

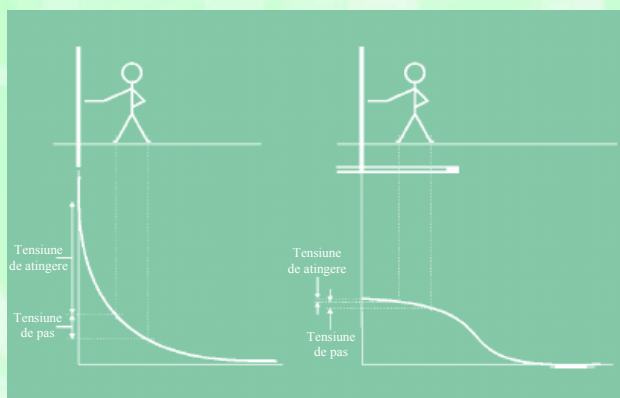
# Ghid de Aplicare - Calitatea Energiei Electrice



Leonardo da Vinci

## *Legarea la pământ & CEM*

### *O abordare sistemică a instalațiilor de legare la pământ* 6.1



Membră a  
EUREL



# *Legarea la pământ & CEM*

## *O abordare sistemică a instalațiilor de legare la pământ*

Reyer Venhuisen  
KEMA T&D Power  
Mai 2002

### **European Copper Institute (ECI)**

European Copper Institute este un joint venture între ICA (International Copper Association) și membrii IWCC (International Wrought Copper Council). Prin membrii săi, ECI acționează în numele celor mai mari producători de cupru din lume și a principalilor prelucrători din Europa, pentru promovarea cuprului în Europa. Apărută în ianuarie 1996, ECI are suportul unei rețele de zece Copper Development Association („CDAs”) în Benelux, Franța, Germania, Grecia, Ungaria, Italia, Polonia, Scandinavia, Spania și Regatul Unit. ECI continuă eforturile întreprinse inițial de către Copper Products Development Association, apărută în 1959 și INCRA (International Copper Research Association), apărută în 1961.

### **Societatea Inginerilor Energeticieni din România**

Societatea Inginerilor Energeticieni din România - SIER, constituită în 1990, este o asociație profesională, autonomă, cu personalitate juridică, neguvernamentală, apolitică, fără scop patrimonial. Scopul Societății este de a contribui activ atât la creșterea rolului și eficienței activității inginerilor energeticieni, cât și la stabilirea orientărilor, promovarea progresului tehnic și îmbunătățirea legislației în domeniul energetic. SIER promovează un schimb larg de informații, cunoștințe și experiență între specialiștii din domeniul energetic prin cooperarea cu organizații similare naționale și internaționale. În anul 2004 SIER a semnat un acord de parteneriat cu European Copper Institute pentru extinderea și în România a programului LPQI (Leonardo Power Quality Initiative), program educațional în domeniul calității energiei electrice, realizat cu suportul Comisiei Europene. În calitate de partener al ECI, SIER se va implica în desfășurarea unei ample activități de informare și de consultanță a consumatorilor de energie electrică din România.

### **Mulțumiri**

Acest proiect a fost realizat cu suportul Comunității Europene și al International Copper Association, Ltd.

### **Atenționare**

Conținutul acestui proiect nu reflectă în mod necesar poziția Comunității Europene și nu implică nici o responsabilitate din partea Comunității Europene.

European Copper Institute, KEMA T&D Power și Societatea Inginerilor Energeticieni din România își declină răspunderea pentru orice daune directe, indirecte, subsidiare sau incidentale care ar putea să rezulte în urma utilizării informațiilor sau a inabilității de a utiliza informațiile și datele cuprinse în această publicație.

Copyright© European Copper Institute, KEMA T&D Power și Societatea Inginerilor Energeticieni din România.

Reproducerea prezentului document este permisă numai sub forma sa integrală și cu menționarea sursei.



Membră a  
EUROPEAN  
COPPER  
INSTITUTE

Societatea Inginerilor Energeticieni din România  
No. 1, Lacul Tei Avenue, PO/BOX 30-33  
020371 Bucharest  
Romania

Tel: 4 0722 36 19 54  
Fax: (4 021) 610 52 83  
Email: office@sier.ro  
Websites: www.sier.ro



European Copper Institute  
168 Avenue de Tervueren  
B-1150 Brussels  
Belgium

Tel: 00 32 2 777 70 70  
Fax: 00 32 2 777 70 79  
Email: eci@eurocopper.org  
Website: [www.eurocopper.org](http://www.eurocopper.org)

## O abordare sistemică a instalațiilor de legare la pământ

### Introducere

Legarea la pământ a instalațiilor și echipamentelor reprezintă o problemă în care se intersectează cunoștințele mai multor discipline implicate în construcția și echiparea clădirilor moderne, civile sau industriale. Inginerii constructori trebuie să se consulte cu inginerii care se ocupă de echipamentele de măsurare și control, iar specialiștii în tehnică de calcul trebuie să discute diferite aspecte cu inginerii electrotehniști etc. Totuși, uneori, acești specialiști nu folosesc același limbaj tehnic sau nici măcar nu sunt conștienți de cerințele reciproce ale instalațiilor. În acest document se prezintă o abordare globală a legării la pământ menită a servi drept ghid de bază pentru legarea la pământ și eliminarea interferențelor și care să poată fi utilizat de colective multidisciplinare.

În general, o instalație de legare la pământ trebuie să satisfacă trei cerințe:

- ◆ **Lovituri de trăsnet și scurtcircuit:** instalația de legare la pământ trebuie să protejeze personalul, să prevină daunele determinate de exemplu de incendii, conturnări sau explozii provocate de loviturile directe de trăsnet și supraîncălzirile provocate de curenții de scurtcircuit;
- ◆ **Securitate:** instalația de legare la pământ trebuie să conducă curentul de trăsnet și curenții de scurtcircuit fără a determina apariția unor valori inadmisibile ale tensiunilor de pas și de atingere;
- ◆ **Protecția echipamentelor și disponibilitate:** instalația de legare la pământ trebuie să protejeze echipamentele electronice prin asigurarea unei căi de impedanță redusă între ele. Alegerea corectă a traseelor, a amplasamentelor și ecranarea corespunzătoare sunt aspecte importante în scopul evitării interferențelor dintre sursele de perturbații și echipamentele electrice în funcțiune.

Deși cerințele legate de cele trei aspecte sunt deseori definite separat, implementarea lor necesită o abordare integrată a acestora.

### O abordare sistemică

Scopul inițial al legării la pământ de protecție a fost de a asigura securitatea persoanelor și bunurilor în zona deservită de instalația de legare la pământ. Aceasta necesită existența unei căi de curent cu o secțiune mare și cu o impedanță relativ scăzută la frecvența fundamentală, astfel încât tensiunile apărute în condițiile unui curent de defect mare să nu fie periculoase.

Este foarte ușor să se realizeze o legătură la pământ sigură și cu impedanță redusă. Este necesar doar un conductor având conductivitate ridicată și rezistență la coroziune (cuprul este o bună alegere), îngropat în sol la o adâncime suficientă pentru a nu îngheța sau a funcționa în mediu foarte uscat; el trebuind să fie destul de mare pentru a intra în contact cu un volum acceptabil de pământ, să acopere o suprafață suficient de mare și să aibă o poziție astfel încât să nu fie influențat de alte instalații de legare la pământ. Un volum mare de pământ reduce densitatea curentului în sol și, prin aceasta, rezistența de dispersie. O suprafață mare a legării la pământ permite realizarea unei configurații corespunzătoare a câmpului electric, reducând tensiunile de atingere și de pas (așa cum se va prezenta mai departe în această notă). În acest fel se realizează o legare bună la pământ – cel puțin atât de bună pe cât se poate obține.

Problemele apar în momentul în care la această legătură se racordează diferite echipamente. În practică, calitatea legării la pământ este afectată de sistemele învecinate de legare la pământ și, de obicei în mult mai mare măsură, chiar de echipamentele instalației.

Utilizarea unui conductor de protecție și nul de lucru (protective earth and neutral - PEN), așa cum se întâmplă într-un sistem TN-C, nu poate fi corelată cu principiile unei corecte proiectări, conturate în această notă aplicativă. În sistemul TN-C, curenții prin nul (incluzând armonicile de rang trei) și curenții de punere la pământ se însumează în conductoarele de nul, conductoarele de nul de protecție și în piesele metalice interconectate. Schemele trebuie să fie întotdeauna de tip TN-S, chiar dacă ele derivă din scheme TN-C, pe partea furnizorului, în punctul comun de cuplare (PCC). Prezența unei singure legături conductor neutru – pământ este foarte importantă.

În mod tradițional practica instalațiilor se focalizează, în mod corect, pe securitate. La început, era astfel suficient să se prevadă o cale de impedanță redusă spre pământ. Practica actuală reclamă „modelarea” câmpului electric în sol pentru a controla gradientul tensiunii în jurul prizei de pământ.

## *O abordare sistemică a instalațiilor de legare la pământ*

---

De asemenea, conductorul de nul de protecție trebuie să asigure un pământ funcțional pentru echipamentele care operează în sistem, adică să reprezinte o cale de trecere pentru curenții de scurgere (curenți de frecvență fundamentală determinați de prezența condensatoarelor din filtrele capacitive, conectate între conductor și pământ) și curenții perturbatori de înaltă frecvență provenind, spre exemplu, de la sursele în comutație prin intermediul filtrelor de perturbații de radio-frecvență (RFI); pe de altă parte, trebuie să reprezinte potențialul de referință pentru interfețele de semnal.

Valorile curenților de scurgere variază în diferitele puncte ale instalației. Deoarece curentul de scurgere la pământ provine în principal de la echipamentele monofazate racordate la fiecare dintre cele trei faze, componentele simetrice pe frecvența fundamentală de pe fiecare fază tind să se anuleze; ca urmare, curentul în conductorul de nul de protecție poate crește sau descrește în funcție de modul de conectare a circuitelor în sistemul de distribuție. Adesea, situația cea mai defavorabilă apare la un circuit monofazat, final, care alimentează un echipament informatic. Curenții de scurgere sunt inofensivi dacă se disipă în pământ dar pot ușor determina valori mortale dacă legătura se întrerupe și, ca urmare, se impune o proiectare foarte atentă. În esență, aceasta presupune dublarea căilor de curent (fiecare dintre acestea fiind capabilă să suporte curentul maxim de defect) și legături robuste și fiabile – de exemplu, sunt de preferat conductoare din cupru rezistente la coroziune și cu durată mare de viață instalate de electricieni, față de canalele metalice de cabluri montate de constructori. Acolo unde armătura cablurilor este utilizată ca una dintre căi, se cere o atenție specială pentru asigurarea și menținerea unor legături fiabile la manșoane. Principiile de proiectare de mare siguranță trebuie extinse în întregul sistem, inclusiv până la masa de lucru, prin prevederea, de exemplu, a suficiente prize cu protecție astfel încât să nu mai fie necesare prelungitoare având conductor de nul de protecție unic și puțin fiabil.

Curenții de înaltă frecvență pot deveni o problemă importantă privind funcționalitatea sistemului. Multe dintre echipamentele care produc perturbații în instalația de legare la pământ sunt sensibile la aceste perturbații; există însă o diferență: echipamentele produc perturbații sub formă de curent dar sunt influențate de tensiuni parazite. Acolo unde curenții perturbatori pot fi conduși la pământ fără a cauza căderi de tensiune importante, totul este în regulă. Aceasta impune o legare la pământ care are o impedanță scăzută la toate frecvențele. Pentru reducerea perturbației radiate, calea de legare la pământ pentru curentul perturbator trebuie să fie amplasată foarte aproape de conductoarele active. Merită subliniat că în acest context suntem mai preocupați de impedanța conexiunii la instalația de legare la pământ, care reprezintă suprafața echipotențială numită uzual „masă/pământ”, decât de pământul fizic în sine. Această abordare este diferită față de cazul sistemului de protecție de siguranță și contra trăsnetelor, unde impedanța de punere la pământ are o importanță crucială.

Atunci când numărul de echipamente instalate era mic, o practică comună presupunea montarea unui conductor separat de secțiune mare până la conductorul principal de legare la pământ sau chiar conectarea acestuia la un electrod al prizei de pământ independent (racordat și el la conductorul principal în conformitate cu reglementările locale). Soluția era în mod normal satisfăcătoare, în parte fiindcă aceste sisteme și echipamentele periferice erau amplasate într-o zonă geografică restrânsă și deci puteau fi menținute la un același potențial (dacă așa ceva există) mai degrabă decât la potențial zero. Circuitul de întoarcere pentru perturbații era de asemenea apropiat de conductoarele active, reducând astfel perturbațiile radiate. Totuși, în cazul legărilor la pământ radiale având lungime mare, se evidențiază rezonanțe pe frecvențe corespunzând sfertului lungimii de undă<sup>1</sup>; ca efect, apare o creștere a impedanței pentru anumite frecvențe, făcând ca această tehnică să nu corespundă instalațiilor moderne utilizate în prezent pe scară largă. Sistemele actuale de calcul se extind frecvent pe mai multe niveluri ale unei clădiri. Asigurarea unui „echipotențial” (la înaltă frecvență) între aceste echipamente dispersate necesită o soluție mai bună.

Este o realitate faptul că majoritatea rețelelor distribuite de calculatoare funcționează. Pe măsura dezvoltării dispozitivelor microelectronice și a reducerii tensiunii de lucru, energia necesară comutării stărilor logice și imunitatea la tensiuni parazite au scăzut, făcând aceste dispozitive mult mai sensibile la perturbații. Efectele acestei tendințe au fost contrabalansate prin îmbunătățiri în proiectarea sistemului, cu scopul creșterii imunității la zgomote. Aceste măsuri includ utilizarea interfețelor diferențiale și o proiectare îngrijită a părții software, de exemplu utilizarea în rețele a protocoalelor de detectare și corectare a erorilor. Aceste tehnici sunt foarte eficiente dar reduc traficul în rețea prin transmiterea unor date redundante (controlul erorii) și necesitatea retransmiterii pachetelor de date conținând erori. Pe măsură ce perturbațiile electrice cresc, rata erorilor crește și ea, și traficul descrește până când comunicarea utilă încetează cu totul. Pentru utilizator, aceasta echivalează cu o cădere bruscă a sistemului; în realitate, acesta a fost doar afectat într-o măsură atât de mare încât mecanismele de regenerare prevăzute în acest scop nu mai fac față. Dacă perturbația electrică poate fi redusă la un nivel suficient de mic, rata erorilor se va reduce și ea și transmisia datelor va fi din nou posibilă. Niveluri ridicate ale perturbațiilor reduc traficul prin necesitatea transmiterii repetate a datelor și reduc eficiența. În mod evident,

---

<sup>1</sup> Proiectarea instalației de legare la pământ a unei clădiri, incluzând instalația de paratrăsnet, necesită o atenție sporită pentru satisfacerea tuturor obiectivelor. Uzual, instalația este mai bună și mai ieftină dacă ea este proiectată corect de la început, comparativ cu o refacere după ce clădirea a fost dată în folosință.

# O abordare sistemică a instalațiilor de legare la pământ

eficiența rețelei este legată de eficiența procesării datelor, care la rândul ei, depinde de eficiența activității. Ca și în alte situații, eficiența este mai scăzută exact atunci când exigențele sunt mai mari – atunci când rețeaua este ocupată. Reducerea nivelului perturbațiilor în mediul procesării datelor este crucială pentru creșterea eficienței. Din păcate, în soluțiile speculative, cel mai popular cablu pentru transmisia de date este conductorul bifilar torsadat necranat. Pentru clădiri cu tehnică IT dezvoltată și pentru rate de transfer de peste 100 Mb/s, trebuie preferată utilizarea cablului bifilar torsadat ecranat (STP – *shielded twisted pair cable*).

Cea mai bună cale pentru reducerea la minimum a zgomotelor este utilizarea unui plan de referință în pardoseală, sub forma unei rețele din cupru. Această tehnică a fost aplicată frecvent pentru „săliile de calculatoare” existente în cazul procesării centralizate a datelor și este încă, în multe cazuri, singura soluție viabilă. Ea este funcțională deoarece rețeaua din cupru asigură o infinitate de căi de curent cu diferite lungimi electrice echivalente – în timp ce unele dintre acestea pot fi multiplu al sfertului lungimii de undă, cu siguranță vor exista multe alte căi paralele care nu îndeplinesc această condiție. Rezultatul este o conexiune cu impedanță scăzută pentru o gamă largă de frecvențe. O astfel de rețea trebuie să acopere întreaga suprafață în care sunt amplasate echipamentele – în prezent, de multe ori întreaga clădire – și nu trebuie uitat că aspectele prezentate sunt valabile atât pe direcție verticală cât și pe orizontală. Se obține numai un mic câștig prin utilizarea unor rețele orizontale amplasate la fiecare nivel și racordate la un unic element de coborâre vertical. Rețelele sunt realizate de obicei din platbandă pentru a reduce cât mai mult efectul pelicular. Dacă elementele de structură (ale clădirii), precum suportii pentru dușumelele aparente, care au fost proiectate pe criterii mecanice și nu electrice, sunt utilizate ca rețea, este important să se asigure ca aceste elemente să fie interconectate electric prin legături scurte din cupru la fiecare intersectare.

Se poate crede că o rețea completă din cupru ar fi destul de scumpă pentru clădirile comerciale obișnuite – în special în cazul clădirilor speculative. Totuși, cheltuielile nu sunt mari și este evident că cel mai redus cost total este obținut prin prevederea rețelelor în stadiul de proiect, iar cea mai costisitoare cale este adaptarea rețelei după darea în funcțiune. O instalație eficientă de legare la pământ asigură că edificiul este corespunzător pentru o gamă largă de aplicații și deci acesta are o valoare de piață mai ridicată. Clădirea poate obține o rată de închiriere mai mare, justificată prin reducerea frecvenței (și costului) problemelor chiriașilor și a costurilor de operare aferente.

## Implementarea conceptului

### Priza de pământ

Proiectarea prizei de pământ – dimensiuni, formă și amplasare – este foarte importantă nu numai pentru obținerea unei impedanțe suficient de scăzute dar și pentru controlul formei câmpului electric la suprafața solului.

Rezistența prizei de pământ și curentul spre sol determină diferența de potențial dintre sistem și sol. Pentru curenți mari de defect, această tensiune va fi foarte ridicată în imediata apropiere a conductorului de legare la priza de pământ și va scădea cu depărtarea de acesta, deoarece volumul de pământ prin care trece curentul se mărește. Această creștere a potențialului pământului (*Ground potential rise – GPR*) poate conduce la situații periculoase.

Înainte de a trata subiectul în continuare este necesar să definim câțiva termeni (vezi fig.1). „Tensiunea de atingere” este diferența de potențial dintre structura îngropată și o persoană stând pe sol în zona de lucru din apropierea structurii. „Tensiunea de pas” este diferența de potențial dintre picioarele unei persoane (presupuse la 1 metru depărtare) stând pe sol. Valorile maxime ale tensiunilor de atingere și de pas sunt limitate prin diferite standarde.

Este foarte posibil să se obțină o impedanță redusă – în condiții de sol favorabile – cu o priză simplă verticală. O alură tipică a câmpului electric este prezentată în partea stângă a figurii 1. Se observă că panta potențialului solului este foarte abruptă – adică tensiunile de pas și de atingere vor fi mari – deci această alegere a tipului de electrod nu este potrivită. În figura 1 este indicat (în partea dreaptă) efectul adăugării unui electrod inelar de protecție la 1 metru în afara perimetrului, electrodul fiind îngropat la adâncimea de 0,5 metri. Aceasta nu numai că reduce impedanța și prin aceasta creșterea potențialului în sol (prin creșterea volumului de pământ care asigură trecerea curentului), dar asigură și controlul formei câmpului electric în zona electrodului reducându-se astfel tensiunile de atingere și de pas.

## O abordare sistemică a instalațiilor de legare la pământ

Așa cum se poate vedea, tensiunile de pas și de atingere sunt mult mai mici atunci când se utilizează un electrod de priză inelar. Partea superioară a „vârfului de potențial” este lărgită și aplatizată prin caracteristicile de modelare ale câmpului, corespunzătoare electrodului circular îngropat. Dacă nu se utilizează electrodul orizontal, vârful de potențial este mai ridicat și mai abrupt, în special lângă un electrod vertical sau un stâlp din beton, putând conduce la situații periculoase.

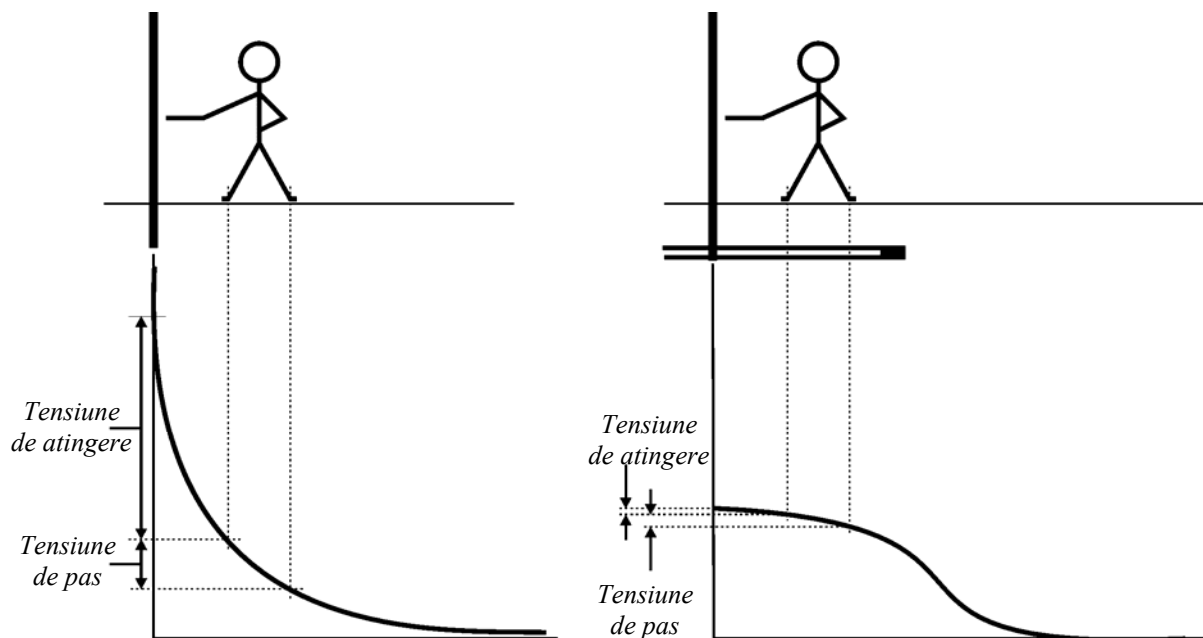


Fig. 1 – Tensiuni de pas și de atingere

Electrodul inelar poziționat în jurul clădirii trebuie amplasat la o distanță de cel puțin 1 metru de la perețele exterior. El trebuie îngropat suficient de adânc pentru a fi siguri că nu va fi afectat de îngheț pe timpul iernii sau de o vreme excesiv de secetoasă pe timpul verii. Dacă nu există indicații locale care să poată fi aplicate, adâncimea trebuie să fie de cel puțin 0,5 metri. Electrocul circular al prizei de pământ trebuie realizat din cupru, cu o secțiune transversală de cel puțin 50 mm<sup>2</sup>.

Electrodul trebuie conectat la priza multiplă de tip plasă amplasată sub structură și la una similară situată în jurul structurii, dacă aceasta există. Conexiunile între electrod și restul instalației de legare la pământ a clădirii sau incintei trebuie realizate în mai multe puncte.

### Instalația de legare la pământ a unor spații mari

O legătură la pământ având o impedanță redusă este necesară pentru a conduce în sol curenții de trăsnet și de scurtcircuit. Instalația principală de legare la pământ trebuie să reprezinte o rețea care să asigure o legătură de impedanță redusă între toate obiectele și un bun contact distribuit cu pământul. Ea trebuie să poată conduce orice curent ce ar apărea, concomitent cu evitarea unor tensiuni de atingere periculoase și a unor curenți de valori ridicate în cablurile care conectează obiecte îndepărtate.

În figura 2 este indicată o vedere de sus a instalației de legare la pământ de tip plasă a unei întreprinderi. Pentru clădiri (1), armăturile metalice formează o rețea fină de tip grilă care este conectată la un conductor neizolat din cupru îngropat în jurul clădirii pentru a reduce tensiunile de pas și de atingere. În restul incintei este montată tot o priză de pământ multiplă de tip plasă, pasul acestei rețele fiind de 5 metri. Un turn (2) și un echipament izolat (3) sunt de asemenea legate la această rețea. Fiecare obiect este conectat la instalația de legare la pământ prin conexiuni multiple. Între clădiri, un canal de cabluri (4) este utilizat pentru protejarea conductoarelor care interconectează cele două construcții.

### Elementele de captare a trăsnetului

Pentru limitarea daunelor cauzate de o lovitură directă de trăsnet asupra unei structuri, trebuie asigurată o cale de impedanță scăzută între vârful structurii și pământ. La nivelul solului, instalația de paratrăsnet este racordată direct la priza de pământ și la restul instalației de legare la pământ. În figura 3 este indicată o structură tipică pentru o clădire.

## O abordare sistemică a instalațiilor de legare la pământ

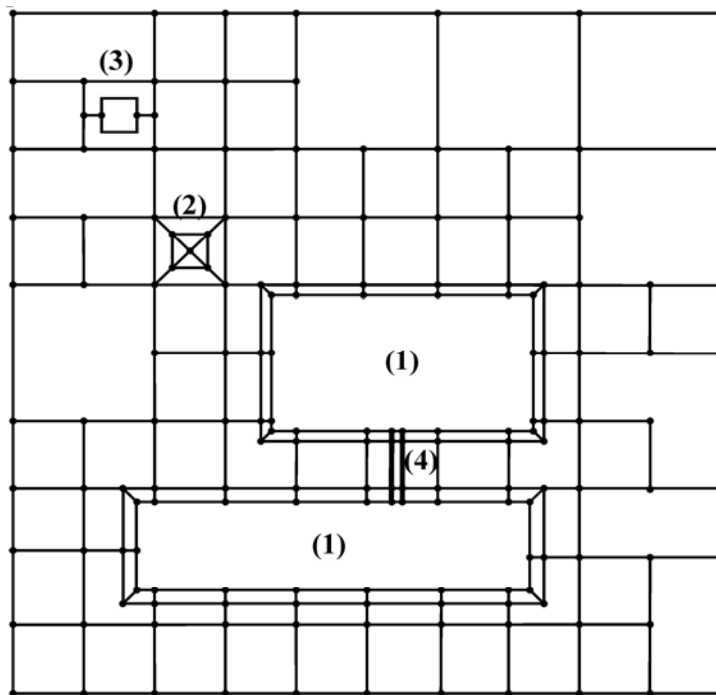


Fig. 2 – Rețea de legare la pământ (după Figura 8 din IEC 61312-2)

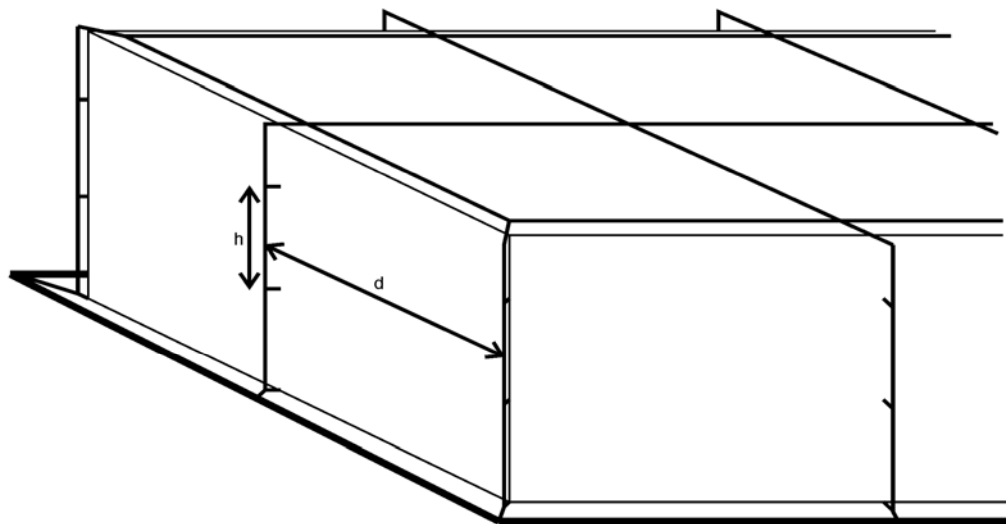


Fig. 3. Poziționarea elementului de coborâre a instalației de paratrăsnet

Distanța maximă  $d$  între conductoarele de coborâre este de 10 metri pentru o protecție normală și de 5 metri pentru o protecție de nivel ridicat. Trebuie folosite cel puțin două conductoare verticale de coborâre, cu o arie a secțiunii transversale de cel puțin  $20 \text{ mm}^2$ . Este indicat ca la fiecare nivel, dar la intervale de cel mult 20 metri, conductoarele de coborâre să fie conectate la instalația de legare la pământ a clădirii. Scopul este de a asigura existența în jurul clădirii a unei cuști Faraday constând din rețeaua externă a conductoarelor verticale și a conexiunilor orizontale la fiecare etaj, stabilind astfel o zonă locală „echipotențială” la fiecare nivel.

Trebuie reamintit că trăsnetul este un fenomen tranzitoriu astfel încât inductivitatea și efectul pelicular trebuie menținute la valori reduse prin utilizarea conductoarelor de tip bandă montate în linie dreaptă.

# *O abordare sistemică a instalațiilor de legare la pământ*

## **Amplasarea conductorului de protecție al clădirii**

„Conductorul de nul de protecție” al clădirii are câteva funcții:

- ◆ să conducă spre sol curenții de defect, permițând astfel funcționarea protecției maxime;
- ◆ să conducă spre sol curenții de scurgere;
- ◆ să acționeze ca un plan de referință al semnalului astfel încât interfețele de semnal ale echipamentelor interconectate să poată funcționa corect;
- ◆ să asigure compatibilitatea electromagnetică (CEM);
- ◆ să permită scurgerea spre pământ a curenților determinați de filtrele de înaltă frecvență etc.

Din păcate, de prea multe ori „conductorul de nul de protecție” este proiectat ca și cum ar trebui să satisfacă doar funcția de securitate, celelalte cerințe fiind total omise. Este deci păcat că pentru el nu s-a găsit încă o denumire mai adecvată.

### **Curentul de defect**

Este în general cunoscut modul în care se realizează proiectarea pentru a face față curentului de defect. Cu protecții maxime și de defect corect proiectate, durata curentului de defect va fi limitată, iar energia „disipată” redusă la valori acceptate. Acesta este modul standard de proiectare a unei instalații. În acest context, criteriile importante sunt valoarea absolută a impedanței față de pământ și impedanța buclei formată din sursă, conductoarele active și conductorul de nul de protecție.

### **Curenții de scurgere**

Curenții de scurgere sunt adesea neglijați. Ei provin în principal de la filtrele pentru reducerea interferențelor în radio-frecvență (RFI) și, deși contribuția fiecărui echipament este redusă, suma combinată a tuturor curenților existenți poate avea valori semnificative. Acești curenți sunt generați de divizoarele capacitive conectate la tensiunea rețelei, care reprezintă astfel, dacă circuitul este deschis (conductorul de nul de protecție întrerupt), o sursă de tensiune corespunzătoare jumătății tensiunii de alimentare. În mod normal, punctul median este legat la conductorul de nul de protecție. Dacă o porțiune a acestuia este izolată, de exemplu un conductor de nul de protecție radial este întrerupt în punctul de distribuție, această zonă a conductorului de protecție va avea un potențial flotant egal cu jumătate din tensiunea rețelei. Sursa de curent care apare depinde de numărul echipamentelor conectate – de obicei este nesemnificativ dacă ele sunt în funcțiune sau nu – iar valoarea curentului poate depăși un nivel de la care orice atingere poate fi mortală. Soluția corectă este să ne asigurăm că integritatea „conductorului de nul de protecție” este îmbunătățită prin prevederea mai multor trasee între punctele de conectare ale echipamentelor și punctul de distribuție. Cel puțin un traseu trebuie realizat printr-un conductor fiabil dedicat pentru aceasta, robust din punct de vedere mecanic, în timp ce celelalte căi pot fi asigurate de armătura cablurilor, conducte sau paturi de cabluri. De notat că dacă se utilizează o astfel de cale, ea trebuie instalată și întreținută într-o astfel de manieră încât integritatea conexiunii să fie asigurată. Deoarece acești curenți de scurgere reprezintă o caracteristică a proiectării filtrelor de înaltă frecvență din interiorul echipamentelor, în unele reglementări ei sunt denumiți simplu „curentul conductorului de nul de protecție”.

Cel mai important aspect în cazul curenților de scurgere îl reprezintă integritatea conductorului de nul de protecție. Curenții sunt relativ mici astfel încât rezistența conductorului nu reprezintă o problemă dar riscul unui șoc în cazul întreruperii legăturii este foarte mare. Cea mai dificilă problemă este legată de modul în care poate fi păstrată integritatea conductorului de protecție – nu există modalități simple pentru a afla dacă integritatea a fost compromisă prin defectarea unei căi. De asemenea, nu există indicații despre întreruperea completă până când un utilizator ghinionist nu va descoperi aceasta.

### **Planul de referință al semnalelor**

Sarcina de a funcționa ca tensiune de referință, astfel încât echipamentele interconectate să poată funcționa corespunzător, impune pentru conductorul de protecție o impedanță scăzută pentru un spectru larg de frecvențe. În acest caz, preocuparea este ca întreaga instalație de legare la pământ, reprezentată prin conductorul de nul de protecție, să funcționeze ca o suprafață echipotențială; cu alte cuvinte, pentru întregul spectru de frecvențe și pe întreaga suprafață a clădirii, diferența de potențial dintre oricare două puncte trebuie să fie zero. În termeni practici, aceasta nu înseamnă ca diferența de potențial să fie neapărat zero; ea trebuie însă să fie suficient de mică pentru a nu cauza nici o funcționare necorespunzătoare a echipamentelor instalate. Multe interfețe de semnal utilizează niveluri de tensiune diferențială (interfețele de rețea RS 485) și sunt insensibile la diferențe relativ

## *O abordare sistemică a instalațiilor de legare la pământ*

mari (câțiva volți) ale tensiunii de referință. O serie de interfețe mai vechi, precum variantele RS232 utilizate în modemi și IEEE 1284 folosite la imprimante, funcționează cu referință la masă și sunt mai sensibile.

În figura 4 sunt prezentate interfețe tipice cu referință la masă și cu intrare diferențială. O interfață cu referință la masă utilizează un singur conductor de semnal și o cale de întoarcere prin masă. Evident, orice diferență de potențial între „masa locală” a transmițătorului și cea a receptorului va apărea în serie cu semnalul util și este probabil să producă o alterare a datelor. Soluția aparent simplă constând în montarea unui conductor de semnal suplimentar între cele două puncte de masă nu este realizabilă – în acest conductor va circula un curent de valoare mare și necunoscută exact, cauzând interferențe și posibile defectiuni.

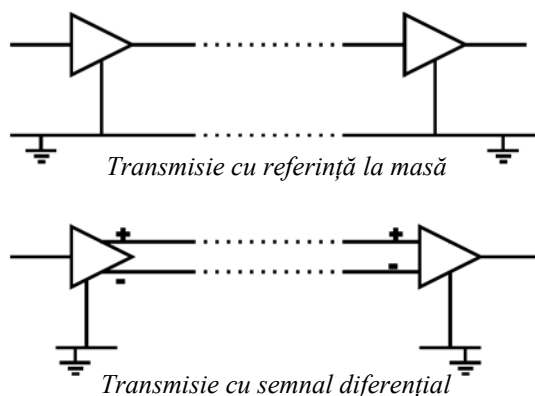


Fig. 4 – Interfețe de semnal cu referință la masă (sus) și cu intrare diferențială

O interfață diferențială utilizează două conductoare de semnal și datele sunt transmise sub forma unei diferențe de potențial între acestea. Teoretic, receptorul este sensibil numai la tensiunea diferențială dintre liniile de semnal și insensibil la tensiunea de mod comun (tensiunea medie a liniilor de semnal). În practică lucrurile sunt puțin diferite și tensiunea de mod comun trebuie limitată, însă la un nivel cu unu sau chiar două ordine de mărime mai mare decât cel cerut la interfața cu referință la masă. Raportul dintre sensibilitatea diferențială și cea de mod comun este cunoscută drept raportul de respingere de mod comun (Common mode rejection ratio - CMRR), exprimat în *dB* (tensiune). Pentru majoritatea receptoarelor cu semiconductoare, CMRR este ridicat la frecvențe joase dar scade rapid pe măsură ce frecvența crește. Cu alte cuvinte, folosirea interfețelor diferențiale, deși utilă în reducerea ratei erorilor, nu diminuează exigența față de sistemul conductorului de nul de protecție.

De precizat că este importantă nu atât valoarea absolută a impedanței circuitului de pământ ci impedanța (într-un spectru larg de frecvență) între diferitele puncte ale conductorului de nul de protecție.

În general, măsurile cerute pentru asigurarea unui bun plan de referință pentru semnale sunt similare cu cele cerute pentru asigurarea compatibilității electromagnetice (CEM) și care vor fi discutate în continuare.

### **Compatibilitatea electromagnetică (CEM)**

Orice componentă a unui echipament electric sau electronic produce o anumită radiație electromagnetică. În mod similar, orice piesă a echipamentului este sensibilă, într-o măsură mai mare sau mai mică, la radiația electromagnetică. Pentru ca totul să funcționeze corect, nivelul cumulativ al radiației într-un mediu trebuie să fie ceva mai mic decât nivelul de la care funcționarea unui echipament în acel mediu va fi afectată. Pentru a atinge acest obiectiv, echipamentele sunt proiectate, realizate și testate conform unor standarde ce urmăresc reducerea nivelului de radiație emis și creșterea nivelului ce poate fi admis.

CEM este definită prin seria de standarde CEI 61000 ca:

„Aptitudinea unui echipament sau sistem de a funcționa satisfăcător în mediul său electromagnetic fără a produce el însuși perturbații electromagnetice intolerabile pentru orice se găsește în acest mediu.”

Mentținerea în practică a acestei compatibilități presupune o deosebită atenție în proiectarea și implementarea sistemelor de alimentare și a instalațiilor de legare la pământ. Indicații detaliate vor fi prezentate în secțiunea următoare a acestui Ghid; aici se face doar o prezentare generală.

În ingineria electrică clasică se utilizau instalații de legare la pământ separate, de exemplu pentru transmisia semnalelor, sistemele de calcul, instalațiile de putere, instalațiile de paratrăsnet etc. etc. În prezent, în ingineria electrică au fost acceptate noi puncte de vedere în privința legării la pământ și la masă și a corelării acestora cu

## *O abordare sistemică a instalațiilor de legare la pământ*

---

protecția echipamentelor. Conceptul existenței unor instalații separate de legare la pământ a fost abandonat, iar acum standardele internaționale prescriu o instalație generală de legare la pământ. Nu mai există noțiuni precum pământ „curat” sau „murdar”.

Conceptul legării unice la pământ înseamnă, în practică, realizarea interconectării conductoarelor de nul de protecție (protective earth - PE), a conductoarelor de echipotențializare, a panourilor metalice, a armăturilor și a ecranelor pentru cabluri de putere sau date. De asemenea, elementele metalice ale construcțiilor și conductele de apă sau gaz sunt părți ale acestui sistem. În mod ideal, toate cablurile care pătrund într-o zonă trebuie să intre printr-un singur punct la care sunt conectate toate ecranele și alte conductoare de legare la pământ.

Pentru a reduce interferențele în echipamente, bucla circuitului de pământ dintre ecranele cablurilor și alte structuri legate la pământ trebuie să fie cât mai mică. Prin legarea cablurilor la structurile metalice, ultimele vor acționa drept conductoare în paralel (căi suplimentare) pentru legarea la pământ (parallel earthing conductors – PEC). Structurile PEC sunt utilizate atât pentru cablurile de putere cât și pentru cele de date. În ordine crescătoare privind eficiența, se pot oferi următoarele exemple: conductoare de legare la pământ, canale pentru cabluri, suprafețe metalice plate, paturi de cabluri și conducte metalice. PEC micșorează impedanța buclei formate de cabluri și de rețeaua de legare la pământ. Rezistența prizei de pământ este de obicei mai puțin importantă pentru protecția echipamentului. O formă foarte eficientă a PEC o constituie un ecran de cablu (continuu sau țesut cu pas mic) având o grosime mare a părții metalice, interconectat cu alte elemente ale sistemului la ambele capete ale cablului.

Pentru a asigura valori reduse ale impedanțelor conductoarelor de ramificație din instalația de legare la pământ în cazul frecvențelor ridicate se vor utiliza conductoare lițate (conductoare, izolate individual) sau benzi metalice cu raport lungime/lățime mai mic decât 5. Pentru frecvențe mai mari de 10 MHz nu trebuie utilizate conductoarele de secțiune circulară.

O podea aparentă poate servi ca un foarte bun plan echipotențial. Rețeaua de tip plasă din cupru de sub aceasta trebuie să aibă un pas de cel mult 1,2 metri și să fie conectată la rețeaua comună de interconectare prin mai multe conductoare echipotențiale. Plasa trebuie legată, la intervale de 6 metri, la un inel din cupru cu secțiune de 50 mm<sup>2</sup>, plasat în jurul suprafeței podelei, în limitele pardoselii. Cablurile de putere și semnalizare trebuie plasate la o distanță de cel puțin 20 cm, iar în cazul traversării, ele trebuie plasate sub un unghi drept.

### **Concluzii**

Instalația de legare la pământ a unei clădiri sau incinte reprezintă o parte sensibilă a infrastructurii electrice și poate determina în viitor viabilitatea activităților desfășurate aici. Ea trebuie să fie operațională pentru curenți de defect de scurtă durată cu intensități de sute de amperi, curenți de regim permanent de câțiva amperi și curenți paraziți de înaltă frecvență pe care trebuie să-i conducă spre sursă sau spre pământ, asigurând căderi de tensiune apropiate de zero pentru curenții de zgomot și evitarea pericolelor în cazul curenților de defect. În același timp, ea trebuie să protejeze echipamentele și personalul existent în clădire în cazul loviturilor de trăsnet (semnale tranzitorii în zona kiloamperilor) asupra instalației interconectate de legare la pământ.

Proiectarea instalației de legare la pământ a unei clădiri, incluzând instalația de paratrăsnet, necesită o atenție sporită dacă se dorește atingerea tuturor obiectivelor. De obicei, este mai bine și mai ieftin ca aceasta să fie proiectată corect de la început, luând în considerare durata de viață a clădirii și, pe cât posibil, potențialele utilizări viitoare. Refacerea după ce clădirea a fost ocupată reprezintă întotdeauna o operație costisitoare.

## Parteneri

### Copper Benelux

168 Avenue de Tervueren  
B-1150 Brussels  
Belgium

Tel: 00 32 2 777 7090  
Fax: 00 32 2 777 7099  
Email: [mail@copperbenelux.org](mailto:mail@copperbenelux.org)  
Web: [www.copperbenelux.org](http://www.copperbenelux.org)

Contact: Mr B Dôme

### Copper Development Association

Verulam Industrial Estate  
224 London Road  
St Albans AL1 1AQ  
United Kingdom

Tel: 00 44 1727 731205  
Fax: 00 44 1727 731216  
Email: [copperdev@compuserve.com](mailto:copperdev@compuserve.com)  
Webs: [www.cda.org.uk](http://www.cda.org.uk) & [www.brass.org](http://www.brass.org)

Contact: Mrs A Vessey

### Deutsches Kupferinstitut e.V

Am Bonneshof 5  
D-40474 Duesseldorf  
Germany

Tel: 00 49 211 4796 323  
Fax: 00 49 211 4796 310  
Email: [sfassbinder@kupferinstitut.de](mailto:sfassbinder@kupferinstitut.de)  
Web: [www.kupferinstitut.de](http://www.kupferinstitut.de)

Contact: Mr S Fassbinder

### ECD Services

Via Cardinal Maffi 21  
I-27100 Pavia  
Italy

Tel: 00 39 0382 538934  
Fax: 00 39 0382 308028  
Email: [info@ecd.it](mailto:info@ecd.it)  
Web [www.ecd.it](http://www.ecd.it)

Contact: Dr A Baggini

### European Copper Institute

168 Avenue de Tervueren  
B-1150 Brussels  
Belgium

Tel: 00 32 2 777 70 70  
Fax: 00 32 2 777 70 79  
Email: [eci@eurocopper.org](mailto:eci@eurocopper.org)  
Web: [www.eurocopper.org](http://www.eurocopper.org)

Contact: Mr H De Keulenaer

### Hevrox

Schoebroeckstraat 62  
B-3583 Beringen  
Belgium

Tel: 00 32 11 454 420  
Fax: 00 32 11 454 423  
Email: [info@hevrox.be](mailto:info@hevrox.be)

Contact: Mr I Hendrixx

### HTW

Goebenstrasse 40  
D-66117 Saarbruecken  
Germany

Tel: 00 49 681 5867 279  
Fax: 00 49 681 5867 302  
Email: [wlang@htw-saarland.de](mailto:wlang@htw-saarland.de)

Contact: Prof Dr W Langguth

### Istituto Italiano del Rame

Via Corradino d'Ascanio 4  
I-20142 Milano  
Italy

Tel: 00 39 02 89301330  
Fax: 00 39 02 89301513  
Email: [ist-rame@wirednet.it](mailto:ist-rame@wirednet.it)  
Web: [www.iir.it](http://www.iir.it)

Contact: Mr V Loconsolo

### KU Leuven

Kasteelpark Arenberg 10  
B-3001 Leuven-Heverlee

Belgium  
Tel: 00 32 16 32 10 20  
Fax: 00 32 16 32 19 85  
Email: [ronnie.belmans@esat.kuleuven.ac.be](mailto:ronnie.belmans@esat.kuleuven.ac.be)

Contact: Prof Dr R Belmans

### Polish Copper Promotion Centre SA

Pl.1 Maja 1-2  
PL-50-136 Wroclaw  
Poland

Tel: 00 48 71 78 12 502  
Fax: 00 48 71 78 12 504  
Email: [copperpl@wroclaw.top.pl](mailto:copperpl@wroclaw.top.pl)

Contact: Mr P Jurasz

### TU Bergamo

Viale G Marconi 5  
I-24044 Dalmine (BG)  
Italy

Tel: 00 39 035 27 73 07  
Fax: 00 39 035 56 27 79  
Email: [graziana@unibg.it](mailto:graziana@unibg.it)

Contact: Prof R Colombi

### TU Wroclaw

Wybrzeze Wyspianskiego 27  
PL-50-370 Wroclaw  
Poland

Tel: 00 48 71 32 80 192  
Fax: 00 48 71 32 03 596  
Email: [i8@elektryk.ie.pwr.wroc.pl](mailto:i8@elektryk.ie.pwr.wroc.pl)

Contact: Prof Dr H Markiewicz



KEMA T&D Power  
Utrechtseweg 310  
PO Box 310  
6800 ET Arnhem  
The Netherlands

Tel: 00 31 26 356 3724  
Fax: 00 31 26 443 3843  
Email [r.venhuizen@kema.nl](mailto:r.venhuizen@kema.nl)  
Web: [www.kema.nl](http://www.kema.nl)

*Reyer Venhuizen*



Membră a  
**EURIEL**

Societatea Inginerilor Energeticieni din România  
No. 1, Lacul Tei Avenue, PO/BOX 30-33  
020371 Bucharest  
Romania

Tel: 4 0722 36 19 54  
Fax: (4 021) 610 52 83  
Email: [office@sier.ro](mailto:office@sier.ro)  
Websites: [www.sier.ro](http://www.sier.ro)



European Copper Institute  
168 Avenue de Tervueren  
B-1150 Brussels  
Belgium

Tel: 00 32 2 777 70 70  
Fax: 00 32 2 777 70 79  
Email: [eci@eurocopper.org](mailto:eci@eurocopper.org)  
Website: [www.eurocopper.org](http://www.eurocopper.org)