

Ministerul Transporturilor și Infrastructurii - Normă tehnică din 25 martie 2009**Norma tehnică feroviară "Infrastructură feroviară - Instalații fixe - Tracțiune electrică.
Prevederi de protecție împotriva șocului electric prin atingere directă, pentru linii de cale
ferată electrificate în sistemele 1 x 25 kV, 50 Hz și 2 x 25 kV, 50 Hz" NTF nr. 75-003:2009 din
25.03.2009**

În vigoare de la 06 iunie 2009

Publicat în Monitorul Oficial, Partea I nr. 299 din 07 mai 2009. Formă aplicabilă la 03 august 2026.

Preambul

Prezenta normă tehnică feroviară stabilește cerințele pentru instalațiile fixe de tracțiune electrică în vederea preîntâmpinării șocurilor electrice prin atingerea de către oameni a părților sub tensiune din echipamentul liniilor electrice aeriene.

Aceste cerințe se referă la:

- determinarea distanțelor de izolare în aer de siguranță între persoane și părțile aflate sub tensiune ale echipamentului liniilor electrice aeriene;
- determinarea distanțelor de izolare în aer între părțile sub tensiune ale echipamentului liniilor electrice aeriene și între aceste părți sub tensiune și structurile de susținere legate la pământ.

Prezenta normă tehnică feroviară se utilizează la lucrările de proiectare, construcție, modernizare, reparare și întreținere a instalațiilor de protecție împotriva șocurilor electrice cauzate de atingerea directă dintre persoane și părțile active ale echipamentului liniilor electrice aeriene folosite pentru tracțiunea electrică.

La elaborarea prezentei norme tehnice feroviare s-au utilizat documentele de referință menționate în anexa A la prezenta normă tehnică feroviară.

Cifrele din parantezele drepte din conținutul normei tehnice feroviare indică numărul de ordine al documentelor de referință precizate în anexa A la prezenta normă tehnică feroviară.

Prezenta normă tehnică feroviară abrogă art. 2.1.1, 2.2.2, 3.1-3.12, 4.2.3.3, 4.2.12 din Normativul ID-33:1977 - Normativ pentru protecția împotriva influențelor căilor ferate electrificate monofazat 25 kV, 50 Hz, aprobat prin Ordinul ministrului transporturilor și telecomunicațiilor nr. 1.976/1977.

1. Obiect

1.1. Obiect

Prevenirea șocurilor electrice și a daunelor asupra persoanelor și instalațiilor care ajung în atingere directă cu părțile active ale echipamentului de electrificare și ale echipamentului electric al trenurilor

1.2. Abrevieri

Pentru scopul prezentei norme tehnice feroviare se vor folosi următoarele abrevieri:

ELEA - echipamentul liniei electrice aeriene;

OMT - ordinul ministrului transporturilor;

MT - Ministerul Transporturilor;

ID - instrucțiune departamentală;

NTE - normativ tehnic energetic;

LCA - linie de contact aeriană;

LEA - linie electrică aeriană;

NSS - nivelul superior al șinelor;

DIA - distanță de izolare în aer;

STEF - substație de tracțiune electrică feroviară;

PS - post de secționare a liniei electrice aeriene pentru tracțiune electrică;

PSS - post de subsecționare a liniei electrice aeriene pentru tracțiune electrică;

CPPLP - conductor de protecție principal utilizat pentru legarea individuală și colectivă la pământ a obiectelor metalice accesibile; acest tip de conductor nu întoarce curentul de tracțiune la STEF;

CPPLPCT - conductor de protecție principal utilizat pentru legarea individuală și colectivă la pământ a obiectelor metalice accesibile și pentru întoarcerea curentului de tracțiune la STEF.

2. Domeniul de aplicare

2.1. Domeniul de aplicare

2.1.1. Prezenta normă tehnică feroviară stabilește cerințele obligatorii pentru mijloacele de protecție utilizate împotriva șocului electric prin atingerea directă a părților active ale ELEA și ale echipamentului electric al trenurilor ce utilizează sistemele standardizate de alimentare cu energie electrică 1 x 25 kV, 50 Hz și 2 x 25 kV, 50 Hz.

NOTĂ:

Cerințele pentru mijloacele de protecție prevăzute la pct. 2.1.1 se referă inclusiv la echipamentele electrice din depouri, revizii tehnice, posturi de secționare și de subsecționare a liniei de contact aeriene.

2.1.1.1. Prezenta normă tehnică feroviară se aplică de către beneficiarii finali, deținători de infrastructură feroviară (administratori, gestionari), operatori de transport feroviar, la întocmirea caietelor de sarcini și a specificațiilor tehnice în cadrul procedurilor de achiziții publice ale lucrărilor de proiectare, execuție, reabilitare, modernizare, întreținere, reparare și exploatare a instalațiilor de protecție împotriva șocurilor electrice cauzate de atingerea directă de către persoane a părților active ale echipamentului liniilor electrice aeriene folosite pentru tracțiunea electrică, respectiv a echipamentului electric de înaltă tensiune de pe acoperișul materialului rulant.

2.1.1.2. Prezenta normă tehnică feroviară se aplică de către operatorii economici la proiectarea și realizarea lucrărilor de construcții, modernizare, reabilitare, întreținere, reparare și exploatare a liniilor electrice aeriene utilizate pentru tracțiunea electrică și a echipamentului electric de înaltă tensiune de pe acoperișul materialului rulant.

2.1.1.3. Echipamentul liniilor electrice aeriene aflate deja în exploatare, care nu îndeplinesc în totalitate prevederile prezentei norme tehnice feroviare, poate fi utilizat în continuare până la executarea lucrărilor de reparații capitale sau a lucrărilor de modernizare.

2.1.2. Prezenta normă tehnică feroviară nu se aplică:

- metrourilor, tramvaielor și altor sisteme de transport electric urban, precum și sistemelor de tracțiune electrică minieră;
- echipamentului electric dintr-o zonă protejată (de exemplu, o secțiune a căii electrificate situată în interiorul unui loc de muncă îngădit) și echipamentului electric din substațiile de tracțiune electrică, [24], [25] și [26].

2.1.3. Clasa de risc a lucrărilor privind prevederile de protecție împotriva șocului electric prin atingere directă

2.1.3.1. În conformitate cu [32] și [39], echipamentul liniilor electrice aeriene de contact (cu excepția echipamentului electric din PS și PSS) și lucrările privind prevederile de protecție față de acest echipament sunt de clasă de risc 1A.

2.1.3.2. Echipamentul electric din PS și PSS este de clasă de risc 2A.

2.1.3.3. În conformitate cu [29], certificatul de siguranță specifică rețelei este eliberat operatorului feroviar de către Autoritatea de Siguranță Feroviară Română - ASFR.

2.2. Cerințe generale

2.2.1. Generalități

În cazul lucrărilor noi, dacă elaborarea proiectului tehnic a fost efectuată înainte de data intrării în vigoare a prezentei norme tehnice feroviare, cerințele aplicabile normativelor precedente trebuie să continue să fie îndeplinite.

Dacă elaborarea proiectului tehnic a fost efectuată după data intrării în vigoare a prezentei norme tehnice feroviare, Compania Națională de Căi Ferate "CFR" - S.A., organele de control ale Autorității Feroviare Române - AFER, operatorii de transport feroviar și administratorii de infrastructură trebuie să îndeplinească cerințele stabilite în această normă.

2.2.2. Linii de cale ferată electrificate

2.2.2.1. Prezenta normă tehnică feroviară se aplică tuturor liniilor electrificate noi și existente de pe infrastructura feroviară care utilizează unul dintre sistemele standardizate de electrificare a căii ferate 1 x 25 kV, 50 Hz sau 2 x 25 kV, 50 Hz, cu caracteristicile electrice precizate la [11].

2.2.2.2. Cerințele din prezenta normă tehnică feroviară sunt obligatorii pentru infrastructura deținută de Compania Națională de Căi Ferate "CFR" - S.A. sau de un alt administrator de infrastructură feroviară și pentru modificările la această infrastructură pentru care aprobarea de principiu privind execuția lucrărilor este dată după data intrării în vigoare a prezentei norme tehnice feroviare.

2.2.2.3. Lucrările de protecție împotriva șocului prin atingerea directă a elementelor ELEA aflate sub tensiune se vor executa pe baza unui proiect întocmit în acest scop, conform prevederilor prezentei norme tehnice feroviare.

2.2.2.4. Liniile de cale ferată electrificată se vor pune în funcțiune numai după ce în urma analizei efectuate de beneficiar, proiectant și executant asupra rezultatelor verificărilor și măsurărilor de la pct. 7 din prezenta normă tehnică feroviară se va constata că cerințele prevăzute în aceasta sunt respectate.

Volumul măsurărilor se va stabili prin caietul de sarcini sau specificația tehnică avizate de deținătorul instalațiilor și AFER.

2.2.3. Stații de cale ferată

2.2.3.1. Prezenta normă tehnică feroviară se aplică tuturor stațiilor de cale ferată din cadrul infrastructurii feroviare care vor folosi sistemele standardizate de electrificare cu linii aeriene 1 x 25 kV, 50 Hz sau 2 x 25 kV, 50 Hz.

2.2.3.2. Cerințele prezentei norme tehnice feroviare sunt obligatorii pentru stațiile de cale ferată noi și pentru modificările asupra stațiilor de cale ferată existente, de la data intrării în vigoare a prezentei norme tehnice feroviare.

2.2.3.3. La o stație de cale ferată prevederile contractuale (în cazul unei închirieri) nu schimbă prin ele însele deținătorul de sarcini privind cerințele obligatorii din prezenta normă tehnică feroviară.

2.2.4. Vehicule feroviare

2.2.4.1. Prezenta normă tehnică feroviară se aplică vehiculelor feroviare care vor funcționa pe infrastructura feroviară, care utilizează sistemele standard de electrificare 1 x 25 kV, 50 Hz sau 2 x 25 kV, 50 Hz.

2.2.4.2. Toate vehiculele feroviare noi și modernizate trebuie să îndeplinească cerințele obligatorii pentru proiectarea vehiculelor feroviare prevăzute în prezenta normă tehnică feroviară.

Vehiculele feroviare aflate în exploatare care nu întrunesc cerințele din prezenta normă tehnică feroviară vor fi aliniate la prevederile acesteia cu ocazia primei reparații cu ridicarea de pe osie (RR, RG).

În cazurile în care vehiculele feroviare sunt modificate în domeniul acoperit de pct. 2.1 al prezentei norme tehnice feroviare, proiectul trebuie să fie revizuit și în locurile unde practic ele s-au aliniat la acesta.

2.3. Cerințe în legătură cu obiectul normei aflate în alte documente

Aceste cerințe sunt stabilite într-un număr de reglementări, așa cum se detaliază mai jos:

- cerințele pentru legarea la pământ și pentru legăturile care asigură continuitatea circuitului de tracțiune pe liniile electrificate, precizate în [8];
- cerințele pentru protecția persoanelor care lucrează pe sau lângă liniile electrice aeriene 25 kV, 50 Hz, stabilite în normele specifice și generale de protecție a muncii precizate în [2] și [3];
- cerințele specifice pentru parapete și poduri peste liniile electrificate, precizate la [8];
- cerințele pentru prevederea indicatoarelor și notelor de avertizare pe liniile electrificate, necesare pentru a preveni accesul direct al persoanelor la obiectele aflate sub tensiune, precizate în [15] și în anexa B din [8].

3. Definiții

În sensul prezentei norme tehnice feroviare termenii specifici se definesc după cum urmează:

3.1. Generalități

3.1.1. sistem feroviar - totalitatea subsistemelor pentru zone structurale și operaționale privind interoperabilitatea sistemului de transport feroviar convențional din România cu sistemul de transport feroviar transeuropean și interoperabilitatea sistemului de transport feroviar de mare viteză, precum și gestionarea și exploatarea sistemului ca întreg, [35] și [36];

3.1.2. administrator de infrastructură feroviară - orice organism sau orice operator economic care are ca obiect principal de activitate administrarea și întreținerea infrastructurii feroviare. Funcțiile administratorului de infrastructură de pe o rețea sau o parte a unei rețele pot fi alocate, în conformitate cu reglementările în vigoare, mai multor organisme sau operatori economici, [36] art. 1 alin. 10;

3.1.3. operator de transport feroviar - orice operator economic cu capital de stat ori privat a cărui activitate principală constă în efectuarea de prestații de transport de marfă și/sau de călători pe calea ferată, tracțiunea fiind asigurată în mod obligatoriu de acest operator economic. Acest termen include, de asemenea, și operatorii economici care asigură numai tracțiunea, [28] și [37].

3.1.4. zone publice - acele zone din infrastructura deținută de Compania Națională de Căi Ferate "CFR" - S.A. și din alte zone aflate sub controlul unui administrator de infrastructură feroviară, în scopul prezentei norme tehnice feroviare, zone în care publicului îi este permis accesul în mod nerestricționat, [8];

3.1.5. zone cu acces liber - acele zone în care publicul are acces nerestricționat, fără controlul exercitat de Compania Națională de Căi Ferate "CFR" - S.A. sau de un administrator de infrastructură feroviară, așa cum este, de exemplu, un drum pietonal pe marginea căii ferate, în afara unei îngrădiri cu gard;

3.1.6. zone cu acces restricționat - acele zone din infrastructura deținută de Compania Națională de Căi Ferate "CFR" - S.A. sau din altă infrastructură aflată sub controlul unui administrator de infrastructură feroviară, în scopul prezentei norme tehnice feroviare, în care aceștia permit numai accesul persoanelor autorizate, [8];

3.1.7. zonă protejată - zonă care conține instalația sau instalațiile la care se execută lucrări și în care s-au luat măsuri, de către personalul unității de exploatare, menite să împiedice apariția accidentală a tensiunii. Zona protejată se delimitează fizic de la punctele de unde s-a făcut separarea vizibilă, respectiv s-au scos de sub tensiune instalațiile (instalația) la care se lucrează. Accesul în astfel de zone este permis numai persoanelor autorizate;

3.1.8. trecere la nivel publică - trecere pe unde publicul are voie să traverseze calea ferată cu condiția respectării măsurilor de securitate aferente, [8];

3.1.9. trecere la nivel privată - trecere utilizată, în general, pentru accesul la un tren sau la o activitate; în acest loc, în mod normal, trebuie limitat accesul publicului, [8];

3.1.10. trecere la nivel cu acces controlat - trecere la care publicul nu are, în mod normal, acces, situată într-o zonă aflată sub controlul administrației feroviare care reglementează și utilizarea acesteia (de exemplu, în depouri și triaje), [8];

3.1.11. drum pietonal autorizat - drum protejat, în lungul căii ferate. Utilizarea acestui drum este permisă numai persoanelor autorizate, [8];

3.1.12. suprafață de circulație - orice punct al unei suprafețe pe care persoanele pot staționa sau circula, [8];

3.1.13. secțiune de circuit - parte a unui circuit electric care are propriile valori ale tensiunilor nominale pentru coordonarea izolației: tensiunea nominală de izolație, tensiunea nominală de ținere la impuls 1,2/50μs, definiție bazată pe [9];

3.1.14. structură de susținere - elemente care susțin conductoarele și izolatoarele unei linii aeriene de contact, [7];

3.1.15. deținător - orice persoană juridică având calitatea de proprietar sau de împuternicit, care exploatează pe termen lung o instalație ori un vehicul de cale ferată;

3.2. Linii de cale ferată electrificate aerian

3.2.1. echipamentul liniei electrice aeriene (ELEA) - un ansamblu de conductoare suspendate deasupra liniei ferate pentru alimentarea trenurilor cu energie electrică, împreună cu accesoriile, izolatoarele și alte anexe, inclusiv separatoarele, fixatoarele, conductoarele de protecție tip CPPLP și CPPLPICT și fiderile pentru PS, PSS (echipate cu autotransformatoare în cazul sistemului de alimentare 2 x 25 kV, 50 Hz);

NOTĂ:

În scopul prezentei norme tehnice feroviare, definiția echipamentului liniei electrice aeriene include toate fiderile și conductoarele aeriene (inclusiv izolatoarele, accesoriile de prindere ale acestora și echipamentul electric monofazat și bifazat din PS, PSS).

3.2.2. linie de contact - un sistem de conductoare destinat alimentării cu energie electrică a vehiculelor feroviare prin intermediul echipamentului de captare a curentului, [8];

3.2.3. linie de contact aeriană - o linie de contact plasată deasupra sau lateral față de acoperișul vehiculelor și care alimentează cu energie electrică vehiculele printr-un echipament de captare a curentului montat pe acoperișul acestora, [8];

NOTĂ:

Fiderul de întărire nu este inclus în linia de contact aeriană.

3.2.4. parte conductoare - parte capabilă să conducă un curent electric;

3.2.5. părți active - orice conductor sau orice parte conductoare a ELEA, destinat/destinată a fi sub tensiune în funcționare normală, inclusiv întreaga lungime a unui izolator ori a unui pantograf și alte echipamente electrice montate pe acoperișul vehiculelor feroviare, [8];

NOTĂ:

Prin convenție, șinele de rulare și părțile conectate la ele nu vor fi considerate părți active.

3.2.6. parte conductoare accesibilă - parte conductoare a unui echipament electric care poate fi atinsă și care, în mod normal, nu este sub tensiune, dar care poate ajunge sub tensiune în cazul deteriorării izolației de bază (definiție bazată pe [8]);

NOTĂ:

O parte conductoare a unui echipament electric care nu poate fi pusă sub tensiune în caz de defectare decât prin intermediul unei părți conductoare nu este considerată parte conductoare accesibilă.

3.2.7. atingere directă - contact între persoane sau animale și părți active (definiție bazată pe [8] și [23]);

3.2.8. atingere indirectă - contact între persoane sau animale și părți conductoare accesibile care au devenit active în condiții de defectare, [8] și [23];

3.2.9. șoc electric - efect patofiziologic care apare la trecerea unui curent electric prin corpul omului sau al unui animal, [8];

3.2.10. deschidere - parte a liniei aeriene de contact situată între două suporturi sau între două puncte de suspendare succesive, [7];

3.2.11. distanță de izolare în aer - cea mai scurtă distanță în aer între două părți conductoare, [9];

3.2.12. distanță de fir întins - dimensiunea unui fir imaginar întins între o suprafață de circulație și o parte activă aflată în apropierea marginii unui obstacol;

3.2.13. izolație funcțională - izolația între părți conductoare care este necesară numai pentru buna funcționare, [9] (a se vedea figura 1);

3.2.14. izolație de bază - izolația părților active destinată să asigure protecția de bază împotriva șocurilor electrice, [9] (a se vedea figura 1);

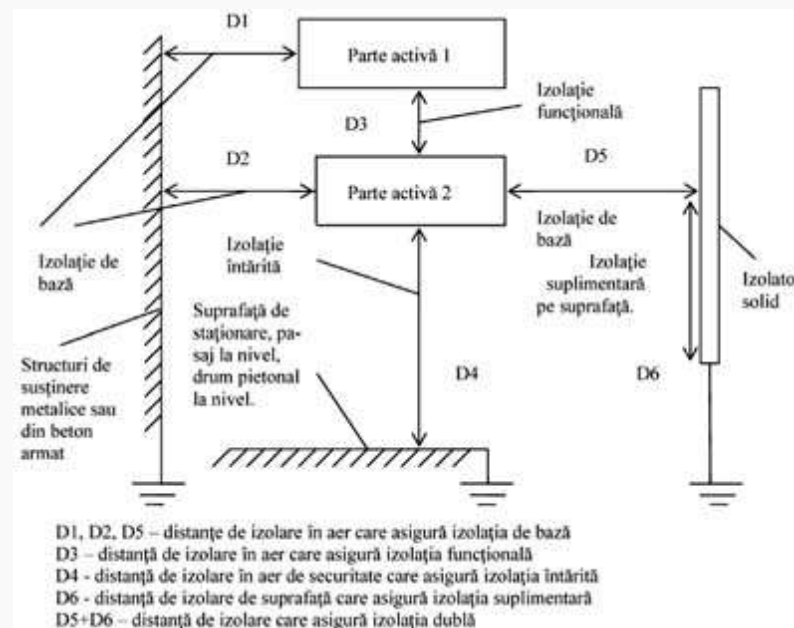


Figura 1*) - Exemple de izolație realizată cu distanță de izolare în aer, [9]

*) Figura 1 este reprodusă în facsimil.

3.2.15. izolație suplimentară - izolație independentă aplicată în plus față de izolația de bază pentru a asigura protecția împotriva șocurilor electrice în cazul deteriorării izolației de bază. Solicitarea electrică a izolației suplimentare, în cazul unui defect, poate fi diferită de solicitarea izolației de bază în condiții normale de exploatare, [9] (a se vedea figura 1);

NOTE:

1. Izolația suplimentară poate fi realizată ca un strat de izolație solidă.

2. În cazul unei combinații de distanță de izolare în aer insuficientă și de izolație solidă bine dimensionată pot să apară descărcări parțiale.

3.2.16. izolație dublă - izolație care cuprinde atât izolația de bază, cât și izolația suplimentară, [9] (a se vedea figura 1);

3.2.17. izolație întărită - sistem de izolație unic aplicat părților active, care asigură un grad de protecție împotriva șocurilor electrice echivalent cu cel al unei izolații duble, [9];

NOTĂ:

Termenul "sistem de izolație unic" nu implică faptul că izolația trebuie să fie o piesă omogenă. Sistemul poate cuprinde mai multe straturi care nu pot fi încercate individual ca în cazul izolației de bază sau al celei suplimentare.

3.2.18. distanță de izolare în aer, statică - distanță care determină izolarea în aer între:

- a) părțile active ale ELEA și părțile legate la pământ ale trenurilor;
- b) părțile active ale ELEA și alte părți ale ELEA care pot deveni legate la pământ;
- c) părțile active ale ELEA și structurile de susținere (de exemplu: poduri, tuneluri);
- d) părțile active ale ELEA și alte părți active ale ELEA aflate la faze diferite;
- e) părțile active ale trenurilor electrice și părți legate la pământ ale ELEA;
- f) părțile active ale trenurilor electrice și structurile de susținere;
- g) părțile active ale trenurilor electrice și alte părți active ale ELEA aflate la faze diferite, distanță care există când toate părțile sunt nemișcate și nu sunt susceptibile de mișcări dinamice, [9];

3.2.19. distanță de izolare în aer dinamică (de trecere) - distanță de izolare în aer, care este obținută printr-o reducere momentană a distanței de izolare statică în aer, cauzată de mișcarea dinamică a echipamentului liniei aeriene și de trecerea trenurilor;

3.2.20. ridicarea (înălțarea) firului de contact - deplasare ascendentă verticală a firului de contact care se ridică în timpul trecerii pantografului;

3.2.21. distanță de izolare în aer de securitate - distanță, în linie dreaptă, între o suprafață de circulație și părțile active ale ELEA, necesară pentru a preveni atingerea directă între persoane și părțile active, [9];

NOTĂ:

Această distanță de izolare în aer asigură izolația întărită între părțile active ale ELEA și suprafața de staționare.

3.2.22. distanță de izolare în aer pe suprafață - cea mai scurtă distanță pe suprafața unui material electroizolant între două părți conductoare, [9];

3.2.23. înălțimea echipamentului liniei electrice aeriene - distanța de la nivelul superior al șinei până la cel mai de jos conductor sau accesoriu al LEA, măsurată perpendicular pe planul căii ferate, [7];

3.2.24. înălțimea minimă a echipamentului liniei electrice aeriene - valoarea minimă a înălțimii conductoarelor și accesoriilor LEA, necesară pentru a evita formarea arcului electric între acestea și vehicule, în toate condițiile de funcționare, [7];

3.2.25. barieră - element care asigură protecția împotriva atingerii directe din toate direcțiile obișnuite de acces, [8];

3.2.26. obstacol - element care împiedică o atingere directă accidentală, însă nu împiedică o atingere directă voită, [8];

NOTĂ:

Obstacolele se pot realiza din materiale compacte (zidărie, panouri pline) sau din plase.

3.2.27. gabarit de liberă trecere - contur geometric transversal limită, în plan vertical, perpendicular pe axa longitudinală a căii, în interiorul căruia, în afară de materialul rulant, nu se admite să pătrundă nicio parte a construcțiilor (poduri, tuneluri, pasaje superioare, pasarele etc.) sau a instalațiilor fixe CF (semnale, coloane etc.) și nici materiale sau obiecte depozitate în lungul liniei curențe ori în stații. Fac excepție instalațiile care, în timpul funcționării, acționează direct asupra materialului rulant, ca: frânele de cale, instalațiile liniei de contact, brațul coloanelor hidraulice, elevatoarele de cărbuni etc., cu condiția ca aceste instalații să fie astfel amplasate încât, în stare de repaus, să nu vină în contact direct cu acele elemente ale materialului rulant asupra cărora acționează în timpul funcționării, [21];

NOTĂ:

Gabaritul de liberă trecere asigură circulația trenurilor în deplină siguranță fără limitarea vitezei sau alte îngrădiri.

3.2.28. gabarit pentru lucrări de artă și alte construcții - gabarit de liberă trecere privind lucrările de artă și diferite construcții, altele decât cele menționate la pct. 3.2.29-3.2.31;

3.2.29. gabarit pentru elemente ale instalațiilor CF - gabarit de liberă trecere privind semnalele, coloanele hidraulice, gardurile, stâlpii și alte elemente ale instalațiilor căilor ferate, anexa B din [21];

3.2.30. gabarit pentru tuneluri CF - gabarit de liberă trecere privind tunelurile și polatele de cale ferată (a se vedea anexa B din [21]);

3.2.31. gabarit pentru linii electrificate și electrificabile - gabarit de liberă trecere pe linii electrificate sau electrificabile (a se vedea condițiile precizate în anexa B din [21]);

3.2.32. îngrădire de lucru - îngrădire care delimitează material zona de lucru într-o instalație electrică;

3.2.33. tensiune nominală - valoarea tensiunii unui element component, dispozitiv sau echipament, fixată de către producător, la care se face referire pentru funcționare și pentru caracteristicile funcționale, [9];

3.2.34. tensiune locală - cea mai mare valoare efectivă a tensiunii în curent alternativ care poate apărea între două puncte ale unei izolații date, fiecare circuit susceptibil să influențeze valoarea efectivă mai sus menționată fiind alimentat la tensiunea lui permanentă maximă, [9];

NOTĂ:

Permanent înseamnă că tensiunea durează mai mult de 5 minute, așa cum este $U(\max1)$ din [11];

3.2.35. tensiune locală de vârf - cea mai mare valoare a tensiunii care poate să apară în serviciu printr-o anumită izolație, [9];

3.2.36. tensiunea permanentă maximă [$U(\max1)$] - valoarea efectivă maximă a tensiunii care poate să fie prezentă mai mult de 5 minute, [11];

3.2.37. tensiunea temporară maximă [$U(\max2)$] - cea mai mare valoare efectivă a tensiunii care poate să apară pentru o durată limitată de timp, (0,5-300s), [11];

3.2.38. supratensiunea de lungă durată cea mai ridicată [$U(\max3)$] - tensiunea definită ca cea mai ridicată valoare a supratensiunii de lungă durată pentru $t = 20\text{ms}$. Această valoare este independentă de frecvență, [11];

3.2.39. tensiune nominală de izolație [$U(Nm)$] - valoarea efectivă a tensiunii de ținere a echipamentului sau a unei părți a acestuia, fixată de către producător, ce caracterizează capacitatea de ținere permanentă (peste 5 minute) a izolației acestuia, [9];

NOTE:

1. $U(Nm)$ este o tensiune între o parte activă a echipamentului și pământ sau o altă parte activă. Pentru materialul rulant pământul este reprezentat de cutia vagonului, iar pentru instalațiile fixe de tracțiune electrică pământul este reprezentat de șinele de cale ferată, dacă nu se precizează altă reprezentare a acestuia.

2. Pentru circuite, sisteme și subsisteme în aplicații feroviare această definiție este de preferat față de definiția "cea mai ridicată tensiune pentru echipament" care este utilizată în mare măsură în standardele internaționale.

3. $U(Nm)$ nu este necesar să fie egală cu tensiunea nominală, care este, în principal, legată de caracteristicile funcționale.

4. $U(Nm)$ este mai mare sau egală cu tensiunea locală. În consecință, pentru circuitele conectate direct la linia de contact $U(Nm) \geq U(\max1)$, [11];

3.2.40. tensiune nominală de ținere la impuls [$U(Ni)$] - valoare a tensiunii de ținere la impuls, a echipamentului sau a unei părți a acestuia, fixată de către producător, ce caracterizează capacitatea de ținere a izolației acestuia împotriva supratensiunilor tranzitorii, [9];

NOTĂ:

$U(Ni)$ este mai mare sau egală cu tensiunea locală de vârf.

3.2.41. supratensiune - orice tensiune care are o valoare de vârf ce depășește valoarea de vârf corespunzătoare (inclusiv supratensiunile repetitive) tensiunii maxime în regim permanent, în condiții normale de funcționare, [9];

3.2.42. supratensiune temporară (TOV) - supratensiune de frecvență egală cu frecvența rețelei de alimentare, de lungă durată, [9] și [11];

NOTE:

1. Supratensiunea poate fi neamortizată sau slab amortizată. În unele cazuri, frecvența ei poate fi de câteva ori mai mică decât frecvența de alimentare.

2. O supratensiune temporară este independentă de încărcarea rețelei. Aceasta se caracterizează printr-o curbă tensiune/timp.

3.2.43. supratensiune tranzitorie - supratensiune de scurtă durată care nu depășește câteva milisecunde, care apare din cauza transferului de curent, [9];

NOTĂ:

O supratensiune tranzitorie depinde de încărcarea rețelei. Aceasta nu poate fi caracterizată printr-o curbă tensiune/timp. În esență, o supratensiune tranzitorie este rezultatul unui transfer de curent de la o sursă la o sarcină (rețea).

3.2.44. supratensiune de comutație - supratensiune tranzitorie care apare în orice punct al unei rețele din cauza unei comutații sau a unui defect, [9];

3.2.45. supratensiune de trăsnet - supratensiune tranzitorie care apare în orice punct al unei rețele din cauza unei descărcări atmosferice, [9];

3.2.46. CPPLP - conductor de protecție principal utilizat pentru legarea la pământ a părților conductoare accesibile ale ELEA. Acest conductor nu întoarce curentul de tracțiune la STEF și este parcurs doar de curentul de defect în cazul unui defect al izolației de bază. În România acest conductor se mai numește "conductor colector";

3.2.47. CPPLPCT - conductor de protecție principal utilizat pentru legarea la pământ a părților conductoare accesibile ale ELEA, dar și pentru întoarcerea unei părți din curentul de tracțiune la STEF. Condițiile de utilizare sunt precizate de SR EN 50119:2003 și SR EN 50122-1:2002;

3.2.48. fider de linie - conductor aerian susținut pe aceeași structură ca linia de contact aeriană pentru a alimenta puncte de injecție succesive. Definiție preluată din SR EN 50122-1:2002.

4. Condiții de exploatare luate în considerare în calculul și aplicarea prevederilor de protecție

4.1. Condițiile de mediu normale, precizate de [9] și [13], de care se ține seama la calcularea distanței de izolare în aer sunt:

a) temperatura aerului ambiant nu depășește 40 °C, iar valoarea ei medie, măsurată pe o perioadă de 24 ore, nu depășește 35 °C;

b) temperatura minimă a aerului ambiant este:

-10°C pentru clasa "-10°C la exterior";

-25°C pentru clasa "-25°C la exterior";

-40°C pentru clasa "-40°C la exterior";

c) altitudinea nu depășește 1.000 m deasupra nivelului mării;

d) aerul ambiant nu este în mod semnificativ poluat cu praf, fum, gaze corozive, vapori sau sare, iar poluarea nu depășește nivelul PD2 (a se vedea tabelele A.3, A.4 și anexa E din [9]);

e) în mod obișnuit există condens sau precipitații (sunt considerate următoarele forme de precipitații: roua, condensul, ceața, ploaia, zăpada, gheața și chiciura).

4.2. Condiții atmosferice de referință standardizate Condițiile atmosferice de referință standardizate, pentru care se exprimă tensiunile de încercare la ținere standardizate, [9] și [13], sunt:

- temperatura aerului: $t_0 = 20$ °C;

- presiunea aerului: $p_0 = 101,325$ kPa (1013,25 mBar), corespunzătoare nivelului mării;

- umiditatea absolută a aerului: $h_0 = 11$ g/m³.

4.3. Condiții atmosferice reale

Condițiile atmosferice (presiunea, temperatura și umiditatea aerului), luate în considerare la un anumit moment în exploatarea ELEA, vor fi numite în continuare condiții atmosferice reale.

Pentru dimensionarea DIA se vor considera cele mai dezavantajoase condiții atmosferice reale care pot să apară în exploatare.

4.4. Condiții privind funcționarea în mediu poluat

Definirea gradelor de poluare PD3, PD3A, PD4, PD4A, PD4B este necesar să se efectueze conform anexei E din [9]:

a) pentru posturi de transformare sau de autotransformare aflate în interior, cu ventilație naturală ori cu ventilație forțată cu aer curat, filtrat, provenit din exterior, și pentru cabina de conducere și compartimentul mașinilor materialului rulant, în aceleași condiții de ventilație, se va considera gradul de poluare PD3;

b) pentru posturi de transformare sau autotransformare aflate în exterior, protejate împotriva intemperiilor, se va considera gradul de poluare PD3;

c) pentru posturi de transformare sau de autotransformare aflate în interior, cu ventilație forțată cu aer nefiltrat, provenit din exterior, și pentru compartimentul mașinilor de pe materialul rulant, în aceleași condiții de ventilație, se va considera gradul de poluare PD3A;

d) pentru posturi de transformare sau de autotransformare aflate în exterior, protejate împotriva intemperiilor, și pentru izolatoare aflate în zone cu nivel scăzut de poluare, se va considera gradul de poluare PD3A;

e) pentru echipamentul electric exterior, montat pe acoperișul materialului rulant, se ia în considerare numai funcționarea în mediu cu grad de poluare PD4;

f) pentru echipamentul electric exterior, din instalațiile fixe de tracțiune electrică, neprotejat împotriva intemperiilor, se iau în considerare gradele de poluare PD4A și PD4B.

4.5. Condiții privind tensiunea și frecvența de alimentare

Tensiunile și frecvența nominală de alimentare a părților active ale ELEA și a părților active ale echipamentului de pe acoperișul materialului rulant, precum și valorile maxime normate ce se pot întâlni în exploatare sunt precizate în tabelul 4.2.3 din [11] și în tabelul 1 din prezenta normă tehnică feroviară.

a) Tensiunea nominală de alimentare a LCA este: $U(n) = 25 \text{ kV}$, la frecvența nominală de 50 Hz;

b) Tensiunea nominală de alimentare a materialului rulant este: $U(n) = 25 \text{ kV}$, la frecvența nominală de 50 Hz.

4.6. Condiții privind tensiunea nominală de izolație $U(Nm)$

4.6.1. Tensiunea nominală de izolație a LCA, $U(Nm)$, este necesar să fie cel puțin egală cu $U(max1)$ (27,5 kV), [9] și [11].

a) pentru secțiunile de linie de contact aeriană alimentate de stații de tracțiune electrică, dotate cu transformatoare de putere, cu reglaj automat al tensiunii sub sarcină, se recomandă să se ia în considerare o tensiune nominală de izolație, [9] și [11]:

$$U(Nm) \geq U(max1) = 27,5 \text{ kV}$$

b) pentru secțiunile de linie de contact aeriană alimentate de stații de tracțiune electrică, nedotate cu transformatoare de putere, cu reglaj automat al tensiunii sub sarcină, și pentru secțiunile care sunt dotate cu aparataj de comutație, se recomandă să se ia în considerare o tensiune nominală de izolație, [9] și [11]:

$$U(Nm) \geq U(max2) = 29 \text{ kV}$$

4.6.2. Pentru circuitele de alimentare în curent alternativ de pe vehiculele feroviare tensiunea nominală de izolație este precizată în [9]:

$$U(Nm) = 27,5 \text{ kV}$$

NOTĂ:

Izolația echipamentului de pe acoperișul vehiculelor feroviare față de masa metalică a acestora va fi considerată izolație funcțională, [9].

4.7. Condiții privind amplasarea liniei electrice aeriene

Limitele privind gabaritul pentru electrificare sunt precizate în [21] și [33].

a) Înălțimea minimă de amplasare a firului de contact al liniei electrice aeriene față de nivelul superior al șinelor este de 5,15 m (4,99 m pentru linia de contact amplasată pe lucrări de artă vechi) și trebuie să fie asigurată la temperatura de +47 °C și la -5 °C, cu depunerea maximă de chiciură, caracteristică zonei climatice respective; dacă nu există construcții sau instalații la distanță mai mică de 400 m, înălțimea normală a firului de contact va fi de 5,75 m, [21] și [33].

În dreptul trecerilor la nivel, înălțimea minimă a firului de contact și a celorlalte conductoare față de suprafața drumului care intersectează calea ferată va fi stabilită conform pct. 5.7.1.2 din prezenta normă tehnică feroviară.

b) Înălțimea maximă de amplasare a firului de contact față de nivelul superior al șinelor este de 6,5 m și trebuie să fie asigurată la temperatura mediului ambiant de -40°C, [21] și [33].

c) În zona peroanelor, părțile active ale liniei de contact aeriene [exclusiv firul de contact pentru care se aplică pct. 4.7 a) din prezenta normă tehnică feroviară] trebuie să nu fie amplasate la o înălțime mai mare de 5 m față de nivelul superior al șinelor.

4.8. Zona liniei de contact aeriene și zona pantografului

- zona liniei de contact aeriene și zona pantografului - zona ale cărei limite nu sunt depășite, în general, de o linie de contact aeriană ruptă sau de un pantograf rupt care este sub tensiune, în cazul în care pantograful ori fragmente rupte din acesta scapă de sub firul de contact, [8].

Accidental, structuri de susținere și echipamente pot veni în contact direct cu o linie de contact aeriană ruptă sau cu părți aflate sub tensiune ale unui pantograf rupt ori scăpat de sub firul de contact. Zona liniei de contact aeriene și zona pantografului în care este considerat probabil un astfel de contact pentru o linie de cale ferată electrificată, în aliniament, este definită în figura 2.

Dimensiunile X, Y, Z, definite și reprezentate conform [8], sunt precizate pentru tracțiunea electrică din România, în cazul când se folosesc locomotive electrice echipate cu pantografe cu lungimea saniei de 1.600 mm.

NOTE:

1. În cazul în care linia de contact aeriană părăsește axa căii ferate, zona liniei de contact aeriene trebuie extinsă corespunzător.
2. În cazul ieșirii de sub firul de contact sau al ruperii lui, pantograful poate rămâne sub tensiune fie pentru că este conectat cu un alt pantograf aflat sub tensiune, fie pentru că este în funcțiune frânarea electrică.
3. Nu se ia în considerare ruperea fiderelor sau a fiderelor de întărire deoarece probabilitatea ruperii acestora este foarte mică, ele nefiind solicitate mecanic de către captatorul de curent.
4. Pentru liniile electrificate aflate în tuneluri sau în apropierea unor lucrări de artă este necesar să se stabilească zona liniei de contact și zona pantograf, în conformitate cu gabaritele definite la pct. 3.2.27 - 3.2.31 din prezenta normă tehnică feroviară, [21].

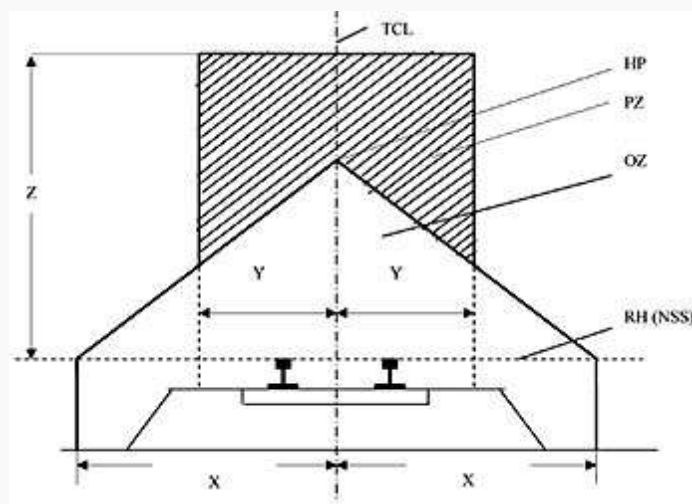


Figura 2*) - Zona liniei de contact aeriene și zona pantograf

*) Figura 2 este reprodusă în facsimil.

unde:

RH (NSS) - nivelul superior al șinelor;

HP - poziția celui mai ridicat conductor al LCA, considerat a fi poziționat în centrul căii, în orice condiții de exploatare;

OZ - zona liniei de contact aeriene (LCA);

PZ - zona pantograf;

TCL - axa centrală a liniei;

X = 5,0 m - maximul lui OZ la nivelul superior al șinelor;

Y = 1,75 m - maximul orizontal al zonei pantograf PZ (pentru pantograf de 1.600 mm);

Z = 7,6 m - înălțimea maximă a pantografului rupt deasupra RH.

NOTĂ:

Zigzagul a fost luat în considerare în cadrul dimensiunii "Y".

5. Prevederi de protecție împotriva șocului electric prin atingere directă pentru liniile de cale ferată electrificate în sistemele 1 x 25 kV, 50 Hz și 2 x 25 kV, 50 Hz

5.1. Principii de calcul

5.1.1. ELEA trebuie să fie proiectat, construit și întreținut astfel încât mijloacele de protecție utilizate împotriva atingerii directe a părților active să fie capabile să minimizeze riscul daunelor provocate persoanelor și echipamentelor.

5.1.2. Prevederile de protecție oferite de infrastructură împotriva atingerii directe a părților active ale ELEA sunt realizate prin următoarele mijloace de protecție:

a) distanțe de izolare în aer între elementele active ale ELEA și structuri de susținere, care asigură izolația de bază a LEA împotriva șocurilor electrice prin atingere directă;

b) distanțe de izolare în aer între elementele active ale ELEA și/sau între aceste elemente active și conductoarele liniilor de energie ori de telecomunicații care se află în vecinătatea căii ferate electrificate, ce asigură izolația funcțională a ELEA;

c) distanțe de izolare în aer de securitate, care asigură izolația întărită între părțile active ale ELEA și suprafețele de circulație a persoanelor, definite la pct. 3.2.21 (de exemplu, peroane, treceri la nivelul căii ferate, drumuri pietonale, rampe de descărcare etc.);

d) distanțe de izolare în aer, care asigură izolația întărită între părțile active ale ELEA și vegetația aflată în vecinătatea căii ferate electrificate;

e) distanțe de izolare pe suprafață, care asigură izolația de bază, izolația funcțională sau izolația întărită, definite la pct. 3.2.22;

f) obstacole, acolo unde distanțele de izolare în aer de securitate, definite la pct. 3.2.26, nu se pot obține;

g) măsuri de protecție împotriva escaladării și intrării persoanelor neautorizate în zonele cu acces restricționat, zone definite la pct. 3.1.6.

5.1.3. Toate mijloacele de protecție enumerate la pct. 5.1.2 vor fi dimensionate în mod obligatoriu pentru cele mai grele condiții de exploatare la locul lor de amplasare, descrise la pct. 4, și luând în considerare cel puțin următoarele:

a) condițiile atmosferice reale cele mai dezavantajoase de presiune, temperatură și umiditate;

NOTĂ:

Pentru presiune se va considera presiunea atmosferică medie a locului, determinată de altitudinea locului față de nivelul mării. În cazul unei secțiuni de alimentare, se va considera valoarea maximă a acesteia pentru întreaga secțiune.

b) condițiile electrice privind:

- tensiunea nominală a sistemului de alimentare, tensiunea locală, tensiunea nominală de izolație a secțiunii;
- funcționarea la supratensiuni atmosferice și de comutație;
- tensiunea nominală de ținere la impuls 1,2/50 μ s;
- forma elementelor din echipamentul electric între care se află distanța de izolare în aer și modelul fizic care descrie cel mai bine fenomenele electrice legate de omogenitatea câmpului electric (tipul de electrozi: vârf-plan, plan-plan, sferă-plan, conductor-plan paralel);
- tipul de izolație pe care îl asigură respectiva prevedere de protecție;
- valoarea intensității curentului maxim de scurtcircuit la locul unde se aplică prevederea de protecție și prejudiciile care pot fi determinate de acest curent.

c) condițiile de funcționare în mediu poluat definite la pct. 4.4.

d) condițiile de încărcare mecanică (în stare statică și în stare dinamică) pentru ELEA.

5.1.4. Distanțele minime de izolare pe suprafață care asigură izolația de bază sau izolația funcțională se dimensionează conform pct. G2 din anexa G la [9] și sunt mai mari sau cel puțin egale cu distanțele minime de izolare în aer considerate pentru aceeași tensiune nominală de izolație pentru cele două tipuri de izolație amintite. Reducerea distanțelor de izolare pe suprafață nu este permisă în cazul când acestea asigură izolația funcțională sau izolația de bază.

5.1.5. Distanțele minime de izolare pe suprafață care asigură izolația întărită se dimensionează pentru $2 \times U(Nm)$, unde $U(Nm)$ este tensiunea nominală de izolație corespunzătoare tensiunii nominale de alimentare, [9].

5.2. Clasificarea distanțelor de izolare în aer care asigură diverse tipuri de izolație

5.2.1. În textul prezentei norme tehnice feroviare distanțele de izolare în aer care asigură diverse tipuri de izolație vor fi clasificate în funcție de valorile pe care le pot lua, [9], astfel:

a) distanțele de izolare în aer care asigură izolația de bază și izolația suplimentară sunt:

- normale;
- sporite.

b) distanțele de izolare în aer care asigură izolația funcțională pot fi:

- sporite;
- normale;
- reduse.

c) distanțele de izolare în aer de securitate care asigură izolația întărită între părțile active ale ELEA și suprafețele de circulație a persoanelor (a se vedea pct. 5.4.2.1) pot fi:

- normale;
- sporite.

NOTĂ:

Pentru DIA de la pct. a) și b) trebuie să fie prevăzută cel puțin valoarea distanței de izolare precizată în tabelele B.1 - B.10 din anexa B.

5.2.2. În lipsa altor precizări, categoria distanței de izolare în aer, care urmează să fie adoptată pentru infrastructura nouă și modificată, trebuie să fie cea corespunzătoare distanțelor de izolare în aer normale.

Categoria distanței de izolare în aer, ce urmează a fi adoptată pentru vehicule de cale ferată noi care tranzitează secțiunile electrificate existente în România, trebuie să fie normală, în afara cazului în care se poate demonstra că nu este rezonabil să se aplice aceasta.

5.2.3. Pentru izolația funcțională a infrastructurii noi de electrificare și a infrastructurii de electrificare care face obiectul unor modificări asupra secțiilor existente, acolo unde poate fi demonstrat că nu este practic rezonabil să se prevadă distanțe de izolare în aer normale, adoptarea distanțelor de izolare în aer reduse trebuie să fie permisă când justificarea sa poate fi făcută pe baza următoarelor aspecte:

a) evaluarea riscului pentru distanțe de izolare în aer normale și utilizarea acestora sunt inadecvate din punct de vedere practic;

b) aplicarea unor măsurări de control corespunzătoare pentru DIA reduse;

c) existența unui sistem de apreciere competentă a tuturor acestor evaluări, pus în funcțiune de către deținătorul de infrastructură care păstrează înregistrările lor.

Când sunt îndeplinite condițiile prevăzute la lit. a), evaluarea probabilității și consecințele rezultate trebuie să includă, dar nu trebuie să fie limitate la:

- măsurări de control folosite pentru a reglementa acei factori care contribuie la realizarea DIA reduse;
- caracteristicile electrice ale sistemului de electrificare;
- valoarea curentului de defect care rezultă dintr-o defecțiune a distanței de izolare în aer;
- aplicarea și menținerea toleranțelor poziției ELEA și a structurii de susținere;
- vulnerabilitatea ELEA și a infrastructurii de a se defecta la apariția unei defectări a distanței de izolare în aer;
- consecințele pentru siguranța persoanelor, care pot apărea la o micșorare accidentală a distanței de izolare în aer;
- în cazul când se consideră corespunzătoare folosirea unor soluții tehnice speciale, ele trebuie să fie folosite după ce evaluarea lor a fost însușită de deținătorul de infrastructură și după ce soluția a fost reglementată pe baza secțiunii de conformitate a acestei norme;
- considerente tehnico-economice;

d) deținătorul de infrastructură trebuie să păstreze o înregistrare a tuturor acelor evaluări de cazuri unde au fost adoptate distanțe de izolare în aer reduse pentru izolația funcțională.

NOTĂ:

Procesul de mai sus, referitor la clasificarea distanțelor de izolare în aer pentru un sistem de alimentare, este precizat în schema logică de la pct. B.2 din anexa B. Valorile DIA pentru fiecare categorie a distanțelor de izolare în aer sunt precizate în condiții atmosferice de referință standardizate, cu expunere la ultraviolete:

- în tabelele B.1, B.3, B.5, B.7 și B.9 din anexa B pentru electrozi vârf-plan (câmp neomogen); valorile DIA din aceste tabele sunt acoperitoare pentru toate cazurile de electrozi întâlnite în practică;
- în tabelele B.2, B.4, B.6, B.8 și B.10 din anexa B numai pentru electrozi sferă-plan sau plan-plan (câmp omogen).

5.3. Protecția prin distanțe de izolare în aer care asigură izolația de bază și izolația funcțională în instalațiile fixe de tracțiune electrică

5.3.1. În calculul valorilor distanțelor de izolare în aer care asigură izolația de bază și izolația funcțională în instalațiile fixe de tracțiune electrică trebuie să fie luate în considerare următoarele:

- a)** tensiunile nominale ale sistemului de alimentare (între părțile active și/sau între părțile active și pământ);
- b)** tensiunile cele mai ridicate ale sistemului de alimentare pentru ELEA;

- c) tensiunile nominale de izolare pentru ELEA;
- d) tensiunea locală (așa cum este definită la pct. 3.2.34 al prezentei norme tehnice feroviare);
- e) cele mai grele condiții atmosferice (presiune, temperatură, umiditate) care pot să apară în locul de amplasare a instalațiilor în care se iau măsurile de protecție;
- f) cele mai grele condiții privind funcționarea în mediu poluat;
- g) cele mai grele condiții privind funcționarea la supratensiuni de comutație și descărcări atmosferice și modul de protecție împotriva supratensiunilor (protecție intrinsecă sau protecție cu descărcătoare de tensiune);
- h) dimensiunile vehiculelor feroviare, luând în considerare gabaritul de încărcare static și gabaritul de încărcare cinematic, poziția și toleranțele căii ferate, efectele curburii orizontale și verticale, numărul de pantografe și distanța între acestea, [21];
- i) poziția și dimensiunile părților active ale ELEA permise pentru instalație și toleranțele de întreținere, înălțări și alte mișcări dinamice, mișcări datorate vântului, temperaturii și condițiilor de sarcină, [4], [5] și [7];
- j) poziția părților active de pe vehiculul feroviar motor, inclusiv pantografele (poziția acestora trebuie să fie permisă de: gabaritul cinematic al pantografului, poziția și toleranțele căii ferate, [8]), construcția și toleranțele de întreținere ale vehiculului, efectele curburii orizontale și verticale, îmbrăcămintea de carbon a pantografului, mișcările dinamice și deflexiunile ramei pantografului.

NOTE:

1. În cuprinsul prezentei norme tehnice feroviare, atunci când se face o referire la distanțe de izolare în aer, toate izolatoarele conectate la o parte activă a ELEA trebuie considerate ca părți active.
2. Toate distanțele de izolare în aer, dimensionate în articolele care urmează, vor reprezenta, dacă nu se face o altă precizare în text, valorile minime care trebuie respectate pentru realizarea prevederilor de protecție respective.
3. Pentru fiecare caz de utilizare a distanței de izolare în aer se vor analiza individual condițiile de exploatare cele mai grele care vor fi luate în considerare pentru dimensionarea acestei distanțe.
4. Valorile minime ale distanțelor de izolare în aer pot fi majorate de proiectant pentru cerințe și condiții de exploatare specifice în vederea îmbunătățirii gradului de siguranță.
- 5.3.2. Dimensionarea mijloacelor de protecție prevăzute la pct. 5.1.2 se efectuează după o împărțire, în prealabil, a circuitelor electrice analizate în secțiuni caracterizate de condițiile de exploatare prevăzute la pct. 4, utilizând una dintre cele două metode de calcul pentru tensiunea nominală de ținere la impuls $U(Ni)$, reglementate în [9]. La pct. B.1, anexa B,

din prezenta normă tehnică feroviară se precizează schema logică de calcul ce trebuie urmată în vederea determinării $U(N_i)$ pentru secțiunile dintr-un circuit electric.

5.3.3. Pentru dimensionarea distanțelor minime de izolare în aer care asigură izolația de bază sau izolația funcțională se va lua în considerare tensiunea nominală de ținere la impuls $U(N_i)$, conform tabelelor 1, 2 și C.1 din prezenta normă tehnică feroviară.

NOTĂ:

Pentru distanțele de izolare în aer care asigură izolația de bază sau izolația funcțională nu se admit valori mai mici decât cele precizate de prezenta normă tehnică feroviară.

Tabelul 1 - Tensiunile nominale de izolație între părțile active ale ELEA aflate la tensiuni nominale permanente diferite și între aceste părți active și structurile de susținere

Caracteristicile tensiunii sistemului de alimentare în curent alternativ [11].						Tensiunea nominală de izolație în curent alternativ corespunzătoare sistemului de alimentare și condițiilor de exploatare pe secțiunea respectivă, recomandată de [7] și [9] $U(N_m)$ [kV(ef)]
Tensiunea nominală permanentă a LCA față de pământ [kV(ef)]	Diferența de fază [grade]	Tensiunea nominală permanentă între diverse părți ale ELEA $U(n)$ [kV(ef)]	Tensiunea permanentă cea mai ridicată (pentru $t > 300$ s) $U(\max 1)$ [kV(ef)]	Tensiunea temporară maximă pentru $0,5 < t \leq 300$ s $U(\max 2)$ [kV(ef)]	Supratensiunea de lungă durată cea mai ridicată la $t = 20$ ms $U(\max 3)$ [kV(ef)]	
25 Cazul a) de la pct. 5.3.5.	-	25	27,5	29	38,75	27,5 [vezi 4.6.1 a)] sau 29 [vezi 4.6.1 b)]
25 Cazul b) de la pct. 5.3.5.	120	$25 \times \sqrt{3}$	$27,5 \times \sqrt{3}$	50,23	67,11	$\sqrt{3} \times 27,5$ [vezi 4.6.1 a)] sau $\sqrt{3} \times 29$ [vezi 4.6.1 b)]
25 Cazurile c) și d) de la pct. 5.3.5.	180	25×2	$27,5 \times 2$	58	77,49	$2 \times 27,5$ [vezi 4.6.1 a)] sau 2×29 [vezi 4.6.1 b)]

NOTĂ:

În tabelul 1, valorile din coloanele pentru care unitatea de măsură este precizată în kV(ef) reprezintă valori eficace.

5.3.4. În cazul utilizării unui dispozitiv de comutație destinat întreruperii alimentării unei instalații întregi sau unei secțiuni a acesteia, tensiunea nominală de ținere la impuls $U(Ni)$ (determinată cu metoda de calcul 1 din [9]) și distanțele de izolare în aer corespunzătoare trebuie majorate cu 25%, [9].

5.3.5. Corelarea tensiunilor nominale de izolare $U(Nm)$ cu tensiunile nominale permanente ale rețelei de alimentare $U(n)$
Corelarea tensiunilor nominale de izolare $U(Nm)$ (în condițiile de la pct. 4.2) cu tensiunile nominale permanente între diverse părți active ale ELEA și dintre acestea și structurile de susținere se va efectua conform tabelului 1, ținându-se seama de următoarele cazuri:

a) linii convenționale de curent alternativ cu tensiunea nominală a liniei de contact față de structurile de susținere 25 kV și 50 Hz;

b) linii convenționale de curent alternativ cu tensiunea nominală a liniei de contact față de structurile de susținere, 25 kV și 50 Hz, care alimentează secțiuni de cale ferată electrificată adiacente alimentate din rețeaua publică trifazată de înaltă tensiune, cu tensiuni între faze defazate cu 120 de grade; tensiunea nominală între secțiunile adiacente este $\sqrt{3} \times 25$ kV;

c) linii convenționale de curent alternativ cu tensiunea nominală a liniei de contact față de structurile de susținere, 25 kV și 50 Hz, care alimentează secțiuni de cale ferată electrificată adiacente alimentate cu tensiuni defazate cu 180 grade, tensiunea nominală longitudinală între cele două secțiuni adiacente ale liniei electrice aeriene fiind 50 kV, 50 Hz;

d) linii convenționale de curent alternativ cu tensiunea nominală a liniei de contact față de pământ de 25 kV, 50 Hz, cu autotransformatoare și fider pentru autotransformatoare (sistem 2 x 25 kV); între acest fider pentru autotransformatoare și pământ tensiunea nominală este 25 kV, 50 Hz; între linia de contact și fiderul pentru autotransformatoare tensiunea nominală este 50 kV.

5.3.6. Corelarea tensiunii nominale de ținere la impuls $U(Ni)$ pentru o secțiune de circuit cu tensiunea nominală de izolație $U(Nm)$, pentru diverse categorii de supratensiune

5.3.6.1. În cazul utilizării metodei 1 pentru determinarea tensiunii nominale de ținere la impuls $U(Ni)$ a unei secțiuni de circuit, prezentată la pct. 2.2.2.1 din [9], se recomandă folosirea valorilor din tabelul 2, stabilite pentru diverse tensiuni nominale de izolație $U(Nm)$, pentru categoriile de supratensiuni OV3, OV4, în regim static, (vezi tabelul A2 din [9]).

Tabelul 2 - Tensiunile nominale de ținere la impuls $U(Ni)$ în funcție de tensiunile nominale de izolație ale diverselor circuite $U(Nm)$ și de categoriile de supratensiune care caracterizează exploatarea acestora.

	Tensiunea nominală de ținere la impuls $U(Ni)$ [kV]
--	---

Tensiunea nominală de izolație U(Nm) [kV(vârf)]	OV3 - circuite legate direct la linia de contact, fără protecție împotriva supratensiunilor și care nu sunt expuse la supratensiuni atmosferice; - circuite de energie de tracțiune care au dispozitiv de protecție cu care se reduc supratensiunile atmosferice și de comutație.	OV4 - echipament ELEA, inclusiv cel situat în PS, PSS, linii de energie, care sunt expuse supratensiunilor atmosferice, având o protecție intrinsecă împotriva supratensiunilor atmosferice și de comutație; - circuite legate direct la linia de contact, care nu au dispozitiv de protecție împotriva supratensiunilor atmosferice și de comutație, dar care sunt expuse acestor supratensiuni.
27,5 kV - instalații fixe 1 x 25 kV, exterioare - cazul a) prevăzut la pct. 5.3.5 și a) prevăzut la pct. 4.6.1.	170	200
27,5kV - instalații fixe 1 x 25 kV, exterioare - cazul a) prevăzut la pct. 5.3.5 și a) prevăzut la pct. 4.6.1.	170	200
29kV - instalații fixe 1 x 25 kV, exterioare/prescripții speciale - cazul a) prevăzut la pct. 5.3.5 și b) prevăzut la pct. 4.6.1.	200/250*	250/325*
1,73 x 27,5 kV - instalații fixe - cazul b) prevăzut la pct. 5.3.5 și a) prevăzut la pct. 4.6.1.	294	346
1,73 x 29 kV - instalații fixe/prescripții speciale - cazul b) prevăzut la pct. 5.3.5 și b) prevăzut la pct. 4.6.1.	346/433*	433/562*
2 x 27,5 kV - instalații fixe 2 x 25 kV - cazurile c) și d) prevăzute la pct. 5.3.5 și a) prevăzut la pct. 4.6.1.	340	400
2 x 29 kV - instalații fixe/condiții speciale - cazurile c) și d) prevăzute la pct. 5.3.5 și b) prevăzut la pct. 4.6.1.	400/500*	500/650*

NOTE:

1. Valorile din acest tabel sunt valabile pentru instalații fixe de tracțiune electrică, în condiții atmosferice de referință standardizate și pentru mediu nepoluat (gradul de poluare nu depășește nivelul PD2 (vezi pct. 4.1 din prezenta normă tehnică feroviară). În cazurile de mediu poluat (gradele de poluare PD4A și PD4B), valorile tensiunilor nominale de ținere la impuls se vor majora corespunzător anexei C la prezenta normă.

2. În tabelul anterior cazurile cu prescripții speciale (*) se referă, de exemplu, la situațiile în care intervin supratensiuni temporare datorită aparatelor de comutație (vezi pct. 5.3.4 din prezenta normă tehnică feroviară).

5.3.6.2. În cazul utilizării metodei 2, precizată la pct. 2.2.2.2 din [9], tensiunea nominală de ținere la impuls $U(Ni)$ se va stabili în urma calculului supratensiunilor de comutație pentru secțiunea respectivă, reținându-se valoarea maximă a acestora.

5.3.7. Corelarea distanțelor de izolare în aer cu tensiunile nominale de ținere la impuls $U(Ni)$ pentru diverse grade de poluare

Correspondența dintre distanțele de izolare în aer - tensiuni nominale de ținere la impuls 1,2/50 μ s, în condițiile pct. 4.2, pentru electrozi vârf-plan este precizată în tabelul C.1 din anexa C la prezenta normă tehnică feroviară, în [9] și [13].

NOTE:

1. Valorile precizate în tabelul C.1 sunt acoperitoare pentru celelalte tipuri de electrozi întâlnite în practică (sferă-plan, plan-plan și conductor-plan paralel).

2. În cazurile când condițiile atmosferice reale diferă de condițiile atmosferice prevăzute la pct. 4.2 se vor corecta valorile tensiunilor nominale de ținere la impuls 1,2/50 μ s precizate în tabelul C.1, utilizându-se relațiile de calcul prevăzute la pct. E.1 din anexa E la prezenta normă tehnică feroviară.

3. În cazurile practice când DIA între diverse elemente sub tensiune din exploatare sau între acestea și pământ pot fi modelate prin DIA cu electrozi sferă-plan ori plan-plan, se vor folosi relațiile de calcul și de corecție cu condițiile atmosferice reale precizate la pct. E.2 din anexa E.

5.3.8. Distanțe de izolare în aer care asigură izolația funcțională la traversările liniilor electrice aeriene peste calea ferată electrificată

Traversările liniilor electrice aeriene de înaltă tensiune peste calea ferată electrificată se vor executa în conformitate cu normativul [4] și vor respecta instrucțiunile de protecția muncii din [2] și [3].

5.3.9. Distanțe de izolare în aer care asigură izolația funcțională la traversările liniilor aeriene de telecomunicații peste calea ferată electrificată

Lucrările privind traversarea aeriană a liniei de cale ferată electrificată de către liniile aeriene de telecomunicații se vor executa numai cu cabluri cu fibre optice, fără elemente conductoare, cu respectarea:

- distanțelor de izolare în aer minime prevăzute la pct. 5.3.5 și 5.3.7;
- normativelor de proiectare și de execuție specifice lucrărilor de telecomunicații care folosesc fibre optice;
- instrucțiunilor de protecția muncii precizate la [2] și [3].

5.4. Protecția realizată prin distanțe de izolare în aer de securitate în instalațiile fixe de tracțiune electrică

5.4.1. Cerințe constructive generale

5.4.1.1. ELEA trebuie să fie proiectat, executat și întreținut astfel încât părțile active ale acestuia să fie poziționate pentru a se minimiza riscul de daune provocate persoanelor aflate pe suprafețele de circulație din zonele publice și din zonele cu acces restricționat.

5.4.1.2. Părțile active ale ELEA trebuie să se întindă numai peste căile ferate pentru care ele sunt necesare pentru a asigura alimentarea cu energie electrică a trenurilor electrice, iar zonele adiacente trebuie să fie prevăzute doar pentru susținerea, tensionarea și poziționarea acestor părți active.

Cu excepția izolatoarelor, părțile active ale ELEA nu trebuie să fie extinse peste liniile neelectrificate, dincolo de capătul liniilor secundare ori peste platforme sau pasaje aeriene.

Poziționarea părților active ale ELEA deasupra intervalelor largi dintre căi, deasupra pozițiilor de securitate și culoarelor de acces trebuie să fie evitată acolo unde este practic posibil.

5.4.1.3. Izolatoarele asociate cu părțile active ale ELEA nu trebuie să fie situate deasupra unor platforme sau pasaje aeriene, exceptând cazurile de dificultate specială în care este permis ca până la jumătate din înălțimea izolatorului să fie poziționată deasupra platformei ori pasajului aerian.

5.4.1.4. Pe toate structurile de susținere ale liniei electrice aeriene și pe gardurile împrejmuitoare ale instalațiilor de înaltă tensiune se vor monta indicatoare de securitate (a se vedea anexa B din [8] și [15]).

5.4.1.5. Pe pasarelele și pe lucrările de artă care supratraversează linia de contact sau sunt învecinate cu o linie de contact se vor prevedea panouri de protecție pentru a se evita posibilitatea atingerii acestuia cu obiecte lungi.

5.4.1.6. Pe toate pasarelele și podurile destinate trecerii publicului se vor monta indicatoare de securitate cu condițiile tehnice din [15] și indicatoare cu inscripția: "Staționarea pe pod este interzisă".

5.4.1.7. Toate drumurile de acces la/pe lângă linie (excluzând suprafețele de circulație a persoanelor) trebuie să fie realizate la nivelul șinelor sau mai jos. Acolo unde aceasta nu este posibil de realizat vor fi luate alte măsuri pentru a reduce riscurile asociate cu pericolele de natură electrică (de exemplu, obstacole masive, parapete).

5.4.1.8. În zona persoanelor, la trecerile la nivel și trecerile pietonale se vor monta indicatoare care să arate zonele permise și zonele interzise circulației publicului. De asemenea, se vor afișa reguli de comportare destinate publicului.

5.4.1.9. În cazul lucrărilor noi se interzice punerea sub tensiune a LCA și a echipamentului aferent dacă nu s-au efectuat lucrările de avizare a documentației tehnice sau dacă nu s-a obținut de către constructor avizul de punere în funcțiune conform reglementărilor în vigoare.

5.4.1.10. După darea în funcțiune a unui tronson de linie electrificată, linia de contact se consideră permanent sub tensiune.

5.4.2. Dimensionarea distanțelor de izolare în aer de securitate

5.4.2.1. Pentru dimensionarea distanțelor minime de izolare în aer de securitate, în cazul în care nu se face altă precizare în prezenta normă tehnică feroviară, se va considera că tensiunea de ținere la impuls $U(N_i)$ este 160% din tensiunea de ținere la impuls pentru distanța de izolare în aer care asigură izolația de bază considerată la pct. 5.3.3-5.3.5 din prezenta normă tehnică feroviară.

NOTĂ:

Pentru distanțele de izolare în aer de securitate nu se admit valori mai mici decât cele precizate de prezenta normă tehnică feroviară.

5.4.2.2. Distanțe de izolare în aer de securitate care asigură izolația întărită între părțile active ale ELEA și persoanele de pe suprafețele de circulație

Distanțele minime de izolare în aer de securitate, care asigură izolația întărită de la o suprafață de circulație accesibilă persoanelor până la părțile active ale ELEA trebuie să fie executate conform pct. 5.1.2.1 și figurii 14 din [8] sau așa cum s-au modificat prin anexa G la standardul [9].

Pentru zonele publice:

- minimum 2,25 m lateral și sub suprafața de staționare;
- minimum 3,5 m deasupra suprafeței de staționare.

Pentru zona cu acces restricționat:

- minimum 1,5 m lateral și sub suprafața de staționare;
- minimum 2,75 m deasupra suprafeței de staționare.

NOTE:

1. Distanțele minime de izolare în aer de securitate de mai sus trebuie să se aplice în cele mai grele condiții de temperatură și de încărcare a liniei de contact întâlnite în exploatare, [22].

2. Distanțele minime de izolare în aer de securitate prevăzute la pct. 5.4.2.2 au fost stabilite presupunând că atingerea părților active accesibile, în linie dreaptă, de către o persoană de pe suprafața de staționare, se efectuează direct, fără a folosi diferite obiecte.

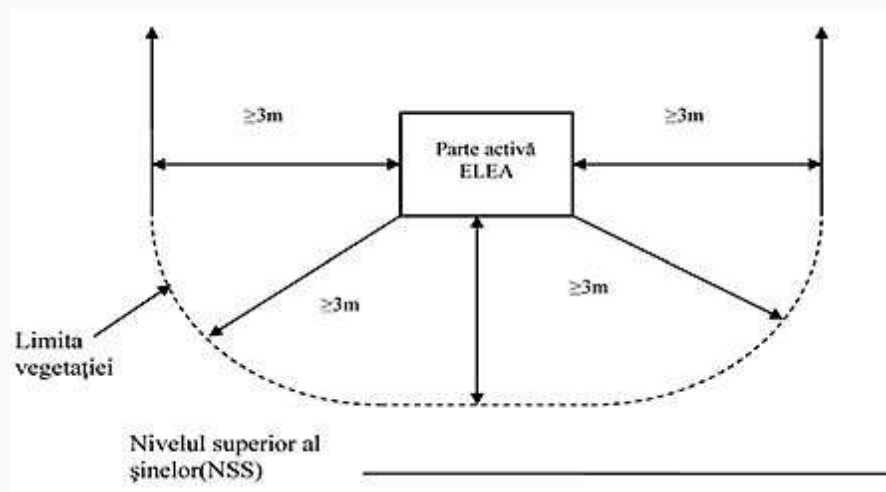


Figura 3*) - Distanțe de izolare în aer care asigură izolația întărită față de vegetație

*) Figura 3 este reprodusă în facsimil.

5.4.2.3. Distanțe de izolare în aer care asigură izolația întărită între părțile active ale EMEA și suprafețele pentru lucrători/personalul de întreținere

În lipsa altor precizări în instrucțiunile de exploatare, distanțele de izolare în aer care asigură izolația întărită între părțile active ale EMEA și suprafețele de circulație pentru lucrători/personalul de întreținere vor fi dimensionate conform pct. 5.1.2.2 din [8].

NOTĂ:

Nu sunt incluse aici copertinele din stații, platformele de lucru și podelele de lucru la pasarelele semnalelor, platformele de lucru la semnale, scările mobile pentru lucrări de întreținere, nacelele hidraulice, platformele de lucru ale vehiculelor utilizate exclusiv pentru efectuarea de lucrări la sau în vecinătatea liniei de contact aeriene.

5.4.2.4. Distanțe de izolare în aer care asigură izolația întărită între părțile active ale ELEA și vegetație

Vegetația de pe părțile laterale ale unei linii de cale ferată electrificată trebuie să fie astfel administrată încât să se mențină o distanță minimă de izolare în aer de 3 m, care să asigure izolația întărită între vegetație și părțile active ale ELEA, și pentru a menține fără vegetație spațiul vertical deasupra părților active conform pct. 5.1.2.5 din [8] (a se vedea figura 3 din prezenta normă tehnică feroviară). În anexa D sunt stabilite cerințele obligatorii pentru sistemul de administrare a vegetației în vederea obținerii distanței de izolare în aer între părțile active ale ELEA și vegetație, precizată mai sus.

5.4.2.5. Încărcarea și descărcarea vagoanelor de cale ferată

a) Operațiunile de încărcare și descărcare a diverselor produse și mărfuri în/din vagoanele de cale ferată descoperite sunt permise în cazul în care ELEA al căii ferate respective este scos de sub tensiune și pus la pământ.

b) Operațiunile de încărcare și descărcare se pot efectua și cu ELEA sub tensiune, cu respectarea normelor specifice de protecția muncii [2] și [3] și a unei distanțe de izolare în aer de cel puțin 1,5 m, care să asigure izolația întărită între părțile active ale ELEA și oamenii, mărfurile sau utilajele cu care aceștia lucrează. În cazul în care, în timpul operațiunilor de încărcare-descărcare, această distanță nu se poate respecta în mod sigur, se va scoate în mod obligatoriu ELEA de sub tensiune și se va pune la pământ.

c) Vagoanele de cale ferată descoperite, încărcate, care circulă pe liniile electrificate, trebuie să respecte gabaritul de încărcare static, gabaritul de încărcare cinematic și gabaritul de liberă trecere pe liniile electrificate, [21] și [33].

d) În cazul încărcăturilor negabaritice pe liniile electrificate, trebuie să se respecte prevederile din [21], art. 14, privind asigurarea distanței minime de izolare în aer pe verticală între partea superioară a încărcăturii și firul de contact sau orice alt conductor sub tensiune.

Dacă aceste distanțe de izolare în aer nu se pot respecta, este obligatoriu să se scoată linia de sub tensiune, [21].

e) Fiderele sau fidelele de linie pot fi amplasate deasupra drumurilor de încărcare sau deasupra platformelor de încărcare doar în cazuri deosebite, când nu există altă soluție. În astfel de cazuri, ele trebuie dispuse la cel puțin 12 m înălțime deasupra drumului sau platformei de încărcare, conform pct. 5.1.2.4 din [8].

5.4.2.6. Lucrări de reparații curente și de întreținere în apropierea LCA

Manipularea materialelor și utilajelor în apropierea LCA se va desfășura cu respectarea obligatorie a normelor specifice de protecția muncii prevăzute în [2].

Distanțele de izolare în aer de securitate între elementele active ale ELEA și personalul angajat, materialele, utilajele și obiectele de orice fel cu care acesta lucrează nu trebuie să fie mai mici de 1,5 m, [2].

5.4.3. Dimensionarea distanțelor de izolare care asigură izolația pe suprafață

5.4.3.1. Pentru dimensionarea distanțelor de izolare pe suprafață, folosite pentru asigurarea izolației de bază, a izolației funcționale și a izolației întărite, este necesar să se țină seama de tensiunile de ținere la impuls 1,2/50 μ s, cu probabilitatea de ținere de 90%, în cele mai grele condiții atmosferice, conform pct. E.1 al anexei E la prezenta normă tehnică feroviară; nu se admit valori mai mici pentru aceste distanțe de izolare pe suprafață.

5.4.3.2. Dimensionarea distanțelor de izolare pe suprafață, care asigură, împreună cu distanțele de izolare în aer, izolația dublă sau întărită, se efectuează ținându-se seama că tensiunea nominală de izolație $U(Nm)$ trebuie să fie dublul tensiunii nominale de izolație impusă pentru izolația de bază (pct. G2, anexa G din [9]). Nu se admit valori mai mici.

5.4.4. Stingerea incendiilor în instalațiile de LCA

Organizarea și desfășurarea activității de prevenire și de stingere a incendiilor în instalațiile de LCA se realizează conform reglementărilor specifice acestui domeniu.

Se interzice stingerea cu apă sau cu soluții lichide a obiectelor incendiate din cadrul/apropierea LCA, dacă nu se asigură o distanță de cel puțin 7 m până la oricare dintre liniile de contact aeriene aflate sub tensiune, [2].

5.5. Protecție prin obstacole

5.5.1. Reguli generale

În cazurile când distanțele de izolare în aer de securitate prevăzute la pct. 5.4 nu se pot obține, trebuie să se amplaseze un obstacol între părțile active și suprafața de staționare.

Cu excepția cazurilor specificate mai jos, obstacolele trebuie să fie în concordanță cu cerințele pentru "obstacole" așa cum se stabilește în capitolul "Generalități", secțiunea 5.1.3.1 sau 5.1.3.1 din [8], corespunzător tensiunii 25 kV, 50 Hz.

Obstacolele trebuie să fie dimensionate și poziționate astfel încât distanța de fir întins de la părțile active expuse la suprafața de staționare să fie de cel puțin 2,75 m.

Obstacolele trebuie să fie construite robust și sigur pentru a preveni modificarea lor neautorizată și să fie proiectate astfel încât să nu faciliteze escaladarea lor.

5.5.2. Obstacolele din zonele publice trebuie să fie din construcție de zidărie plină care poate fi conductoare sau neconductoare. Obstacolele din material conductiv trebuie să fie legate la șină în concordanță cu cerințele din [8]. Obstacolele de pe liniile electrificate în sistemul 25 kV, 50 Hz trebuie să fie dimensionate și poziționate în concordanță cu cerințele pentru "obstacole" din secțiunea 5.1.3.3 și figura 18 din [8].

5.5.3. Obstacolele din zonele restrictive trebuie să fie ori din construcție de zidărie plină sau din plasă dimensionată corespunzător, dintr-un material conductiv la cel puțin IP2x, așa cum este descris în [12]. Obstacolele din material conductiv trebuie să fie legate la pământ, [8]. Obstacolele pentru liniile electrificate în 25 kV, 50 Hz trebuie să fie dimensionate și poziționate în concordanță cu cerințele privind obstacolele din [8] (secțiunea 5.1.3.2 și figurile 16 și 17 din [8]).

Distanțele de izolare în aer dintre obstacol și părțile active trebuie să fie determinate în concordanță cu pct. 5.3.5 de mai sus, corespunzător cu distanțele de izolare în aer normale, cu o toleranță suplimentară de 100 mm pentru obstacolele construite din plasă.

5.6. Protecție antiescaladare

În cazurile când structurile de susținere ale ELEA și orice accesorii asociate, construcțiile sau alte structuri care susțin părțile active ale ELEA, sunt din proiectare ușor de escaladat și există o interdicere a accesului publicului la aceste structuri de susținere, trebuie prevăzută protecția antiescaladare, în conformitate cu [8].

Accesul la scările fixe folosite în instalațiile fixe de tracțiune electrică trebuie să fie interzis în zonele publice cu posibilitatea de nerespectare.

Modurile de acces la orice acoperiș sau la alte locuri care ar permite oamenilor să se apropie de părțile active ale ELEA trebuie să fie securizate sau protejate în alt mod.

5.7. Protecția trecerilor la nivel

Următoarele precizări se referă la trecerile la nivel care se înființează la intersecția unui drum, inclusiv drumuri de acces sau stradă, cu:

- linii de cale ferată electrificate;
- linii de cale ferată industrială electrificate și aflate în exteriorul întreprinderilor, care au condițiile tehnice stabilite de [16].

5.7.1. Treceri la nivel pentru drumuri publice

5.7.1.1. Înălțimea maximă a vehiculelor rutiere, cu tot cu încărcătură, de pe orice fel de drum public este de 4 m, stabilită în conformitate cu anexa 2 din [34].

NOTĂ:

În cazul în care înălțimea unui vehicul, cu tot cu încărcătură, la o trecere la nivel, pe un drum public, depășește înălțimea precizată la pct. 5.7.1.1, circulația vehiculului se va efectua în baza unei autorizații eliberate de Inspectoratul General al Poliției Române (sau de inspectoratul de poliție județean, Serviciul poliție rutieră), cu avizul organelor de exploatare a căii ferate electrificate.

5.7.1.2. Înălțimea minimă a celei mai coborâte părți active a ELEA deasupra suprafeței drumului unei treceri la nivel, în cele mai rele condiții de temperatură și încărcare, trebuie să fie așa cum se precizează în tabelul 3 din prezenta normă tehnică feroviară (vezi [8] și [21]). Distanța minimă de izolare în aer de securitate precizată în acest tabel este considerată peste înălțimea maximă de 4 m pentru orice vehicul rutier (inclusiv încărcătura) și orice fel de drum, [27] și [30].

Tabelul 3 - Distanțele de izolare în aer de securitate la trecerile la nivel pe drumurile publice

Sistemul de electrificare	Înălțimea minimă a celei mai coborâte părți active a ELEA, deasupra suprafeței drumului unei treceri la nivel pe un drum public, în cele mai rele condiții de temperatură și de încărcare, [8] - mm -	Distanța minimă de izolare în aer de securitate de la partea activă până la cel mai înalt punct al vehiculului rutier, inclusiv încărcătura - mm -
25 kV, 50 Hz	5.500	1.500

5.7.1.3. Trecerile la nivel pentru drumurile publice trebuie să fie prevăzute cu:

- indicatoare pentru circulația rutieră simbolizate, executate și amplasate conform [17], [18] și [19];
- indicatoare pentru circulația feroviară reprezentate de indicatoarele de fluier care trebuie să fie montate în apropierea trecerilor la nivel, de-a lungul liniilor de cale ferată, executate și montate conform [16];
- instalații de semnalizare pentru circulația rutieră (bariere, porți de gabarit), poziționate și executate conform [16];
- parapete rigide sau deformabile pentru dirijarea circulației rutiere, precum și pentru a împiedica ieșirea vehiculelor de pe platforma drumului sau a străzii în zona de traversare a căii ferate, executate și amplasate conform [16].

5.7.2. Treceri la nivel private

Înălțimea minimă a părților active ale ELEA la trecerile la nivel private trebuie să fie stabilită conform tabelului 3 prevăzut la pct. 5.7.1.2 din prezenta normă tehnică feroviară și [16].

Acest tip de treceri la nivel vor fi construite și vor fi prevăzute cu indicatoare și note de avertizare, conform [16]; nu vor fi prevăzute porți de gabarit de înălțime.

5.7.3. Treceri tip drum pietonal și drum de racordare

La o trecere tip drum pietonal și drum de racordare înălțimea minimă a părților active ale ELEA trebuie să fie de 5,2 m față de suprafața trecerii, în cele mai severe condiții de temperatură și de încărcare.

Trecerile pentru drum pietonal se vor executa conform [16] și vor fi prevăzute cu indicatoare și note de avertizare, [15].

5.8. Prevederi de protecția muncii - instalații de linie de contact aeriană

Personalul angajat pentru exploatarea și repararea instalațiilor electrice ale LCA, PS, PSS va respecta regulile specifice de protecția muncii precizate în [2] și [3].

6. Cerințe de omologare/certificare pentru vehicule feroviare

Dacă nu se specifică altfel în standardele de produs, se impune conformitatea cu prezenta normă tehnică feroviară, condițiile tehnice și prevederile cuprinse în aceasta reprezentând un minim necesar.

6.1. Distanțe de izolare în aer care asigură izolația funcțională a echipamentului

Distanțele de izolare în aer între părțile active ale echipamentului electric amplasat pe acoperișul vehiculelor feroviare și carcasa metalică a acestora sau obiecte legate la această carcasă se vor dimensiona considerând că ele asigură izolația funcțională (amendamentul A1, pct. G.2.8, din [9]) și pot fi reduse, asigurând însă o funcționare corectă, pe baza următoarelor criterii:

a) părțile active de pe acoperișul vehiculelor trebuie să fie poziționate cât mai strâns posibil față de linia axial-centrală a vehiculului, respectând gabaritul static și dinamic al vehiculului și considerând că acestea determină o singură secțiune de circuit;

b) tensiunea nominală de izolare $U(Nm)$ se stabilește conform pct. 4.6.2 din prezenta normă tehnică feroviară, $U(Nm) = 27,5 \text{ kV}$;

c) dimensionarea DIA se va efectua utilizând metoda 1 de determinare a tensiunii nominale de ținere la impuls $1,2/50 \mu\text{s}$, $[U(Ni)]$, precizată la pct. 2.2.2.1 din [9];

d) gradul de poluare al circuitelor va fi:

- PD1 pentru echipamentul din interiorul materialului rulant;
- PD4 pentru echipamentul din exterior, de pe materialul rulant, [9];

e) categoriile de supratensiune vor fi stabilite conform pct. 6.2 din [9]:

- OV3 pentru circuite conectate direct la linia de contact care nu au protecție împotriva supratensiunilor și nu sunt supuse supratensiunilor atmosferice;

- OV3 pentru circuite de alimentare cu energie care au numai dispozitiv de protecție pentru reducerea supratensiunilor, [9];

- OV4 pentru circuite care nu au protecție împotriva supratensiunilor de comutație și atmosferice, dar care sunt supuse la aceste supratensiuni.

Pentru categoria de supratensiune stabilită mai sus se va considera tensiunea de ținere la impuls $U(Ni)$, precizată în tabelul A.2 din [9], astfel:

- $U(Ni)=125$ kV(vârf), pentru categoria OV3;
- $U(Ni)=170$ kV(vârf), pentru categoria OV4;

f) în cazul vehiculelor feroviare echipate cu un descărcător de tensiune care determină un nivel de protecție, $U(Ni)$ este determinată de acest nivel de protecție (a se vedea pct. 5 din [10]);

g) determinarea distanței de izolare în aer care asigură izolația funcțională a echipamentului de pe acoperișul vehiculului feroviar și corectarea acesteia în funcție de condițiile atmosferice reale și de gradul de poluare se efectuează conform anexelor C și E la prezenta normă tehnică feroviară;

h) în cazurile în care sunt prevăzute intervenții pentru ungerea, respectiv curățarea suprafețelor izolației, dimensionarea distanțelor minime de izolare pe suprafață este limitată la 20 mm/kV;

i) distanța de izolare în aer determinată conform criteriilor prevăzute la lit. a)-g) se va încadra în categoriile din tabelele B.1- B.10 din anexa B la prezenta normă tehnică feroviară.

6.2. Distanțele de izolare în aer de securitate între părțile active ale echipamentului electric de alimentare de pe acoperișul vehiculelor feroviare și persoanele de pe suprafețele de circulație cu acces restricționat se vor dimensiona conform pct. 5.1.2.2 și 5.1.3.2 din [8].

6.3. Distanțele de izolare în aer de securitate între părțile active ale echipamentului electric de alimentare de pe acoperișul vehiculelor feroviare și persoanele de pe suprafețele de circulație din zonele publice se vor dimensiona conform pct. 5.1.2.1 și 5.1.3.3 din [8].

6.4. Prevederi de protecția muncii - vehicule feroviare

Personalul angajat pentru exploatarea și repararea vehiculelor feroviare va respecta în mod obligatoriu normele specifice de protecția muncii precizate în [2] și [3].

6.4.1. Pentru protejarea personalului de pe locomotivele sau trenurile electrice împotriva accidentelor de muncă, acestea vor fi înzestrate cel puțin cu aparatele și dispozitivele prevăzute în art. 353 din [2], care vor fi în bună stare de funcționare.

6.4.2. Pentru prevenirea accidentelor prin șoc electric, fiecare locomotivă sau tren electric va fi dotat cel puțin cu mijloacele individuale de protecția muncii precizate de art. 354 din [2].

6.4.3. În vagoanele de călători care circulă în mod normal pe linii electrificate se vor monta indicatoare de securitate cu atenționări și reguli de comportare destinate călătorilor, conform art. 67 din [2].

6.4.4. Pe vagoanele de marfă care circulă pe liniile electrificate se vor monta indicatoare de securitate și de avertizare pentru operațiunile de încărcare-descărcare sub linia de contact aeriană.

7. Verificarea prevederilor de protecție împotriva șocului electric prin atingere directă

7.1. Instalațiile fixe de tracțiune electrică

7.1.1. Operațiunile de verificare a prevederilor de protecție vor urmări verificarea execuției și menținerii în exploatare a mijloacelor de realizare a protecției împotriva șocului electric prin atingere directă.

Se vor verifica:

a) distanțele de izolare în aer, care asigură izolația funcțională, între părțile active ale ELEA aflate la tensiuni diferite, conform pct. 5.3 din prezenta normă tehnică feroviară;

b) distanțele de izolare în aer, care asigură izolația de bază, între părțile active ale ELEA și structurile de susținere, conform pct. 5.3 din prezenta normă tehnică feroviară;

c) distanțele de izolare în aer de securitate între părțile active ale ELEA și persoane sau suprafețe de circulație a persoanelor, cu respectarea cerințelor constructive precizate în prezenta normă tehnică feroviară la pct. 5.4;

d) distanța dintre suprafața drumului unei treceri la nivel (pietonal sau privat) și cel mai coborât conductor al liniei electrificate, conform pct. 5.7 din prezenta normă tehnică feroviară; de asemenea, se vor verifica existența, amplasarea și execuția semnalizărilor drumurilor publice și feroviare aferente trecerii și a porților de gabarit ce trebuie prevăzute conform [16], [17], [18] și [19];

e) distanța de izolare în aer între părțile active ale ELEA și elementele constructive ale pasajelor aeriene, conform pct. 5.3 din prezenta normă tehnică feroviară și [8];

f) obstacolele și mijloacele de protecție antiescaladare (pct. 5.5 din prezenta normă tehnică feroviară și [8]);

g) mijloacele de protecția muncii: indicatoare de securitate și afișe cu reguli de comportare destinate publicului, conform [2], [3] și [8].

7.1.2. Verificarea distanțelor de la pct. 7.1.1 lit. a)-e) se efectuează prin măsurători de către personalul de exploatare în cadrul reparațiilor curente, reviziilor tehnice, cu scoaterea de sub tensiune a ELEA, și de către personalul autorizat care efectuează controlul execuției instalațiilor fixe de tracțiune electrică noi, înainte de punerea lor în funcțiune. Eroarea absolută maximă a măsurărilor este de 5 mm.

Pentru distanțele de izolare în aer reduse care asigură izolația funcțională se vor determina prin măsurători tensiunile de ținere la impuls 1,2/50 μs, cu probabilitatea de ținere de 90%. Măsurătorile se vor efectua conform standardului [14].

7.1.3. Verificarea valorilor distanțelor de la pct. 7.1.1 se efectuează cu respectarea regulilor de protecția muncii prevăzute în [2], [3] și [38].

7.1.4. Măsurarea parametrilor care caracterizează condițiile atmosferice reale (temperatura, presiunea și umiditatea aerului ambiant) se efectuează în vederea corectării distanțelor de izolare în aer determinate prin calcul sau prin măsurători în condiții atmosferice standard, conform anexei C la prezenta normă tehnică feroviară. Măsurătorile se vor considera valabile dacă se desfășoară cu următoarele valori de incertitudine, [14]:

- temperatura ambiantă trebuie măsurată cu o incertitudine maximă de 0,5°C;
- presiunea absolută a aerului trebuie măsurată cu o incertitudine maximă de 2 hPa;
- umiditatea absolută a aerului trebuie măsurată cu o incertitudine maximă de 1 g/m³.

7.1.5. În cazul când DIA pentru izolația funcțională este mai mică decât valoarea precizată la categoria "DIA normale" din tabelele B.1-B.10 sau este imposibil de măsurat în exploatare, se va determina tensiunea de ținere la impuls prin măsurători efectuate în laborator pe un element reprezentativ al părților electrice implicate, cu care se va simula distanța respectivă de izolare în aer, [14].

7.2. Vehicule feroviare

7.2.1. Operațiunile de verificare a prevederilor de protecție vor urmări verificarea execuției și menținerii în exploatare a mijloacelor de realizare a protecției împotriva atingerii directe și a mijloacelor de control:

- DIA care asigură izolația funcțională între elementele active ale echipamentului amplasat pe acoperișul vehiculului și carcasa locomotivei sau elemente legate la această carcasă;
- DIA pe suprafață care asigură izolația suplimentară;
- DIA de securitate între elementele active și suprafețele pentru circulația persoanelor;
- existența cadrelor de gabarit de încărcare din triajele de cale ferată.

7.2.2. Verificarea distanțelor de izolare în aer prevăzute la pct. 7.2.1 se efectuează prin măsurători de către personalul de exploatare în cadrul reparațiilor curente, reparațiilor generale și reparațiilor capitale, cu scoaterea de sub tensiune a echipamentului electric de pe acoperișul vehiculului feroviar, cu respectarea normelor de protecția muncii precizate în [2] și [38].

7.2.3. Verificarea distanțelor de izolare în aer între încărcătura vagoanelor de marfă și părțile sub tensiune ale ELEA se efectuează:

- pentru transporturile gabaritice, prin verificarea gabaritului de încărcare al vagoanelor de marfă, în care trebuie să se înscrie atât vagonul, cât și încărcătura sa conform RIV (verificare cu cadrul de gabarit la formarea trenurilor în triaje);

- pentru transporturile negabaritice, prin verificarea valorilor precizate în [21] și [33].

ANEXA A (normativă)
la norma tehnică feroviară

Documente de referință

Aplicarea standardelor cuprinse în această listă reprezintă o modalitate recomandată pentru asigurarea conformității cu cerințele din norma tehnică feroviară.

A.1. Instrucțiuni și normative

[1] ~Instrucțiunea~ 354:2007 - Instrucțiuni pentru exploatarea, revizia tehnică și repararea instalațiilor de energoalimentare ale căii ferate electrificate, aprobată prin Ordinul ministrului transporturilor ~nr. 920/2007~, publicat în Monitorul Oficial al României, Partea I, nr. 740 bis din 1 noiembrie 2007

[2] 107:2001 Norme specifice de protecție a muncii pentru transporturi pe calea ferată, aprobate prin Ordinul ministrului muncii și protecției sociale nr. 26/2000, publicat în Monitorul Oficial al României, Partea I, nr. 201 din 10 mai 2000

[3] ***) Norme generale de protecție a muncii - 2002, capitolul 5 - Instalații și echipamente electrice, aprobate prin Ordinul ministrului muncii și solidarității sociale și al ministrului sănătății și familiei nr. 508/933/2002, publicat în Monitorul Oficial al României, Partea I, nr. 880 din 6 decembrie 2002, cu modificările ulterioare

[4] NTE 003/04/00 - Normativ pentru construcția liniilor de energie electrică cu tensiuni peste 1000 V, aprobat prin Ordinul președintelui Autorității Naționale de Reglementare în Domeniul Energiei nr. 32/2004, publicat în Monitorul Oficial al României, Partea I, nr. 1.092 din 24 noiembrie 2004

[5] Normativ feroviar "Infrastructură feroviară. Instalații fixe. Tracțiune electrică. Conductor de protecție principal. Partea I: Calcul mecanic", aprobat prin Ordinul ministrului transporturilor, construcțiilor și turismului nr. 2.240/2006, publicat în Monitorul Oficial al României, Partea I, nr. 989 din 12 decembrie 2006

A.2. Standarde

[6] SREN 60664-1:2008 - Coordonarea izolației echipamentelor în sistemele (rețelele) de joasă tensiune, Partea 1: Principii, prescripții și încercări

[7] SREN 50119:2003 - Aplicații feroviare. Instalații fixe. Linii aeriene de contact pentru tracțiunea electrică

- [8] SREN 50122-1:2002 - Aplicații feroviare. Instalații fixe. Partea 1: Măsuri de protecție referitoare la securitatea electrică și la legarea la pământ
- [9] SREN 50124-1:2002, SREN 50124-1/A1:2006 și SREN 50124-1/A2:2006 - Aplicații feroviare. Coordonarea izolației. Partea 1: Prescripții fundamentale - Distanțe de izolare prin aer și distanțe de izolare pe suprafață pentru toate echipamentele electrice și electronice
- [10] SREN 50124-2:2002 - Aplicații feroviare. Coordonarea izolației. Partea 2: Supratensiuni și protecțiile asociate
- [11] SREN 50163:2006 și SREN 50163/A1:2007 - Aplicații feroviare. Tensiuni de alimentare ale rețelelor de tracțiune electrică
- [12] SREN 60529:1995 și SREN 60529:1995/A1:2003 - Specificarea gradelor de protecție asigurate prin carcase
- [13] SREN 60071-1:2002 - Coordonarea izolației. Partea 1: Definiții, principii și reguli
- [14] SRHD 588.1 S1:2003 - Tehnici de încercare la înaltă tensiune. Partea 1: Definiții generale și prescripții referitoare la încercări
- [15] STAS 297-1:1988 - Culori și indicatoare de securitate. Condiții tehnice generale
- STAS 297-2:1992 - Culori și indicatoare de securitate. Reprezentări
- [16] SR 1244-1:1996 - Siguranța circulației. Treckeri la nivel cu calea ferată. Condiții tehnice, clasificare și stabilirea categoriei trecerii la nivel
- SR 1244-2:2004 - Siguranța circulației. Treckeri la nivel cu calea ferată. Partea 2: Instalații neautomate. Prescripții
- [17] STAS 1848-1:2004 - Semnalizare rutieră. Indicatoare și mijloace de semnalizare rutieră. Clasificare, simboluri și amplasare
- [18] STAS 1848-2:2004 și SR 1848-2:2004/A91:2006 - Semnalizare rutieră. Indicatoare și mijloace de semnalizare rutieră. Prescripții tehnice
- [19] STAS 1848-3:1986 - Semnalizare rutieră. Indicatoare și mijloace de semnalizare rutieră. Scriere, mod de alcătuire
- [20] STAS 2612:1987 - Protecția împotriva șocurilor electrice. Limite admise
- [21] STAS 4392:1984 - Căi ferate normale. Gabarite
- [22] SREN 50125-2:2003 - Aplicații feroviare. Condiții de mediu pentru echipamente. Partea 2: Instalații electrice fixe
- [23] SRCEI 60050-195:2006 - Vocabular electrotehnic internațional. Partea 195: Legarea la pământ și protecție împotriva șocurilor electrice.
- [24] SRCEI 60050-826:2006 - Vocabular electrotehnic internațional. Partea 826: Instalații electrice.

[25] SRCLC/TR 50488:2007 - Aplicații feroviare. Măsuri de securitate pentru personalul care lucrează la sau în vecinătatea liniilor aeriene de contact

[26] SREN 50110-1:2005 - Exploatarea instalațiilor electrice

A.3. Legi, ordonanțe de Guvern, ordine de ministru

[27] Legea nr. 227/2003 privind aprobarea Ordonanței Guvernului nr. 26/2003 pentru modificarea și completarea Ordonanței Guvernului nr. 43/1997 privind regimul drumurilor, publicată în Monitorul Oficial al României, Partea I, nr. 365 din 29 mai 2003

[28] Legea nr. 8/2004 pentru aprobarea Ordonanței Guvernului nr. 89/2003 privind alocarea capacităților de infrastructură feroviară, tariful utilizării infrastructurii feroviare și certificarea în materie de siguranță, publicată în Monitorul Oficial al României, Partea I, nr. 178 din 2 martie 2004

[29] Legea nr. 55/2006 privind siguranța feroviară, publicată în Monitorul Oficial al României, Partea I, nr. 322 din 10 aprilie 2006

[30] Ordonanța Guvernului nr. 43/1997 privind regimul drumurilor, republicată în Monitorul Oficial al României, Partea I, nr. 237 din 29 iunie 1998, cu modificările și completările ulterioare

[31] Ordonanța Guvernului nr. 95/1998 privind înființarea unor instituții publice în subordinea Ministerului Transporturilor, publicată în Monitorul Oficial al României, Partea I, nr. 320 din 28 august 1998, aprobată cu modificări prin Legea nr. 3/2002, cu modificările și completările ulterioare

[32] Ordinul ministrului transporturilor nr. 290/2000 privind admiterea tehnică a produselor și/sau serviciilor destinate utilizării în activitatea de construire, modernizare, întreținere și de reparare a infrastructurii și a materialului rulant, pentru transportul feroviar și cu metroul, publicat în Monitorul Oficial al României, Partea I, nr. 465 bis din 25 septembrie 2000, cu modificările ulterioare

[33] Ordinul ministrului transporturilor nr. 103/2008 privind aprobarea Instrucțiunilor pentru admiterea și expedierea transporturilor excepționale pe infrastructura feroviară - nr. 328, publicat în Monitorul Oficial al României, Partea I, nr. 180 din 10 martie 2008

[34] Ordonanța Guvernului nr. 26/2003 privind modificarea și completarea Ordonanței Guvernului nr. 47/1997 privind regimul drumurilor, publicată în Monitorul Oficial al României, Partea I, nr. 66 din 2 februarie 2003, aprobată cu modificări prin Legea nr. 227/2003, cu modificările ulterioare

[35] Hotărârea Guvernului nr. 1.533/2003 privind interoperabilitatea sistemului de transport feroviar de mare viteză, publicată în Monitorul Oficial al României, Partea I, nr. 18 din 9 ianuarie 2004, cu modificările și completările ulterioare

[36] Ordonanța de urgență a Guvernului nr. 12/1998 privind transportul pe căile ferate române și reorganizarea Societății Naționale a Căilor Ferate Române, republicată în Monitorul Oficial al României, Partea I, nr. 834 din 9 septembrie 2004, cu modificările și completările ulterioare

[37] Ordonanța Guvernului nr. 89/2003 privind alocarea capacităților de infrastructură feroviară, tarifarea utilizării infrastructurii feroviare și certificarea în materie de siguranță, publicată în Monitorul Oficial al României, Partea I, nr. 623 din 31 august 2003, aprobată cu modificări și completări prin Legea nr. 8/2004, cu modificările ulterioare

[38] Legea nr. 319/2006 a securității și sănătății în muncă, publicată în Monitorul Oficial al României, Partea I, nr. 646 din 26 iulie 2006

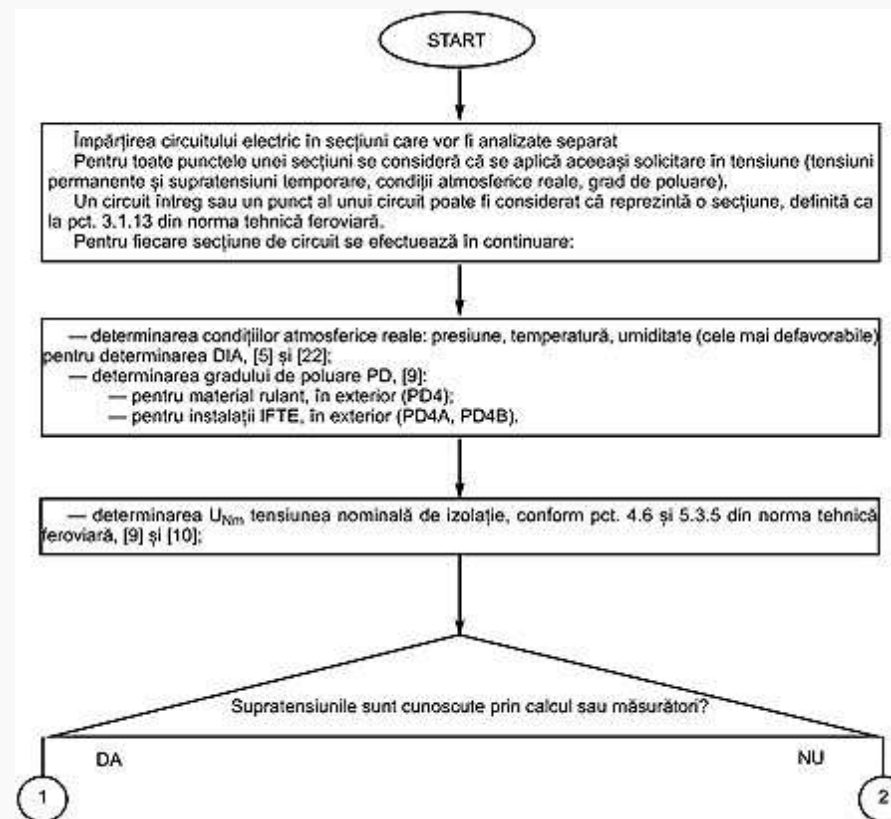
[39] Hotărârea Guvernului nr. 1.561/2006 pentru modificarea și completarea Hotărârii Guvernului nr. 626/1998 privind organizarea și funcționarea Autorității Feroviare Române - AFER, publicată în Monitorul Oficial al României, Partea I, nr. 940 din 21 noiembrie 2006

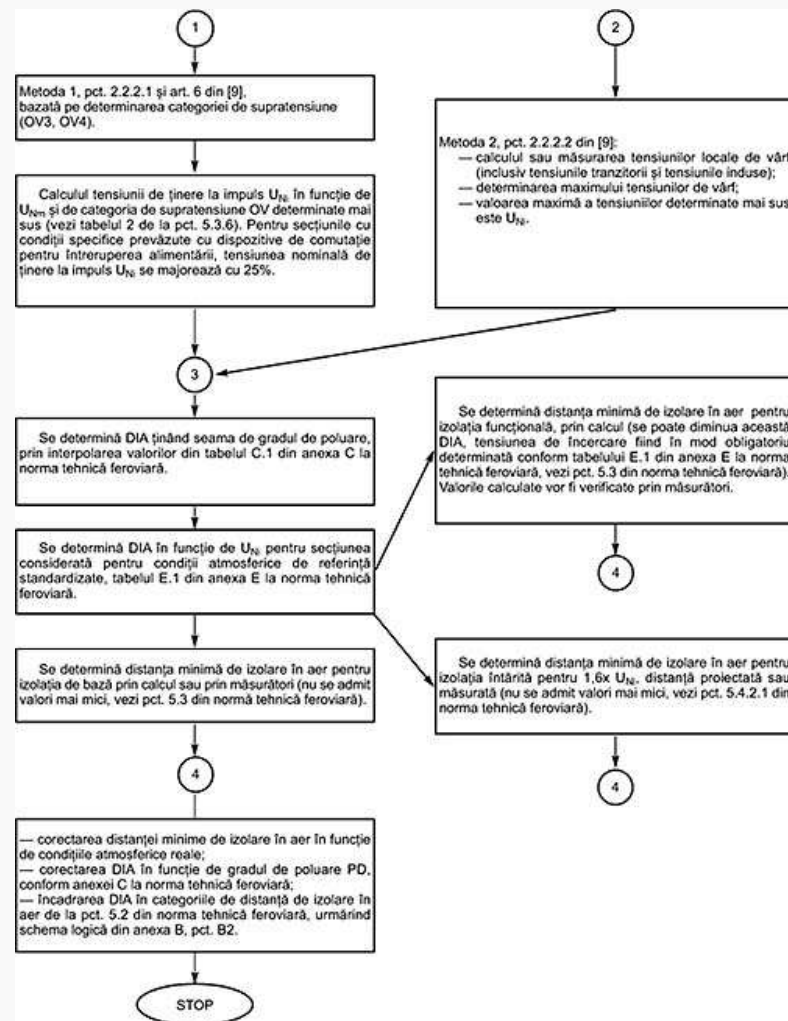
A.4. Fișe UIC

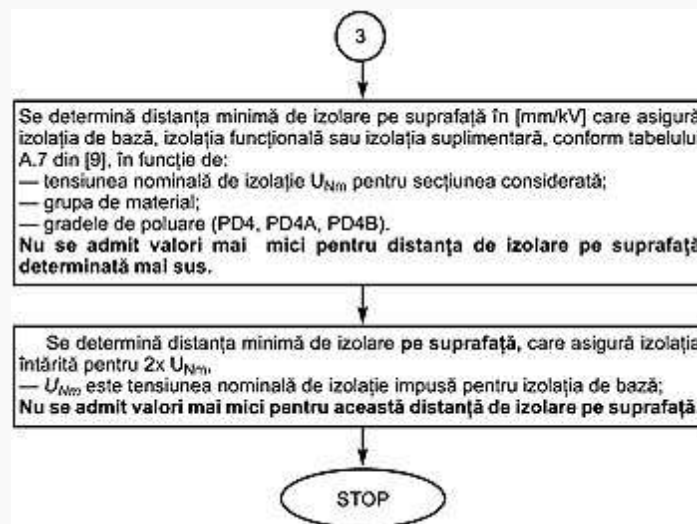
[40] UIC 606-1 din 1 ianuarie 1987 - Consecințe ale aplicării gabaritelor cinematice definite de fișele UIC 505 asupra concepției sistemului catenară.

ANEXA B (normativă)
la norma tehnică feroviară

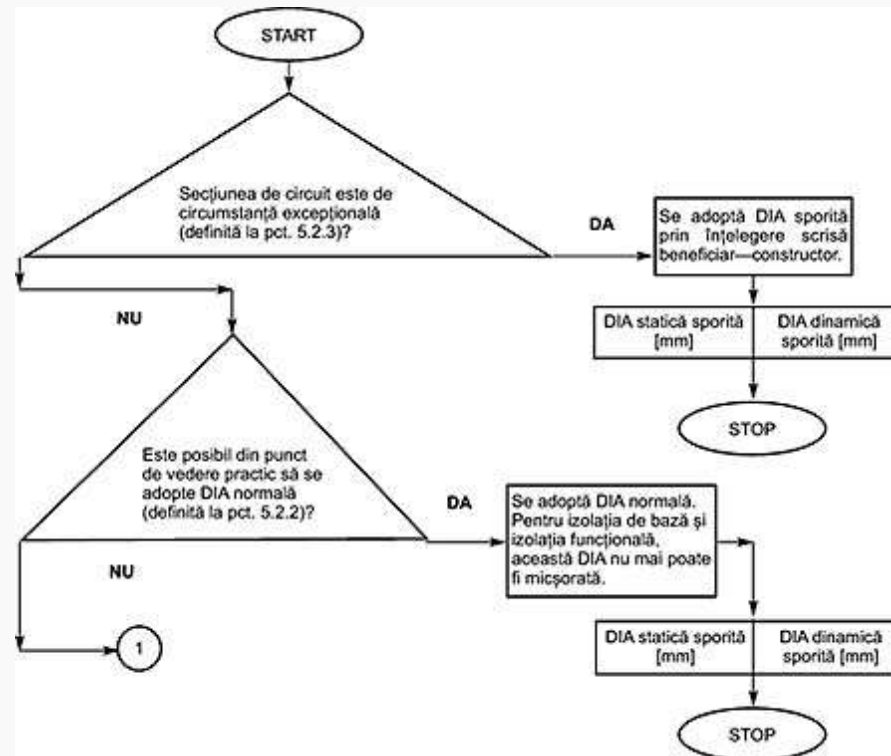
B.1. Schema logică generală pentru determinarea distanțelor de izolare în aer și a distanțelor de izolare pe suprafață

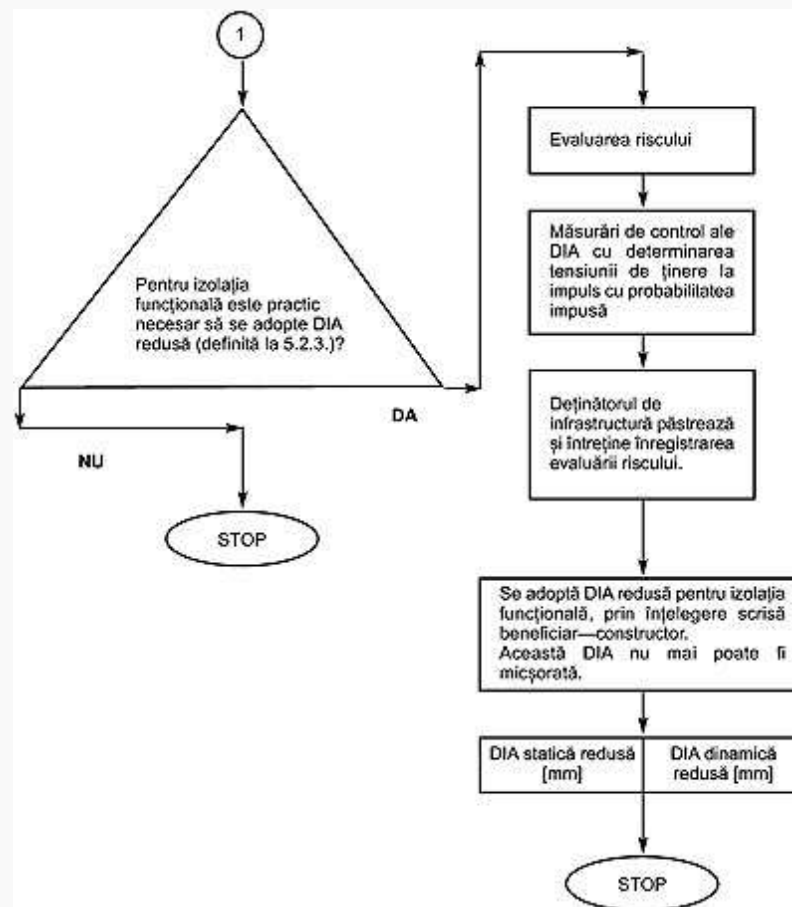






B.2. Schema logică pentru determinarea categoriei distanței de izolare în aer care asigură izolația funcțională și/sau izolația de bază pentru o secțiune de circuit



**NOTE:**

1. Astfel de scheme logice se vor construi pentru fiecare dintre cazurile de alimentare a ELEA, precizate în tabelul 1 și în tabelul 2, pentru electrozi vârf-plan sau plan-plan, în condiții atmosferice reale și pentru gradele de poluare precizate la pct. 4.4 din norma tehnică feroviară.

2. Tabelele B.1-B.10, care urmează, au fost elaborate pentru valorile standardizate U(Ni) de la pct. 5.3.8, tabelul 2, cu luarea în considerare a condițiilor atmosferice de referință standardizate precizate la pct. 4.2 din norma tehnică feroviară.

Tensiuni nominale permanente [kV]	Mărimea fizică	CATEGORIA DISTANȚEI DE IZOLARE ÎN AER (DIA), ELECTROZI VÂRF-PLAN					
		DIA redusă (valori recomandate numai pentru izolația funcțională a ELEA, care trebuie stabilite prin înțelegere între beneficiar și furnizor și verificate de măsurători, [9])		DIA normală (valori recomandate pentru izolația funcțională și izolația de bază)		DIA sporită (valori recomandate pentru izolația funcțională și pentru izolația de bază, stabilite prin înțelegere între beneficiar și furnizor)	
		Statică	Dinamică	Statică	Dinamică	Statică	Dinamică
25 kV, 50 Hz, defazaj 0°	Distanța de izolare în aer [mm]	[150; 270]	[125; 150]	270	150	> 270	> 150
	Tensiunea de ținere la impuls 1,2/50 μs [kV(vârf)]	[90; 147,6]	[77,2; 90]	147,6	90	> 147,6	> 90
25 kV, 50 Hz, defazaj 120°	Distanța de izolare în aer [mm]	[260; 470]	[218,7; 260]	470	260	> 470	> 260
	Tensiunea de ținere la impuls 1,2/50 μs [kV(vârf)]	[143,7; 235,7]	[123,2; 143,7]	235,7	143,7	> 235,7	> 143,7
25 kV, 50 Hz, defazaj 180°	Distanța de izolare în aer [mm]	[300; 540]	[250; 300]	540	300	> 540	> 300
	Tensiunea de ținere la impuls 1,2/50 μs [kV(vârf)]	[161,3; 264,5]	[138,2; 161,3]	264,5	161,3	> 264,5	> 161,3

Tabelul B.1 - Categoriile distanțelor de izolare în aer pentru diverse tensiuni nominale și tipuri de izolație,

în condiții atmosferice de referință standardizate,
cu expunere la ultraviolete pentru electrozi vârf-plan
(câmp electric neomogen)

NOTE:

1. Valorile distanțelor de izolare în aer precizate în acest tabel sunt valori minime recomandate pentru electrozi vârf-plan, cu polul (+) pe electrodul vârf, obținute prin interpolarea valorilor din tabelul E.1 din anexa E la norma tehnică feroviară, și sunt valabile pentru condiții atmosferice de referință standardizate, cu probabilitate de ținere de 90%; aceste valori sunt acoperitoare pentru toate tipurile de electrozi întâlnite în practică, la aceleași valori de tensiune de ținere.

2. Pentru condiții atmosferice, categorii de supratensiune și grade de poluare diferite de cele de la pct. 4.1 și 4.2 din norma tehnică feroviară este necesar să se corecteze valorile din tabelul B.1 conform tabelelor 1, 2, C.1 și anexei E la norma tehnică feroviară, [9].

3. Distanțele de izolare în aer de securitate se dimensionează ca la pct. 5.4.2.1 din norma tehnică feroviară, înmulțind valorile DIA normale, respectiv sporite din tabelul B.1 cu factorul 1,6, iar distanțele de izolare pe suprafață care asigură izolația întărită ce se dimensionează ca la pct. 5.4.3 din norma tehnică feroviară, înmulțind valorile DIA sporite din tabelul B.1 cu factorul 2,0.

Tensiuni nominale permanente [kV]	Mărimea fizică	CATEGORIA DISTANȚEI DE IZOLARE ÎN AER (DIA), ELECTROZI PLAN-PLAN ȘI SFERĂ-PLAN					
		DIA redusă (valori recomandate numai pentru izolația funcțională a ELEA, care trebuie stabilite prin înțelegere între beneficiar și furnizor și verificate de măsurători, [9])		DIA normală (valori recomandate pentru izolația funcțională și izolația de bază)		DIA sporită (valori recomandate pentru izolația funcțională și pentru izolația de bază, stabilite prin înțelegere între beneficiar și furnizor)	
		Statică	Dinamică	Statică	Dinamică	Statică	Dinamică
25 kV, 50 Hz, defazaj 0°	Distanța de izolare în aer [mm]	[35; 60]	[30; 35]	60	35	> 60	> 35
	Tensiunea de ținere la impuls 1,2/50 μs [kV(vârf)]	[90; 147,6]	[77,2; 90]	147,6	90	> 147,6	> 90

25 kV, 50 Hz, defazaj 120°	Distanța de izolare în aer [mm]	[58; 97)	[49; 58)	97	58	> 97	> 58
	Tensiunea de ținere la impuls 1,2/50 μs [kV(vârf)]	[143,7; 235,7)	[123,2; 143,7)	235,7	143,7	> 235,7	> 143,7
25 kV, 50 Hz, defazaj 180°	Distanța de izolare în aer [mm]	[65; 109)	[56; 65)	109	65	> 109	> 65
	Tensiunea de ținere la impuls 1,2/50 μs [kV(vârf)]	[161,3; 264,5)	[138,2; 161,3)	264,5	161,3	> 264,5	> 161,3

Tabelul B.2 - Categoriile distanțelor de izolare în aer pentru diverse tensiuni nominale și tipuri de izolație, în condiții atmosferice de referință standardizate, cu expunere la ultraviolete pentru electrozi plan-plan și sferă-plan (câmp electric omogen)

NOTE:

1. Valorile distanțelor de izolare în aer precizate în acest tabel sunt valori minime recomandate pentru electrozi plan-plan și sferă-plan obținute prin calcul conform pct. E.2 din anexa E la norma tehnică feroviară, pentru o probabilitate de ținere de 90%.
2. Pentru condiții atmosferice, grade de poluare și categorii de supratensiune diferite de cele de la pct. 4.1 și 4.2 din norma tehnică feroviară este necesar să se corecteze valorile din tabelul B.2 conform pct. E.2 din anexa E la norma tehnică feroviară, [9].
3. Distanțele de izolare în aer de securitate se dimensionează ca la pct. 5.4.2.1 din norma tehnică feroviară, înmulțind valorile DIA normale, respectiv sporite din tabelul B.2 cu factorul 1,6, iar distanțele de izolare pe suprafață care asigură izolația întărită se dimensionează ca la pct. 5.4.3 din norma tehnică feroviară, înmulțind valorile DIA sporite din tabelul B.2 cu factorul 2,0.

Tensiuni nominale permanente [kV]	Mărimea fizică	CATEGORIA DISTANȚEI DE IZOLARE ÎN AER (DIA), ELECTROZI VÂRF-PLAN					
		DIA redusă (valori recomandate numai pentru izolația funcțională a ELEA, care trebuie stabilite prin înțelegere între beneficiar și furnizor și verificate de măsurători, [9])		DIA normală (valori recomandate pentru izolația funcțională și izolația de bază)		DIA sporită (valori recomandate pentru izolația funcțională și pentru izolația de bază, stabilite prin înțelegere între beneficiar și furnizor)	
		Statică	Dinamică	Statică	Dinamică	Statică	Dinamică
25 kV, 50 Hz, defazaj 0°	Distanța de izolare în aer [mm]	[178; 319]	[148; 178]	319	178	> 319	> 178
	Tensiunea de ținere la impuls 1,2/50 μs [kV(vârf)]	[103,6; 170]	[88,9; 103,6]	170	103,6	> 170	> 103,6
25 kV, 50 Hz, defazaj 120°	Distanța de izolare în aer [mm]	[341; 605]	[285; 341]	605	341	> 605	> 341
	Tensiunea de ținere la impuls 1,2/50 μs [kV(vârf)]	[180; 294]	[154; 180]	294	180	> 294	> 180
25 kV, 50 Hz, defazaj 180°	Distanța de izolare în aer [mm]	[403; 663]	[336; 403]	663	403	> 663	> 403
	Tensiunea de ținere la impuls 1,2/50 μs [kV(vârf)]	[207,2; 340]	[177,7; 207,2]	340	207,2	> 340	> 207,2

Tabelul B.3 - Categoriile distanțelor de izolare în aer pentru diverse tensiuni nominale și tipuri de izolație, în condiții atmosferice de referință standardizate, cu expunere la ultraviolete pentru electrozi vârf-plan (câmp electric neomogen)

NOTE:

1. Valorile distanțelor de izolare în aer precizate în acest tabel sunt valori minime recomandate pentru electrozi vârf-plan, cu polul (+) pe electrodul vârf, obținute prin interpolarea valorilor din tabelul E.1 din norma tehnică feroviară, și sunt valabile pentru condiții atmosferice de referință standardizate, cu probabilitate de ținere de 90%; aceste valori sunt acoperitoare pentru toate tipurile de electrozi întâlnite în practică.

2. Pentru condiții atmosferice, categorii de supratensiune și grade de poluare diferite de cele de la pct. 4.1 și 4.2 din norma tehnică feroviară, este necesar să se corecteze valorile din tabelul B.3 conform tabelelor 1, 2, C.1 și anexei E la norma tehnică feroviară, [9].

3. Distanțele de izolare în aer de securitate se dimensionează ca la pct. 5.4.2.1 din norma tehnică feroviară, înmulțind valorile DIA normale, respectiv sporite din tabelul B.3 cu factorul 1,6, iar distanțele de izolare pe suprafață care asigură izolația întărită se dimensionează ca la pct. 5.4.3 din norma tehnică feroviară, înmulțind valorile DIA sporite din tabelul B.3 cu factorul 2,0.

Tensiuni nominale permanente [kV]	Mărimea fizică	CATEGORIA DISTANȚEI DE IZOLARE ÎN AER (DIA), ELECTROZI PLAN-PLAN ȘI SFERĂ-PLAN					
		DIA redusă (valori recomandate numai pentru izolația funcțională a ELEA, care trebuie stabilite prin înțelegere între beneficiar și furnizor și verificate de măsurători, [9])		DIA normală (valori recomandate pentru izolația funcțională și izolația de bază)		DIA sporită (valori recomandate pentru izolația funcțională și pentru izolația de bază, stabilite prin înțelegere între beneficiar și furnizor)	
		Statică	Dinamică	Statică	Dinamică	Statică	Dinamică
25 kV, 50 Hz, defazaj 0°	Distanța de izolare în aer [mm]	[41; 69]	[35; 41]	69	41	> 69	> 41
	Tensiunea de ținere la impuls 1,2/50 μs [kV(vârf)]	[103,6; 170]	[88,9; 103,6]	170	103,6	> 170	> 103,6
25 kV, 50 Hz, defazaj 120°	Distanța de izolare în aer [mm]	[73; 122]	[62; 73]	122	73	> 122	> 73

	Tensiunea de ținere la impuls 1,2/50 μ s [kV(vârf)]	[180; 294)	[154,2; 180)	294	180	> 294	> 180
25 kV, 50 Hz, defazaj 180°	Distanța de izolare în aer [mm]	[85; 141)	[72; 85)	141	85	> 141	> 85
	Tensiunea de ținere la impuls 1,2/50 μ s [kV(vârf)]	[207,2; 340)	[177,7; 207,2)	340	207,2	> 340	> 207,2

Tabelul B.4 - Categoriile distanțelor de izolare în aer pentru diverse tensiuni nominale și tipuri de izolație, în condiții atmosferice de referință standardizate, cu expunere la ultraviolete pentru electrozi plan-plan și sferă-plan (câmp electric omogen)

NOTE:

1. Valorile distanțelor de izolare în aer precizate în acest tabel sunt valori minime recomandate pentru electrozi plan-plan și sferă-plan obținute prin calcul conform pct. E.2 din anexa E la norma tehnică feroviară, cu probabilitate de ținere de 90%.
2. Pentru condiții atmosferice, grade de poluare și categorii de supratensiune diferite de cele de la pct. 4.1 și 4.2 din norma tehnică feroviară este necesar să se corecteze valorile din tabelul B.4 conform pct. E.2 din anexa E la norma tehnică feroviară, [9].
3. Distanțele de izolare în aer de securitate se dimensionează ca la pct. 5.4.2.1 din norma tehnică feroviară, înmulțind valorile DIA normale, respectiv sporite din tabelul B.4 cu factorul 1,6, iar distanțele de izolare pe suprafață care asigură izolația întărită se dimensionează ca la pct. 5.4.3 din norma tehnică feroviară, înmulțind valorile DIA sporite din tabelul B.4 cu factorul 2,0.

		CATEGORIA DISTANȚEI DE IZOLARE ÎN AER (DIA), ELECTROZI VÂRF-PLAN
--	--	--

Tensiuni nominale permanente [kV]	Mărimea fizică	DIA redusă (valori recomandate numai pentru izolația funcțională a ELEA, care trebuie stabilite prin înțelegere între beneficiar și furnizor și verificate de măsurători, [9])		DIA normală (valori recomandate pentru izolația funcțională și izolația de bază)		DIA sporită (valori recomandate pentru izolația funcțională și pentru izolația de bază, stabilite prin înțelegere între beneficiar și furnizor)	
		Statică	Dinamică	Statică	Dinamică	Statică	Dinamică
25 kV, 50 Hz, defazaj 0°	Distanța de izolare în aer [mm]	[216; 387)	[180; 216)	387	216	> 387	> 216
	Tensiunea de ținere la impuls 1,2/50 μs [kV(vârf)]	[122; 200)	[104,5; 122)	200	122	> 200	> 122
25 kV, 50 Hz, defazaj 120°	Distanța de izolare în aer [mm]	[412; 676)	[344; 412)	676	412	> 676	> 412
	Tensiunea de ținere la impuls 1,2/50 μs [kV(vârf)]	[211; 346)	[181; 211)	346	211	> 346	> 211
25 kV, 50 Hz, defazaj 180°	Distanța de izolare în aer [mm]	[489; 793)	[407; 489)	793	489	> 793	> 489
	Tensiunea de ținere la impuls 1,2/50 μs [kV(vârf)]	[243,8; 400)	[209; 243,8)	400	243,8	> 400	> 243,8

Tabelul B.5 - Categoriile distanțelor de izolare în aer pentru diverse tensiuni nominale și tipuri de izolație, în condiții atmosferice de referință standardizate, cu expunere la ultraviolete pentru electrozi vârf-plan (câmp electric neomogen)

NOTE:

1. Valorile distanțelor de izolare în aer precizate în acest tabel sunt valori minime recomandate pentru electrozi vârf-plan, cu polul (+) pe electrodul vârf, obținute prin interpolarea valorilor din tabelul E.1 din anexa E la norma tehnică feroviară și

sunt valabile pentru condiții atmosferice de referință standardizate, cu probabilitate de ținere de 90%; aceste valori sunt acoperitoare pentru toate tipurile de electrozi întâlnite în practică.

2. Pentru condiții atmosferice, categorii de supratensiune și grade de poluare diferite de cele de la pct. 4.1 și 4.2 din norma tehnică feroviară este necesar să se corecteze valorile din tabelul B.5, conform tabelelor 1, 2, C.1 și anexei E la norma tehnică feroviară, [9].

3. Distanțele de izolare în aer de securitate se dimensionează ca la pct. 5.4.2.1 din norma tehnică feroviară, înmulțind valorile DIA normale, respectiv sporite din tabelul B.5 cu factorul 1,6, iar distanțele de izolare pe suprafață care asigură izolația întărită se dimensionează ca la pct. 5.4.3 din norma tehnică feroviară, înmulțind valorile DIA sporite din tabelul B.5 cu factorul 2,0.

Tensiuni nominale permanente [kV]	Mărimea fizică	CATEGORIA DISTANȚEI DE IZOLARE ÎN AER (DIA), ELECTROZI PLAN-PLAN ȘI SFERĂ-PLAN					
		DIA redusă (valori recomandate numai pentru izolația funcțională a ELEA, care trebuie stabilite prin înțelegere între beneficiar și furnizor și verificate de măsurători, [9])		DIA normală (valori recomandate pentru izolația funcțională și izolația de bază)		DIA sporită (valori recomandate pentru izolația funcțională și pentru izolația de bază, stabilite prin înțelegere între beneficiar și furnizor)	
		Statică	Dinamică	Statică	Dinamică	Statică	Dinamică
25 kV, 50 Hz, defazaj 0°	Distanța de izolare în aer [mm]	[49; 82)	[41; 49)	82	49	> 82	> 49
	Tensiunea de ținere la impuls 1,2/50 μs [kV(vârf)]	[122; 200)	[104,5; 122)	200	122	> 200	> 122
25 kV, 50 Hz, defazaj 120°	Distanța de izolare în aer [mm]	[86; 144)	[74; 86)	144	86	> 144	> 86
	Tensiunea de ținere la impuls 1,2/50 μs [kV(vârf)]	[211; 346)	[181; 211)	346	211	> 346	> 211

25 kV, 50 Hz, defazaj 180°	Distanța de izolare în aer [mm]	[100; 167)	[85; 100)	167	100	> 167	> 100
	Tensiunea de ținere la impuls 1,2/50 μs [kV(vârf)]	[243,8; 400)	[209; 243,8)	400	243,8	> 400	> 243,8

Tabelul B.6 - Categoriile distanțelor de izolare în aer pentru diverse tensiuni nominale și tipuri de izolație, în condiții atmosferice de referință standardizate, cu expunere la ultraviolete pentru electrozi plan-plan și sferă-plan (câmp electric omogen)

NOTE:

1. Valorile distanțelor de izolare în aer precizate în acest tabel sunt valori minime recomandate pentru electrozi plan-plan și sferă-plan obținute prin calcul conform pct. E.2 din anexa E la norma tehnică feroviară, cu probabilitate de ținere de 90%.
2. Pentru condiții atmosferice, grade de poluare și categorii de supratensiune diferite de cele de la pct. 4.1 și 4.2 din norma tehnică feroviară este necesar să se corecteze valorile din tabelul B.9 conform pct. E.2 din anexa E la norma tehnică feroviară, [9].
3. Distanțele de izolare în aer de securitate se dimensionează ca la pct. 5.4.2.1 din norma tehnică feroviară, înmulțind valorile DIA normale, respectiv sporite din tabelul B.6 cu factorul 1,6, iar distanțele de izolare pe suprafață care asigură izolația întărită se dimensionează ca la pct. 5.4.3 din norma tehnică feroviară, înmulțind valorile DIA sporite din tabelul B.6 cu factorul 2,0.

Tensiuni nominale	Mărimea fizică	CATEGORIA DISTANȚEI DE IZOLARE ÎN AER (DIA), ELECTROZI VÂRF-PLAN
----------------------	-------------------	--

permanente [kV]		DIA redusă (valori recomandate numai pentru izolația funcțională a ELEA, care trebuie stabilite prin înțelegere între beneficiar și furnizor și verificate de măsurători, [9])		DIA normală (valori recomandate pentru izolația funcțională și izolația de bază)		DIA sporită (valori recomandate pentru izolația funcțională și pentru izolația de bază, stabilite prin înțelegere între beneficiar și furnizor)	
		Statică	Dinamică	Statică	Dinamică	Statică	Dinamică
25 kV, 50 Hz, defazaj 0°	Distanța de izolare în aer [mm]	[280; 505]	[234; 280]	505	280	> 505	> 280
	Tensiunea de ținere la impuls 1,2/50 μs [kV(vârf)]	[152,4; 250]	[130,7; 152,4]	250	152,4	> 250	> 152,4
25 kV, 50 Hz, defazaj 120°	Distanța de izolare în aer [mm]	[539; 864]	[448; 539]	864	539	> 864	> 539
	Tensiunea de ținere la impuls 1,2/50 μs [kV(vârf)]	[264; 433]	[226,3; 264]	433	264	> 433	> 264
25 kV, 50 Hz, defazaj 180°	Distanța de izolare în aer [mm]	[613; 1.000]	[532; 613]	1.000	613	> 1.000	> 613
	Tensiunea de ținere la impuls 1,2/50 μs [kV(vârf)]	[304,8; 500]	[261,3; 304,8]	500	304,8	> 500	> 304,8

Tabelul B.7 - Categoriile distanțelor de izolare în aer pentru diverse tensiuni nominale și tipuri de izolație, în condiții atmosferice de referință standardizate, cu expunere la ultraviolete pentru electrozi vârf-plan (câmp electric neomogen)

NOTE:

1. Valorile distanțelor de izolare în aer precizate în acest tabel sunt valori minime recomandate pentru electrozi vârf-plan, cu polul (+) pe electrodul vârf, obținute prin interpolarea valorilor din tabelul E.1 din anexa E la norma tehnică feroviară, și sunt valabile pentru condiții atmosferice de referință standardizate, cu probabilitate de ținere de 90%; aceste valori sunt acoperitoare pentru toate tipurile de electrozi întâlnite în practică.

2. Pentru condiții atmosferice, categorii de supratensiune și grade de poluare diferite de cele de la pct. 4.1 și 4.2 din norma tehnică feroviară este necesar să se corecteze valorile din tabelul B.7 conform tabelelor 1, 2, C.1 și anexei E la norma tehnică feroviară, [9].

3. Distanțele de izolare în aer de securitate se dimensionează ca la pct. 5.4.2.1 din norma tehnică feroviară, înmulțind valorile DIA normale, respectiv sporite din tabelul B.7 cu factorul 1,6, iar distanțele de izolare pe suprafață care asigură izolația întărită se dimensionează ca la pct. 5.4.3 din norma tehnică feroviară, înmulțind valorile DIA sporite din tabelul B.7 cu factorul 2,0.

Tensiuni nominale permanente [kV]	Mărimea fizică	CATEGORIA DISTANȚEI DE IZOLARE ÎN AER (DIA), ELECTROZI PLAN-PLAN ȘI SFERĂ-PLAN					
		DIA redusă (valori recomandate numai pentru izolația funcțională a ELEA, care trebuie stabilite prin înțelegere între beneficiar și furnizor și verificate de măsurători, [9])		DIA normală (valori recomandate pentru izolația funcțională și izolația de bază)		DIA sporită (valori recomandate pentru izolația funcțională și pentru izolația de bază, stabilite prin înțelegere între beneficiar și furnizor)	
		Statică	Dinamică	Statică	Dinamică	Statică	Dinamică
25 kV, 50 Hz, defazaj 0°	Distanța de izolare în aer [mm]	[62; 103)	[52; 62)	103	62	> 103	> 62
	Tensiunea de ținere la impuls 1,2/50 μs [kV(vârf)]	[152,4; 250)	[130,7; 152,4)	250	152,4	> 250	> 152,4
25 kV, 50 Hz, defazaj 120°	Distanța de izolare în aer [mm]	[109; 181)	[92; 109)	181	109	> 181	> 109
	Tensiunea de ținere la	[264; 433)	[226,3; 264)	433	264	> 433	> 264

	impuls 1,2/50 μs [kV(vârf)]						
25 kV, 50 Hz, defazaj 180°	Distanța de izolare în aer [mm]	[126; 210)	[108; 126)	210	126	> 210	> 126
	Tensiunea de ținere la impuls 1,2/50 μs [kV(vârf)]	[304,8; 500)	[261,3; 304,8)	500	304,8	> 500	> 304,8

Tabelul B.8 - Categoriile distanțelor de izolare în aer pentru diverse tensiuni nominale și tipuri de izolație, în condiții atmosferice de referință standardizate, cu expunere la ultraviolete pentru electrozi plan-plan și sferă-plan (câmp electric omogen)

NOTE:

1. Valorile distanțelor de izolare în aer precizate în acest tabel sunt valori minime recomandate pentru electrozi plan-plan și sferă-plan obținute prin calcul conform pct. E.2 din anexa E la norma tehnică feroviară, cu probabilitate de ținere de 90%.
2. Pentru condiții atmosferice, grade de poluare și categorii de supratensiune diferite de cele de la pct. 4.1 și 4.2 din norma tehnică feroviară este necesar să se corecteze valorile din tabelul B.8 conform pct. E.2 din anexa E la norma tehnică feroviară, [9].
3. Distanțele de izolare în aer de securitate se dimensionează ca la pct. 5.4.2.1 din norma tehnică feroviară, înmulțind valorile DIA normale, respectiv sporite din tabelul B.8 cu factorul 1,6, iar distanțele de izolare pe suprafață care asigură izolația întărită se dimensionează ca la pct. 5.4.3 din norma tehnică feroviară, înmulțind valorile DIA sporite din tabelul B.8 cu factorul 2,0.

Tensiuni nominale	Mărimea fizică	CATEGORIA DISTANȚEI DE IZOLARE ÎN AER (DIA), ELECTROZI VÂRF-PLAN
----------------------	-------------------	--

permanente [kV]		DIA redusă (valori recomandate numai pentru izolația funcțională a ELEA, care trebuie stabilite prin înțelegere între beneficiar și furnizor și verificate de măsurători, [9])		DIA normală (valori recomandate pentru izolația funcțională și izolația de bază)		DIA sporită (valori recomandate pentru izolația funcțională și pentru izolația de bază, stabilite prin înțelegere între beneficiar și furnizor)	
		Statică	Dinamică	Statică	Dinamică	Statică	Dinamică
25 kV, 50 Hz, defazaj 0°	Distanța de izolare în aer [mm]	[382; 630)	[319; 382)	630	382	> 630	> 382
	Tensiunea de ținere la impuls 1,2/50 μs [kV(vârf)]	[198; 325)	[170; 198)	325	198	> 325	> 198
25 kV, 50 Hz, defazaj 120°	Distanța de izolare în aer [mm]	[670; 1.126)	[604; 670)	1.126	670	> 1126	> 670
	Tensiunea de ținere la impuls 1,2/50 μs [kV(vârf)]	[343,2; 562)	[294,3; 343,2)	562	343,2	> 562	> 343,2
25 kV, 50 Hz, defazaj 180°	Distanța de izolare în aer [mm]	[785; 1.300)	[663; 785)	1.300	785	> 1.300	> 785
	Tensiunea de ținere la impuls 1,2/50 μs [kV(vârf)]	[396,3; 650)	[340; 396,3)	650	396,3	> 650	> 396,3

Tabelul B.9 - Categoriile distanțelor de izolare în aer pentru diverse tensiuni nominale și tipuri de izolație, în condiții atmosferice de referință standardizate, cu expunere la ultraviolete pentru electrozi vârf-plan (câmp electric neomogen)

NOTE:

1. Valorile distanțelor de izolare în aer precizate în acest tabel sunt valori minime recomandate pentru electrozi vârf-plan, cu polul (+) pe electrodul vârf, obținute prin interpolarea valorilor din tabelul E.1 din anexa E la norma tehnică feroviară și sunt valabile pentru condiții atmosferice de referință standardizate, cu probabilitate de ținere de 90%; aceste valori sunt acoperitoare pentru toate tipurile de electrozi întâlnite în practică.

2. Pentru condiții atmosferice, categorii de supratensiune și grade de poluare diferite de cele de la pct. 4.1 și 4.2 din norma tehnică feroviară este necesar să se corecteze valorile din tabelul B.9 conform tabelelor 1, 2, C.1 și anexei E la norma tehnică feroviară, [9].

3. Distanțele de izolare în aer de securitate se dimensionează ca la pct. 5.4.2.1 din norma tehnică feroviară, înmulțind valorile DIA normale, respectiv sporite din tabelul B.9 cu factorul 1,6, iar distanțele de izolare pe suprafață care asigură izolația întărită se dimensionează ca la pct. 5.4.3 din norma tehnică feroviară, înmulțind valorile DIA sporite din tabelul B.9 cu factorul 2,0.

Tensiuni nominale permanente [kV]	Mărimea fizică	CATEGORIA DISTANȚEI DE IZOLARE ÎN AER (DIA), ELECTROZI PLAN-PLAN ȘI SFERĂ-PLAN					
		DIA redusă (valori recomandate numai pentru izolația funcțională a ELEA, care trebuie stabilite prin înțelegere între beneficiar și furnizor și verificate de măsurători, [9])		DIA normală (valori recomandate pentru izolația funcțională și izolația de bază)		DIA sporită (valori recomandate pentru izolația funcțională și pentru izolația de bază, stabilite prin înțelegere între beneficiar și furnizor)	
		Statică	Dinamică	Statică	Dinamică	Statică	Dinamică
25 kV, 50 Hz, defazaj 0°	Distanța de izolare în aer [mm]	[81; 135)	[69; 81)	135	81	> 135	> 81
	Tensiunea de ținere la impuls 1,2/50 μs [kV(vârf)]	[198; 325)	[170; 198)	325	198	> 325	> 198
25 kV, 50 Hz, defazaj 120°	Distanța de izolare în aer [mm]	[143; 238)	[122; 143)	238	143	> 238	> 143

	Tensiunea de ținere la impuls 1,2/50 μs [kV(vârf)]	[343,2; 562)	[294,3; 343,2)	562	343,2	> 562	> 343,2
25 kV, 50 Hz, defazaj 180°	Distanța de izolare în aer [mm]	[166; 275)	[142; 166)	275	166	> 275	> 166
	Tensiunea de ținere la impuls 1,2/50 μs [kV(vârf)]	[396,3; 650)	[340; 396,3)	650	396,3	> 650	> 396,3

Tabelul B.10 - Categoriile distanțelor de izolare în aer pentru diverse tensiuni nominale și tipuri de izolație, în condiții atmosferice de referință standardizate, cu expunere la ultraviolete pentru electrozi plan-plan și sferă-plan (câmp electric omogen)

NOTE:

1. Valorile distanțelor de izolare în aer precizate în acest tabel sunt valori minime recomandate pentru electrozi plan-plan și sferă-plan obținute prin calcul conform pct. E.2 din anexa E la norma tehnică feroviară, cu probabilitate de ținere de 90%.
2. Pentru condiții atmosferice, grade de poluare și categorii de supratensiune diferite de cele de la pct. 4.1 și 4.2 din norma tehnică feroviară este necesar să se corecteze valorile din tabelul B.10 conform pct. E.2 din anexa E la norma tehnică feroviară, [9].
3. Distanțele de izolare în aer de securitate se dimensionează ca la pct. 5.4.2.1, din norma tehnică feroviară, înmulțind valorile DIA normale, respectiv sporite din tabelul B.10 cu factorul 1,6, iar distanțele de izolare pe suprafață care asigură izolația întărită se dimensionează ca la pct. 5.4.3 din norma tehnică feroviară, înmulțind valorile DIA sporite din tabelul B.10 cu factorul 2,0.

ANEXA C (normativă)
la norma tehnică feroviară

Dimensionarea distanțelor de izolare în aer în instalațiile fixe
de tracțiune electrică, ținându-se seama de tensiunile nominale
de ținere la impuls și de gradul de poluare a atmosferei

C.1.1. Generalități

Pentru o anumită tensiune standardizată de ținere la impuls $U(t)$ [kV], distanța de izolare în aer "d" depinde de:

- condițiile atmosferice reale (presiunea p, temperatura t și umiditatea aerului ambiant h);
- forma electrozilor și polaritatea tensiunii de încercare;
- probabilitatea de ținere.

C.1.2. Condițiile atmosferice de referință standardizate referitoare la presiunea, temperatura, respectiv umiditatea aerului (p_0 , t_0 , h_0) sunt precizate la pct. 4.2 din norma tehnică feroviară, iar gradele de poluare utilizate (PD4, PD4A, PD4B) sunt definite conform anexei E din [9] și pct. 4.4 din norma tehnică feroviară.

C.1.3. În tabelul C.1 sunt precizate valorile distanțelor de izolare în aer în funcție de tensiunile nominale de ținere la impuls 1,2/50 μ s, cu probabilitatea de ținere de 90%, în condițiile pct. C.1.2, în cazul electrozilor vârf-plan, având la bază datele din [9] și [13].

NOTĂ:

Pentru tensiunile de ținere corespunzătoare sistemelor de electrificare 1 x 25 kV și 2 x 25 kV, 50 Hz, poluarea atmosferei, cum se precizează în tabelul C.1, influențează în mică măsură valoarea distanțelor de izolare în aer.

Tabelul C.1 - Distanțe minime de izolare în aer în funcție de tensiunea nominală de ținere la impuls 1,2/50 μ s (cu probabilitatea de ținere de 90%), $U(Ni)$, în condiții atmosferice de referință standardizate, pentru electrozi vârf-plan, [9] și [13].

Tensiunea nominală de ținere la impuls de trăsnet 1,2/50 μ s $U(Ni)$ [kV(vârf)]	Distanțe minime de izolare în aer pentru diverse grade de poluare, în condițiile C.1.2, [9] și [13]			
	PD1, PD2, PD3, PD3A [mm]	PD4 [mm]	PD4A [mm]	PD4B [mm]
40	60	72	82	87
50	75	91	101	106

60	90	110	120	125
75	120	135	145	150
95	160	175	180	185
125	210	230	235	235
145	260	265	270	270
170	310			
200	370			
250	480			
325	600			
380	750			
450	900			
550	1.100			
650	1.300			
750	1.500			

NOTE:

1. Pentru valori intermediare ale tensiunilor nominale de ținere la impuls, distanțele minime de izolare în aer se determină folosind procedeul de interpolare liniară a valorilor adiacente precizate în tabelul C.1.
2. Pentru condiții de temperatură, umiditate și presiune diferite de cele precizate la pct. 4.2, este necesar ca distanțele minime de izolare în aer din tabelul C.1 să fie corectate conform anexei E la norma tehnică feroviară.
3. Pentru DIA ale echipamentului electric de pe acoperișul materialului rulant nu se vor lua în considerare valorile din acest tabel.
4. Pentru DIA din instalațiile fixe de tracțiune electrică exterioare, categoria PD4A se ia în considerare dacă există o conductivitate ocazională provenită dintr-o poluare intensă, în condiții de ploaie, zăpadă, gheață, ceață.
5. Pentru DIA din instalațiile fixe de tracțiune electrică exterioare, categoria PD4B se ia în considerare dacă există o conductivitate ocazională provenită dintr-o poluare foarte intensă, în condiții de ploaie, zăpadă, gheață, ceață.
6. Valorile precizate pentru DIA, pentru încercare la impuls din tabelul E.1, sunt acoperitoare pentru toate celelalte tipuri de electrozi întâlnite în practică (plan-plan, conductor-plan paralel).

ANEXA D (normativă)
la norma tehnică feroviară

Cerințele sistemului de administrare a vegetației din vecinătatea liniilor electrificate în sistemele 1x25 kV, 50 Hz și 2x25 kV, 50 Hz

D.1. Obiect

Obiectul prezentei anexe este să detalieze cerințele de management pentru controlul de risc care crește datorită prezenței vegetației în domeniul de aplicare precizat mai jos.

D.2. Domeniu de aplicare

Prezenta anexă se aplică la zona de infrastructură aferentă liniilor electrificate în sistemele de tracțiune electrică 1x25 kV, 50 Hz și 2x25 kV, 50 Hz. În plus, ea se va aplica acolo unde există un transfer al riscului potențial la funcționarea căii ferate electrificate administrate de terți.

D.3. Principii

D.3.1. Prezenta anexă completează [2] și [3] cap. 5 - "Instalații și echipamente electrice".

D.3.2. Riscurile care pot rezulta din creșterea și invazia vegetației asupra infrastructurii trebuie să fie evaluate și controlate corespunzător de către deținătorul de infrastructură sau de administratorul numit de acesta, iar măsurile implementate trebuie să asigure cel mai mic risc cu putință pentru operațiunile și activitățile feroviare de pe liniile electrificate.

D.4. Competență

Orice administrator de infrastructură feroviară care răspunde de structura de susținere a LCA trebuie să se asigure că persoanele investite cu sarcina evaluării și administrării riscurilor datorate creșterii și invadării liniei de către vegetație sunt competente.

D.5. Cerințele sistemului de administrare a vegetației

D.5.1. Trebuie realizat un sistem de administrare care să includă un plan strategic pentru administrarea vegetației. Planul trebuie revizuit la intervale regulate, dar cel puțin o dată la 5 ani și trebuie updatat corespunzător. Oricând este executată o lucrare nouă, aceasta va fi proiectată pentru a se minimiza efectele oricăror pericole care sunt incluse în cele listate la pct. D.5.3.

D.5.2. Acest sistem de administrare trebuie să detalieze cerințele pentru procedeele de identificare a pericolului, să evalueze riscul și procedurile de revizuire și să indice acele locații care vor fi inspectate în mod regulat.

Sistemul de administrare trebuie, de asemenea, să detalieze acele locuri care au cerințe speciale și pentru care trebuie păstrate înregistrările.

D.5.3. Trebuie să fie identificate pericolele referitoare la prezența vegetației.

Pericolele care vor fi considerate trebuie să includă cel puțin următoarele:

- cele care afectează sau influențează condițiile de înaintare incluzând aderența și condițiile circuitului de tracțiune;
- cele care pot împiedica inspectarea propriu-zisă a infrastructurii;
- defecțiunea sistemelor de drenaj al cursurilor de apă provenită din inundații;
- pericolul datorat copacilor căzuți sau părților căzute din aceștia;
- deteriorarea liniilor directe ale traficului feroviar și ale traficului pe drumuri rutiere pentru muncitorii din cale;
- deteriorarea liniilor directe de trafic feroviar pentru utilizatorii de drumuri rutiere și pietonii care folosesc treceri autorizate;
- scurtcircuite ale sistemelor de alimentare pentru tracțiunea electrică și ale sistemelor de semnalizare și comandă a trenurilor;
- pericole de împiedicare și de adormire;
- reducerea distanțelor de izolare în aer;
- încălcarea și obstrucționarea pozițiilor de securitate, refugii de securitate și rute de acces de securitate;
- incendii (spontane, accidentale sau cu pornire intenționată);
- cerințele legislative și răspunderea terțelor părți privind pesticidele, noxele, invazia buruienilor etc. și posibilitatea de încălcare a acestora;
- consecințele vremii nefavorabile avute asupra vegetației, cum ar fi zăpada, gheața, lapovița, vântul puternic etc., care induc eventuale pericole pentru funcționarea căii ferate;
- vizibilitatea semnalelor și a semnalelor din cale de către conducătorii de tren;
- stabilitatea structurilor de susținere, a taluzurilor și a canalelor;
- stabilitatea proprietății învecinate;
- lăsarea sau ridicarea structurilor de susținere ca rezultat al schimbărilor sezoniere asupra copacilor.

D.5.4. Riscurile asociate cu identificarea pericolelor din secțiunea D.3 și orice alte pericole importante vor fi evaluate pentru secțiunile de cale ferată electrificată. Pentru a evalua magnitudinea riscurilor vor fi considerate următoarele:

- sistemele de electrificare;
- controlul trenurilor și sistemelor de comunicații;

- folosirea de suprafețe adiacente, de exemplu, domestice, industriale, agricole etc.;
- practicile manageriale care sunt înțelese pentru a controla creșterea vegetației în terenul adiacent;
- trăsături topografice;
- consecințele implementării întârziate a sistemului de administrare a vegetației, pentru a-l potrivi cu cerințele domeniilor ingineresti;
- nivelul vandalismului;
- viteza de circulație și volumul de trafic al liniei;
- tipul traficului;
- pante.

D.5.5. Pentru secțiunile de cale ferată electrificată cu riscuri importante trebuie să fie realizate planuri locale. Aceste planuri trebuie să includă:

- frecvența recomandată de intervenție;
- metodele de control; și trebuie luate în considerare:
- proiectele de mediu și de ecologie;
- impactul ecologic al controlului planificat al vegetației.

D.5.6. În cazurile în care sunt identificate schimbări importante, riscurile asociate trebuie să fie reevaluate și acolo unde este necesar se vor implementa măsuri revizuite.

Schimbările importante ce vor fi considerate trebuie să includă:

- electrificarea secțiunilor sau schimbarea tensiunii de alimentare;
- instalarea circuitelor de cale;
- introducerea unui material rulant nou/diferit;
- tipul vegetației și viteza de creștere.

O atenție sporită trebuie să fie dată factorilor principali interesați prin rapoartele provenite de la:

- observațiile neplanificate;
- inspecțiile planificate înțelese ca parte a sistemului de administrare;
- autoritățile vecine/statutare.

D.5.7. Înregistrările trebuie să fie păstrate pentru acele locații unde există planuri locale. Aceste înregistrări trebuie să includă detaliile pericolelor la care este supusă infrastructura și măsurile planificate (incluzând desfășurarea lor în timp) necesare pentru a micșora riscurile asociate.

ANEXA E (normativă)
la norma tehnică feroviară

Tensiuni de încercare la ținere pentru verificarea distanțelor
de izolare în aer și corectarea acestora în funcție
de condițiile atmosferice reale

Tensiunile de încercare la ținere cu o probabilitate de ținere precizată pentru DIA depind de următorii factori:

- distanța între electrozi;
- forma și polaritatea electrozilor (neuniformitatea câmpului electric);
- condițiile reale de mediu în care se desfășoară încercarea (presiunea, temperatura și umiditatea aerului).

NOTĂ:

În prezenta anexă tensiunile de ținere la impuls de trăsnet care vor fi precizate pentru diverse DIA și diverse tipuri de electrozi se consideră că sunt determinate experimental sau prin calcul la o probabilitate de ținere de 90%, [13].

E.1. Tensiuni de încercare la ținere pentru verificarea DIA cu electrozi vârf-plan

E.1.1. În tabelul E.1 sunt precizate tensiunile de încercare la ținere: la impuls 1,2/50 μ s respective la tensiune alternativă cu frecvența de 50 Hz, pentru diverse DIA, în cazul electrozilor vârf-plan, în condiții atmosferice de referință standardizate ($p_0=101,325$ kPa, $t_0=20^\circ\text{C}$, $h_0=11\text{g/m}^3$), la o probabilitatea de ținere de 90%. Valorile din acest tabel au la bază datele din [9] și [13], care sunt valabile pentru polaritatea pozitivă a electrodului vârf, acesta fiind cazul cel mai defavorabil.

Tabelul E.1 - Tensiuni de încercare la ținere pentru verificarea distanțelor de izolare în aer în condiții atmosferice de referință standardizate, electrozi vârf-plan ([9] și [13])

Distanța de izolare în aer "d" [mm]	Tensiunea de încercare la ținere la impuls 1,2/50 μ s [kV(vârf)]	Tensiunea de încercare la ținere la frecvența 50 Hz [kV(ef)]
40	29,5	16
60	41,6	22,6
90	58,5	31,7
120	74,6	40,5
160	95	51,5

260	143	77,6
310	166	90
370	193	104
480	240	130
600	289	157
630	325	
750	380	
900	450	
1.100	550	
1.300	650	
1.500	750	
1.700	850	

NOTE:

1. Se permite interpolarea între valorile adiacente ale tabelului E.1.
 2. Pentru condiții atmosferice reale de încercare (p, t, h), diferite de cele standardizate prevăzute la pct. 4.2 din norma tehnică feroviară, se corectează valorile tensiunii de încercare la ținere la impuls din tabelul E.1 în funcție de densitatea și umiditatea aerului, cu formulele precizate la pct. E.1.2.
 3. Valorile tensiunilor de încercare din tabelul E.1 sunt acoperitoare pentru celelalte tipuri de electrozi: sferă-plan, plan-plan și conductor-plan, pentru aceeași DIA.
- E.1.2.** Corectarea tensiunilor de încercare la ținere pentru DIA cu electrozi vârf-plan, [14]
- E.1.2.1.** Presiunea reală a aerului ambiant (p) depinde de altitudinea locului unde se face încercarea față de nivelul mării a[m] și se calculează cu formula:
- $$p = 101,325 - 1,174 \times 10^{-2} \times a + 4,595 \times 10^{-7} \times a^2 \text{ [kPa]}$$
- E.1.2.2.** Densitatea relativă a aerului ambiant se calculează cu relația:
- $$\text{delta} = p/p_0 \times (273,15 + t_0)/(273,15 + t),$$
- în care:
- p, p₀ - presiunea reală, respectiv presiunea standardizată de referință în aceleași unități de măsură;
- t, t₀ - temperatura reală, respectiv temperatura standardizată de referință în grade Celsius.
- E.1.2.3.** Factorul de corecție care ține seama de densitatea aerului (k₁)

Acest factor se calculează cu relația:

$$k_1 = (\delta)^m,$$

în care:

m - exponent determinat la pct. E.1.2.5.

Corecția este considerată valabilă pentru $0,8 < k_1 < 1,05$.

E.1.2.4. Factorul de corecție care ține seama de umiditatea aerului (k_2) se calculează cu relația:

$$k_2 = (k)^w,$$

în care:

$$k = 1 + 0,01 \cdot (h/\delta - 11), \text{ pentru } 1 < h/\delta < 25 \text{ g/m}^3;$$

h - umiditatea absolută reală a aerului în g/m^3 ;

delta - densitatea relativă reală a aerului determinată la pct. E.1.2.2;

w - exponent determinat la pct. E.1.2.5.

E.1.2.5. Exponenții m și w

În cazul când pentru o distanță de izolare în aer "d" se cunoaște tensiunea de ținere la impuls (cu probabilitatea de 90%) $U(t,0)$ în condiții atmosferice de referință standardizate (p_0, t_0, h_0), precizată în tabelul E.1, se determină iterativ exponenții m și w în funcție de parametrul g exprimat cu formula:

$$g = U(t,i-1) / (500 \delta \delta k) / (1 - 1,3 \delta \delta),$$

în care:

d[m] - distanța de izolare în aer;

delta și k sunt calculați la pct. E.1.2.2, respectiv E.1.2.4.

$U(t,i-1) = U(t,0)$ la prima iterație;

$U(t,i)$ converge către valoarea tensiunii de ținere la impuls în condiții atmosferice reale $U(t)$.

Exponenții m și w au valorile din tabelul E.2.

Tabelul E.2 - Valorile exponenților m și w în funcție de parametrul g, [14]

g	m	w
< 0,2	0	0
[0,2-1,0)	$g(g-0,2)/0,8$	$g(g-0,2)/0,8$
[1,0-1,2)	1,0	1,0

[1,2-2,0]	1,0	(2,2-g)(2-g)/0,8
> 2,0	1,0	0

E.1.2.6. Factorul de corecție total $K(t)$ este produsul celor doi factori de corecție:

- factorul de corecție de densitate k_1 , determinat la pct. E.1.2.3;
- factorul de corecție de umiditate k_2 , determinat la pct. E.1.2.4.

$$K(t) = k_1 \cdot k_2$$

E.1.2.7. Tensiunea de ținere cu probabilitatea de 90% în condițiile atmosferice reale

Această tensiune se calculează cu formula:

$$U(t,k) = K(t) \cdot U(t,0)$$

Procesul iterativ se reia de la pct. E.1.2.3 până când:

$$dU(\%) = 100 \cdot |(U(t,k-1) - U(t,k)) / U(t,k)| < \text{epsilon}\%$$

unde epsilon% este eroarea relativă în procente, impusă pentru determinarea tensiunii de ținere la impuls în condiții reale, în general mai mică decât eroarea de măsură a acestei tensiuni în condiții atmosferice de referință standardizate.

E.1.2.8. Schema logică a calculelor privind determinarea și aplicarea factorilor de corecție de presiune, temperatură și umiditate la calculul tensiunii de ținere la impuls 1,2/50 μ s pentru electrozi vârf-placă este precizată în figura E.1.

E.1.3. Pentru valorile distanței de izolare în aer din tabelul E.1 al prezentei anexe se pot determina tensiunile de ținere la impuls (cu probabilitatea de 90%) $U(t)$ pentru condițiile atmosferice reale (p , t , h) folosind algoritmul descris la pct. E.1.2.

E.1.4. Pentru o tensiune de ținere la impuls 1,2/50 μ s impusă $U(t, \text{imp})$ se poate determina atât distanța de izolare în aer în condiții atmosferice de referință d_0 (prin interpolarea liniară a datelor din tabelul E.1), cât și distanța de izolare în aer corectată pentru condițiile atmosferice reale $d(c)$ (prin interpolarea liniară a valorilor $U(t)$ determinate conform pct. E.1.3).

E.1.5. Exemplu de calcul

E.1.5.1. Se dorește exprimarea tensiunii de ținere la impuls $U(t)$, cu probabilitatea de ținere de 90%, pentru distanța de izolare în aer $d=310$ mm=0,31 m, în cazul electrozilor vârf-placă, în următoarele condiții atmosferice reale:

$a=1.200$ m - altitudinea deasupra nivelului mării;

$t=30^\circ\text{C}$ - temperatura reală a aerului;

$h=12$ g/m³ - umiditatea absolută reală a aerului;

epsilon=0,5% - eroarea în aprecierea tensiunii de ținere.

E.1.5.2. Presiunea reală a aerului ambiant pentru altitudinea $a=1.200$ m se calculează folosind formula de la pct. E.1.2.1:

$$p=101,325-1,174 \cdot 10^{-2} \cdot a + 4,595 \cdot 10^{-7} \cdot a^2 = 101,325-1,174 \cdot 10^{-2} \cdot 1200 + 4,595 \cdot 10^{-7} \cdot 1200^2 = 87,9 \text{ [kPa]}.$$

E.1.5.3. Densitatea relativă reală a aerului ambiant se calculează cu formula precizată la pct. E.1.2.2:

$$\Delta = p/p_0 \cdot (273,15+t_0)/(273,15+t),$$

în care:

$p=87,9 \text{ kPa}$ - presiunea reală a aerului;

$t=30^\circ\text{C}$ - temperatura reală a aerului.

Rezultă: $\Delta = 87,9/101,325 \cdot (273,15+20)/(273,15+30) = 0,838/\text{cm}^3$, valoare care va rămâne constantă pe durata calculelor.

E.1.5.4. Coeficienții de corecție

E.1.5.4.1. Parametrul k

$$k = 1 + 0,01 \cdot (h/\Delta - 11), \text{ pentru } 1^3;$$

$$k = 1 + 0,01 \cdot (14,3176 - 11) = 1,03318, \text{ această valoare rămâne constantă pe parcursul calculelor.}$$

E.1.5.4.2. Parametrul g

Iterația 1

Din tabelul E.1, pentru distanța de izolare în aer $d=0,31\text{m}$ rezultă în condiții atmosferice de referință standardizate $U(t,0)=166\text{kV}$ și se calculează valoarea lui g :

$$g = U(t,0)/(500 \cdot d \cdot \Delta \cdot k)/(1-1,3 \cdot 0,06) = 166/(500 \cdot 0,310 \cdot 0,838 \cdot 1,03318)/0,922 = 1,3414.$$

Pentru această valoare a lui g rezultă din tabelul E.2 valorile exponenților care sunt date de expresiile:

$$m = 1,0;$$

$$w = (2,2-g)(2-g)/0,8 = (2,2-1,3414)(2,0-1,3414)/0,8 = 0,85855 \cdot 0,65855/0,8 = 0,7067.$$

E.1.5.4.3. Factorul de corecție care ține seama de densitatea aerului (k_1)

Acest factor se calculează cu relația:

$$k_1 = (\Delta)^m = 0,838^1 = 0,838.$$

E.1.5.4.4. Factorul de corecție care ține seama de umiditatea aerului (k_2) se calculează cu relația:

$$k_2 = (k)^w = 1,03318^{0,7067} = 1,02333.$$

E.1.5.4.5. Factorul de corecție total

$$K(t) = k_1 \cdot k_2 = 0,838 \cdot 1,02333 = 0,8576.$$

E.1.5.4.6. Tensiunea de ținere la impuls în condiții atmosferice reale

Se calculează iterativ astfel:

Prima valoare corectată a tensiunii de încercare cu probabilitatea de ținere de 90%:

$$U(t,1)=K(t) \cdot U(t,0)=0,8576 \cdot 166=142,3616 \text{ kV.}$$

Iterația 2

$$g=U(t,1)/(500 \cdot d \cdot \delta \cdot k)/0,922=142,3616/(500 \cdot 0,31 \cdot 0,838 \cdot 1,03318)/0,922 = 1,150425.$$

Pentru această valoare a lui g rezultă din tabelul E.2 valorile exponenților:

$$m=1,0; w=1,0;$$

$$k_1=(\delta)^m=0,838^1,0=0,838;$$

$$k_2=(k)^w=1,03318^1,0=1,03318;$$

$$K(t)=k_1 \cdot k_2=0,8659;$$

$$U(t,2)=K(t) \cdot U(t,0)=0,8659 \cdot 166=143,7394 \text{ kV.}$$

Se calculează $\delta U(\%)=100 \cdot |[U(t,2)-U(t,1)]/U(t,2)|=100 \cdot (143,7394-142,371)/143,7394=0,953\%$; deoarece această valoare depășește 0,5% se reiau calculele de la pct. E.1.5.4.2.

Iterația 3

$$g=U(t,2)/(500 \cdot d \cdot \delta \cdot k)/0,922=143,739/(500 \cdot 0,310 \cdot 0,8381 \cdot 1,03318)/0,922=1,1615.$$

Pentru valoarea $g=1,1615$ din tabelul E.2 rezultă: $m=1,0; w=1,0;$

$$k_1=(\delta)^m=0,838^1,0=0,8381;$$

$$k_2=(k)^w=1,03318^1,0=1,03318;$$

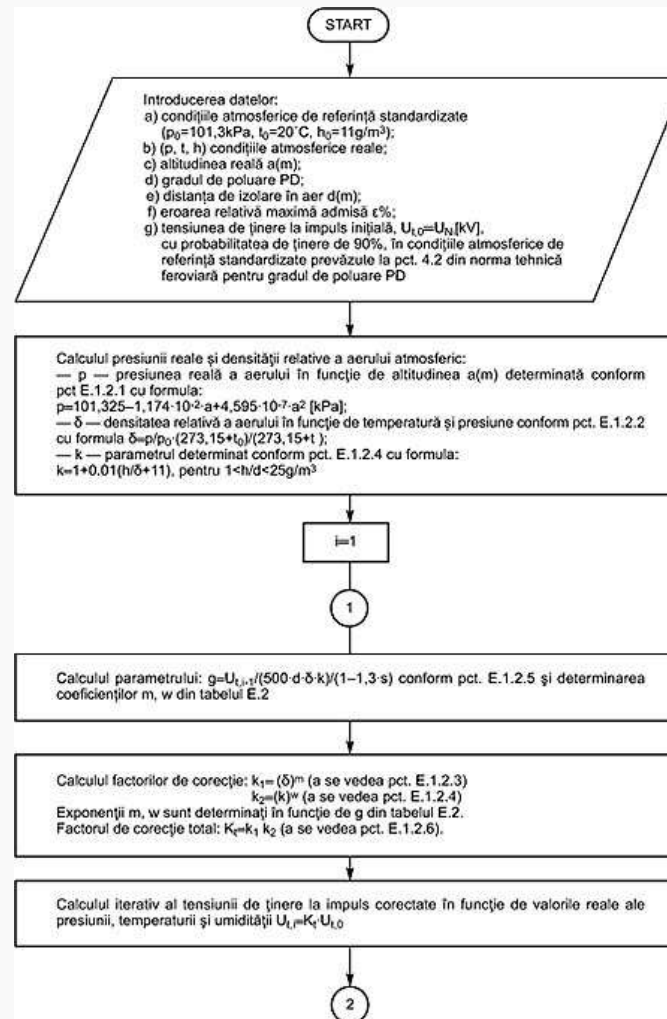
$$K(t)=k_1 \cdot k_2=0,8659;$$

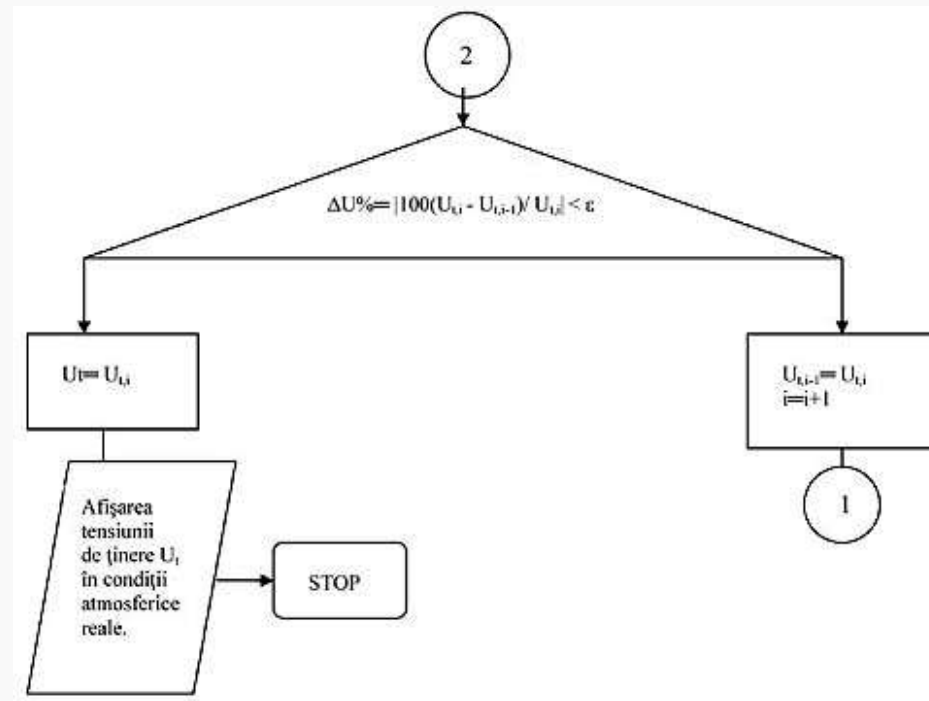
$$U(t,3)=K(t) \cdot U(t,0)=0,8659 \cdot 166=143,739 \text{ kV;}$$

$$\delta U(\%)=100 \cdot |[U(t,3)-U(t,2)]/U(t,3)|=100 \cdot |(143,739-143,739)/143,739|\%.$$

Deoarece această valoare este mai mică decât $\epsilon\%<0,5\%$ impus, se opresc calculele considerând că tensiunea de ținere la frecvența 50Hz, pentru distanța de izolare în aer $d=0,31\text{m}$, în condițiile atmosferice reale date la pct. E.1.5.1, este $U(t)=143,739\text{kV}$.

Figura E.1 - Schema logică a calculelor privind determinarea și aplicarea factorilor de corecție de presiune, temperatură și umiditate în calculul tensiunii de ținere la impuls în condiții atmosferice reale





E.2. Tensiuni de încercare la ținere pentru verificarea DIA cu electrozi plan-plan paraleli și sferă-plan în aer atmosferic

E.2.1. Pentru electrozi plan-plan paraleli și sferă-plan în aer atmosferic, tensiunea de încercare la impuls 1,2/50μs, cu probabilitatea de ținere de 90%, se determină cu formula:

$$U(d) = (24,4 \delta \Delta s d + 6,53 \delta \sqrt{V \Delta s \sqrt{d}}) (1 - 1,3 \delta s) \text{ [kV]},$$

în care:

delta - coeficient de corecție cu temperatura și presiunea aerului calculat cu relația prevăzută la pct. E.1.2.2;

d - distanța între electrozii plani paraleli în [cm];

s - abaterea medie pătratică, care ia valorile:

s=0,03 pentru încercări în mediu uscat pe izolație în aer, fără alte izolații implicate;

$s=0,06$ pentru încercări în mediu uscat și în mediu umed pe izolație în aer, fără alte izolații implicate, [14].

NOTĂ:

Valorile tensiunii de ținere cu probabilitatea de 90%, determinate cu relația prevăzută la pct. E.2.1, nu depind de polaritatea electrozilor și nu se corectează cu umiditatea aerului.

E.2.2. Pentru electrozi plan-plan paraleli în aer atmosferic, în cazul în care se cunoaște $U(d)$ - tensiunea de încercare la impuls $1,2/50 \mu s$, cu probabilitatea de ținere de 90%, se determină distanța de izolare în aer cu formula:

$$d=x^2/\delta \text{ [cm]},$$

în care:

δ - coeficient de corecție cu temperatura și presiunea aerului calculat cu relația prevăzută la pct. E.1.2.2;

$$x=[-b+(b^2-4\delta a)^{0,5}]/2a;$$

$$a=24,4 \cdot (1-1,3 \cdot s);$$

$$b=6,53 \cdot (1-1,3 \cdot s);$$

$$c=-U(d).$$

E.2.3. Exemple de calcul

a) Pentru o distanță de izolare în aer $d=10$ cm între electrozi plan-plan paraleli, pentru încercări la impuls atât în mediu uscat, cât și în mediu umed $s=0,06$, la o temperatură de $20^\circ C$ și o altitudine de 2.000 m, se obțin:

- presiunea reală a aerului la altitudinea de 2.000 m

$$p=101,325-1,174 \cdot 10^{-2} \cdot a+4,595 \cdot 10^{-7} \cdot a^2 [\text{kPa}]=101,325-1,174 \cdot 10^{-2} \cdot 2000 + 4,595 \cdot 10^{-7} \cdot 2000^2 =101,29 \cdot 0,7857=79,68 \text{ kPa};$$

- coeficientul de corecție cu presiunea și temperatura aerului $\delta=79,68/101,3 \cdot 1=0,7856$;

- tensiunea de încercare la ținere cu probabilitatea de 90%, la impuls de trăsnet $1,2/50 \mu s$, cu valoarea:

$$U(d)=(24,4 \cdot 0,7864 \cdot 10+6,53 \cdot \sqrt{0,7864 \cdot 10}) \cdot (1-1,3 \cdot 0,06) \text{ kV}=209,98 \cdot 0,922=193,60 \text{ kV}.$$

b) Pentru o tensiune de ținere (cu probabilitatea de ținere 90%) la impuls $1,2/50 \mu s$, $U(d)=170$ kV, distanța de izolare în aer $d[\text{cm}]$ între electrozi plani paraleli, pentru încercări în mediu uscat și în mediu umed, la o temperatură de $20^\circ C$, la altitudinea de 2.000 m, se obține din relațiile:

$$\delta=79,68/101,325 \cdot 1=0,7864;$$

$$a=24,4 \cdot (1-1,3 \cdot s)=24,4 \cdot (1-1,3 \cdot 0,06)=22,5;$$

$$b=6,53 \cdot (1-1,3 \cdot s)=6,53 \cdot (1-1,3 \cdot 0,06)=6,02;$$

$$c=-Ud=-170;$$

$x = [-b + (b^2 - 4 \cdot a \cdot c)^{0,5}] / 2 / a = 2,6182;$
 $d = x^2 / \delta = 6,855 / 0,7864 = 8,72 \text{ cm}$