echivalent aferent tensiunii de atingere [3]

unde:

I_A - curentul prin circuitul accidental.

R_{pas} – rezistența de dispersie proprie a fiecărui picior în contact cu pământul;

R_{mpas} – rezistența mutuală dintre cele două picioare;

d_{pas} – distanța dintre cele două picioare (1 m);

R_B - rezistența corpului uman (1000 Ω).

Tabelul 3.1

	Tensiunea de atingere maximă admisă	Tensiunea de pas maximă admisă
Masa corpului 50 kg (folosit pentru zone publice – circulație frecventă)	$U_a = \frac{116 + 0,174 \cdot C_s \cdot \rho_s}{\sqrt{t_s}}$	$U_{pas} = \frac{116 + 0,696 \cdot C_s \cdot \rho_s}{\sqrt{t_s}}$
Masa corpului 70 kg (folosit pentru zone restricționate – cu circulație redusă)	$U_a = \frac{157 + 0,236 \cdot C_s \cdot \rho_s}{\sqrt{t_s}}$	$U_{pas} = \frac{157 + 0,942 \cdot C_s \cdot \rho_s}{\sqrt{t_s}}$

unde:

$C_s = 1$ pentru cazul în care nu există nici un strat de piatră spartă sau este determinat din diagramele din ST 80 dacă există un strat de piatră spartă cu rezistivitate ridicată;

ρ_s = rezistivitatea solului în Ω m;

t_s = durata șocului de curent în secunde;

Astfel pentru a realiza o comparație cu valorile tensiunilor maxim admise de atingere și de pas indicate în standardele românești și descrise în capitolul 2, se vor calcula valorile tensiunilor de atingere și de pas maxim admise, cu următoarele ipoteze:

- rezistența electrică a corpului omului este considerată 1000 Ω ;
- nu se consideră izolarea amplasamentului ($C_s = 1$);
- rezistivitatea echivalentă a solului este considerată 100 Ω m;

Valorile tensiunilor de atingere și de pas maxim admise conform ST 80 (IEEE) și a ipotezelor menționate mai sus sunt prezentate în tabelul 3.2 (Tensiuni de atingere și de pas (în V) maxim

admise în cazul unui defect la instalațiile electrice de înaltă tensiune (echipament electric, exclusiv stâlpii LEA) [5].

Tabelul 3.2

Metoda calcul	Zonă de amplasare		Tensiunea maximă admisă de atingere și de pas pentru timpul de întrerupere la protecția de bază de:								
			≤0,2 s	0,3 s	0,4 s	0,5 s	0,6 s	0,7 s	0,8 - 1,2 s	1,2 - 3 s	>3 s
			V								
Conform	a) Circulație	U_{pas}	415	338	293	262	239	221	169	107	83
IEEE Ipoteze: - $\rho = 100 \Omega m$; - fără strat de pietriș;	frecvență (corespunzător pentru un corp 50 kg) Independent de tipul rețelei	U_a	298	243	210	188	172	159	121	77	59
	b) Circulație redusă fără mijloace individuale de protecție izolante (corespunzător pentru un corp 70 kg) Independent de tipul rețelei	U_{pas}	561	458	397	355	324	300	229	145	112
		U_a	403	329	285	255	233	215	164	104	80

3.4. Rezistența instalațiilor de legare la pământ

Având în vedere relațiile din tabelul 3.1. rezistența instalației de legare la pământ aferentă incintelor restricționate (cu circulație redusă) trebuie să fie mai mică sau egală cu:

$$R_{priza} \leq \frac{U_a}{I_{priza}} \quad \text{și respectiv} \quad R_{priza} \leq \frac{U_{pas}}{I_{priza}} \quad (3.2)$$

4. Concluzii

■ Asigurarea siguranței personalului de exploatare precum și a funcționării instalațiilor electrice depind în mare măsură de o dimensionare corespunzătoare a instalațiilor de legare la pământ care le deservesc.

■ Conform practicii standardelor din România valorile tensiunile de atingere și de pas sunt standardizate, și egale, și se aplică indiferent de tipul solului (rezistivitatea solului), pe când standardul american IEEE, sunt diferențiate (tensiunea de atingere diferită de tensiunea de pas), lăsând la îndemâna proiectantului să determine valorile tensiunilor de atingere și de pas în funcție de amplasamentul (tipul solului – rezistivitatea acestuia) instalației electrice. Totodată standardul american (ST80 – IEEE) nu ține cont de tipul rețelei (I, T_1 , T_2)

■ Din compararea valorilor tensiunilor maxim admise de atingere și de pas din cele două tabele 2.2. și 3.2., în ipotezele considerate, se observă că pentru valori ale timpului de întrerupere al protecției de bază mai mici decât 0,8 s și pentru rețele de tip I, T_1 (conform practicii românești) valorile tensiunilor de atingere și de pas calculate conform IEEE sunt mai mari conducând la o dimensionare a instalațiilor de legare la pământ mai economică fără a pune în pericol viața omului.

BIBLIOGRAFIE

- [1] 1RE Ip 30 – 1990 *Îndreptar de proiectare și execuție a instalațiilor de legare la pământ.*
- [2] Mauriciu, S., Miron, L., Goia, M.P., *Instalații de legare la pământ.* Editura Tehnică, București 1987.
- [3] * * * IEEE Std. 80-2000 și 1986, *IEEE Guide for safety in AC substation groundig.*
- [4] * * * IEC/TS 60479-1_ed 4/2005-07, Partea 1: *Aspecte generale, Efectele curentului electric asupra omului și animalelor domestice.*
- [5] Dina, Al., *Contribuții privind optimizarea tratării neutrului în rețelele de medie tensiune din România.* Teză de doctorat, București 2011.

Dr.Ing. Alexandru DINA
Prof.Dr.Ing. Basarab Dan GUZUN
Prof.Dr.Ing. Gheorghe COMĂNESCU
Universitatea "Politehnica" București