

NORMATIV
PENTRU PROIECTAREA ȘI EXECUTAREA
REȚELELOR DE CABLURI ELECTRICE

NTE 007/08/00

Elaborator: S.C. Electrica S.A.

Executant: CI_SEE srl

Aprobat prin Ordinul nr. 38 din 20. 03. 2008 al președintelui ANRE

Înlocuiește: PE 107/95

București – 2008

Dr.ing. Cornel TOADER

Drd.ing. Laurențiu LIPAN

NORMATIV PENTRU PROIECTAREA ȘI EXECUTAREA REȚELELOR DE CABLURI ELECTRICE

CUPRINS

I.	SCOP	6
II.	DOMENIUL DE APLICARE	6
III.	TERMINOLOGIE, CLASIFICARE ȘI ABREVIERI	7
IV.	ACTE NORMATIVE DE REFERINȚĂ	19
V.	REGULI PRIVIND REALIZAREA REȚELELOR DE CABLURI	20
VI.	ALEGEREA ȘI VERIFICAREA CABLURILOR	25
VII.	INSTALAREA CABLURILOR	35
VIII.	AMENAJĂRI CONSTRUCTIVE ȘI INSTALAȚII ANEXE ÎN GOSPODĂRIILE DE CABLURI	55
IX.	DOTAREA GOSPODĂRIILOR DE CABLURI CU MIJLOACE ȘI INSTALAȚII DE PREVENIRE ȘI STINGERE A INCENDIILOR	62
X.	ACESORII PENTRU CABLURI. MARCAREA ȘI ÎNCERCAREA CABLURILOR	66
XI.	MĂSURI PRIVIND PROTECȚIA MEDIULUI	67
 ANEXE		
Anexa 1.	Valori recomandate pentru sarcina admisibilă a cablurilor cu tensiuni nominale U_0/U până la 18/30kV	69
Anexa 2.	Căderi de tensiune. Relații de calcul. Tabele	100
Anexa 3.	Eforturi electrodinamice. Relații de calcul. Tabele	107
Anexa 4.	Diferențe de nivel maxim admisibile la pozarea cablurilor	109
Anexa 5.	Raze minime de curbura admisibile la pozarea și manevrarea cablurilor	110
Anexa 6.	Tragerea mecanizată a cablurilor. Metode de tragere, eforturi admisibile	111
Anexa 7.	Rezistența termică specifică a solului	116
Anexa 8.	Instalația fixă cu apă pulverizată pentru stingerea prin răcire a incendiilor în gospodăria de cabluri	117
Anexa 9.	Calculul ventilării încăperilor de cabluri	119
Anexa 10.	Lista obiectivelor din ramura energiei electrice și termice care au gospodăria importante de cabluri	157

Anexa 11.	Simbolurile utilizate pentru denumirea unor materiale electroizolante.	
	Simbolurile utilizate pentru cabluri electrice	158
Anexa 12.	Ghid pentru alegerea cablurilor de înaltă tensiune	161
Anexa 13.	Date tehnice principale necesare întocmirii unei cereri de ofertă pentru cabluri electrice	168
Anexa 14.	Influența cablurilor de energie electrică asupra cablurilor de comandă, control și a cablurilor de telecomunicații	169
Anexa 15.	Exemple de calcul	183
Anexa 16.	Lista standardelor naționale, internaționale și prescripții conexe	199
BIBLIOGRAFIE		202

NORMATIV PENTRU PROIECTAREA ȘI EXECUTAREA REȚELOR DE CABLURI ELECTRICE

I. SCOP

Art. 1. Normativul are drept scop stabilirea:

- a) condițiilor și principiilor de dimensionare și construire a liniilor subterane de energie electrică;
- b) modului de instalare a liniilor electrice subterane și delimitarea zonelor de protecție și de siguranță
- c) realizarea de amenajări constructive și instalații anexe în gospodăriile de cabluri.

II. DOMENIU DE APLICARE

Art. 2. Prezentul normativ se aplică la proiectarea și executarea liniilor electrice în cablu cu tensiuni până la 400 kV inclusiv, aparținând operatorilor economici din sectorul energiei electrice.

Art. 3. Prezentul normativ nu se aplică la:

- a) gospodăriile de cabluri din centralele nucleare-electrice, cu excepția părții clasice (părțile comune, stația de evacuare a puterii etc.);
- b) gospodăriile de cabluri ale instalațiilor miniere subterane;
- c) gospodăriile de cabluri din construcții și incinte încadrate în categoriile A și B de pericol de incendiu (numai în măsura în care contravin prescripțiilor specifice care reglementează proiectarea și execuția instalațiilor electrice în medii cu pericol de explozie);
- d) instalațiile de cabluri de pe mijloacele de transport terestre, aeriene și navale;
- e) instalații de telecomunicații, ceasoficare și radioficare;
- f) instalații electrice specifice exploatarea feroviare;
- g) galerii comune circulabile pentru rețelele edilitare;
- h) instalațiile care necesită cabluri mobile (poduri rulante, macarale mobile etc.).

Art. 4. Adaptarea liniilor electrice în cablu și a gospodăriilor de cabluri existente la prevederile acestui normativ se va face numai în măsura în care exploatarea lor prezintă pericole evidente de incendiu sau accidente de persoane (a se vedea Art. 82); orice adaptare la noile prevederi se va face din inițiativa unității de exploatare, pe baza unui studiu tehnico-economic.

Art. 5. (1) Aplicarea prezentului normativ se face cu respectarea prevederilor tuturor normelor din sectorul energiei electrice și/sau din legislația sectoarelor adiacente, referitoare la linii subterane și la încadrarea lor în mediul înconjurător.

(2) Cerințele din prezentul normativ sunt minimale.

Art.6. În normativ se folosesc următoarele moduri de indicare a gradului de obligativitate a prevederilor conținute:

- “trebuie”, “este necesar”, “urmează”: indică obligativitatea strictă a respectării prevederilor în cauză;
- “de regulă”: indică faptul că prevederea respectivă trebuie să fie aplicată în majoritatea cazurilor; nerespectarea unei astfel de prevederi trebuie să fie temeinic justificată în proiect;
- “se recomandă”: indică o rezolvare preferabilă, care trebuie să fie avută în vedere la soluționarea problemei; nerespectarea unei astfel de prevederi nu trebuie justificată în proiect;
- “se admite”: indică o soluție satisfăcătoare, care poate fi aplicată în cazuri particulare, fiind obligatorie justificarea ei în proiect.

III. TERMINOLOGIE, CLASIFICARE ȘI ABREVIERI

Art.7. În sensul prezentului normativ, termenii și expresiile utilizate se definesc în tabelul de mai jos.

<i>Agresivitate a mediului</i>	Stare a mediului natural, impurificat sau nu cu substanțe, care, în condiții de exploatare, produce efectul de coroziune al metalului din care sunt realizate componentele LEC
<i>Apropiere a LEC de un obiect oarecare</i>	Situație de vecinătate în care LEC nu traversează obiectul respectiv
<i>Armătură</i>	Înveliș constituit din benzi metalice sau fire metalice destinate, de regulă, să protejeze cablul de efectele mecanice externe
<i>Armături de protecție</i>	Dispozitive cu rol de protejare a conductoarelor și a suprafețelor izolatoarelor contra atingerii directe cu arcul electric ce poate apare datorită unor supratensiuni, de reducere a perturbațiilor electromagnetice și de uniformizare a câmpului electric în lungul lanțului de izolatoare
<i>Aviz de amplasament</i>	Răspuns scris care se dă de către operatorul de rețea la cererea unui solicitant și care precizează poziția acestuia față de propunerea de amplasament a obiectivului solicitat
<i>Blindaj</i>	Benzi sau fire, de regulă metalice, aplicate peste o manta pentru a-i permite să suporte solicitări mecanice datorate în special presiunii interne
<i>Bloc de cabluri</i>	Elementul de construcție prevăzut cu canale interioare pentru pozarea în ele a cablurilor (de exemplu, blocuri din beton de tip „canalizări telefonice” cu 4 canale cilindrice, grupuri de tuburi din metal, beton, azbociment, material plastic etc.)

<i>Branșament electric</i>		Instalație de racordare la joasă tensiune
<i>Tipul constructiv al cablului</i>	<i>Cablu (izolat)</i>	<p>Ansamblu constituit din:</p> <ul style="list-style-type: none"> - un conductor sau mai multe conductoare izolate; - învelișurile lor individuale (dacă există); - protecția ansamblului (dacă există); - învelișul (învelișurile) de protecție (dacă există).
	<i>Cablu cu un conductor (monoconductor)</i>	Cablu format dintr-un singur conductor izolat ¹⁾
	<i>Cablu multiconductor</i>	Cablu care conține mai mult de un conductor izolat ²⁾
	<i>Cablu cu centură</i>	Cablu multiconductor a cărui izolație este formată din două părți, una aplicată pe fiecare conductor și alta-pe ansamblul conductoarelor
	<i>Cablu cu câmp radial</i>	Cablu în care izolația fiecărui conductor este acoperită cu un ecran individual
	<i>Cablu cu câmp neradial</i>	Cablu cu mai multe conductoare fără ecran individual (de exemplu, cablu cu ecran colectiv)
	<i>Cablu cu ecran colectiv</i>	Cablu având un ecran de protecție dispus în jurul conductoarelor, concentric cu axa cablului
	<i>Cablu cu trei mantale din plumb</i>	Cablu trifazat la care fiecare conductor este acoperit peste izolație cu o manta din plumb sau aliaj de plumb
<i>Mod de utilizare</i>	<i>Cablu de energie</i>	Cablu de înaltă tensiune (110÷400kV), medie tensiune (6÷35kV) sau joasă tensiune (sub 1kV) folosit în circuitele primare ale instalațiilor de producere, transport, distribuție și utilizare a energiei electrice, în curent alternativ sau continuu

	<i>Cablu de circuite secundare</i>	<p>Cablu folosit în instalațiile de comandă, măsură, semnalizare, blocaj, reglaj, protecție și automatizare, având tensiunea de serviciu mai mică de 400V. În această categorie sunt cuprinse și cabluri pentru teleprotecție, teleconducere, utilizate în instalațiile de telesemnalizare, telemăsură, telecomenzi și teleprotecție, având tensiunea de serviciu, de regulă, mai mică de 60V.</p> <p>În sensul prezentului normativ, în această categorie se includ și cablurile pentru racordarea unor receptoare deservite sau în directă legătură cu aceste instalații, dacă intensitatea curenților maximi de durată absorbiți nu depășește 10A, cum ar fi:</p> <ul style="list-style-type: none"> - dispozitive de acționare ale aparatelor primare; - vane, ventile și clapele cu acționare electrică
<i>Comportare la foc</i>	<i>Cablu fără întârziere la propagarea flăcării</i>	Cablu pentru care o epruvetă, luată din acesta și supusă un timp determinat acțiunii unei flăcări de inițiere, continuă să ardă, flacăra proprie propagându-se până la distrugerea epruvetei. Acest cablu nu corespunde condițiilor cerute de SR EN 60332-1-1:2005. Pentru cabluri cu conductoare subțiri, a căror secțiune este sub 0,5mm ² se va vedea SR EN 332-2-1:2005
	<i>Cablu cu întârziere la propagarea flăcării</i>	Cablu care, supus un timp determinat acțiunii unei flăcări de inițiere, continuă să ardă, flacăra proprie propagându-se pe o lungime determinată, după care se stinge. Acest cablu trebuie să corespundă condițiilor cerute de SR EN 60332-1-1:2005. Pentru cabluri cu conductoare subțiri a căror secțiune este sub 0,5mm ² se va vedea SR EN 332-2-1:2005
	<i>Cablu rezistent la foc</i>	Cablu care continuă să funcționeze normal în timpul și după un foc prelungit, presupunând că amplitudinea focului este suficientă pentru a distruge materialul organic al cablului în zona în care este aplicată flacăra. Acest cablu trebuie să corespundă condițiilor cerute de CEI 60331
<i>Canal de cabluri</i>		Construcția deschisă pentru cabluri acoperită cu placi detașabile, destinată montării (luxurilor de cabluri, de regulă, fără spațiu de circulație în interiorul acesteia, prevăzută cu spațiu de montaj și exploatare

<i>Categorie de comportare la foc a mănunchiurilor de cabluri</i>	<p>Există trei categorii de comportări la foc, în funcție de volumul de material combustibil pe metru de mănunchi de cablu:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>categoria A</i> corespunde unui volum de material combustibil de 7 litri pe metru; - <i>categoria B</i> corespunde unui volum de material combustibil de 3,5 litri pe metru; - <i>categoria C</i> corespunde unui volum de material combustibil de 1,5 litri pe metru. <p>Măsurile de protecție la instalarea cablului în mănunchi se stabilesc în funcție de categoria de incendiu a mănunchiului de cabluri (A, B sau C).</p> <p>Încercarea pentru stabilirea categoriei privind comportarea la foc a cablurilor cu întârziere la propagarea flăcării în cazul instalării acestora în mănunchi (grupe) pe același rastel, se efectuează conform SR EN 50266.</p>
<i>Categorie de pericol de incendiu a unei construcții de producție și depozitare</i>	<p>Noțiune prin care se caracterizează riscul de incendiu al unei încăperi, compartiment sau construcție de producție și/sau depozitare, în funcție de proprietățile fizico-chimice ale materialelor prelucrate sau depozitate; se definesc cinci categorii de pericol de incendiu, de la A și B (risc foarte mare de incendiu) până la E (risc mic de incendiu)</p>
<i>Cazuri excepționale sau obligate</i>	<p>Acele cazuri în care, din considerente tehnico-economice, nu se pot aplica prevederile normativului și se admite o soluție satisfăcătoare, cu justificarea acesteia în proiect</p>
<i>Cămin de cablu</i>	<p>Construcție amenajată în cadrul rețelelor de cabluri pozate în pământ, destinată amplasării manșoanelor de legătură și a manșoanelor de derivație de pe cabluri</p>
<i>Cămin de tragere</i>	<p>Construcție deschisă (acoperită cu capac corespunzător) amplasată la anumite distanțe pe traseele de cabluri. în scopul ușurării tragerii cablurilor</p>
<i>Coloana electrică</i>	<p>Constituie legătura dintre echipamentul firidei și contorul abonatului</p>
<i>Compresor</i>	<p>Dispozitiv utilizat pentru a permite expansiunea uleiului sau a materialului de impregnare la extremitățile cablurilor</p>

<i>Conductorul unui cablu</i>	Parte a unui cablu a cărei funcțiune este de a conduce curentul
<i>Conductor monofilar</i>	Conductor constituit dintr-un singur fir ³⁾
<i>Conductor multifilar (conductor funie)</i>	Conductor constituit dintr-un număr de fire care, în general, toate sau o parte dintre ele au o formă elicoidală ⁴⁾
<i>Conductor flexibil</i>	Conductor multifilar, constituit din fire suficient de subțiri și asamblate astfel, încât să poată fi utilizat într-un cablu flexibil
<i>Conductor profilat</i>	Conductor a cărui secțiune transversală este diferită de un cerc
<i>Conductor în formă de sector</i>	Conductor a cărui secțiune transversală se apropie de forma unui sector de cerc
<i>Conductor compactizat</i>	Conductor multifilar la care interstițiile dintre fire au fost reduse prin comprimare mecanică, trefilare sau printr-o alegere corespunzătoare a formei și a dispunerii firelor ⁵⁾
<i>Conductor ecran</i>	Conductor sau cablu cu un conductor, pozat paralel cu un cablu sau cu un fascicul de cabluri și care el însuși face parte dintr-un circuit închis în care pot circula curenți induși, al căror câmp magnetic se opune celui produs de curenții care circulă în cabluri
<i>Curent maxim admisibil de durată al cablurilor</i>	Sarcina maximă pe care o poate suporta cablul, fără a se depăși temperatura maximă admisibilă de lucru, în regim de durată, la o anumită temperatură a mediului ambiant
<i>Distanță de protecție</i>	Distanța minimă care delimitează zona de protecție a capacității energetice, măsurată, în proiecție orizontală, de la limita sa exterioară, de o parte și de alta sau împrejurul acesteia
<i>Distanță de siguranță</i>	Distanța minimă care delimitează zona de siguranță a capacității energetice, măsurată în proiecție orizontală sau verticală între limita exterioară a acesteia și punctul cel mai apropiat al unei instalații sau construcții; distanța de siguranță cuprinde și distanța de protecție
<i>Ecranul unui cablu</i>	Este constituit din stratul conductor având funcția de a impune configurația câmpului electric în interiorul izolației. El poate permite, de asemenea, realizarea unei suprafețe netede la limita izolației și contribuie la eliminarea golurilor

	din acest loc
<i>Ecran pe conductor</i>	Ecran electric constituit din material metalic și/sau nemetalic (semiconductor) care acoperă conductorul
<i>Ecran pe învelișul izolant</i>	Ecran electric constituit din material nemetalic (semiconductor) și/sau metalic care acoperă învelișul izolant
<i>Ecranul de protecție (a unui cablu)</i>	Înveliș metalic dispus în junii cablului și legat la pământ, în scopul menținerii câmpului electric în interiorul lui și/sau protejării cablului de influențele electrice externe ⁶⁾
<i>Estacadă de cabluri</i>	Construcția deschisă destinată pozării supraterane a cablurilor. În cazul în care estacada se folosește și pentru susținerea de conducte tehnologice sau de utilități, ea se numește estacadă tehnologică sau estacadă comună.
<i>Firida (nișa) de branșament</i>	Reprezintă componenta branșamentului în care se realizează conexiunea între racordul electric și coloanele electrice și unde se montează echipamentele electrice de protecție la suprasarcină ale coloanelor electrice
<i>Flux de cabluri</i>	Grup de cabluri ⁷⁾ pozat în unul din următoarele moduri: <ul style="list-style-type: none"> - în același șanț, în cazul cablurilor montate în pământ; - pe același stelaj, estacadă, pardoseală, radiator sau perete, în cazul cablurilor montate în aer liber
<i>Fluxuri separate de cabluri</i>	Reprezintă grupurile de cabluri pozate într-unul din moduri: <ul style="list-style-type: none"> - trasee amplasate distinct, de exemplu: în tuneluri sau canale separate, fluxuri pozate în pământ la distanțe între ele de minimum 0,5m etc.; - fluxuri pe același traseu între care se realizează separări prin: pereți, tuburi de protecție etc. rezistente la foc pe o durată de minimum 1,5 ore; - fluxuri dispuse de o parte și de alta a spațiilor de circulație cu o lățime minimă de 1m, la construcțiile cu cabluri sau încăperi tehnologice; - fluxuri amplasate în puțuri de cabluri sau pe estacade de cabluri, dacă distanța dintre fluxuri este cel puțin 1m, respectiv 0,5m.
<i>Gospodărie de cabluri</i>	Este constituită din ansamblul rețelelor de cabluri, inclusiv elementele de montare, precum și instalațiile aferente de

	iluminat, ventilație, semnalizare și de stingere a incendiilor, care deservește un obiectiv industrial și care se compune din: <i>rețele interioare; rețele exterioare</i>
<i>Galerie edilitară</i>	Construcție subterană pentru amplasarea în comun a rețelelor tehnico-edilitare, energetice, telefonice, care permite circulația în lungul galeriei, în scopul montării și exploatării rețelelor electrice ⁸⁾
<i>Instalație de racordare</i>	Instalație electrică realitată între punctul de racordare la rețeaua electrică și punctul de delimitare dintre operatorul de rețea și utilizator
<i>Izolație a unui cablu</i>	Ansamblul de materiale izolante care fac parte dintr-un cablu, a căror funcțiune specifică este de a rezista la tensiune
<i>Izolație a unui conductor</i>	Izolație aplicată pe un conductor sau pe ecranul conductorului
<i>Izolație din bandă înfășurată</i>	Izolație constituită din benzi aplicate în elice în straturi concentrice
<i>Izolație de hârtie impregnată</i>	Izolație constituită din straturi de hârtie impregnată cu un material izolant (mase migratoare, nemigratoare, cu sau fără presiune de ulei sau de gaz etc.).
<i>Izolație extrudată</i>	Izolație care constă în general, dintr-un strat de material termoplastic sau reticulat și obținut prin extrudare
<i>Izolație minerală</i>	Izolație constituită dintr-o pudră minerală comprimată
<i>Încăpere închisă de cabluri</i>	Construcție închisă, specială pentru cabluri, cu înălțimea liberă de 1,8m și spații de circulație, întreținere și supraveghere (subsolurile, podurile, puțurile și tunelurile de cabluri); nu intră în această categorie canalele care sunt construcții deschise de cabluri, acoperite cu dale
<i>Înveliș comun</i>	Înveliș nemetalic care acoperă ansamblul conductoarelor (și materialul de umplutură, dacă există) unui cablu multiconductor și peste care se aplică învelișul de protecție
<i>Jgheab de cabluri</i>	Construcție închisă destinată montării cablurilor de circuite secundare, realizată din materiale incombustibile, cu posibilități de acces la cabluri și cu ieșirile de cabluri protejate mecanic, eventual și etanșate (de exemplu împotriva pătrunderii prafului de cărbune)
<i>Manta</i>	Înveliș tubular continuu și uniform din material metalic sau

	nemetalic, aplicat, de regulă, prin extrudare
<i>Manta externă</i>	Manta nemetalică aplicată peste un înveliș constituind protecția externă a cablului
<i>Manșon de legătură</i>	Accesoriu care asigură legătura între două cabluri pentru a forma un circuit continuu
<i>Manșon mixt</i>	Accesoriu care asigură legătura între două cabluri care au tipuri diferite de izolație
<i>Manșon de derivație</i>	Accesoriu care asigură legarea unui cablu derivat la un cablu principal
<i>Manșon de stopare</i>	Manșon dotat cu un dispozitiv rezistent la presiune, care permite separarea fluidelor sau materialelor izolante a două cabluri
<i>Material(e) de umplură</i>	Materialul(e) utilizat(e) pentru umplerea intervalelor dintre conductoare într-un cablu multiconductor
<i>Mănunchi distinct de cabluri</i>	Mănunchi de cabluri care se află la o distanță de cel puțin 0,15m față de mănunchiurile (grupele) de cabluri învecinate.
<i>Nivel închis de cabluri</i>	Încăpere închisă de cabluri (ex: pod, subsol etc.) amplasată, de regulă, sub o cameră de comandă, respectiv sub o stație de conexiuni de tip interior ^{10, 11)}
<i>Nivel deschis de cabluri</i>	Spațiu circulabil de sub clădiri, amplasat la sol, liber pe cel puțin două laturi, destinate pozării aeriene a cablurilor
<i>Placă sau paravan de protecție</i>	Placă sau paravan care servește la protejarea termică, mecanică sau împotriva arcului electric al cablurilor. Atunci când plăcile nu se montează în pământ, ele trebuie să fie din materiale incombustibile
<i>Podest de cabluri (pod fals de cabluri)</i>	Construcție deschisă, acoperită cu plăci detașabile, destinată protejării cablurilor situate deasupra planșeului, astfel realizată încât să permită circulația deasupra construcției precum și întreținerea și supravegherea cablurilor și instalațiilor din încăpere
<i>Puț de cabluri</i>	Încăpere (construcție) închisă destinată realizării fluxurilor verticale de cabluri
<i>Racord electric</i>	Instalație de racordare la medie și înaltă tensiune
<i>Rastel de cabluri</i>	Element de susținere a cablurilor pozate în același plan (orizontal, vertical sau oblic); un rastel de cabluri este

		constituit dintr-un șir de console metalice sau din alt material incombustibil și, după caz, echipat cu scărițe sau pat continuu pentru pozarea cablurilor, realizate din materiale incombustibile
	<i>Rezervor de presiune</i>	Rezervor destinat să preia variațiile de volum ale uleiului care impregnează cablurile cu ulei fluid
	<i>Rețea de cabluri</i>	Ansamblu de cabluri destinat transportului, distribuției și utilizării energiei electrice la consumatorii industriali, similari și publici
	<i>Rețea electrică de transport</i>	Rețeau electrică prin care se vehiculează energie electrică la tensiuni de 220 ÷ 400 kV
	<i>Rețele electrice de distribuție publică</i>	Rețele electrice de distribuție din localități, inclusiv cele de iluminat public
	<i>Rețele electrice de distribuție ale consumatorilor industriali</i>	Rețele electrice care conectează receptoarele electrice din incinta consumatorilor industriali la stația de transformare sau la posturile de transformare proprii ale consumatorilor
	<i>Rețele electrice interioare</i>	Rețele electrice amplasate în interiorul construcțiilor ¹¹⁾
	<i>Rețele exterioare</i>	Rețele electrice amplasate în exteriorul construcțiilor ¹²⁾
	<i>Separator</i>	Strat subțire de material utilizat ca barieră pentru evitarea interacțiunilor nocive între două componente ale unui cablu, de exemplu-între conductor și izolație sau între izolație și manta
	<i>Separare transversală rezistentă la foc</i>	Construcție care servește la protecția împotriva propagării focului, filmului, gazelor și a apei, asigurând etanșarea trecerii cablurilor și a conductoarelor electrice prin elementele de construcție sau la segmentarea canalelor de cabluri
	<i>Stelaj de cabluri</i>	Ansamblu constituit din mai multe rastele de cabluri suprapuse sau alăturate
<i>Caracteristici termice</i>	<i>Temperatură maximă a conductorului în regim permanent</i>	Valoarea maximă a temperaturii în conductor rezultată prin însumarea temperaturii mediului ambiant și a supratemperaturii datorată curentului de sarcină
	<i>Temperatură maximă a conductorului la scurtcircuit</i>	Temperatura cea mai ridicată a conductorului, ce se poate admite la sfârșitul unui scurtcircuit, având o durată de până la 5s inclusiv
	<i>Tensiune maximă de serviciu</i>	Valoarea efectivă maximă a tensiunii între faze care poate să

	apară în condiții normale de funcționare în orice punct al liniei, într-un moment oarecare
<i>Tensiune nominală</i>	<p>Tensiunea pentru care a fost proiectat cablul și la care se referă caracteristicile de funcționare și de încercare ale cablurilor. Tensiunea nominală se exprimă prin valorile U_0/U, în care:</p> <ul style="list-style-type: none"> - U_0 reprezintă tensiunea nominală (valoare efectivă) între un conductor și învelișul metalic al cablului sau pământ; - U reprezintă tensiunea nominală (valoare efectivă) între două conductoare (faze) ale cablului; - U_m reprezintă tensiunea cea mai ridicată (valoare efectivă) între două conductoare oarecare, pentru care a fost proiectat cablul. <p>$U = U_0 \cdot \sqrt{3}$, în curent alternativ trifazat ¹⁴⁾</p> <p>$U = 2 \cdot U_0$, în curent alternativ monofazat sau în curent continuu ¹⁴⁾</p>
<i>Terminal de cablu</i>	Dispozitiv instalat la extremitatea unui cablu, pentru a asigura legătura electrică cu alte părți ale unei rețele și a menține izolația până la punctul de conectare
<i>Terminal etanș</i>	Terminal care asigură etanșeitatea la extremitatea unui cablu în raport cu mediul ambiant și menține, dacă este necesar, presiunea cablului
<i>Tub de protecție</i>	Elementul care servește la protejarea mecanică a cablurilor
<i>Tunel (galerie) de cabluri</i>	Construcție închisă pentru cabluri, de regulă subterană, destinată montării fluxurilor de cabluri și prevăzută cu spații de circulație pentru pozare, întreținere și supraveghere
<i>Zonă de protecție aferentă capacității energetice</i>	Zona adiacentă capacității energetice sau unor componente ale acesteia, extinsă în spațiu, în care se instituie restricții privind accesul persoanelor și regimul construcțiilor; această zonă se instituie pentru a proteja capacitatea energetică și pentru a asigura accesul personalului pentru exploatare și mentenanță
<i>Zonă de siguranță aferentă capacității energetice</i>	Zona adiacentă capacității energetice sau unor componente ale acesteia, extinsă în spațiu, în care se instituie restricții și

	interdicții, în scopul asigurării funcționării normale a capacității energetice și pentru evitarea punerii în pericol a persoanelor bunurilor și mediului din vecinătate; zona de siguranță cuprinde și zona de protecție
<i>Zonă de siguranță comună</i>	Zona unde pot coexista mai multe obiective care nu împietează unul asupra celuilalt nici în ceea ce privește siguranța în funcționare și nici privitor la exploatarea și mentenanța acestora
<i>LEA</i>	Linie electrică aeriană
<i>LEC</i>	Linie electrică în cablu (subterană)
<i>LT_c</i>	Linie de telecomunicații
<i>PE</i>	Prescripție tehnică energetică
<i>U_n</i>	Tensiune nominală
<i>U_m</i>	Tensiune maximă de serviciu
<i>JT</i>	joasă tensiune
<i>MT</i>	medie tensiune
<i>PT</i>	post de transformare
<i>SEN</i>	Sistem Electroenergetic Național
<i>SR</i>	Standard Român
<i>CEI</i>	Comisia Electrotehnică Internațională
<i>NTE</i>	Normă Tehnică Energetică
<i>A.N.R.E.</i>	Autoritatea Națională de Reglementare în domeniul Energiei
<i>A.N.M.</i>	Administrația Națională de Meteorologie
<i>M.A.P.M.</i>	Ministerul Apelor și Protecției Mediului

- 1) *Termenul cablu monofilar este utilizat în special pentru a desemna cablul care constituie una din fazele unui sistem polifazat;*
- 2) *Termenul de cablu multiconductor este utilizat în special pentru a desemna cablul care constituie fazele unui sistem polifazat (de exemplu, cablu trifazat);*
- 3) *Conductorul monofilar poate fi circular sau profilat; conform SR CEI 60050-46 se înlocuiește „fir” cu „sârmă”*
- 4) *Conductorul multifilar poate fi circular sau profilat;*
- 5) *Termenul francezesc „âme en pavés” înseamnă un conductor compactizat de un tip particular cu o secțiune mare și compus dintr-un număr redus de profile mari;*

- 6) *Învelișurile metalice, armăturile și conductoarele concentrice legate la pământ pot servi de ca ecran de protecție*
- 7) *Se consideră flux mare de cabluri atunci când conține peste 20 de cabluri;*
- 8) *Galeria edilitară este compusă din:*
 - *corpul galeriei;*
 - *rețelele pozate în galerie (mobilare);*
 - *construcții și instalații anexe de deservire: acces, iluminat, ventilare, epuizment;*
 - *In galeriile edilitare pot fi pozate teoretic toate tipurile de rețele subterane utilizate într-o localitate: apă, canalizare, gaze, energie termică, rețele electrice și de telecomunicații; în aceeași galerie se pot poza rețele de același tip cu funcțiuni diferite (artere sau conducte de serviciu pentru apă). Sunt numeroase exemplele de galerii în care sunt pozate oricare din tipurile de rețele enumerate mai sus. Problemele tehnice care se pun se referă la:*
 - *dotarea de care dispune galeria edilitară din punct de vedere al depistării pierderilor, asigurării temperaturilor, ventilării și posibilității de izolare termică a unor tronsoane;*
 - *siguranța pe care o prezintă rețelele pozate în galerie.*
 - *din punct de vedere al importanței și al măsurilor de protecție împotriva incendiilor, gospodăriile de cabluri pot fi: normale; importante sunt cele care, în caz de avarie, pot duce la pagube materiale însemnate sau pierderi de vieți omenești; în documentația de proiectare se vor nominaliza gospodăriile sau încăperile importante de cabluri la care se adoptă măsurile suplimentare de protecție împotriva incendiilor potrivit prevederilor de la Art. 77 ÷ 82 (anexa 9, obiective ce au gospodării sau încăperi importante de cabluri).*
- 9) *Dotarea corespunzătoare a galeriei este oportun ca rețelele de gaze și rețelele de canalizare de ape uzate să se pozeze independent sau galeria să fie compartimentată;*
- 10) *Încăperile în care fluxurile de cabluri nu sunt separate pe toate părțile prin elemente de construcție de instalațiile tehnologice, inclusiv cele electrice, se consideră „încăperi sau subsoluri tehnologice” și nu se încadrează în categoria de „construcții speciale pentru cabluri”;*
- 11) *Rețele interioare - realizate în interiorul construcțiilor amenajate special pentru cabluri (poduri, tuneluri, canale, subsoluri, puțuri sau galerii de cabluri) sau în încăperi tehnologice (hale, săli de mașini, săli de cazane etc.);*
- 12) *Rețele exterioare - realizate în exteriorul construcțiilor și anume, pe estacade, pe pereții clădirilor, în pământ, fin șanțuri sau tuburi de protecție, în canale etc.*
- 13) *În cuprinsul normativului, încăperile tehnologice au fost incluse uneori sub denumirea de „spațiu de producție sau tehnologic”, atunci când s-a făcut referire și la spații exterioare clădirilor din incintă;*
- 14) *Egalitatea este determinată de caracteristicile constructive ale cablurilor.*

IV. ACTE NORMATIVE DE REFERINȚĂ

Legea nr.13/2007	<i>Legea energiei electrice</i>
Legea 18/1998	<i>Legea fondului funciar</i>
Legea 213/1998	<i>Legea privind proprietatea publică și regimul juridic al acesteia</i>
Legea 137/2002	<i>Legea protecției mediului</i>
Legea 107/2004	<i>Legea Apelor</i>
Legea 26/1996	<i>Codul Silvic</i>
Legea 528/2002	<i>Aprobarea O.G. 22/1999 privind administrarea porturilor și a căilor navigabile și desfășurarea activităților de transport naval în porturi și pe căi navigabile</i>
Legea 333/2003	<i>Legea privind paza obiectivelor, bunurilor, valorilor și protecția persoanelor</i>
Legea 307/ 2006	<i>Legea privind apărarea împotriva incendiilor</i>
Ordonanța 43/ 1998	<i>Ordonanța privind regimul juridic al drumurilor</i>
H.G.R. nr.918/2002	<i>Stabilirea procedurii-cadru de evaluare a impactului asupra mediului și pentru aprobarea listei proiectelor publice sau private supuse acestei proceduri</i>
Decizia A.N.R.E. 61/1999	<i>Norme tehnice privind delimitarea zonelor de protecție și de siguranță ale capacităților energetice.</i>
O.M.A.P.M. nr. 860/2002	<i>Aprobarea Procedurii de evaluare a impactului asupra mediului și de emitere a acordului de mediu</i>
Ordin M.A.P.M. nr. 863/2002	<i>Aprobarea ghidurilor metodologice aplicabile etapelor procedurii-cadru de evaluare a impactului asupra mediului</i>
O.M.T. 119/2003	<i>Stabilirea servituților aeronautice civile și a zonelor cu servituți aeronautice civile (RACR-SACZ)</i>
O.M.T. 494/ 2002	<i>Regulamentul de navigație pe sectorul românesc al Dunării</i>
O.M.T. nr. 571/ 1997	<i>Norme tehnice privind proiectarea și amplasarea construcțiilor, instalațiilor și panourilor publicitare în zona drumurilor, pe poduri, pasaje, viaducte și tuneluri rutiere</i>
O.M.M.S.S. 508/2002	<i>Norme generale de protecția muncii</i>
M.S.F. 933/2002	<i>Norme specifice de protecția muncii pentru transportul și distribuția energiei electrice</i>
Ordinul M.M.S.S. nr. 275/ 2002	<i>Norme specifice de protecția muncii pentru transportul și distribuția energiei electrice</i>
Ordinul M.E.C.	<i>Aprobarea Normelor tehnice pentru proiectarea, executarea și exploatarea</i>

nr. 58/ 2004	<i>sistemelor de alimentare a cu gaze naturale I 6</i>
Ordinul M.T.C.T. nr. 176/ 2005	<i>Aprobarea Normativului pentru proiectarea, executarea verificarea și exploatarea instalațiilor electrice în zone cu pericol de explozie NP 099-04</i>
Ordinul ANRE nr. 45/2006	<i>Regulament privind stabilirea soluțiilor de racordare a utilizatorilor la rețelele electrice de interes public</i>
Decizia ANRE nr. 101/2000	<i>Codul Tehnic al Rețelelor Electrice de Distribuție</i>
Ordinul ANRE nr. 20/2004, completat cu Ordinul 35/2004	<i>Codul Tehnic al Rețelelor Electrice de Transport</i>
Ordinul ANRE nr. 4/ 2007	<i>Norma tehnică privind delimitarea zonelor de protecție și de siguranță aferente capacităților energetice, cu modificări</i>
NTE 001/03/00	<i>Normativ privind alegerea izolației, coordonarea izolației și protecția instalațiilor electroenergetice împotriva supratensiunilor</i>
NTE 002/03/00	<i>Normativ de încercări și măsurători pentru sistemele de protecții, comanda-control și automatizări din partea electrică a centralelor și stațiilor</i>
NTE 003/04/00	<i>Normativ pentru construcția liniilor aeriene de energie electrică cu tensiuni peste 1000V</i>
NTE 005/06 /00	<i>Normativ privind metodele și elementele de calcul al siguranței în funcționare a instalațiilor energetice</i>
NTE 006/06/00	<i>Normativ privind metodologia de calcul al curenților de scurtcircuit în rețelele electrice cu tensiunea sub 1kV</i>

V. REGULI PRIVIND REALIZAREA REȚELELOR DE CABLURI

V.1. Prevederi generale

Art.8. Traseele de cabluri trebuie alese în așa fel încât să se realizeze legăturile cele mai scurte, în concordanță cu organizarea întregii gospodării sau rețele de cabluri și cu extinderile previzibile, să se evite pe cât posibil zonele cu pericol de incendiu sau zonele în care integritatea cablului este periclitată prin deteriorări mecanice, prin agenți corosivi, pozare în apă, vibrații, supraîncălzire sau prin arc electric provocat de alte cabluri.

Totodată, se va asigura accesul la cabluri pentru lucrări de montaj, mentenanță, și pentru intervenții în caz de incendiu.

Art.9. Pentru dimensionarea rațională a instalațiilor de racordare și de distribuție a energiei electrice prin cabluri, puterea cerută de consumatori se determină pe bază de calcul, ținând seama de perspectiva de dezvoltare a consumului pentru următorii 3 - 10 ani.

Art.10. Soluțiile de racordare a consumatorilor se determină în conformitate cu prevederile Regulamentului privind stabilirea soluțiilor de racordare a utilizatorilor la rețelele electrice de interes public, aprobat prin Ordinul 45/2006 al ANRE, ale Normativului pentru proiectarea și executarea

instalațiilor de conexiuni și distribuție cu tensiuni până la 1000 V c.a. în unitățile energetice – PE 102 și ale Normativului pentru proiectarea instalațiilor electrice de servicii proprii de curent alternativ ale centralelor termoelectrice și de termoficare – PE 113.

Art.11. Pentru reducerea consumului de cabluri la tensiunea de distribuție și utilizare, se promovează soluții de racordare cu pătrunderea tensiunii înalte și cu amplasarea stațiilor, posturilor de transformare și a tablourilor de distribuție cât mai aproape de centrul de consum, pe baza unor calcule de optimizare.

Art.12. Instalațiile definitive pentru racordarea viitorilor consumatori vor fi folosite cât mai mult de către constructor, încă de la deschiderea șantierelor. Instalațiile electrice pentru organizarea șantierelor vor putea fi alimentate din rețelele definitive de cabluri, în condițiile prevăzute de Normativul pentru proiectarea și executarea instalațiilor electrice cu tensiuni până la 1000 V c.a. și 1500 V c.c. - I 7.

Art.13. Determinarea secțiunii cablurilor de toate categoriile se face pe baza cunoașterii cât mai precise a puterii absorbite de consumatori și a determinării cât mai exacte a coeficienților de cerere și de simultaneitate.

V.2. Instalații de racordare a consumatorilor industriali și similari

Art.14. Instalațiile de racordare a consumatorilor industriali și similari se realizează, de regulă, cu LEA.

Se admite realizarea acestor instalații de racordare cu LEC, cu justificare tehnico-economică, în situațiile:

- a) rețele de racordare pentru transportul unor puteri care depășesc capacitatea de transport a unei linii aeriene sau a căror realizare conduce la creșterea suprafețelor de teren necesare obiectivului proiectat;
- b) rețele amplasate în zone aglomerate, în care traseul aerian ar împiedica circulația, desfășurarea normală a activităților sau ar prezenta pericol pentru personal;
- c) rețele amplasate în zone de influență ale unor instalații de transporturi (căi ferate electrificate, aeroporturi) sau de telecomunicații (antenele stațiilor de radio, televiziune etc.);
- d) rețele amplasate în zone cu pericol de explozie;
- e) rețele amplasate în zona cu atmosferă corosivă sau cu depuneri periculoase pentru materialele folosite la LEA;
- f) rețele cu lungimea traseului mai mică de 50m;
- g) rețele pentru racordarea unor receptori ai instalațiilor de stingere a incendiilor în cazurile prevăzute de normativele în vigoare.

În cazurile de mai sus, rețeaua de distribuție se va realiza, de regulă, prin pozarea totală sau parțială a cablurilor direct în pământ, conform soluțiilor de instalare prevăzute la Art. 59.

V.3. Rețele de distribuție în incinta obiectivelor

Art.15. În incintele obiectivelor, inclusiv în incintele centralelor electrice, rețelele de distribuție se realizează pe baza principiilor arătate la Art. 14.

În cazurile în care rezultă ca necesară realizarea rețelilor de distribuție în cablu, acestea se instalează, de regulă, direct în pământ (a se vedea Art. 15) sau aerian, folosind drept suporturi de susținere clădiri sau elemente de construcții aferente instalațiilor tehnologice și care urmează a fi verificate pentru noile condiții (a se vedea Art. 58).

La compararea soluțiilor în vederea stabilirii variantei optime, se ține seama de posibilitățile de realizare a soluțiilor (natura solului, suprafețele de teren disponibile, construcțiile de susținere necesare), precum și de lungimea traseelor și secțiunilor necesare în funcție de modul de pozare. În cazul în care instalarea cablurilor pe elementele de construcții cu altă destinație nu este posibilă sau conduce la lungirea traseelor, se pot avea în vedere soluții cu estacade speciale pentru cabluri (de construcție ușoară și, de preferință, din elemente prefabricate), niveluri deschise de cabluri sau alte soluții de pozare aeriană (suspendare pe cabluri de tracțiune etc.).

Art.16. În cazuri justificate tehnico-economic se admite construirea de canale și galerii pentru cabluri, soluția urmând a se realiza cu respectarea prevederilor Art. 57 și 67.

Art.17. Pe porțiuni scurte, când există pericole de deteriorări mecanice (de exemplu, subtraversări de căi de circulație etc.), cablurile se pozează în tuburi sau blocuri de protecție, conform soluțiilor de instalare prevăzute la Art. 61, 62.

Art.18. În spațiile electrice de exterior cablurile se vor poza direct în pământ; se pot avea în vedere și următoarele soluții:

- a) pozarea în canale de cabluri prefabricate fără rastele (în cazul fluxurilor mari de cabluri de circuite secundare);
- b) pozarea în canale de cabluri cu rastele (în cazul fluxurilor mari de cabluri de energie și de circuite secundare);
- c) pozarea combinată, în pământ – pentru cablurile de energie, în canale prefabricate fără rastele-pentru cablurile de circuite secundare etc.

V.4. Rețele de distribuție publică

Art.19. Soluțiile de realizare a rețelilor de distribuție publică în localități (aerian - cu conductoare neizolate, izolate sau torsadate, sau subteran - în cablu) se stabilesc în funcție de soluția urbanistică a localității, densitatea de consum, soluțiile adoptate pentru celelalte utilități etc.

În cazurile în care rezultă ca necesară aplicarea soluției de realizare a rețelei electrice de distribuție în cabluri subterane, acestea se pozează direct în pământ (conform soluțiilor prevăzute la Art. 59, Art. 60), în tuburi și blocuri de cabluri (în cazurile și în condițiile prevăzute la Art. 62) sau în galerii edilitare

comune cu alte utilități, atunci când în zona respectivă se adoptă astfel de soluții (conform normativelor privind galeriile edilitare comune).

V.4. Rețele interioare

V.4.1. Rețele de cabluri în spații de producție

Art.20. Rețelele de cabluri în spațiile (încăperile) tehnologice se realizează, de regulă, aerian, folosind pentru susțineri elemente de construcție ale halelor, platformelor și construcțiile aferente utilajelor tehnologice etc., conform soluțiilor indicate la Art. 57.

Se vor evita, pe cât posibil, fluxuri cu un număr mare de cabluri, realizându-se aceste grupuri de cabluri în fluxuri paralele, separate prin plăci de protecție sau distanțate între ele.

În cazuri deosebite, în care specificul echipamentului sau liniei tehnologice impune pozarea fluxurilor mari de cabluri în canale sau tuneluri, sau în cazul unor extinderi în instalații existente care obligă la folosirea canalelor sau galeriilor de cabluri, soluția va fi justificată tehnico-economic.

V.4.2. Rețele de cabluri în spații de producție electrică

Art.21. Pentru realizarea rețelilor de cabluri aferente instalațiilor electrice amplasate în spații de producție electrică (de exemplu: stații electrice interioare, camere de comandă etc.) se examinează cel puțin următoarele soluții:

- a) pozarea cablurilor în podețe de cabluri
- b) pozarea cablurilor în canale vizitabile.

Se evită realizarea unor construcții speciale pentru cabluri electrice deasupra încăperilor aferente instalațiilor electrice.

La instalații electrice interioare și la camere de comandă cu un volum mare de instalații și, respectiv, de cabluri de conexiuni, în cazurile în care ta urma analizei rezultă că nu pot fi evitate subsoluri sau poduri de cabluri, acestea vor fi limitate ca volum construit la strictul necesar asigurării condițiilor prevăzute de prezentul normativ (a se vedea Art. 57).

V.5. Reguli privitoare la realizarea bransamentelor electrice

Art.22. Prevederile prezentului normativ se aplică și la proiectarea bransamentelor electrice subterane de joasă tensiune destinate alimentării cu energie electrică a consumatorilor care solicită puteri electrice mici (până la 50 kW) pentru instalațiile de utilizare.

Părțile principale ale bransamentului electric subteran sunt: bransamentul propriu-zis (cablul); firida (nișa) de bransament; coloana electrică.

Bransamentele subterane se pot racorda direct din cablul principal de alimentare, cu ajutorul unui manșon de derivație, dintr-o firidă (cazul blocurilor de locuințe sau al imobilelor cu mai multe

apartamente), sau dintr-o rețea aeriană pentru alimentarea unor consumatori la care nu se pot realiza branșamente aeriene.

Utilizarea branșamentelor subterane se impune în special în zone urbane clădite și sistematizate, unde rețeaua aeriană și respectiv branșamentele aeriene nu sunt indicate.

Principalele condiții tehnice care trebuie avute în vedere la proiectarea branșamentelor electrice subterane sunt următoarele:

- a) traseul cablurilor se alege, de regulă, astfel încât să se realizeze legătura cea mai scurtă, în concordanță cu rețeaua existentă de cabluri; totodată se are în vedere asigurarea accesului la cabluri pentru lucrări ulterioare de reparații și eventualele înlocuiri de cabluri;
- b) razele de curbură ale cablurilor trebuie să aibă valorile minime exprimate prin diametrul exterior al cablului;
- c) la pozarea cablurilor pentru branșamente alături de alte cabluri electrice trebuie să fie respectate distanțele prescrise de reglementările în vigoare;
- d) la pozarea cablurilor în paralel cu conducte subterane electrice trebuie să fie respectate distanțele minime în plan orizontal;
- e) la intrarea în clădiri se poate reduce adâncimea de pozare, pe porțiuni scurte (sub 5m).
- f) la subtraversarea drumurilor și la intrarea în clădiri, cablurile vor fi protejate în tuburi de PVC; tuburile trebuie să aibă un diametru interior egal $1,5 \times$ diametrul exterior al cablului.
- g) la pozarea cablurilor în apropiere de clădiri, pomi, șine de tramvai, se vor respecta distanțele minime indicate în reglementările în vigoare.
- h) subtraversarea străzilor din localități se va efectua prin montarea cablului de branșament într-un tub de protecție din PVC, a cărei lungime va depăși cu 1m limita bordurii;
- i) la intersecția unui cablu de branșament cu rețelele de cabluri, se va avea în vedere păstrarea unei distanțe de protecție pe verticală. De regulă, cablul de branșament va supratraversa cablul cât tensiune mai mare, cu condiția menținerii adâncimilor de pozare.
- j) intersecția cablurilor de branșament cu rețeaua de conducte subterane se realizează prin respectarea următoarelor distanțe pe verticală:
 - $h = 250$ mm față de conducte de apă și canalizare;
 - $h = 500$ mm față de conducte cu fluide combustibile și conducte de termoficare.

Distanța de protecție se poate reduce la 25 mm cu următoarele condiții:

- protejarea cablului în zona intersecției și câte 500mm de o parte și de alta a acesteia, în cazul conductelor cu fluide combustibile;
- întărirea izolației termice la conductele de termoficare în zona intersecției piua câte 1m de o parte și de alta a acesteia.

La intersecția cu conducte pozate la adâncimi mai mari de 1 m, cablul de branșament va supratraversa conductele.

- k) la pozarea cablurilor de bransament pe stâlpii rețelelor electrice aeriene, se va prevedea introducerea cablurilor în tub de protecție pe o porțiune de 2m deasupra solului pentru protecția împotriva deteriorărilor mecanice; tubul de protecție poate fi din PVC sau metalic.

VI. ALEGEREA ȘI VERIFICAREA CABLURILOR

VI.1 Condiții generale

Art.23. Alegerea și verificarea cablurilor electrice se face pe baza unor analize tehnico-economice, ținând seama de datele de mai jos. Anexa 12 conține un ghid pentru alegerea cablurilor de înaltă tensiune, elaborat pe baza **SR CEI 60183 +A1:1999**.

Art.24. Pentru alimentarea receptoarelor se au în vedere următoarele date:

- a) natura curentului (curent continuu, curent alternativ - monofazat, bifazat sau trifazat);
- b) tensiunea nominală U a rețelei (valoarea efectivă a tensiunii între faze, în curent alternativ trifazat);
- c) tensiunea nominală U_0 între fiecare conductor și pământ;
- d) tensiunea maximă de serviciu, U_m a rețelei (valoarea efectivă maximă a tensiunii între faze care poate să apară în condiții normale de funcționare în orice punct al liniei, într-un moment oarecare);
 U_m reprezintă valoarea eficace cea mai ridicată a tensiunii (între faze, în cazul curentului alternativ trifazat) care apare în condițiile normale de exploatare, în orice moment și în orice punct al rețelei; ea exclude variațiile tranzitorii de tensiune (cum sunt cele provocate prin manevre în rețea) și variațiile temporare de tensiune datorită condițiilor de funcționare anormale a rețelei (cum sunt cele provocate de defect sau la conectarea bruscă de sarcini importante);
- e) modul de tratare a neutrului rețelei;
- f) supratensiuni;
- g) puterea transportată și regimul de sarcină (regim permanent, regim ciclic, suprasarcină);
- h) factorul de putere;
- i) căderea de tensiune admisă la receptoare;
- j) verificarea la scurtcircuit;
- k) secțiunea economică;
- l) categoria consumatorilor.

Art.25. Pentru instalarea cablurilor se au în vedere următoarele elemente:

- a) modul de pozare (în aer liber - expus sau nu radiației directe solare, în pământ, în șanțuri, în canale, în tuburi etc.);
- b) caracteristicile termice ale mediului (temperatura mediului ambiant, temperatura solului la adâncimea de pozare, rezistența termică specifică a solului etc.);

- c) apropierea de alte cabluri sau surse de căldură (numărul de cabluri, puterea transportată, amplasarea în spațiu față de sursele respective etc.);
- d) agresivitatea mediului (natura solului, pozarea sub apă, contactul cu produse chimice, coroziunea electrochimică);
- e) pericole de incendiu sau explozie;
- f) alte condiții (trasee verticale sau cu denivelări importante, subtraversări de căi de circulație, eforturi mecanice).

Art.26. Datele caracteristice privind cablurile și accesoriile sunt:

- a) tipul cablului (armat sau nearmat, ecranat sau neecranat, cu câmp radial sau nu etc.)
- b) numărul de conductoare
- c) natura materialului conductor (aluminiu, cupru)
- d) natura materialului izolant (PVC, PE, XLPE etc.)
- e) comportarea la foc
- f) tipul terminalelor (de exterior, de interior, natura materialului de umplere, risc de poluare atmosferică etc.)
- g) lungimea totală a cablului
- h) manșoane de legătură, derivație sau de stopare (loc de instalare, protecții mecanice, chimice etc.)
- i) condiții de legare la pământ (asigurarea continuității, legarea la pământ a armăturilor, modul de legare la pământ a ecranelor etc.).

VI.2 Condiții electrice

VI.2.1. Nivelul de izolație

Art.27. Nivelul de izolație a cablurilor este caracterizat de valorile tensiunilor nominale ale cablurilor (U_0 și U) și de valorile rigidității dielectrice.

(1) Tensiunile nominale ale cablurilor se aleg în funcție de tensiunea nominală și tensiunea cea mai ridicată a rețelei, conform Tabelului 1.

În cazul cablurilor de energie, valorile indicate în tabel sunt valabile pentru rețele care, în caz de defect la pământ, sunt deconectate automat. Se admite justificat deconectarea manuală și funcționarea cu o fază la pământ un timp scurt, strict necesar identificării circuitului defect, fiind cunoscut faptul că funcționarea cu o punere la pământ reduce durata de viață a cablului.

Tabelul 1. Tensiuni nominale ale cablurilor.

Tensiunea rețelei (între faze)		Tensiunea nominală a cablului, U_0 / U (kV)
nominală (kV)	cea mai ridicată (kV)	

≤ 1	$\leq 1,2$	$\leq 0,6/1$
6	7,2	3,6/6
10	12	6/10
20	24	12/20
30	36	18/30
110	123	64/110
220	245	127/220
400	420	231/400

NOTĂ: Pentru cabluri de circuite secundare funcționând la tensiuni nominale sub 60V (cu excepția celor ale secundarelor transformatoarelor de măsură) și care nu sunt supuse influențelor instalațiilor de energie, pot fi folosite cabluri cu tensiuni nominale mai mici decât cele din tabelul 1 (coloana 1) în condițiile în care tensiunea minimă de încercare este 500V, 50Hz, 1 min.

(2) Rigiditatea dielectrică a cablurilor caracterizează nivelul de izolație la supratensiuni și are valorile indicate în standardele și normele interne de produs, în funcție de tensiunea cea mai ridicată a rețelei.

Pentru cablurile de energie cu tensiuni nominale mai mari de 1 kV, verificarea nivelului de ținere a izolației se face conform **SR EN 60071** (standard pe părți) și Normativului pentru alegerea izolației, coordonarea izolației și protecția instalațiilor electroenergetice împotriva supratensiunilor - NTE 001/03/00.

Rigiditatea dielectrică a cablurilor de circuite secundare supuse influenței instalațiilor de energie, se verifică la supratensiunile induse prin cuplaj de la aceste instalații, conform STAS 832.

VI.2.2. Alegerea materialului conductoarelor

Art.28. (1) Cablurile de energie se prevăd cu conductoare de aluminiu sau cupru; în mod special se prevăd conductoare din cupru în următoarele situații:

- la circuitele care alimentează receptoarele de importanță deosebită (de exemplu: instalații de prevenire și stingere a incendiilor, consumatorii de siguranță, cum ar fi circuitele vitale de curent alternativ din centralele electrice sau receptoarele de curent continuu cu funcție de protecție tehnologică, absorbind curenți de durată mai mari de 10A etc.), atunci când secțiunea conductoarelor (din aluminiu) ar rezulta mai mică de 10mm²;
- la circuitele care alimentează receptoarele în medii cu pericol de explozie, în cazurile indicate în prescripțiile de proiectare specifice acestor medii;

- c) la încăperi sau spații exterioare cu mediu corosiv, în cazurile în care stabilitatea chimică a aluminiului nu este corespunzătoare și numai dacă instalațiile nu pot fi realizate în execuție etanșă la agenții corosivi respectivi;
 - d) în instalațiile de protecție prin legare la pământ sau la nul, în cazurile menționate în standardele specifice acestor instalații.
- (2) Cablurile circuitelor secundare se prevăd, de regulă, cu conductoare din cupru, cu următoarele excepții, când se prevăd cu conductoare din aluminiu:
- a) la circuitele de alimentare cu curent operativ a tablourilor de circuite secundare, atunci când secțiunea conductoarelor (din aluminiu) rezultă egală sau mai mare de 10mm^2 ;
 - b) la circuitele unor receptoare electrice (de exemplu: vane, ventile, clapete etc.) prevăzute numai cu comandă locală și care nu fac parte din sistemul de automatizare a instalației respective sau din instalațiile de prevenire și stingere a incendiilor.
- NOTĂ. Contactele legăturilor demontabile ale cablurilor cu conductoare din aluminiu la echipamente electrice (mașini, aparate, șir de cleme) se realizează prin presare, cu ajutorul pieselor elastice care asigură; păstrarea în timp a presiunii de contact (șaibe elastice, șir de cleme cu arc etc.).*
- (3) Cablurile de circuite secundare utilizate pentru teleprotecție, teleconducere, se prevăd cu conductoare din cupru sau cu fibră optică.

VI.2.3. Alegerea și verificarea secțiunii conductoarelor

Art.29. Secțiunea conductoarelor active ale unui cablu se determină ca cea mai mare secțiune (tehnică sau economică) rezultată în urma efectuării calculelor de dimensionare și verificare a următoarelor criterii: curentul maxim de durată, solicitarea termică la scurtcircuit, căderea de tensiune, secțiunea economică.

1. Alegerea secțiunii tehnice (s_t) în funcție de curentul maxim de durată se face în conformitate cu indicațiile fabricantului de cabluri, în funcție de materialul conductorului și al izolației, regimul de sarcină, modul de pozare, condițiile de răcire etc.

La cablurile cu tensiuni nominale U_0/U până la 18/30kV, în situațiile în care nu se dispune de prescripțiile furnizorului de cabluri, se pot utiliza indicațiile din Anexa 1. Se menționează că Anexa 1 a fost elaborată pe baza standardului german DIN 57298 Teil 2/VDE 0298 Teil 2/11.79.

2. Secțiunea tehnică (s_t) a conductoarelor cablurilor se verifică la solicitări termice datorate curenților de scurtcircuit, potrivit prevederilor instrucțiunilor PE 103.

3. Secțiunea tehnică (s_t) a conductoarelor cablurilor se verifică la căderea de tensiune de la punctul de racord și până la ultimul receptor. Relațiile de calcul pentru determinarea căderilor de tensiune sunt indicate în Anexa 2.

Căderea de tensiune în raport cu tensiunea nominală de utilizare nu trebuie să depășească valorile maxime admise de receptoare în punctele de delimitare; valoarea tensiunii în 95 % din săptămână nu trebuie să aibă o abatere mai mare de ± 10 % din tensiunea contractată de consumator.

La dimensionarea circuitelor pentru instalațiile electrice de energie se admit căderi de tensiune superioare celor indicate mai sus în timpul pornirii motoarelor, dar nu mai mari decât valorile maxime admise de motoarele respective, indicate de fabricant. Dacă nu se dispune de date precise, în calcule se poate considera o cădere de tensiune de 12%.

NOTĂ. *Căderile de tensiune admise la bornele motoarelor de joasă și medie tensiune din centralele electrice sunt indicate în normativele PE 113 și PE 137. în cazul receptoarelor de circuite secundare, verificarea se va face în regim normal, în regim de avarie (pentru receptoarele alimentate de la baterii de acumulare) și în regim de pornire a motoarelor; valoarea căderilor de tensiune nu va fi mai mare decât cea admisă de receptoarele respective.*

4. Secțiunea economică (s_{ec}) este secțiunea conductoarelor pentru care se realizează un regim optim economic, corespunzător unor cheltuieli totale minime (constituite din cheltuieli de investiții și cheltuieli de exploatare datorate, în principal, pierderilor de energie) pentru linia respectivă, într-o perioadă de funcționare dată.

Determinarea secțiunii economice a conductoarelor se face potrivit instrucțiunilor Metodologiei pentru determinarea secțiunii economice a conductoarelor în instalații electrice de distribuție de 1 – 110 kV - NTE 401/03/00.

VI.2.3. Alegerea tipului de izolație

Art.30. Alegerea tipului de izolație a cablurilor comportă studierea și compararea unui număr mare de date și parametri cum ar fi: performanțele dielectrice, regimurile termice, comportarea în timp, comportarea la foc, posibilitățile de realizare de trasee cu denivelări, tehnologiile de montaj, costurile de investiții etc.

Având în vedere experiența acumulată până în prezent, pentru cazurile cele mai uzuale, se fac următoarele recomandări de alegere a izolației:

- izolație din PVC, în cazul cablurilor de 1 ÷ 10 kV;
- izolație din polietilenă (PE), de preferință polietilenă reticulată (XLPE), în cazul cablurilor cu tensiunea cuprinsă în domeniul (10 ÷ 30 kV).

Alegerea altor tipuri de izolații pentru cablurile de joasă tensiune, determinată de condiții speciale (solicitări mecanice, temperatură, pericol de incendiu etc.), precum și alegerea izolației cablurilor de înaltă tensiune (110 ÷ 400 kV), trebuie să facă obiectul unor analize speciale tehnico - economice.

Pentru cablurile de circuite secundare se recomandă alegerea unei izolații sintetice (PVC, PE, etc.).

VI.2.3. Criterii de alegere și verificare a învelișurilor mecanice ale cablurilor

Art.31. Cablurile electrice se prevăd cu ecrane metalice sau învelișuri metalice cu rol de ecran (de exemplu: învelișuri din plumb sau aluminiu prevăzute pentru etanșeizare), pentru cazul în care rezultă necesară asigurarea funcțiilor indicate la Art. 7.

Astfel, cablurile de energie de medie și înaltă tensiune se prevăd, de regulă, cu învelișuri metalice care au rol de ecran. Cablurile cu ecran comun peste izolația conductoarelor (cu câmp neradial) se pot utiliza până la tensiunea de 6 kV inclusiv.

La cablurile de energie, ecranele metalice sau învelișurile metalice care au rol de ecran se vor verifica la efectele termice datorate curenților de scurtcircuit monofazat, pe baza valorilor admisibile (și eventual, a metodologiei de calcul) indicate de firma furnizoare a cablului.

Învelișurile de etanșeizare pot servi drept conductor de nul în rețele de joasă tensiune pentru cazul în care sunt garantate de fabricant pentru acest mod de utilizare și dacă se asigură secțiunea echivalentă necesară, potrivit standardelor în vigoare, pentru conductorul de nul.

VI.3 Condiții mecanice

VI.3.1. Secțiuni minime ale conductoarelor

Art.32. Secțiunile, respective diametrele minime admise din punct de vedere mecanic ale conductoarelor cablurilor pozate în condiții normale de exploatare, verificate la condițiile prevăzute la Art. 27 ÷ 31 (Condiții electrice), sunt:

- a) la cablurile de energie, secțiuni minime de $1,5 \text{ mm}^2$ în cazul conductoarelor din cupru și de 4 mm^2 în cazul conductoarelor din aluminiu;
- b) la cablurile de circuite secundare, cu conductoare din cupru, secțiuni minime de 1 mm^2 , cu următoarele excepții:
 - la circuitele unde condițiile electrice (de exemplu: încărcare, cădere de tensiune), *mechanice* (exemplu: vibrații) sau fizico - chimice (exemplu: agenți corosivi) impun secțiuni mai mari;
 - la circuitele de circuite secundare din obiectivele cu gospodării de cabluri importante (menționate în Anexa 9) realizate cu cabluri având conductoare monofilare, unde secțiunea minimă este de $1,5 \text{ mm}^2$; în cazul utilizării cablurilor cu conductoare multifilare (lițate), secțiunea minimă este de 1 mm^2 ;
 - la circuitele secundare ale transformatoarelor de curent, unde secțiunea minimă este de $1,5 \text{ mm}^2$;
 - la circuitele funcționând la tensiuni de serviciu până la 60V (cu excepția alineatului precedent) la care se admit conductoare cu diametrul minim de 0,5mm
 - la cablurile de teleconducere, cu conductoare din cupru, diametrul minim al conductorului va fi

de 0,5 mm în cazul cablurilor pozate numai în interiorul clădirilor și de 0,8 mm în cazul cablurilor pozate în pământ sau în canalizări exterioare.

VI.3.2. Rezistența mecanică a cablurilor

Art.33. Rezistența mecanică a cablurilor se asigură de învelișurile situate peste izolația conductoarelor cablurilor (a se vedea Art. 7).

Cablurile se pozează pe trasee ferite de solicitări mecanice, astfel încât să nu necesite, de regulă, armături metalice sau protecții mecanice exterioare (tuburi, cărămizi etc.).

Situațiile în care pentru asigurarea unei protecții mecanice suplimentare este necesară prevederea de cabluri armate sau protecții mecanice exterioare apar în următoarele cazuri de pozare:

- a) pozare aeriană (deschisă), când există pericole de deteriorări mecanice;
- b) pozare în terenuri supuse alunecărilor sau lăsarilor,
- c) pozare sub apă;
- d) pozare în locuri supuse trepidațiilor puternice;
- e) pozarea cablurilor de teleconducere supuse influențelor instalațiilor de energie; de regulă, aceste cabluri vor fi ecranate;
- f) în medii cu pericol de explozie, în cazurile indicate în prescripțiile de proiectare specifice acestor medii;
- g) în zone unde traseul de cabluri nu este marcat (de exemplu: în zone aglomerate, în instalații edilitare și în trasee izolate).

Utilizarea cablurilor armate trebuie justificată prin proiect.

Cablurile nearmate cu înveliș exterior din PVC, și anume cele de circuite secundare și de joasă tensiune, precum și cele de medie tensiune prevăzute cu ecran metalic legat la pământ peste fiecare conductor izolat (cabluri cu câmp radial), pot fi pozate direct în pământ, fără protecție mecanică complementară (tuburi, cărămizi etc.), dacă sunt garantate de furnizorul cablului pentru acest mod de pozare și nu sunt susceptibile de a fi supuse la eforturi mecanice deosebite, de felul celor arătate la literele a ÷ g de mai sus, care să depășească rezistența cablului.

În locurile expuse trepidațiilor (de exemplu: poduri rutiere sau de căi ferate) nu se prevăd cabluri cu înveliș de plumb decât dacă sunt garantate de furnizor pentru acest mod de pozare (cazul armăturilor cu adaosuri care împiedică recristalizarea plumbului la trepidații).

NOTĂ. Protecția mecanică suplimentară a cablurilor monopolare nearmate utilizate în curent alternativ, atunci când rezultă ca necesară, se va realiza prin dispozitive de protecție mecanică exterioară cablului, din materiale nemagnetice.

VI.3.3. Eforturi mecanice în caz de scurtcircuit

Art.34. Cerințele privind eforturile mecanice în caz de scurtcircuit sunt următoarele:

- a) în cazul cablurilor cu mai multe conductoare, valorile de vârf ale curentului de scurtcircuit nu trebuie să depășească valorile garantate de fabricant;
- b) în cazul cablurilor monopolare pozate în aer, datorită eforturilor electrodinamice care se pot dezvolta între conductoarele fazelor și care pot provoca deplasări importante și brutale ale cablurilor, se vor lua măsuri corespunzătoare de fixare.

Distanțele între punctele de fixare ale cablurilor se determină în funcție de valoarea eforturilor electrodinamice între cabluri și natura izolației, conform indicațiilor din Anexa 3. Piese de fixare trebuie să fie din materiale izolante, iar dacă sunt din metal acestea nu trebuie să formeze spire închise în jurul cablurilor și nu trebuie să deterioreze învelișul cablului.

VI. 4 Condiții speciale

VI. 4.1. Condiții privind comportarea la foc

Art.35. Condițiile privind comportarea la foc a cablurilor electrice utilizate la realizarea obiectivelor se recomandă să fie cele prevăzute în SR EN 60332 (standard pe părți), SR EN 50266 (standard pe părți) și CEI 60331 (standard pe părți).

1. În interiorul construcțiilor se utilizează, de regulă, cabluri cu întârziere la propagarea flăcării. Cablurile cu întârziere la propagarea flăcării, dar care pozate în mănunchi nu îndeplinesc condiția cerută de SR EN 50266 (standard pe părți), pot fi folosite în interiorul încăperilor de cabluri, a nivelurilor închise (numai în tuneluri, subsoluri, poduri), a nivelurilor deschise de cabluri, precum și în subsoluri tehnologice, cu condiția realizării de separări transversale, pentru limitarea propagării focului pe fluxurile de cabluri (conform Art. 66).

În cazuri excepționale, justificate, se admite folosirea de cabluri fără întârziere la propagarea flăcării, cu condiția tratării corespunzătoare a învelișului exterior (de exemplu: acoperirea cu vopsea care mărește rezistența la foc, acoperirea cu nisip sau cu alte materiale adecvate a cablurilor în canale).

Cablurile care trebuie să asigure funcționarea temporară a unor instalații în condiții de foc vor fi alese din categoria „rezistente la foc”.

2. În construcțiile deschise de cabluri se vor utiliza cabluri cu întârziere la propagarea flăcării, fără realizarea separărilor transversale definite la Art. 66.

3. În cazul pozării în pământ sau în apă, nu se impun condiții speciale în ceea ce privește propagarea flăcării sau rezistența la foc a cablurilor.

În cazul în care traseele se continuă în interiorul construcțiilor, pe porțiunea de pozare liberă, cablurile trebuie să îndeplinească condițiile arătate la literele a) sau b) de mai sus.

VI. 4.2. Pozarea în soluri agresive

Art.36. În cazul pozării în soluri care conțin substanțe agresive, cablurile vor fi protejate conform prevederilor Normativului pentru protecția contra coroziunii a construcțiilor metalice îngropate - I 14.

VI. 4.3. Pozarea în medii cu temperaturi ridicate

Art.37. În cazul pozării în medii cu temperaturi ridicate, în zonele utilajelor tehnologice, unde temperatura mediului ambiant depășește permanent +40°C (măsurată în imediata apropiere a fluxurilor de cabluri) și nu se poate asigura o protecție termică corespunzătoare, se vor prevedea cabluri rezistente la temperatura respectivă.

VI. 4.4. Pozarea în zone expuse razelor solare

Art.38. În cazul pozării cablurilor în aer liber (pe estacade, pe construcții etc.), în zone expuse razelor solare, trebuie să se prevadă cabluri cu înveliș exterior rezistent la acțiunea razelor solare (referitor la reducerea încălcării, conform indicațiilor din Anexa 1).

VI. 4.5. Pozarea pe trasee cu denivelări importante

Art.39. La pozarea pe trasee cu denivelări importante, verticale sau înclinate, se utilizează, de preferință, cabluri cu izolație uscată (sau când se justifică tehnico-economic se pot folosi și cabluri cu izolație de hârtie impregnată cu mase nemigratoare). Cablurile cu izolație de hârtie impregnată cu masă migratoare, atunci când se justifică tehnico-economic se pot utiliza numai dacă diferența maximă de nivel pe traseu nu depășește limitele admise de producător sau dacă se montează manșoane de stopare.

Pentru cazurile în care lipsesc date de la producătorul de cabluri, se admite folosirea valorilor diferențelor maxime de nivel admise, indicate în Anexa 4.

VI. 4.6. Pozarea pe trasee cu medii diferite

Art.40. Alegerea și verificarea cablurilor care trec prin zone cu condiții de mediu diferite (temperatură, trepidații, pericol de explozie, agresivități diferite etc.) se face după condițiile impuse de sectorul cel mai greu, cu excepția cazurilor când este posibilă și rezultă justificat tehnico-economic tronsonarea diferențiată după condițiile de mediu în care se pozează tronsoanele respective de cabluri.

În cazurile în care sunt numai condiții de răcire diferite, se admite ca dimensionarea să se facă după condițiile de răcire ale traseului cel mai lung, când zona cu temperaturi ridicate reprezintă cel mult 10 m, dar nu mai mult de 20 % din lungimea totală a cablului (cazul cablurilor care se pozează în pământ și pe o scurtă porțiune în aer - de exemplu pe stâlpul unei LEA).

VI. 4.7. Condiții specifice cablurilor de circuite secundare

Art.41. (1) Determinarea numărului de conductoare: cablurile de circuite secundare nu se prevăd cu conductoare de rezervă în cazul cablurilor cu până la patru conductoare inclusiv și nici în cazul cablurilor care deservește receptoare individuale (motoare, vane, clapete etc.); în celelalte cazuri, numărul de fire de

rezervă este acela care rezultă din adoptarea cablului normalizat cu un număr de fire (sau de perechi sau cuarte la cablurile de teleconducere) imediat superior numărului de fire (perechi, cuarte) utilizate efectiv.

Pentru circuitele aferente diferitelor instalații distincte (celulă, agregat etc.) trebuie să se utilizeze cabluri separate. Se exceptează de la această prevedere următoarele situații în care diverse circuite se vor reuni într-un același cablu:

1. circuitele destinate pentru un ansamblu de instalații îndeplinind o aceeași funcțiune (de exemplu, circuitele pentru protecții de bare, bucele de alimentare, bucele de blocare etc.);
2. circuitele de comandă indirectă (treapta de tensiune de serviciu sub 60 V) sau circuite secundare la alegere pentru un grup de instalații (circuite primare);
3. circuitele de teleconducere.

(2) Influențele perturbatoare pot fi:

- a) de origine internă (cuplaj mutual între circuitele aceluiași cablu); se evită, pe cât posibil, reunirea în același cablu a circuitelor funcționând la tensiuni sub și peste 60V, datorită pericolului de a se induce tensiuni electromotoare prin cuplaj capacitiv sau inductiv care să perturbe corecta funcționare a instalațiilor (în special a instalațiilor de comutație statică și telemăsură). Pentru reducerea perturbațiilor de origine internă, când totuși se adoptă astfel de soluții, trebuie alese cabluri adecvate, cu grupări și ecranări convenabile ale circuitelor,
- b) de origine externă (cuplaj datorat instalațiilor de energie).

Instalațiile de energie aflate în apropierea cablurilor de circuite secundare pot induce tensiuni periculoase pentru instalații sau pentru personal prin cuplaj capacitiv, inductiv sau rezistiv (galvanic). Pentru reducerea tensiunilor induse în cablurile de circuite secundare amplasate în incinte în apropierea instalațiilor de energie (de exemplu, în stații de înaltă tensiune de 110 ÷ 400kV) se iau următoarele măsuri:

- a) utilizarea cablurilor ecranate sau armate;
- b) asigurarea echipotențializării traseului de cabluri;
- c) dispunerea în același cablu și pe cât posibil simetric, din punctul de vedere al geometriei cablului, a conductoarelor de polarități diferite (sensuri de parcurgere a curentului) aparținând aceluiași circuite;
- d) evitarea traseelor paralele, pe lungimi mari, cu instalațiile de energie.

Cablurile de circuite secundare (inclusiv cele de teleconducere) care părăsesc incintele instalațiilor electrice de înaltă tensiune sau sunt amplasate în apropierea liniilor de energie trebuie alese și verificate la tensiunile induse prin cuplaj (inductiv, capacitiv, rezistiv), potrivit prevederilor **STAS 832** și a instrucțiunilor de proiectare a cablurilor pilot.

VI.4.8. Pozarea pe trasee cu pericol de coroziune prin curenți de dispersie

Art.42. La alegerea traseelor de cabluri în localități având rețea de tracțiune electrică în curent continuu, trebuie ținut cont de pericolul coroziunii prin curenți de dispersie. Acest pericol apare la cablurile cu ecran metalic, în special din zonele apropiate stațiilor de redresare și anume, acolo unde cablurile se află în apropierea căilor de întoarcere a curentului de la șină spre polul negativ al redresorului.

În consecință, pentru aceste zone trebuie evitată pozarea cablurilor cu ecran metalic.

De asemenea, trebuie evitată pozarea cablurilor cu ecran metalic paralel cu liniile de tracțiune de curent continuu.

Dacă din motive energetice sau de sistematizare stradală este obligatorie pozarea unor cabluri cu ecran metalic în zonele menționate mai sus, atunci trebuie luate măsurile prevăzute în prescripțiile referitoare la protecția contra coroziunii a construcțiilor metalice îngropate (normativului **I 14** și **STAS 7335 – standard pe părți**) și se vor utiliza numai cabluri cu manta exterioară din PVC sau din alt material rezistent față de mediu.

VII. INSTALAREA CABLURILOR

VII.1 Condiții generale

Art.43. Soluția de instalare a cablurilor (în aer, în pământ, în tuburi sau pe trasee speciale) se stabilește în baza regulilor de realizare a diverselor tipuri de rețele (indicate în capitolul anterior).

Art.44. În gospodăriile de cabluri ale obiectivelor energetice cablurile aferente fiecărui obiect distinct din punct de vedere funcțional (blocuri sau grupuri energetice, transformatoare de putere din stații electrice etc.) se dispun, de regulă, în fluxuri separate.

Cablurile care constituie alimentarea de rezervă a fiecărui obiect distinct sau a dispozitivelor de prevenire și stingere a incendiilor se dispun în fluxuri separate față de cele aparținând alimentării de bază.

Se admite gruparea în același flux a cablurilor aferente a două sau mai multe obiecte distincte, în condițiile în care cablurile care asigură alimentarea de rezervă sunt pozate în fluxuri separate de cele aparținând alimentării de bază. În aceste cazuri, dacă există și posibilitatea unei exploatare locale, cablurile de circuite secundare se pot poza în fluxuri comune pe porțiunile dintre punctele de exploatare locală și punctul central de comandă.

Art. 45. Se recomandă pozarea cablurilor de circuite secundare, inclusiv a celor aferente instalațiilor și dispozitivelor de prevenire și stingere a incendiilor, în fluxuri separate față de cele ale cablurilor de energie, precum și realizarea de fluxuri separate pentru cablurile de energie de tensiuni diferite.

În situația în care realizarea de fluxuri separate nu este posibilă, grupurile de cabluri prevăzute la alineatul precedent pot fi dispuse și în același flux (stelaj, șanț etc), cu respectarea prevederilor de la Art.55 și Art. 59.

Art.46. La pozarea cablurilor de energie și de circuite secundare se prevede o rezervă de cablu pentru compensarea deformărilor și pentru a permite înlocuirea terminalelor și a manșoanelor, în următoarele cazuri:

- a) la toate manșoanele cablurilor, indiferent de locul de pozare, tensiunea nominală sau tipul cablului;
- b) la capetele traseului cablurilor cu tensiunea nominală de 6 kV și mai mare, indiferent de tipul cablului;
- c) la capetele traseului cablurilor de joasă tensiune cu izolație din hârtie impregnată.

Pentru rezerve, se prevăd următoarele lungimi minime:

- a) la manșoane, lungimea necesară refacerii de două ori a manșonului respectiv;
- b) la terminale, lungimea necesară refacerii o singură dată a terminalului respectiv.

Art.47. La folosirea cablurilor de energie monoconductoare trebuie luate următoarele măsuri:

- c) în circuitele trifazate se asigură o distribuție simetrică a sarcinilor pe cele trei faze, iar la execuție se utilizează tehnologii care să asigure rezistențe de contact egale la îmbinările conductoarelor fazelor;
- d) pozarea celor trei faze se va face, de regulă, în triunghi (treflă);
- e) cablurile nu montează individual în tuburi feromagnetice și nu încastrează în beton cu armături ce formează spire închise în jurul fiecărei faze;
- f) cablurile pozate în aer și piesele de fixare se verifică la solicitările electrodinamice în caz de scurtcircuit, conform Art. 34;
- g) în cazul în care pentru asigurarea unei capacități mari de transport se folosesc mai multe legături în paralel, se utilizează cabluri având secțiuni și lungimi identice; se vor grupa împreună câte trei cabluri aparținând unor faze diferite și se vor distanța grupele între ele; în cazul fiecărei grupe se va proceda la traspunerea fazelor între ele la intervale egale;
- h) de regulă, ecranele metalice ale cablurilor se leagă între ele și la pământ la ambele capete.

Fac excepție cazurile în care ecranele nu sunt stabile termic la curenții monofazați de scurtcircuit, când se admite legarea lor la pământ numai la un singur capăt, cu condiția ca, în acest caz, tensiunile față de pământ induse în ecran la celălalt capăt - în regim normal și de scurtcircuit - să nu depășească valorile admise indicate în STAS 2612.

În cazul în care, prin legarea la pământ a ecranului la un singur capăt, tensiunile față de pământ induse în ecran la celălalt capăt depășesc valorile admise, se adoptă soluția de legare la pământ a ecranului la ambele capete, cu luarea unor măsuri de asigurare a stabilității sale termice (alegerea de cabluri cu o secțiune mai mare a ecranului, prevederea unor conductoare în paralel).

Art.48. Razele minime de curbura ale cablurilor, care trebuie respectate la manevrări și la fixare, se indică de către fabrica producătoare.

În cazul în care aceste date lipsesc, se pot folosi cele din Anexa 5.

Art.49. Liniile de cabluri trebuie să fie protejate împotriva curenților de suprasarcină și de scurtcircuit cu siguranțe fuzibile sau cu instalații de protecție prin relee, conform Normativului pentru proiectarea și executarea instalațiilor electrice cu tensiuni până la 1000 V c.a. și 1500 V c.c. - I 7 și Normativului privind proiectarea protecțiilor prin relee și automatizărilor electrice ale centralelor și stațiilor - PE 501.

Art.50. Nu se admite montarea cablurilor care alimentează consumatori deținând echipamente cu risc de explozii în caz de întreruperi direct pe elementele combustibile (clasele C₃ și C₄ conform Normelor tehnice de proiectare și realizare a construcțiilor privind protecția la acțiunea focului - P 118) ale construcțiilor. Pentru alte cazuri, cablurile se montează interpunând materiale incombustibile între ele și materialul combustibil.

Se pot folosi, de exemplu:

- a) straturi incombustibile (din zidărie, beton, tencuială de minim 1cm grosime sau plici de azbest de minim 0,5 cm grosime) cu o lățime care depășește cu cel puțin 3 cm periferia cablurilor,
- b) cablurile se montează pe elemente din materiale incombustibile (de ex. console metalice etc.) care distanțează cablurile la cel puțin 3 cm față de materialul combustibil.

Art.51. Pozarea cablurilor se face după ce sunt montate și vopsite toate construcțiile metalice, sunt executate legăturile la pământ și s-au realizat, acolo unde sunt necesare conform normelor, circuitele instalațiilor de semnalizare și instalațiile de stingere aferentă, acestea din urmă trebuind să fie în stare de funcționare la punerea în funcțiune a gospodăriei de cabluri.

În gospodăriile de cabluri, lucrări de sudură sau cu foc deschis se execută numai pe baza permisului de lucru cu foc.

După pozarea cablurilor, nu sunt admise astfel de lucrări decât în cazuri de strictă necesitate și cu luarea unor măsuri suplimentare de protecție.

Art.52. Desfășurarea cablurilor de pe tambur și pozarea lor se face numai în condițiile în care temperatura mediului ambiant este superioară limitelor minime indicate în standardele și normele interne de fabricație ale cablurilor.

În cazul în care este necesară desfășurarea și pozarea cablului la temperaturi mai scăzute decât cele indicate de fabricile furnizoare, cablurile trebuie să fie încălzite.

Art.53. Condițiile specifice de instalare pentru cablurile de energie cu tensiuni de 110 kV, 220 kV, 400 kV, ca de exemplu: distanțe de montaj, apropieri și intersecții cu alte conducte și instalații, transpoziții etc., se stabilesc pe baza indicațiilor fabricantului și a normelor referitoare la calculul influențelor liniilor de energie.

Art.54. Legarea la pământ a conductoarelor de protecție și a învelișurilor metalice ale cablurilor (cu asigurarea continuităților pe traseu), precum și a construcțiilor metalice de susținere se recomandă să

fie conform **SR EN 61140:2002** și **SR HD 637 S1:2004**. Se recomandă legarea la pământ a mantalelor cablurilor la ambele capete.

VII.2 Instalarea cablurilor în aer

VII.2.1. Distanțe prescrise

Art.55. La instalarea cablurilor în aer se normează următoarele categorii de distanțe: distanțe de rezemare și de fixare a cablurilor, distanțele de pozare pe rastele, pe pereți și pe pardoseli, distanțe privind culoarele de circulare și spațiile de montaj, distanțe de protejare mecanică, distanțe față de instalații tehnologice.

(1) Distanțele de rezemare și de fixare a cablurilor sunt distanțele între două puncte succesive de rezemare a cablurilor la montarea pe orizontală și, respectiv, de fixare la montarea pe verticală se aleg în funcție de caracteristicile cablurilor, în conformitate cu indicațiile furnizorului.

În lipsa acestor indicații, distanțele nu le vor depăși pe cele din Tabelul 2.

Tabelul 2. Distanțe maxime de rezemare și fixare a cablurilor.

Tipul cablului	Distanța (cm)	
	Montaj orizontal	Montaj vertical
Nearmat	50	100
Armat	80	150

Notă. Se consideră cabluri montate pe verticală cele care fac un unghi mai mare de 45° cu orizontala.

(2) Distanțele de pozare pe rastele, pe pereți și pe pardoseli, recomandate din punct de vedere al încărcării cablurilor, la care se consideră că sunt eliminate influențele tehnice reciproce dintre cablurile de energie pozate pe rastele, pe pereți, pe pardoseli sau pe fundul canalelor, precum și ordinea de așezare a acestora, sunt cele indicate în Fig. 1.a, Fig. 2.a și respectiv Fig. 3.a.

În cazul în care spațiul disponibil pentru pozarea cablurilor nu permite realizarea acestor distanțe, se pot adopta distanțe mai reduse, și anume până la valorile minime indicate în Fig.1.b, Fig.2.b, și respectiv Fig. 3.b, cu reducerea corespunzătoare a încărcării cablurilor de energie (a se vedea Anexa 1, Tabelele A.1.22 și A.1.23).

Cablurile aparținând fiecărei grupe distincte de tensiune sau de utilizare (de energie respectiv de circuite secundare) se amplasează, de regulă, pe rastele diferite, ordinea de așezare recomandată pe rastelele unui aceluiași stelaj fiind cea din Fig. 1. Tot pe rastele distincte se amplasează, de regulă, și cablurile fără întârziere la propagarea flăcării admise a fi pozată în interiorul clădirilor, în condițiile indicate la Art. 35, lit. a.

În cazul cablurilor cu întârziere la propagarea flăcării, la stabilirea numărului de cabluri pe un

rastel (într-un mănunchi) se ține seama și de categoria în care se încadrează mănunchiul de cabluri folosit (A, B sau C) determinată conform standardului **SR EN 50266** (standard pe părți); categoria cablului folosit se indică de către furnizorul de cabluri (a se vedea Art. 66 lit h.).

În cazuri obligate, se admite amplasarea pe același rastel, perete sau pardoseala a cablurilor cu tensiuni sau utilizări diferite (exemplu cabluri de energie de diverse tensiuni sau cabluri de energie și cabluri de circuite secundare), precum și a grupelor de cabluri cu comportări diferite la propagarea flăcării, în condițiile în care între grupele respective de cabluri se asigură o distanță minimă „A”, având valoarea:

- a) $A = 25$ cm - în cazul grupelor de cabluri cu tensiuni sau utilizări diferite
- b) $A = 15$ cm - în cazul grupelor de cabluri cu și fără întârziere la propagarea flăcării.

Se admite reducerea distanței „A” în următoarele situații:

- a) pe fluxurile mari de cabluri, atunci când se pot lua măsuri eficiente de izolare sau separare a grupelor de cabluri;
- b) pe derivațiile din fluxurile mari de cabluri, spre receptoarele individuale;
- c) pe fluxurile de cabluri prin ale căror conductoare nu trec curenți maximi de durată peste 10A.

Pozarea în straturi a cablurilor de energie sau a cablurilor de energie împreună cu cablurile de circuite secundare sau de teleconducere este admisă într-una din următoarele situații:

- a) dacă curenții maximi de durată în conductoarele cablurilor de energie nu depășesc 10A
- b) în cazuri obligate, pe distanțe scurte (sub 2m), indiferent de valorile curenților prin cablurile de energie, cu condiția ca între straturi să se intercaleze materiale rezistente la foc 30 minute.

(3) Distanțele pe orizontală și pe verticală față de culoarele de circulație din spațiile de producție nu trebuie să fie mai mici decât cele indicate în Fig. 4.a.

În spațiile de producție cablurile se pot monta liber numai în locurile în care nu există pericole de deteriorări mecanice prin obiecte manevrate, dispozitive de lucru sau utilaje în mișcare.

În mediile cu pericol de incendiu sau explozie se vor respecta prevederile specifice acestor medii .

În construcțiile circulabile pentru cabluri (galerii, poduri sau subsoluri de cabluri), dimensiunile culoarelor de circulație nu vor fi, de regulă, mai mici decât cele indicate în Fig. 4.b; zonele de protecție și de siguranță ale LEC în aceste cazuri coincid și sunt delimitate la limita culoarelor de circulație.

În construcțiile necirculabile de cabluri (canale, estacade etc.). precum și în spațiile situate deasupra culoarelor de circulație (cabluri montate sub tavane etc.) trebuie asigurate distanțe minime/indicate în fig. 4.c) necesare pentru montajul și mentenanța cablurilor. Zonele de protecție și de siguranță al LEC montate în construcții necirculabile pentru cabluri coincid și se delimitează la limita acestor construcții.

(4) La trecerea cablurilor prin planșee (la montarea în interior) sau la trecerea din pământ în aer (la montarea în exterior), cablurile trebuie protejate mecanic pe o înălțime minimă de:

- a) 0,5 m, în spații tehnologice, în cazul utilizării cablurilor armate, precum și în spații fără pericole de deteriorări mecanice (de exemplu, în stații electrice sau la distanțe de minim 0,75 m față de culoarele de circulație din încăperi tehnologice fig. 4.a), în cazul utilizării cablurilor nearmate;
- b) 2 m, în spații tehnologice sau spații cu pericole de deteriorări mecanice (de exemplu, la distanțe mai mici de 0,75 m față de culoarele de circulație - vezi fig. 4.a) în cazul utilizării cablurilor nearmate, precum și în exteriorul incintelor (de exemplu, pe stâlpii de linii electrice).

Se recomandă ca trecerea prin planșee să se realizeze fără tuburi de protecție, în cazul când utilajele la care se racordează cablurile asigură protecția mecanică a lor (de exemplu, racordarea cablurilor la tablouri sau celule montate pe pardoseală).

(5) Distanțele de siguranță ale LEC față de instalații tehnologice din spațiile de producție sunt egale cu cele din Tabelul 3.

VII.2.2. Reguli de instalare în interiorul construcțiilor

Art.56. Instalarea cablurilor în interiorul construcțiilor (încăperi tehnologice, depozite, spații de circulație etc.), cu excepția celor din construcțiile speciale de cabluri care sunt tratate la Art. 57, se face în conformitate cu prevederile de la Art.20, Art.43 ÷ 55, Art. 55, cu următoarele precizări:

- a) amplasarea cablurilor se face astfel încât să fie posibilă intervenția pentru întreținere, precum și în caz de incendii și avarii, evitându-se realizarea de fluxuri mari de cabluri în spații greu accesibile;
- b) cablurile se instalează, de regulă, pe stelaje, pe pereți, în tuburi de protecție, în jgheaburi, precum și pe conducte sau instalații tehnologice, în condițiile Art. 55; la alegerea traseelor orizontale se recomandă folosirea spațiilor ferite de sub pasarele și platforme, iar pentru traseele verticale-zonele ferite din jurul stâlpilor;
- c) în încăperile tehnologice, în zonele în care pot apărea scurgeri de păcură, ulei sau alte fluide combustibile, nu construiesc canale de cabluri sub nivelul pardoselii, în afara acestor zone se pot amenaja canale de cabluri, luându-se măsuri de evitare a pătrunderii fluidelor în zona de pozare a cablurilor;
- d) cablurile care se instalează în încăperi tehnologice în care se vehiculează fluide combustibile (stații pompe păcură, gospodării de ulei etc.) trebuie să deservească exclusiv instalațiile tehnologice din aceste încăperi, luându-se și următoarele măsuri:
 1. cablurile se montează, de regulă, aparent sau în țevi de protecție așezate sub pardoseală cu măsuri de împiedicare a pătrunderii fluidelor;

2. se pot utiliza cabluri nearmate, dacă sunt omologate pentru pozarea în medii cu pericol de explozii și nu există pericole de deteriorări mecanice; în caz contrar, ele trebuie să fie protejate în tuburi metalice;
3. trecerea cablurilor prin pereții și prin planșeele încăperilor se etanșează cu izolări rezistente la foc și care să nu permită scurgerea fluidelor în spațiile învecinate.
- e) pozarea cablurilor în spații cu depuneri solide de combustibil se face, de preferință, în canalizări etanșe (jgheaburi pentru cablurile de circuite secundare, tuburi pentru cablurile de energie); în cazul în care se adoptă trasee deschise, trebuie luate măsuri de limitare și de înlăturare a depunerilor;
- f) în canale sau galerii tehnologice pot fi montate numai cablurile care deserveșc exclusiv instalațiile din canale sau galerii (de exemplu, acționări vane, clapete, pompe, transmisii de măsurători, semnalizări etc.) sau sunt destinate instalațiilor deservite prin aceste canale sau galerii; la ieșirea cablurilor din canale sau galerii, se prevăd etanșări transversale rezistente la foc;

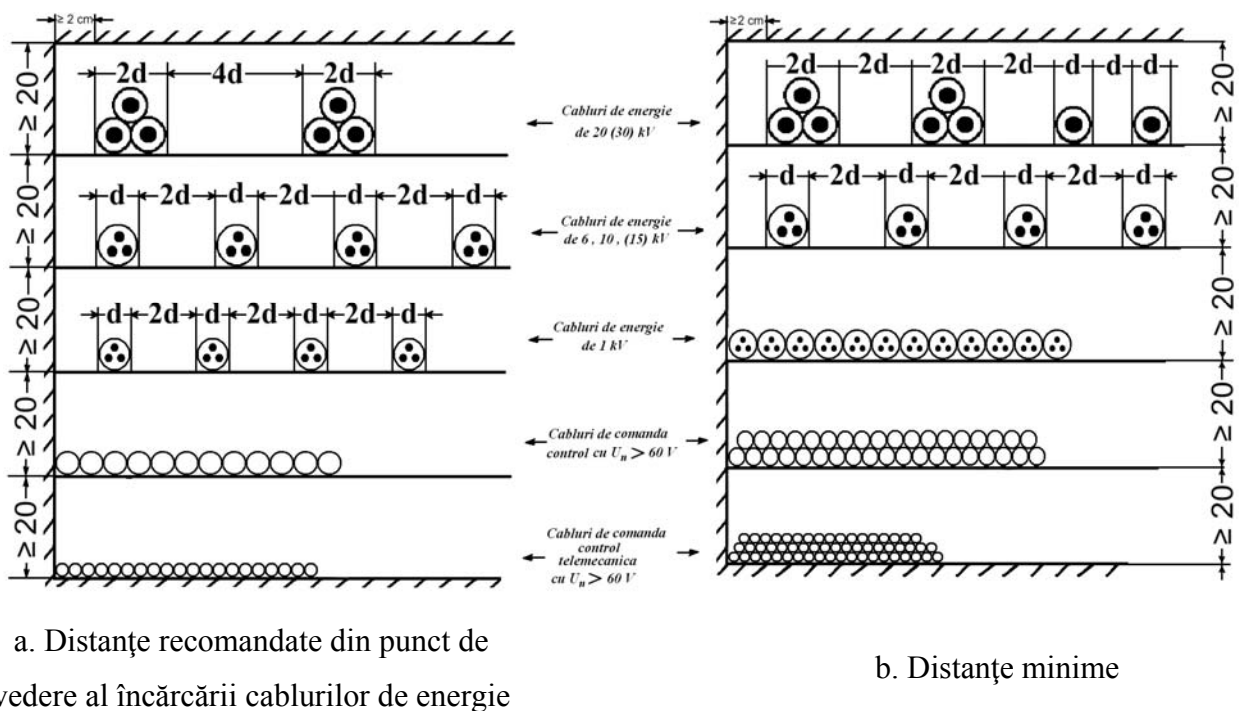
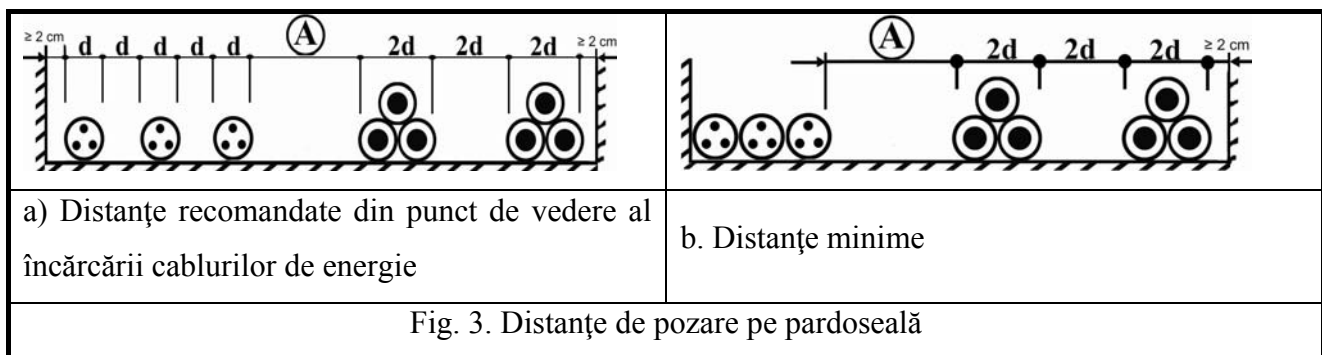
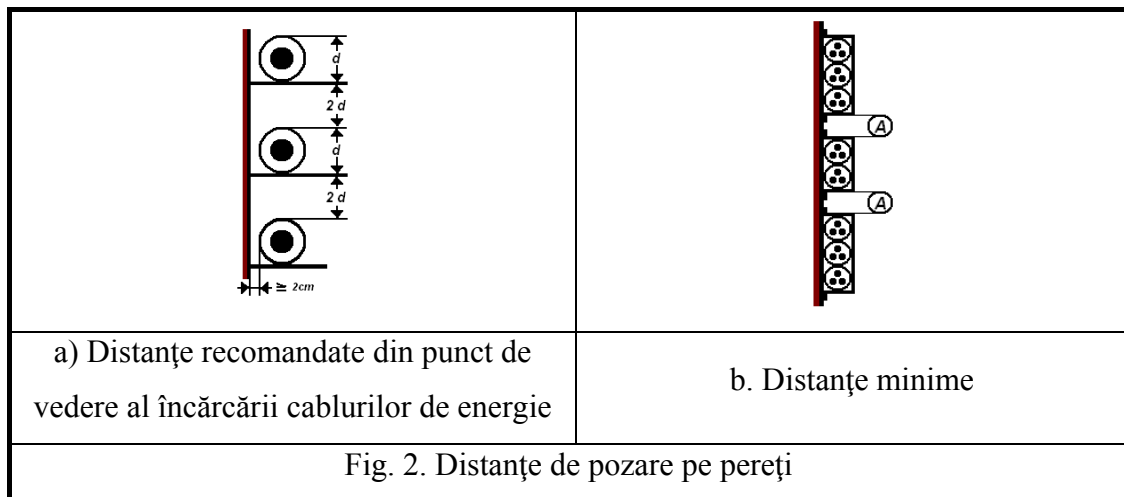


Fig. 1. Distanțe de pozare pe rastele (în cm).

NOTĂ: Pentru cablurile de 110 kV, 220 kV, 400 kV se respectă indicațiile furnizorului cablului.



- g) la instalarea cablurilor de circuite secundare se aplică prevederile Normativului pentru proiectarea instalațiilor interioare de telecomunicații în clădiri civile și industriale - I 18;
- h) în depozite și în spații de circulație se evită trecerea cablurilor care nu deservește în mod direct consumatorii din spațiile respective; în cazul când acest lucru nu este posibil, este necesar a se lua măsuri de protecție împotriva loviturilor și deteriorărilor mecanice, iar dacă există pericol de incendiu se iau și măsuri de protecție împotriva efectului unui eventual incendiu, prin acoperirea cablurilor cu elemente incombustibile având rezistența la foc de minim 1,5 ore; protecția cablurilor împotriva incendiilor în depozite nu este necesară în cazul în care depozitele sunt prevăzute cu instalații automate de semnalizare și de stingere a incendiilor.

VII.2.3. Reguli de instalare în construcții speciale pentru cabluri

Art.57. Instalarea cablurilor în construcțiile special amenajate pentru cabluri (poduri, subsoluri, galerii, canale, puțuri, podețe etc.) se face în conformitate cu prevederile Art.16, Art. 21, Art. 43 ÷ 54, Art. 55 cu următoarele precizări:

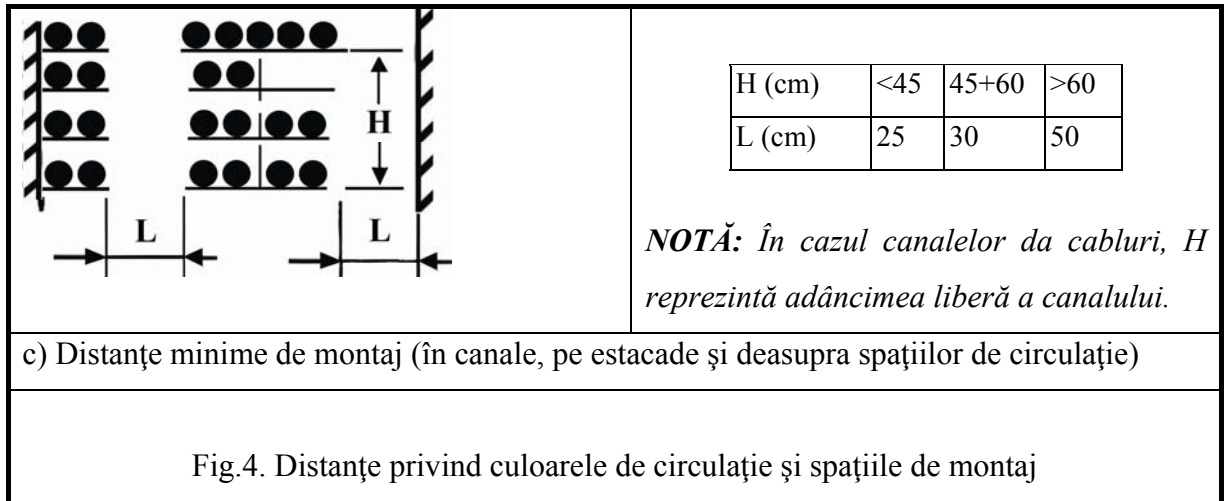
- a) în podurile și subsolurile de cabluri, cablurile se pozează pe rastele sau paturi de cabluri, pe pereți sau pe pardoseală, în ultimul caz cu protejarea mecanică corespunzătoare (prin podeț de cabluri); în podurile și în subsolurile de cabluri se pot monta numai instalații de iluminat, ventilație, semnalizare

și stingere a incendiilor care deserveșc direct construcția respectivă, precum și următoarele echipamente și materiale:

1. cleme de șir și reglete de conexiuni din materiale necombustibile sau greu combustibile (cu $RI \geq 2$, conform STAS 4002, în care RI este rezistența la incandescență conform SR ISO 181:1998);
2. dulapuri încinse eu aparataj de comandă control;
3. căi de curent sau aparataj de comutație, separate de cabluri prin construcții rezistențe la arc electric;
4. conducte de aer comprimat pentru deservirea aparatajului electric sau pentru încercarea instalațiilor fixe de stingere cu apă;

b) în canale și galerii (tuneluri) de cabluri, cablurile se pozează pe rastele sau paturi de cabluri; cablurile de circuite de circuite secundare și de teleconducere pot fi pozate și în straturi suprapuse în canale fără rastele. De asemenea, cablurile pot fi montate și pe fundul canalelor cu rastele, dar nu în canale cu adâncimi mai mari de 1m și nu pe porțiunea liberă care servește pentru acces în timpul montajului și al lucrărilor de mentenanță.

	<p>$A = 0,75m$ – în cazul cablurilor neprotejate mecanic $A = 0$ – în cazul cablurilor protejate mecanic</p> <p><i>NOTĂ:</i> Cabluri protejate mecanic se consideră cablurile armate, cablurile de energie ecranate sau cu nul concentric, precum și cablurile nearmate la care accesul este împiedicat (ex: îngrădiri, acoperiri) sau care sunt montate în tuburi de protecție.</p>	
<p>a) Distanțe minime față de culoarele de circulație în spațiile de producție</p>		
<p>Stelaje pe ambele părți</p>	<p>Stelaje pe o singură parte</p>	<p><i>NOTĂ:</i> Se admite reducerea locală a lățimii de 0,8m, dar nu sub 0,6m, lungimea însumată a îngustărilor nu trebuie să reprezinte mai mult de 20% din lungimea culoarului de circulație.</p>
<p>b) Dimensiunile culoarelor de circulație în galerii, poduri sau subsoluri de cabluri</p>		



Tabelul 3. Distanțe de siguranță ale LEC față de instalații tehnologice

Nr. cri.	Denumirea instalației tehnologice		Distanța minimă, cm		Observații
			Intersecții	Apropieri	
1	Conducte sau rezervoare cu fluide reci ($t \leq 40^{\circ}\text{C}$)	incombustibile	3	5	Distanțele se pot reduce până la montarea pe conductă sau rezervor, când cablul este armat sau protejat în țevă metalică
		combustibile	50	100	
2	Conducte sau instalații cu suprafețe calde ($t_{\text{izolație}} > +40^{\circ}\text{C}$)		50	100	Distanțele se pot reduce în condițiile în care cablurile sunt rezistente la temperatura respectivă sau sunt protejate termic (paravane termice, izolare în azbest etc.).
3	Conducte de aer comprimat		20	20	Distanțele nu se normează în cazul conductelor cu presiunea aerului sub 12daN/cm^2 care deservește instalațiile electrice
4	Instalații care prelucrează materiale combustibile solide, inclusiv depozitarea materialelor respective		100	100	În funcție de condițiile locale distanțele se majorează conform prevederilor din normele specifice tehnologiei sau mediului respectiv.

NOTĂ. Distanțele indicate la pct. 4 nu se aplică pe porțiunea de intrare a cablurilor pentru alimentarea instalațiilor respective.

În canalele și în galeriile de cabluri se pot monta numai instalațiile necesare (după caz) de iluminat, ventilație, semnalizare și stingere a incendiilor, care deservește direct construcția respectivă, precum și conductele de aer comprimat pentru deservirea aparatajului electric sau pentru încercarea instalațiilor fixe de stingere cu apă (în canale aceste conducte se montează în partea superioară).

În cazuri excepționale, se pot monta conducte tehnologice numai pe porțiunea de traversare, cu măsuri de protejare a cablurilor; se interzic atât montarea de flanșe, robinete sau racorduri pentru aparate

de măsură, căi și realizarea de suduri pe conductele tehnologice în zona de traversare; conductele cu fluide combustibile vor fi protejate prin introducerea lor în tuburi de protecție.

VII.2.4. Reguli de instalare aeriană în exteriorul construcțiilor

Art.58. Instalarea aeriană a cablurilor în exteriorul construcțiilor, în incintele obiectivelor energetice, se efectuează în conformitate cu prevederile Art. 15 ÷ 18 și Art. 55, ținând seama de precizările care se fac în continuare.

1. Pozarea aeriană a cablurilor în incintele obiectivelor energetice se poate face pe elemente de construcție cu altă destinație decât montarea cablurilor (de exemplu, sub sau pe partea laterală a podurilor și pasarelelor, pe pereți de clădiri, pe estacade comune cu alte instalații, pe conducte tehnologice etc.), dar care se verifică - din punct de vedere mecanic și al pericolului de incendiu - dacă sunt potrivite acestui scop, sau pe construcții special amenajate pentru pozarea cablurilor (estacade cu stelaje de cabluri, jgheaburi metalice închise, plase de sârmă, cabluri purtătoare etc.).

În cazul instalării cablurilor pe estacade comune, se vor prevedea măsuri de protejare a cablurilor pozate sub conducte în dreptul ventilelor, purjelor și flanșelor, precum și în zona de mufare a cablurilor.

Cablurile pozate sub conducte cu fluide inflamabile se protejează împotriva eventualelor scurgeri de fluide pe toată lungimea de coexistență.

Se evită traseele de cabluri care alimentează consumatori vitali în apropierea unor construcții care, în caz de incendiu, pot afecta fluxurile de cabluri. În cazul când traseul acestor cabluri nu poate evita apropierea de construcții cu pericol de incendiu, este necesar a se asigura o distanță minimă de protecție împotriva efectelor unui eventual incendiu - determinată pe bază de calcul - sau se adoptă măsuri speciale de protecție (ecrane incombustibile, trasee în afara suprafețelor vitrate etc.).

2. În cazul pozării pe construcții special amenajate, se asigură, la supratraversările căilor de circulație, gabaritele de transport din zonă, precum și gabaritul necesar vehiculelor de stingere a incendiilor (4,2 m înălțime și 3,5 m lățime). La intersecția estacadelor cu LEA se montează dispozitive de gardă sub linie, pentru a se preîntâmpina o eventuală cădere a unui conductor al liniei peste estacadă.

3. Legarea la pământ a elementelor de susținere a cablurilor se poate face folosind părțile metalice ale construcțiilor, cu excepția cazului conductelor care transportă fluide inflamabile.

4. În cazul cablurilor al căror traseu trece din pământ pe stâlpi de linii electrice sau pe ziduri cablurile se protejează mecanic conform Art. 55, alin. (4), urmărindu-se să fie amplasate ferit de zonele de circulație și, pe cât posibil, de acțiunea razelor solare; în cazul cablurilor cu înveliș exterior combustibil, acesta este curățat de materialele de protecție combustibile (iută, bitum) și apoi este protejat anticorosiv prin vopsire. La baza stâlpului se asigură o rezervă de cablu prin pozare ondulată sau în buclă.

Pozarea cablurilor în nivelurile deschise de cabluri (definite la Art. 7) se poate face cu respectarea următoarelor condiții:

- a) lățimea nivelului deschis de cabluri să nu depășească 10 m;
- b) distanțele de pozare a cablurilor, precum și distanțele de circulație și de montaj vor fi cele prevăzute la Art. 55.

VII.3 Instalarea cablurilor în pământ

VII.3.1. Distanțe prescrise

Art.59. (1) Distanțele de pozare a cablurilor în șanțuri sunt cele prezentate în continuare.

Adâncimea de pozare „H” în condiții normale nu este, de regulă, mai mică de:

- a) în cazul cablurilor cu tensiune nominală până la 20 kV inclusiv.....(0,7 ÷ 0,8) m;
- b) în cazul cablurilor cu tensiune nominală peste 20 kV.....(1 ÷ 1,2) m.

Adâncimea de pozare se poate reduce până la 0,5 m în incinta stațiilor de conexiuni și de transformare, pe porțiuni scurte (sub 5 m lungime) la intrarea cablurilor în clădiri, la pozarea sub planșee de beton și la pozarea în tuburi de protecție.

Adâncimea de pozare a cablurilor pe trasee paralele sau în zona de intersecție cu linii electrice aeriene de 110 ÷ 750 kV se poate mări (până la 1,5 m), dacă rezultă necesar pentru reducerea influențelor (a se vedea și Tabelul 5, poz. 9).

Distanța liberă pe orizontală „L” între cabluri pozate în același șanț sau între cabluri pozate în șanțuri separate nu este mai mică decât valorile minime indicate în Tabelul 4.

Tabelul 4. Distanțe de siguranță ale cablurilor de energie, în cm, pe orizontală, față de alte cabluri pozate în pământ

Tipuri de cabluri	Circuite secundare	Energie: 1-20 kV	Ale altor unități (telecomunicații ¹⁾ , tracțiune urbană) sau fluxuri separate
Circuite secundare	Nenormat	10 ¹⁾	50 ²⁾
Energie: 1-20 kV	10 ¹⁾	7 ³⁾	50 ²⁾

Note:

- 1) În cazul paralelismului cu cabluri de energie de peste 1 kV, distanțele se stabilesc sau se verifică pe baza calculelor de influență conform **STAS 832**.
- 2) Distanța de 50 cm se mărește la 60 cm în cazul adâncimilor de îngropare mai mari de 1,5 m.
- 3) Distanța de 7 cm (între două sisteme trifazate) se mărește la 25 cm în cazul cablurilor monofazate pozate în treflă; a se vedea și Anexa 1, tabelele A.1.15 ÷ A.1.17.

(2) Distanțele de siguranță ale cablurilor de energie electrică pozate în pământ față de diverse rețele, construcții sau obiecte nu vor fi, de regulă, mai mici decât cele indicate în Tabelul 5.

VII.3.2. Reguli de pozare în pământ

Art.60. Cablurile se pozează în pământ în conformitate cu prevederile Art. 18 ÷ 20, Art. 43, Art. 53 ÷ 54 și Art. 59, cu următoarele precizări:

1. Cablurile se pozează în șanțuri între două straturi de nisip de circa 10cm fiecare, peste care se pune un dispozitiv avertizor (de exemplu, benzi avertizoare și/sau plăci avertizoare) și pământ rezultat din săpătură (din care s-au îndepărtat toate corpurile care ar putea produce deteriorarea cablurilor).

Se admite acoperirea cablurilor din șanț cu pământ prelucrat (selecționat din stratul superficial al taluzului, astfel încât granulația să nu depășească 30 mm, fără pietre, bolovani sau alte corpuri străine) și compactat prin burare până ne obține o grosime de 10 – 15 cm și o suprafață netedă și fără fisuri; stratul de deasupra dispozitivului avertizor va fi, de asemenea, bine compactat prin burare.

Utilizarea plăcilor avertizoare este recomandată în următoarele situații:

- a) în situațiile în care este necesară o protecție mecanică suplimentară (vezi Art. 33);
- b) în cazul profilelor de șanțuri cu cabluri etajate (între straturile de cabluri);
- c) deasupra manșoanelor.

Se evită pozarea cablurilor în straturi suprapuse (etajate) atât din cauza influențelor termice defavorabile, cât și a unei intervenții ulterioare dificile la cablurile inferioare. Se admite adoptarea acestui mod de pozare pe bază de justificare tehnico-economica (inclusiv calculul termic), atunci când soluția rezultă ca favorabilă fața de cea de pozare într-un singur strat.

Între cablurile cu tensiuni diferite sau între cablurile de medie tensiune (de aceeași tensiune) pozate în același șanț la distanțe între ele de până la 10 cm (a se vedea Tabelul 4), se montează distanțoare (de exemplu, din mase plastice din cauciuc) amplasate pe traseu la intervale care să asigure distanțele minim prescrise între cabluri.

2. În orașe și în zone locuite, rețelele de cabluri trebuie pozate, de regulă, pe partea necarosabilă a străzilor (sub trotuare) sau în anumite condiții, în zonele verzi din cartierele de locuințe.

Cablurile pozate pe partea carosabilă a străzilor trebuie să aibă o protecție mecanică corespunzătoare.

Ordinea de așezare a cablurilor electrice sub trotuare, dinspre partea cu clădiri înspre zona carosabilă (cu păstrarea distanțelor indicate la Art. 60) este:

- a) de distribuție de joasă tensiune;
- b) cabluri de distribuție de medie tensiune;
- c) cabluri fir-pilot pentru teleconducere;
- d) cabluri de iluminat public.

După pozare, pe planul rețelei de cabluri al localității sau al incintelor industriale, se vor trece în mod obligatoriu orice modificări de traseu față de proiect.

VII.4. Instalarea cablurilor în tuburi

VII.4.1. Distanțe prescrise

Art.61. Adâncimea de pozare în pământ a tuburilor sau a blocurilor de cabluri trebuie aleasă conform condițiilor locale.

VII.4.2. Reguli de instalare a cablurilor în tuburi sau blocuri de cabluri

Art.62. (1) Adoptarea soluției de instalare a cablurilor în tuburi se face, de regulă, pe tronsoanele în care este necesar a se asigura:

- a) evitarea lucrărilor de desfacere a trotuarelor, carosabilului sau a altor suprafețe pavate sau betonate pentru eventualele intervenții ulterioare;
- b) o protecție mecanică ridicată a cablurilor.

În sensul arătat, instalarea în tuburi se utilizează, de regulă, pentru legăturile de teleconducere și de telecomunicații în localități, precum și pentru subtraversarea căilor de circulație de către cablurile de energie.

Numărul de tuburi se va stabili ținând seama de perspectiva de dezvoltare a rețelelor de cabluri în zona respectivă.

De asemenea, trecerea cablurilor din pământ prin pereții de clădiri, canale, galerii va fi protejată prin tuburi încastrate în construcții.

Cablurile cu funcțiuni diferite (de exemplu: energie, circuite secundare, telecomunicații) se instalează în tuburi diferite.

Se admite să fie instalate în același tub numai cablurile care deservește același aparat sau receptor, și numai dacă sunt asigurate condițiile de compatibilitate electromagnetică (CEM).

Este interzisă instalarea în același tub a cablurilor care se rezervă reciproc sau care alimentează aparate sau receptoare care se rezervă reciproc.

(2) Materialul tubului se alege în fiecare caz în parte, ținând seama de următoarele recomandări:

- a) tuburile din materiale termoplastice (PVC) se vor folosi în cea mai mare parte a cazurilor curente datorită avantajelor multiple pe care te prezintă: caracteristici mecanice bune, coeficient de frecare redus, rezistență la coroziune, cost redus, posibilități de livrare în lungimi importante;
- b) tuburile sau blocurile din beton, ciment sau alte materiale similare prezintă un coeficient de frecare mai mare și riscul de deteriorare a învelișului exterior al cablului; se pot folosi, cu măsuri speciale, pe porțiuni relativ scurte cu mai multe cabluri în secțiune;

- c) tuburile din oțel sau fontă se vor folosi în cazuri speciale cu eforturi mecanice foarte mari; nu necesită încastrări de protecție.

Datorită naturii magnetice a tubului nu se instalează cablul monopolar aparținând unei singure faze într-un tub (a se vedea și Art. 47).

(3) Diametrul tubului trebuie să permită tragerea cablurilor fără risc de gripate. Raportul dintre diametrul interior al tubului și diametrul exterior al unui cablu trebuie să fie:

- a) minimum 2,8 - în cazul tragerii a trei cabluri monofazate în același tub;
- b) minimum 1,5 - în cazul tragerii unui singur cablu în tub.

(4) Traseul parcursului în tub (lungimea, schimbările de direcție, razele de curbură) nu trebuie să conducă la solicitări de tracțiune dăunătoare cablului în timpul tragerii.

Metodele de calcul al efortului de tragere și valorile tracțiunii admise pentru diferitele tipuri de cabluri sunt indicate în Anexa 6.

(5) La dispunerea tuburilor se respectă următoarele prevederi:

- a) racordarea tuburilor între ele trebuie să fie realizată fără bavuri sau asperități care să conducă la deteriorarea cablului.
- b) în cazul subtraversării căilor de circulație, trebuie să se asigure rezistența mecanică și stabilitatea necesară; se verifică ca tuburile în care sunt instalate cabluri monofazate să nu fie înconjurate de armături metalice.
- c) extremitățile tuburilor se obturează, cu interpunerea, în cazul cablurilor nearmate, a unui strat elastic între cablu și materialul de obturare.

VII.5. Instalarea cablurilor pe trasee speciale

VII.5.1. Instalarea cablurilor sub apă

Art.63. La instalarea cablurilor sub apă se respectă următoarele prevederi:

1. La subtraversarea râurilor, canalelor navigabile, canalelor hidrotehnice, lacurilor etc., cablurile trebuie pozate în zone supuse cât mai puțin la eroziune;
2. Se interzice pozarea cablurilor în zona debarcaderelor, danelor de acostare în porturi, în porturi de transbordare cu bacuri sau în locurile de parcare pentru iernare a vapoarelor și a șlepurilor,
3. Pozarea cablurilor trebuie făcută pe fundul apei în așa fel, încât în porțiunile accidentate ale fundului apei cablurile să nu rămână suspendate; bancurile de nisip, pragurile de nisip, pragurile de piatră și alte obstacole subacvatice de pe traseu trebuie ocolite sau trebuie amenajate în ele tranșee sau treceri;

Tabelul 5. Distanțe de siguranță ale cablurilor pozate în pământ față de diverse rețele, construcții sau obiecte.

Nr. crt.	Denumirea rețelei, construcțiilor sau obiectelor		Distanța de siguranță, m		Observații
			în plan orizontal (apropieri)	în plan vertical (intersecții)	
0	1		2	3	4
1	Apă și canalizare		0,5 ^{*)}	0,25	^{*)} La adâncimi peste 1,5m distanța minimă este de 0,6m.
2	Termice	cu abur	1,5	0,5	Distanțele se măsoară până la marginea canalului termic. Ele pot fi reduse cu 50% cu măsuri de protecție termică a cablului (de exemplu, prin montarea în tub la intersecții sau prin reducerea încărcării în situații de apropiere).
		cu apă fierbinte	0,5	0,2	
3	Lichide combustibile		1,0	0,5 ^{*)}	^{*)} Distanța poate fi redusă până la 0,25m, în cazul protejării cablurilor în tuburi pe toată lungimea intersecției plus câte 0,5m pe fiecare parte.
4	Gaze		0,6 ^{*)}	0,25 ^{**)}	^{*)} În cazul protejării cablurilor în tuburi, distanța se mărește la: - 1,5 m, în cazul conductelor de gaze pentru presiune joasă sau medie; - 2 m, în cazul conductelor de gaze pentru presiune înaltă. ^{**)} De regulă, conducta de gaze deasupra. În caz contrar, fie conducta, fie cablul (de regulă, ultima instalație care se pozează) se introduc în tub de protecție pe o lungime de 0,8 m de fiecare parte a intersecției. Tubul va fi prevăzut în capete cu răsuflători conform normativului I 6. Unghiul minim de traversare 60°.
5	Fundații de clădiri		0,6	-	Cu condiția verificării stabilității

				construcției.		
6	Arbori (axul acestora)	1,0	-	Se admite reducerea distanței cu condiția protejării cablurilor în tuburi.		
7	≤ 1kV	0,5	-	Distanța se măsoară de la marginea stâlpului sau fundației.		
8	LEA	1 ÷ 20kV	neutru izolat sau tratat	1,0	-	Distanța se măsoară de la conductorul extrem al LEA (protecția pe orizontală). Pentru cablurile de circuite secundare și de teleconducere, precum și pentru adoptarea unor distanțe mai reduse se vor face calcule de influență.
9		110 ÷ 400kV	neutru legat la pământ	5,0	-	
10	Șină de tramvai (cea mai apropiată)	2*)	1**)	*) Se admite reducerea până la 1m în cazul cablurilor cu înveliș din PVC sau pozate în tuburi. **) Cablurile se montează în tuburi de protecție: unghi minim de traversare 60° (recomandat 75° ÷ 90°).		
11	Căi ferate neelectrificate	Uzinale	1	1*)	*) Unghi minim de traversare 75°. Cablurile vor fi protejate în tuburi până la limita zonei de expropriere, dar minimum 2m de la șina externă.	
12		SNCFR	3	2*)		
13	Căi ferate electrificate	Uzinale	1,5*)	**)	*) Cu măsuri de protecție pentru cabluri	- Idem, dar minim 3m. *)
14		SNCFR	10*)	**)	*) Se admite reducerea până la 3m pe bază de calcul, cu măsuri de protecție pentru cablu și aprobarea organelor SNCFR	- Traversarea la 10m de ace sau cablu de întoarcere**) - 1,4m - tub izolat (PVC, beton etc.) - 3m - tub metalic

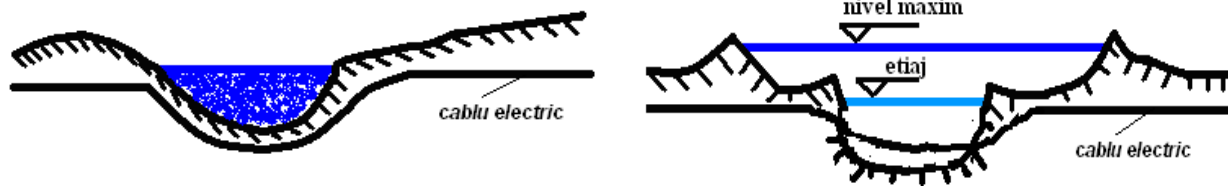
15	Drumuri	0,5 ^{*)}	1 ^{**)}	*) Măsurată de la bordură spre trotuar (în localități) sau de la ampriză spre zona de protecție (în afara localităților)	^{**)} Măsurată în axul drumului; tubul de protecție va depăși bordura, respectiv ampriza, cu circa 0,5m. - Unghiul minim de traversare 60° (recomandat 75° ÷ 90°).
16	Cabluri electrice (inclusiv tracțiune urbană și telefonie)	*)	0,5 ^{**)}	*) A se vedea Tabelul 4	^{**)} Se admite reducerea până la 0,25m cu condiția protejării mecanice a cablului traversat, pe o distanță de 0,5m de o parte și de alta a traversării.

4. În locurile de trecere sub apă a cablului, pe ambele maluri, trebuie prevăzute rezerve cu lungimea de cel puțin 10 m la pozarea în râuri, respectiv de cel puțin 30 m la pozarea în fluvii;
5. În locurile unde albia și malul sunt supuse la eroziune trebuie luate măsuri împotriva dezvelirii cablurilor în timpul curgerii gheții și în timpul viiturilor, prin consolidarea malurilor (pavaje, diguri de abataj, piloni, palplanșe, plăci etc.);
6. Se interzic încrucișările cablurilor pozate sub apă;
7. Trecerile cablurilor sub apă trebuie marcate pe maluri cu repere (borne) de semnalizare;
8. Pentru liniile de cabluri cu tensiuni peste 1 kV, care se pozează sub apă, se stabilește o zonă de protecție și siguranță având o lățime de 200m (câte 100 m de fiecare parte a traversării), în limitele căreia se interzic:
 - a) amenajarea debarcaderelor pentru vase și șlepuri, aruncarea ancorelor și a plaselor de pescuit, repartizarea terenurilor piscicole;
 - b) efectuarea lucrărilor de adâncire a fundului și de dragare.

Zonele de protecție și siguranță (comune), în cazul trecerilor de cabluri sub râuri, lacuri și canale navigabile, trebuie să fie marcate cu instalații de balizaj (stabilite de comun acord cu organele coordonatoare ale navigației fluviale).

9. Distanța de siguranță între cabluri cu tensiuni sub 110 kV este de 250 mm.

10. Soluția de instalare a cablurilor sub apă se stabilește în funcție de deschiderea și adâncimea traversării, conform indicațiilor din fig. 5.



a. Subtraversarea canalelor navigabile, a râurilor și canalelor cu adâncimi mici

b. Subtraversarea râurilor (fluviilor) navigabile de adâncimi mari

Fig. 5. Pozarea cablurilor sub apă

Pe canalele navigabile, unde în mod periodic se execută lucrări de adâncire a fundului acestora, cablurile se coboară până la cota fixată de organizațiile transportului fluvial.

VII.5.2. Instalarea cablurilor în galeriile cu apă din instalațiile hidrotehnice

Art.64. La instalarea cablurilor în galeriile cu apă din instalațiile hidrotehnice se respectă următoarele prevederi:

1. Se consideră galerii cu apă galeriile aflate permanent sau accidental sub apă (inundabile);
2. În cazul galeriilor cu apă, nu se admite pozarea cablurilor acolo unde curentul hidraulic este prea puternic și ar putea crea solicitări mecanice asupra cablurilor sau dacă instalațiile de susținere a cablurilor ar modifica scurgerea apei;
3. Se admite pozarea cablurilor în galerii cu apă numai dacă este posibilă verificarea lor și a punctelor de suspendare, prin golirea galeriei; se recomandă evitarea manșoanelor de legătură în aceste galerii;
4. La trecerea prin pereții galeriilor cu apă, cablurile se prevăd cu dispozitive speciale de etanșare (țevi cu presetupă sau alte dispozitive asemănătoare).
5. În galeriile aflate permanent sub apă, prinderea cablurilor pe pereți se face cu bride protejate împotriva coroziunii; nu se admit rastele sau suporturi pentru mai multe cabluri în consolă;
6. În galeriile care se pot afla accidental sub apă, pozarea cablurilor se poate face pe console sau pe rastele, la fel ca și pe alte trasee, cu respectarea aceluiași reguli de montare; în cazurile în care există posibilitatea ca apa să se găsească în mișcare, se prevăd consolidări pentru traseul de cabluri;
7. În galeriile cu apă, marcarea cablurilor se face prin benzi colorate diferite;

8. Suporturile de prindere și bridele se leagă la pământ prin armătura construcției sau printr-o centură specială.

VII.5.3. Instalarea cablurilor în galerii și puțuri de acces la centrale subterane sau la alte instalații energetice subterane

Art.65. La instalarea cablurilor în galerii și puțuri de acces la centrale subterane sau la alte instalații energetice subterane se respectă următoarele prevederi:

1. Instalarea cablurilor de legătură la centralele electrice subterane sau la alte instalații energetice subterane se face, de regulă, în galeriile de cabluri destinate acestui scop (cu respectarea prevederilor de la Art. 57); se permite instalarea cablurilor și în galerii de acces (auto, pietonal sau auto și pietonal), în tuneluri cu acces public sau în puțuri de acces, cu măsurile de protecție indicate în continuare.
2. Instalarea cablurilor în galeriile de acces este permisă în următoarele condiții:
 - a) în galeriile pentru accesul autocamioanelor și în cele pentru accesul auto și al pietonilor nu se admite instalarea cablurilor decât dacă traseul acestora este separat de calea rutieră, cu pereți sau membrane de protecție rezistente la acțiuni mecanice și la foc (1,5 ore) sau dacă traseul este ferit de deteriorări mecanice; în cazul realizării acestor separații, la instalare se respectă indicațiile de la Art. 55;
 - b) în galeriile pentru accesul persoanelor se admite instalarea cablurilor, cu respectarea indicațiilor de la Art. 55, cu precizarea că, în cazul în care lungimea galeriei (a unui tronson de galerie) depășește 100 m, lățimea spațiului de circulație pe lângă console sau rastele va fi de minimum 1500 mm.
3. În tuneluri sau în alte spații similare cu acces public se admite pozarea cablurilor numai cu condiția luării de măsuri de protecție suplimentare (de exemplu: pozarea cablurilor în nișe, este necesară separarea traseelor de cabluri cu plase de sârmă etc.); în cazul unor fluxuri mari de cabluri pozate în spații în care există pericol de incendiu, se prevăd și protecții (închideri) prin elemente rezistente la foc 1,5 ore, dacă în spațiul respectiv nu sunt prevăzute instalații automate de semnalizare sau instalații de stingere a incendiilor.
4. În puțurile de acces cu scări sau lift, se permite instalarea cablurilor pe rastele special amenajate în acest scop și cu măsuri de separare cu elemente rezistente la foc 1,5 ore.

VIII. AMENAJĂRI CONSTRUCTIVE ȘI INSTALAȚII ANEXE ÎN GOSPODĂRIILE DE CABLURI

VIII.1. Reguli privind realizarea gospodăriilor de cabluri

VIII.1.1. Condiții generale

Art.66. Realizarea gospodăriilor de cabluri trebuie să respecte următoarele condiții generale:

1. Construcțiile (încăperile) rețelelor și gospodăriilor de cabluri se proiectează având în vedere și viitoarele extinderi; se recomandă ca în situațiile în care nu sunt extinderi previzibile, construcțiile să asigure pozarea suplimentară a 15% din cablurile prevăzute inițial.
2. Mărimea fiecărei încăperi pentru cabluri este determinată, de regulă, astfel încât să nu depășească:
 - suprafața de 700 m² - la poduri și subsoluri pentru cabluri;
 - lungimea de 100 m - la tuneluri și galerii pentru cabluri (pentru fiecare tronson);
 - înălțimea de 25 m - la puțuri pentru cabluri.

De la prevederile de mai sus fac excepție tunelurile, galeriile și puțurile pentru cabluri din amenajările hidrotehnice subterane, a căror lungime, respectiv înălțime nu se normează.

Se admite ca subsolurile pentru cabluri să fie compartimentate în încăperi de cel mult 2000 m², iar în cazuri excepționale, justificate, de cel mult 4000 m². Subsolurile pentru cabluri cu o suprafață mai mare de 2000 m² sunt prevăzute cu căi suplimentare de acces pentru mașinile de intervenție pentru stingerea incendiilor.

3. Construcțiile pentru cabluri (poduri, subsoluri, puțuri și tuneluri) sunt separate de alte încăperi adiacente prin elemente incombustibile cu limita minimă de rezistență la foc conform Tabelului 6.
4. Galerii (tunelurile), puțurile și podurile de cabluri trebuie să fie accesibile numai personalului de deservire a instalațiilor electrice.

Tabelul 6.

Nr. crt.	Condiția de separare	Limita de rezistență la foc		
		<i>pereți</i>	<i>planșee</i>	<i>uși, trape, obloane etc.</i>
1	<i>Separări față de încăperi sau spații:</i>	3 h	1 h 30'	1 h 30'
	a) cu pericol de incendiu	Conform notei 1		
	b) fără pericol de incendiu	Conform notei 1		

2	Separări în interiorul construcțiilor de cabluri (conform notei 2) sau față de spații cu echipament electric, suprafața fiecărei încăperi de cablu fiind:			
	a) mai mare de 700 m ²	3h	1 h 30'	1 h 30'
	b) între 400m ² și 700 m ²	1 h 30'	1 h 30'	45'
	c) până la 400 m ²	1 h 30'	1 h 30'	15'
3	<i>Spre exterior (conform notei 3)</i>	1 h 30'	1 h 30'	nenormal

Note:

- 1) *Limita de rezistență la foc a elementelor de separare a încăperilor de cabluri față de spații fără pericol de incendiu se va adopta în funcție de densitatea sarcinii termice din încăperea de cabluri, importanta spațiilor adiacente și pericolul pentru viața oamenilor.*
 - 2) *Porțiunile de canalizări verticale (puțuri) sau foarte înclinate vor fi prevăzute la capetele lor cu închideri rezistente la foc de minimum 1 oră și 30 de minute. Suplimentar, puțurile - cu excepția celor din amenajările hidrotehnice subterane - vor fi prevăzute cu separări transversale la fiecare palier, dar nu mai mult de în m, rezistente la foc 30 minute, care vor obtura complet secțiunea. Golurile de acces în aceste spații (uși, trape) vor fi protejate cu clemente rezistente la foc minimum 30 minute.*
 - 3) *În cazul în care în exterior există construcții sau instalații la distanțe care impun alte condiții decât cele din tabel, vor fi respectate prescripțiile specifice acestor construcții și instalații sau se vor lua măsuri suplimentare de protecție.*
5. Construcțiile pentru cabluri (cele cu spații circulabile) trebuie să fie prevăzute cu cel puțin două căi de acces. Numărul și dispunerea căilor de acces se determină astfel, încât lungimea traseului din orice punct al încăperii la o ieșire să nu depășească 50 m, cu excepția tunelurilor, galeriilor și puțurilor din centralele hidrotehnice subterane la care căile de acces se realizează, de regulă, numai la capete.
- Una dintre căile de acces, și anume aceea care servește la evacuare, se poate realiza prin plafon, prin chepeng sau trapă sau direct spre exterior, eventual la o scară de incendiu.
- Se admite realizarea unei singure căi de acces în următoarele cazuri:
- a) la tuneluri, subsoluri sau poduri de cabluri cu o lungime de evacuare maximă de 10m;
 - b) la puțuri pentru cabluri cu o înălțime mai mică de 6 m.
6. Se interzice construirea de căi de acces sau guri de vizitare în zonele în care există pericol de inundare cu apă, păcură, ulei sau alte fluide.

7. Ușile construcțiilor pentru cabluri se confecționează din materiale incombustibile (metalice), cu limită de rezistență la foc conform Art. 66, lit. c) de mai sus; deschiderea ușilor se realizează în sensul normal de evacuare indicat în proiect (a se vedea și Art. 85). În vederea facilitării evacuării din construcțiile pentru cabluri ușile de evacuare se prevăd cu sisteme de închidere care nu necesită cheie de închidere din interiorul construcției (exemplu, sistem yale).
8. Pe fluxurile care conțin cabluri cu întârziere la propagarea flăcării, care în mănunchi nu satisfac condițiile cerute de standardul SR CEI 332-3, se prevăd separări transversale rezistente la foc cel puțin 20 minute, pentru limitarea propagării flăcării, dispuse la distanțe de cel mult 25 m și la ramificațiile din fluxurile principale.

Se admite renunțarea la prevederea separărilor transversale menționate mai sus, dacă se prevăd alte măsuri împotriva propagării flăcării (de exemplu, acoperii cu vopsele care măresc rezistența la foc a cablului).

Separările transversale împotriva propagării focului se prevăd la toate cablurile situate în aceeași secțiune transversală a fluxului de cabluri și se execută conform detaliilor tipizate.

9. Golurile pentru trecerea cablurilor prin planșee, pardoseli sau pereți, inclusiv cele prevăzute pentru extindere vor fi etanșate în vederea evitării propagării flăcărilor, trecerii fumului sau a gazelor. Limita de rezistență la foc a elementelor de etanșare a golurilor trebuie să fie cel puțin egală cu cea a elementului străbătut. La canalele de cabluri protejerea golurilor se va face la intrarea în construcție și la ramificațiile din canalele principale.
10. Ca regulă generală, în condițiile respectării pe traseul cablului (exceptând unele încrucișări) a distanțelor minime între rastele de cabluri prevăzute la Art. 55, nu se recomandă montarea de plăci de protecție între rastele, întrucât acestea împiedică răcirea normală a cablurilor, reduc eficiența stropirii, în cazul instalațiilor de stingere cu apă pulverizată, și se deteriorează ușor la manipulări de cabluri sau la temperaturi ridicate.
11. Se iau măsuri pentru evitarea pătrunderii unor eventuale scăpări de ulei în canalele de cabluri de la aparate care conțin o cantitate de ulei mai mare de 60 kg pe cuvă și la distanțe mai mici de 5 m între marginea canalului și axul aparatului prin colectoare, praguri de reținere a scurgerilor de ulei accidentale, reborduri la canale etc.
12. În construcțiile pentru cabluri se asigură spații necesare pentru supraveghere, întreținere și intervenții în caz de incendiu; de la caz la caz, se asigură și spații pentru amplasarea instalațiilor speciale de stingere a incendiilor sau spații de acces a mașinilor de intervenție pentru stingerea incendiilor (a se vedea și Art. 79); în timpul montajului și exploatării, se interzice ca aceste spații să fie ocupate cu orice fel de echipamente sau materiale de montaj sau exploatare.

13. La punerea în funcțiune a unui obiectiv trebuie să fie în funcțiune toate instalațiile de iluminat, de ventilație, de stingere și semnalizare a incendiilor aferente gospodăriilor de cabluri;
14. Construcțiile speciale de cabluri în care pot apărea infiltrații de apă, în special cu agresivitate mărită, trebuie să fie prevăzute cu posibilități de drenare și de evacuare a acestora.

VIII.1.2. Amenajarea galeriilor (tunelurilor) și a canalelor de cabluri

Art.67. La amenajarea galeriilor (tunelurilor) și canalelor de cabluri se respectă următoarele prevederi:

1. Instalarea cablurilor în galeriile și canalele de cabluri se va face cu respectarea distanțelor menționate la Art. 55 și a regulilor indicate la Art. 57, lit. b.
2. În obiective industriale se recomandă folosirea canalelor de cabluri cu dimensiuni tipizate; canalele de cabluri pot fi prefabricate în zona unde acest lucru este posibil și economic (canalizări lungi); se evită canalele de cabluri cu adâncimi, respectiv lățimi mai mari de 1200 mm.
3. Pentru cablurile de comandă și control se pot construi canale de cabluri prefabricate fără rastele, în care cablurile sunt pozate în straturi suprapuse.
4. De regulă, nu se construiesc canale de cabluri sub celulele interioare de medie și înaltă tensiune și sub panourile și dulapurile de distribuție de joasă tensiune sau cele de comandă și control; canalele de cabluri se amplasează, de regulă, în fața sau în spatele celulelor, panourilor sau dulapurilor; intrarea cablurilor din canale la acestea se face prin țevi de protecție montate pe pereții canalului sau prin mici canale de derivație, precum și prin fante; toate trecerile se etanșează față de canalul principal.

Tablourile capsulate confecționate din materiale incombustibile precum și stelaje cu echipamente care deserveșc un singur circuit primar, pot fi amplasate deasupra canalelor de cabluri acoperite.

Se permite amplasarea canalelor de cabluri parțial și sub celule și panouri, cu condiția asigurării unei bune separații între celule (panouri) și canalul de cabluri prin planșee rezistente la foc, cu trecerile de cabluri bine etanșate împotriva propagării, conform Art. 66, lit. i.

5. La proiectarea plăcilor de acoperire a canalelor de cabluri se au în vedere următoarele cerințe:
 - a) plăcile trebuie să reziste la sarcinile ce apar în exploatare normală în zona respectivă; pentru transportul unor piese mai grele, se vor realiza consolidări provizorii în zona de traversare;
 - b) plăcile se realizează din materiale incombustibile;
 - c) greutatea plăcilor și construcția lor trebuie să permită o manipulare ușoară de către un singur om sau, în mod excepțional, de către doi oameni; în cazul canalelor cu

lățimi foarte mari (peste 1,2 m) se admite ca greutatea plăcilor să fie mai mare (până la 120 kg), cu condiția prevederii de mânăne pentru manipulări și a unei dale ușoare (maximum 30 kg), la intervale de maximum 15 m, pentru controale și intervenții rapide.

Plăcile de acoperire a canalelor se realizează, de preferință, astfel:

- a) din tablă striată: în încăperi sau zone fără pericol de incendiu;
 - b) din dale de beton armat: în exterior, precum și în încăperi sau zone cu pericol de incendiu.
6. În cazul canalelor de cabluri care se construiesc în exteriorul clădirilor și care sunt amplasate deasupra nivelului apelor subterane (freatice) se admite ca fundul canalului să fie din pământ bătătorit și acoperit cu un strat de drenaj din pietriș.
 7. Galeriile (tunelurile) și canalele de cabluri așezate sub nivelul apelor subterane (freatice) trebuie să aibă pereții și radierele dintr-un material impermeabil sau hidroizolant.
 8. Radierele canalelor, galeriilor, precum și ale blocurilor de cabluri trebuie să aibă o pantă în direcția drenajelor de cel puțin 0,5%; radierele nu trebuie să aibă praguri, ieșituri sau alte obstacole constructive similare care să îngreueze scurgerile, ventilația sau să împiedice circulația liberă a personalului de exploatare.
 9. La obiectivele amplasate în subteran nu trebuie utilizate galerii de cabluri în scopul vehiculării aerului de ventilație necesar altor spații decât cel al galeriei de cabluri respective.

VIII.1.3. Amenajarea podurilor și a subsolurilor de cabluri

Art.68. La amenajarea podurilor și subsolurilor de cabluri se respecta următoarele prevederi:

1. Instalarea cablurilor în podurile și subsolurile de cabluri se face cu respectarea distanțelor stabilite la Art. 55 și a regulilor de la Art. 57, lit. a.
2. Pentru realizarea, în cadrul podurilor și a subsolurilor de cabluri, de fluxuri separate de cabluri, se pot prevedea compartimentări între fluxuri cu pereți având rezistență la foc de minimum 1,5 ore.
3. Pentru a evita aglomerările fluxurilor de cabluri în zonele de ieșire din podurile de cabluri, se recomandă construirea unui număr suficient de puțuri, goluri și fante de ieșire, amplasate corespunzător.

VIII.1.4. Amenajarea puțurilor de cabluri

Art.69. La amenajarea puțurilor de cabluri se respectă următoarele reguli:

1. Se recomandă ca puțurile de cabluri care trec prin mai multe niveluri să fie prevăzute cu uși de vizitare în dreptul fiecărui nivel (a se vedea și Art. 66, lit. c).
2. În interiorul puțurilor de cabluri, în dreptul ușilor de vizitare, se montează platforme de montaj din tablă striată, grătare sau beton.
3. Spațiul liber pentru montaj trebuie să fie de cel puțin 700 mm, măsurat pe orizontală.
4. În cazul puțurilor care nu au acces la fiecare nivel sau când distanța dintre două uși de vizitare este mai mare de 6 m, se montează pentru acces scări de intervenție verticale, fixate pe pereții interiori ai puțului.

VIII.1.5. Amenajarea căminelor de cabluri

Art.70. La amenajarea căminelor de cabluri se respectă următoarele reguli:

1. Căminele pentru tragerea cablurilor în tuburi trebuie realizate din beton sau cărămidă; în cazul în care există cel mult 10 cabluri, trecerea cablurilor din blocurile de cabluri sau din tuburi în pământ poate fi realizată în cămine săpate direct în pământ și umplute ulterior cu argilă impermeabil.
2. Capacele căminelor de cabluri trebuie să corespundă sarcinii ce poate să apară în mod normal pe capac (pentru situații speciale se vor executa consolidări).
3. În podeaua căminului trebuie amenajai un puț colector pentru colectarea apelor subterane și a celor provenite din ploii torențiale; de asemenea, în cămine mari de cabluri trebuie prevăzută o instalație de golire.
4. Căminul de cabluri trebuie prevăzut cu una sau două scări metalice.

VIII.2. Reguli privind iluminarea gospodăriilor de cabluri

VIII.2.1. Tipuri de iluminat

Art.71. Încăperile de cabluri sunt prevăzute cu:

- a) iluminat normal de lucru,
- b) iluminat de siguranță pentru continuarea lucrului, pentru intervenții și pentru evacuare.

Iluminatul de siguranță pentru continuarea lucrului se prevede în camerele de comandă, stații electrice, cabine de rele, grup Diesel și alte încăperi cu receptoare, în care se află construcții speciale de cabluri.

Iluminatul de siguranță pentru intervenție se prevede în locurile în care sunt montate vane, robinete și dispozitive de comandă și control ale unor instalații sau utilaje care trebuie acționate în caz de incendiu în gospodăria de cabluri.

Iluminatul de siguranță de evacuare asigură iluminatul punctelor de acces și evacuare în cazul stingerii accidentale a iluminatului normal.

În cazul galeriilor (tunelurilor) și puțurilor de cabluri, cu excepția celor din centralele hidroelectrice subterane, se admite ca în locul iluminatului de siguranță de evacuare să se utilizeze lămpi portative cu acumulator.

VIII.2.2. Tensiuni de alimentare a corpurilor de iluminat

Art.72. Tensiunile de alimentare a corpurilor de iluminat sunt cele indicate în **STAS 2612**, în funcție de tipul iluminatului (fix, portabil), de amplasarea corpurilor de iluminat, de gradul de pericol al locului de instalare și de măsurile de protecție prevăzute împotriva electrocutării.

VIII.2.3. Nivelul mediu de iluminare

Art.73. Nivelul mediu de iluminare trebuie să respecte următoarele reguli:

a) Iluminatul normal de lucru:

1. în poduri și în subsoluri de cabluri:

- în general20 lx

- în zona repartitoarelor sau a echipamentelor electrice admise a fi montate conform Art. 57, lit. a.....150 lx

2. în galerii și în puțuri de cabluri20 lx

b) Iluminatul de siguranță:

1. pentru continuarea lucrului după necesitate

2. pentru evacuare (la nivelul pardoselii căilor de evacuare) 0,3 lx

VIII. 2 .4. Comanda iluminatului

Art.74. Comanda iluminatului trebuie să se facă după următoarele reguli:

a) în cazul iluminatului normal de lucru, comanda se face din exteriorul încăperilor, galeriilor sau puțurilor de cabluri, de regulă, de lângă intrările în aceste încăperi;

b) în cazul iluminatului de siguranță, comanda se realizează automat la căderea iluminatului normal de lucru.

VIII.3. Reguli privind ventilarea gospodăriilor de cabluri

VIII. 3.1. Ventilarea tehnologică

Art.75. Proiectarea instalațiilor de ventilare tehnologice se face conform Normativului pentru proiectarea și executarea instalațiilor de ventilare - I 5.

În cazul în care se adoptă soluția de ventilare tehnologică prin lăsarea deschisă a ușilor dintre diverse compartimente de cabluri, este necesar ca în situația de incendiu să se comande automat închiderea lor (de exemplu, prin semnale primite de la detectoarele de incendiu montate în zona respectivă sau prin declanșarea unor legături fuzibile).

În încăperile și galeriile de cabluri trebuie asigurată o ventilare corespunzătoare a cablurilor, astfel încât să nu se depășească, în regim de durată, temperatura maximă de lucru a conductoarelor indicată în Anexa 1, pe tipuri de cabluri.

Valoarea maximă a temperaturii ambiante se stabilește pe bază de calcul tehnico-economic, ținând seama pe de o parte de costul majorării secțiunii conductoarelor cablului la depășirea temperaturii ambiante de calcul de +30 °C, iar pe de altă parte de costul instalației de ventilare.

Valoarea maximă a temperaturii ambiante nu va fi, de regulă, mai mare de +40°C.

VIII. 3.2. Ventilarea de avarie

Art.76. În construcțiile speciale închise pentru cabluri și anume: tuneluri, subsoluri sau poduri de cabluri blindate (fără ferestre) care au o arie mai mare de 700 m² și subsoluri sau poduri de cabluri (cu ferestre) cu arii libere mai mari de 10400 m², se prevăd dispozitive de evacuare directă în exterior a turnului și gazelor fierbinți rezultate în caz de incendiu. Dispozitivele trebuie să aibă suprafața liberă însumată de cel puțin 0,2% din aria spațiului sau compartimentul respectiv.

În cazurile în care rezultă ca fiind necesar atât sistemul de ventilare tehnologică, cât și cel de avarie, acestea pot fi realizate într-un singur sistem de ventilație care să asigure condițiile de dimensionare prevăzute la Art. 75 și 76.

Ventilarea se asigură, de regulă, pe cale naturală în cazul în care, datorită amplasamentului încăperilor pentru cabluri sau al traseelor de introducere sau evacuare, se va prevedea montarea unei instalații de ventilare mecanică, realizată corespunzător temperaturii gazelor ce trebuie evacuate în caz de incendiu (ventilatoarele vor fi amplasate în afara încăperilor deservite).

În situația în care sistemul de ventilare este comun pentru mai multe încăperi legate tehnologic între ele, se vor lua măsuri care să împiedice propagarea focului sau fumului dintr-o încăpere în alta. Comanda ventilării mecanice trebuie să se facă din afara încăperii de cabluri, prin butoane amplasate în apropierea intrărilor în încăpere și în camera de comandă.

Cablurile pentru alimentarea ventilatoarelor de avarie se pozează astfel, încât să nu fie afectate de un eventual incendiu în încăperile pe care le deservesc.

IX. DOTAREA GOSPODĂRIILOR DE CABLURI CU MIJLOACE ȘI INSTALAȚII DE PREVENIRE ȘI STINGERE A INCENDIILOR

IX.1. Criterii de dotare a gospodăriilor de cabluri cu mijloace și instalații de prevenire și stingere a incendiilor

Art.77. Prevederea mijloacelor și instalațiilor de prevenire și stingere a incendiilor în gospodăriile de cabluri se face diferențiat, respectând prevederile din normele generale de protecție împotriva

incendiilor și din normele de dotare având în vedere importanța obiectivelor, deservite și concentrarea de cabluri în încăperile respective, ținând seama de prevederile din acest capitol.

Art.78. La încăperile normale pentru cabluri se prevăd, conform normelor departamentale de dotare împotriva incendiilor, următoarele mijloace și instalații de prevenire și stingerea incendiilor:

- a) mijloace de primă intervenție pentru stingerea începuturilor de incendiu;
- b) hidranți de incendiu, la obiectivele prevăzute cu instalații de apă de incendiu, amplasați în afara încăperilor de cabluri; țevile de refulare ale hidranților utilizați pentru stingerea incendiilor în gospodăriile de cabluri vor fi echipate cu utilaje de pulverizare;
- c) butoane de semnalizare manuală a incendiilor la obiectivele prevăzute ai instalații de semnalizare a incendiilor.

Art.79. La încăperile închise de cabluri (Art. 7) din cadrul gospodăriilor importante se prevăd, în plus față de mijloacele și instalațiile menționate la Art. 78 și următoarele:

- a) instalații de semnalizare automată a incendiilor: în cazul încăperilor de cabluri cu suprafețe mai mari de 2000 m², se prevăd legături de comunicație directe, prin telefon sau radio, de lângă aceste încăperi la încăperea unde se află centrala de semnalizarea a incendiilor.
- b) instalații speciale de stingere pe fluxurile de cabluri; se aplică la fluxurile de cabluri care au materiale combustibile mai mult de 3,5 litri/m.

În încăperile cu cabluri cu o suprafață mai mare de 2000 m² trebuie să se asigure și posibilitatea stingerii incendiilor cu mașini de intervenție.

Art.80. În cazuri justificate, în podurile de cabluri de sub camerele de comandă din gospodăriile importante de cabluri se pot prevedea numai mijloace inițiale de stingere (stingătoare) și stingere cu apă de la hidranți (fără instalații speciale de stingere a incendiilor) atunci când sunt îndeplinite următoarele condiții:

- a) nu se periclitizează viața oamenilor datorită întreruperilor alimentării cu energie electrică;
- b) este asigurată deservirea locală pentru continuarea sau reluarea lucrului ori oprirea în condiții de siguranță a utilajelor.

În cazul în care în podul de cabluri sunt structuri metalice de rezistență (stâlpi, grinzi) neprotejate la foc, trebuie să se prevadă o instalație fixă de stingere cu apă pulverizată, astfel încât să se evite afectarea structurilor metalice respective (temperatura maximă 300°C).

Art.81. În încăperile tehnologice, în canalele de cabluri și la pozarea aeriană în exteriorul construcției, stabilirea mijloacelor și instalațiilor pentru prevenirea și stingerea incendiilor la cablurile electrice se face ținând seama și de cele stabilite pentru restul de instalații din spațiile respective.

Nivelurile deschise și estacadele pentru cabluri se dotează cu mijloacele și instalațiile de prevenire și stingere a incendiilor menționate la Art. 78, lit. a și lit. b.

Art.82. Gospodăriile de cabluri în funcțiune, la care din cauze tehnice nu este posibilă aplicarea întocmai a prevederilor din prezentul normativ, referitoare la prevenirea și stingerea incendiilor, pot continua să funcționeze sau pot fi puse în funcțiune numai cu luarea următoarelor măsuri:

- a) aplicarea în construcțiile de cabluri de separări transversale pe fluxurile de cabluri sub limita prevăzută la Art. 66, lit. h;
- b) protejarea cablurilor împotriva propagării flăcării, conform Art. 35, lit. a și 66, lit. h;
- c) dotarea gospodăriilor de cabluri în funcțiune cu mijloacele de prevenire și de stingere a incendiilor, prevăzute în Normele de prevenire și stingere a incendiilor - PE 009.

IX.2. Instalații de semnalizare

Art.83. Instalațiile de semnalizare automată a incendiilor se realizează cu detectoare de fum sau de temperatură; detectoarele de temperatură se prevăd numai în cazul în care nu sunt condiții de funcționare normală pentru detectoarele de fum.

Art.84. Centrala de semnalizare se amplasează, după caz, la formația civilă de pompieri sau într-o încăpere unde există în permanență personal de tură care are în atribuții și deservirea gospodăriei de cabluri, ca de exemplu: în camera de comanda, de dispecer etc.

Art.85. Între încăperea în care se amplasează centrala de semnalizare și formația civilă de pompieri se asigură alarmarea automată și se realizează legături de comunicație directe prin telefon, radio sau alte mijloace.

IX.3. Instalații speciale de stingere a incendiilor

Art.86. În gospodăriile de cabluri se realizează următoarele tipuri de instalații speciale de stingere a incendiilor :

- a) instalații fixe de stingere cu apă pulverizată;
- b) instalații de stingere cu spumă cu coeficient mare de înfoiere (de peste 400:1); în cazul unor fluxuri mici de cabluri așezate concentrat pe pardoseală sau pe perete, se pot utiliza și spume cu coeficient mediu de înfoiere;
- c) instalații de stingere cu bioxid de carbon, în spații cu volum limitat; folosirea altor soluții de prevenire și stingere a incendiilor în gospodăriile de cabluri poate fi adoptată, de la caz la caz, numai cu aprobarea forului tutelar al unității beneficiare și numai în cazurile în care acele soluții prezintă o eficiență tehnico-economică și condiții de siguranță corespunzătoare față de cele prevăzute în prezentul normativ.

Art.87. Punerea în funcțiune a instalațiilor de stingere se face, de regulă, manual (local și/sau de la distanță), numai după verificarea corectei semnalizări a începutului de incendiu și stabilirea cât mai exactă a zonei unde s-a produs incendiul.

Instalațiile de stingere sunt astfel concepute, încât să se asigure punerea în funcțiune a acestora de către personalul de deservire într-un timp care, de regulă, să nu depășească 5 minute din momentul semnalizării începutului de incendiu și până la începerea operației de stingere.

Art.88. Punerea în funcțiune a instalațiilor se face din afara încăperilor afectate, și anume din locuri care prezintă siguranță pentru personalul de deservire sau din încăperi special amenajate în acest scop. Pentru instalațiile de stingere cu spumă se asigură posibilități de racordare la instalația de alimentare cu apă și cu energie electrică în cazul generatoarelor cu acționare electrică.

Cablurile de alimentare a generatoarelor se pozează pe trasee separate de încăperea sau încăperile de cabluri protejate.

Cablurile de alimentare a pompelor care deservește instalațiile fixe de stingere cu apă pulverizată se pozează cu respectarea prevederilor din Normativul privind proiectarea și executarea instalațiilor electrice la consumatori cu tensiuni până la 1000V - I 7.

Art.89. Stabilirea numărului de generatoare cu spumă și dimensionarea instalației de alimentare cu apă se face astfel, încât să se asigure umplerea cu spumă a întregului compartiment de cabluri într-un timp care, de regulă, nu va depăși 5 minute, în cazuri justificate, și anume în subsoluri sau poduri mari de cabluri, se admite ca acest timp să fie de cel mult 10 minute.

Art.90. În construcțiile în care există prevăzute instalații de aer comprimat, se recomandă ca încercările profilactice ale instalațiilor fixe de stingere cu apă pulverizată să se facă cu aer comprimat în acele încăperi pentru cabluri care conțin și echipamente electrice de tipul admis la Art. 57. lit. a sau sunt situate deasupra unor încăperi cu echipament electric.

Art.91. Mijloace de primă intervenție și hidranți de incendiu. Dotarea gospodăriei de cabluri cu mijloace de primă intervenție și hidranți se face în conformitate cu Normele de prevenire și stingere a incendiilor - PE 009.

X. ACCESORII PENTRU CABLURI. MARCAREA ȘI ÎNCERCAREA CABLURILOR

X.1. Terminale și manșoane

Art.92. Terminalele și manșoanele trebuie să asigure protecția cablurilor împotriva pătrunderii umezelii și a altor substanțe cu acțiune nocivă din mediul înconjurător.

Art.93. Terminale și manșoanele de legătură și de derivație ale cablurilor trebuie să reziste la tensiunile de încercare prescrise pentru cabluri.

Art.94. Manșoanele de legătură ale cablurilor trebuie să asigure:

- a) continuitatea perfectă a conductoarelor din cablu;
- b) continuitatea circulației de ulei la cablurile cu ulei sub presiune;
- c) continuitatea electrică a mantalei metalice și a mantalei de plumb și a conductoarelor (din aluminiu sau cupru);
- d) continuitatea electrică a benzilor metalice de armare și a ecranelor metalice;
- e) nivelul de izolație;
- f) protecție mecanică similară cu cea a cablului.

În cazul îmbinărilor cablurilor cu izolație din hârtie impregnată, cu cabluri cu izolație uscată, trebuie să se ia măsuri pentru împiedicarea pătrunderii masei izolante în cablul cu izolație uscată.

Se recomandă ca numărul de manșoane de legătura pe 1 km de linie nou construită, pentru cabluri cu o tensiune de 1-30 kV, să fie de maximum 4 bucăți; un număr mai mare de manșoane (până la 6 bucăți) se admite numai pe baza unei aprobări de la societatea care exploatează linia în cablu.

Art.95. Înnădirea cablurilor de comandă și control se permite numai în următoarele cazuri:

- a) când lungimea traseului este mai mare decât lungimea de fabricație a cablului respectiv;
- b) pentru înlăturarea deranjamentelor cablurilor în funcțiune.

Art.96. Cablurile electrice pozate în pământ, situate în apropierea manșoanelor, trebuie protejate față de acestea prin amplasarea lor la o distanță minimă de 25 cm; când este necesară micșorarea acestei distanțe, cablurile cele mai apropiate de manșoane trebuie protejate cu cărămizi, plăci din beton etc.

Nu se realizează, de regulă, manșoane în subsoluri, poduri de cabluri, încăperi tehnologice, depozite și alte spații cu pericol de incendiu; cablurile de energie care necesită joncționare se manșonează în exteriorul acestor spații sau se protejează pe porțiunea de joncționare cu elemente rezistente mecanic și la foc (minimum 30 minute).

X.2. Marcarea cablurilor

Art.97. Cablurile pozate în încăperi, canale, galerii, poduri și puțuri de cabluri se marchează cu etichete de identificare la capete, la trecerile dintr-o construcție de cabluri în alta, la încrucișări cu alte cabluri etc. Cablurile pozate în pământ se marchează și pe traseu, din zece în zece metri.

Art.98. Cablurile pozate în jgheaburi: se marchează numai la capete.

Art.99. Etichetele pentru cabluri se confecționează din plumb, material plastic, cupru sau aluminiu (materialul se alege în funcție de mediul de pozare) și trebuie să aibă înscris pe ele:

- tensiunea (kV);
- marca de identificare a cablului din jurnalul de cabluri;
- anul de pozare.

Art.100. Toate manșoanele de legătură sau de derivație, precum și terminalele trebuie să fie prevăzute, de asemenea, cu etichete de identificare.

Art.101. Traseele subterane de cabluri se marchează prin borne de marcare la suprafață sau prin plăci de marcare pe clădiri, atunci când în desenele de execuție, traseele de cabluri nu pot fi indicate pe plan prin cote față de construcții fixe.

Distanța dintre bornele de marcare pe traseele rectilinii în afara zonelor locuite din localități este de 100 m.

Se marchează prin borne schimbările de direcție, traversările de șosele și intersecțiile cu alte canalizări subterane (cabluri, conducte de fluide etc.).

Bornele se fixează lateral de cablu, la 0, 8m de axul lui, cu placa de inscripție orientată spre cablu.

Art.102. Marcarea și repararea rețelelor de cabluri în localități se face în conformitate cu prevederile STAS 9570/1.

Art.103. Marcarea cablurilor la traversările căilor de navigație fluviale: cablurile trebuie să fie reperate la ambele maluri prin plăci indicatoare vizibile pentru navigatori.

La traversarea unei căi ferate, reperarea cablurilor se face prin plăci indicatoare, pe ambele părți ale acesteia.

X.3. Încercarea cablurilor

Art.104. Încercările cablurilor la recepție sau în etape intermediare, înainte de montaj, se fac conform indicațiilor furnizorului de cabluri (standarde, norme interne, caiete de sarcini etc.); încercările după montaj și în timpul exploatarei se fac conform prevederilor din Normativul de încercări și măsurători la echipamente și instalații electrice - PE 116.

XI. MĂSURI PRIVIND PROTECȚIA MEDIULUI

Art. 105. La proiectarea, construcția, rețehnologizarea și mentenanța liniilor electrice în cablu se iau măsuri pentru reducerea impactului negativ al liniilor asupra mediului.

Art. 106. Măsurile privind protecția mediului au în vedere următoarele:

- a) impactul asupra așezărilor umane;
- b) ocuparea terenului (trasee, accesorii);
- c) impactul asupra rezervațiilor naturale și culturale;
- d) fragmentarea habitatelor faunei sălbatice;
- e) afectarea peisajului (impactul vizual, acolo unde este cazul);
- f) câmpul electromagnetic;
- g) subtraversarea apelor;
- h) impactul chimic (vopsele, solvenți, ulei etc.);
- i) depozitarea deșeurilor;
- j) monitorizarea impacturilor asupra mediului pe durata exploatării.

Art. 107. Documentația pentru realizarea LEC trebuie să cuprindă toate datele și informațiile necesare, inclusiv planul de management și monitoring care va include acțiuni de reducere a impactului, sub aspectele:

- a) electromagnetic;
- b) fizic;
- c) chimic;
- d) mecanic;
- e) sonor;
- f) vizual;
- g) psihic;
- h) socio-economic etc.

asupra factorilor de mediu atât pe perioada eliberării traseului, construcției, exploatării/mentenanței precum și la dezafectarea acestora, în vederea obținerii acordului de mediu. În documentație se vor trata, la solicitarea beneficiarului, și cerințele cuprinse în procedurile proprii ale acestuia.

**Valori recomandate pentru sarcina admisibilă a cablurilor cu tensiuni nominale U_0/U
până la 18/30kV**

(Conform **DIN 57298 Teil 2/VDE 0298 Teil 2/11.79**) [1]

Alegerea secțiunii conductoarelor cablurilor în funcție de curentul maxim de durată se face în conformitate cu prescripțiile fabricantului care va furniza cablurile. La cablurile cu tensiuni nominale U_0/U până la 18/30kV, în situațiile în care nu se dispune de prescripțiile furnizorului de cabluri, se pot utiliza prevederile din prezenta anexă, elaborată pe baza standardului german **DIN 57 298 Teil 2/VDE 0298 Teil 2/11.79**. Acest standard a fost întocmit pe baza publicației **CEI 60287- 1** (standard pe părți) „Cabluri electrice. Calculul intensității admisibile a curentului. Partea 1: Ecuațiile intensității admisibile a curentului (factor de încărcare 100%) și calculul pierderilor” ediția 1999.

A.1.1. Domeniul de valabilitate

Aceste norme caracterizate ca prescripții **VDE** sunt valabile pentru curenții admisibili la cabluri cu tensiuni nominale U_0/U până la 18/30kV în instalații energetice, conform **VDE 0255, DIN 57 265 / VDE 0265; VDE 0271; DIN 57 272 / VDE 0272 și DIN 57 273 / VDE 0273**.

Indicațiile sunt valabile pentru o funcționare neperturbată, în regimurile și condițiile de pozare specificate în tabelele A.1.2. și A.1.1, ca și pentru cazul de scurtcircuit.

A.1.2. Noțiuni

A.1.2.1. Sarcină admisibilă este denumirea prescurtată pentru curentul de sarcină admisibil. Prin sarcină admisibilă se indică curentul maxim admisibil pentru anumite condiții.

A.1.2.2. Sarcină este denumirea prescurtată pentru curentul de sarcină. Prin sarcină se indică curentul care circulă prin cablu în anumite condiții date de regimul de funcționare sau în caz de defect

A.1.2.3. Temperatură de funcționare admisă este temperatura maximă admisă a conductorului la funcționare neperturbată. Ea se utilizează la calculul sarcinii admisibile în funcționare neperturbată.

A.1.2.4. Temperatură admisă la scurtcircuit este temperatura maximă admisă a conductorului la scurtcircuit, cu o durată a scurtcircuitului de până la 5 s inclusiv. Ea se utilizează la calculul sarcinii în caz de scurtcircuit.

A.1.2.5. Curba de sarcină zilnică reprezintă variația sarcinii în decursul a 24 ore la o funcționare neperturbată.

A.1.2.6. Curba de sarcină de referință reprezintă selecționata variației medii, aproximând curba de sarcină zilnică repetată.

A.1.2.7. Sarcina medie reprezintă valoarea medie a curbei de sarcină zilnică.

A 1.2.8. Sarcina maximă reprezintă cea mai mare sarcină a curbei de sarcină zilnică. Dacă sarcina se modifică în intervale de timp care sunt mai mici ca 15 minute, atunci se consideră drept sarcină maximă valoarea medie a vârfului de sarcină peste 15 minute.

A. 1.2.9. Gradul de încărcare este raportul dintre sarcina medie și sarcina maximă.

A.1.3. Generalități

A.1.3.1. În aceste norme, caracterizate ca prescripții **VDE**, se dau reguli pentru alegerea secțiunii conductoarelor în funcție de sarcina în funcționare neperturbată (vezi pct. A.1.4) și în caz de scurtcircuit (vezi pct. A.1.5).

A.1.3.2. În aceste norme caracterizate ca prescripții **VDE**, valorile și regulile enumerate pentru sarcina admisibilă se referă la conductorul exterior; (definiția conductoarelor exterioare, conform **DIN/VDE 0100 Teil 200** pct. A.3.1, este: *conductoare exterioare sunt conductoarele care leagă sursele de curent de consumatori, dar care nu pleacă din punctul median sau neutru*).

A.1.3.3. Secțiunea conductorului se alege astfel, încât sarcina dată să nu depășească sarcina admisibilă. Pentru aceasta, decisive sunt de fiecare dată condițiile de funcționare nefavorabilă întâlnite în decursul duratei de funcționare și în lungul traseului.

A.1.3.4. Alegerea secțiunii conductoarelor corespunzător pct. A.1.3.3. se face pentru încărcarea în funcționare neperturbată și în caz de scurtcircuit. Cu acest prilej, se alege cea mai mare dintre ambele secțiuni găsite.

A.1.4. Sarcina admisibilă în funcționare neperturbată

A.1.4.1. Generalități, mărimi de influență

Pentru sarcina dată (vezi pct. A.1.2.2), secțiunea conductorului se alege astfel încât conductorul să nu se încălzească în nici un loc și în nici un moment peste temperatura de funcționare admisă. Sarcina admisibilă a unui cablu cu o anumită secțiune depinde de construcția sa, de proprietățile materialelor și de condițiile de funcționare. Trebuie să se țină seama de o încălzire suplimentară la o aglomerare cu alte cabluri, prin canale de termoficare, prin radiație solară etc.

A.1.4.2. Construcția cablurilor și proprietățile materialelor

Caracteristicile care depind de structura cablului și de proprietățile materialelor sunt, practic, constante. Ele au stat la baza calculului valorilor incluse în tabele pentru sarcina admisibilă.

A.1.4.2.1. *Temperatura admisă de funcționare a conductorului* și, suplimentar, la cablurile după **VDE 0255**, creșterea admisă de temperatură a conductorului, se raportează la temperatura de 20 °C a solului și temperatura de 30 °C a aerului (vezi tabelul A.1.1).

A.1.4.2.2. *Rezistența termică internă* (rezistența termică specifică, vezi tabelul A.1.1.)

A.1.4.2.3. Rezistența activă a cablului ca măsură pentru pierderile termice ale curentului în conductor și în mantaua metalică

Cablurile monofazate au fost considerate că au mantalele sau ecranele legale permanent în scurtcircuit la ambele capete, în măsura în care există așa ceva. Sarcina admisibilă a acestor cabluri, în special la secțiuni mari, poate fi crescută, dacă prin măsuri potrivite, de exemplu legând (unind) la pământ mantalele sau ecranele la un singur capăt, pierderile în acestea se reduc. Tensiunile de inducție apărute cu

acest prilej, mai ales în caz de scurtcircuit, necesită totuși măsuri adecvate după **DIN 57141 / VDE 141**. În curent alternativ este valabilă o frecvență de 50Hz.

A.1.4.2.4. Pierderile dielectrice în izolație au fost luate în considerare numai la cablurile cu PVC cu o tensiune $U_0/U = 6/10$ kV cu $\varepsilon \cdot \tan \delta = 0,8$, iar la toate celelalte cabluri au fost neglijate, deoarece au mărimi foarte mici.

A.1.4.3. Condiții de funcționare

La calculul valorilor din tabelele pentru sarcina admisibilă au fost alese condițiile normale corespunzătoare pentru:

- regimul de funcționare;
- condițiile de pozare;
- condițiile de mediu, corespunzătoare condițiilor climatice din România (similare cu cele din Germania).

Acestea sunt prezentate drept „condiții normale” în tabelele A.1.2. și A.1.3, coloana 1. Pentru abaterea de la aceste condiții de funcționare se dau indicații în coloana a 2-a.

A.1.4.3.1. Condiții de funcționare la pozarea în pământ

La pozarea în pământ, în cazul abaterii de la condițiile normale de funcționare, se va ține totdeauna seama de ambii factori de corecție, f_1 și f_2 ; în acest caz, ambii factori de corecție depind de rezistența termică și de gradul de încărcare.

A.1.4.3.1.1. Regimul de funcționare

Valorile cuprinse în tabele se bazează pe regimul de funcționare normal în rețelele operatorilor de rețele electrice. Acesta se caracterizează printr-o curbă de sarcină zilnică cu o sarcină maximă și un grad de încărcare pronunțat (vezi fig. A.1.1). Valorile din tabele pentru sarcina admisibilă a cablurilor pozate în pământ sunt valabile pentru sarcina maximă și un grad de încărcare de **0,7**. Factorii de corecție pentru gradele de încărcare de **0,5**; **0,6**; **0,85** și **1,0** („sarcină de durată”) se iau din tabelele A.1.14. până la A.1.20. Valorile intermediare se pot interpola.

Sarcina maximă și gradul de încărcare a sarcinii date se determină din curba de sarcină zilnică sau din curba de sarcină de referință. Pentru evaluarea practică a curbei de sarcină zilnică se recomandă ca sarcina în procente din sarcina maximă să fie trasată pe hârtie milimetrică (vezi figura A.1.1).

Gradul de încărcare este dat de raportul dintre suprafața de sub curba de sarcină și suprafața totală a dreptunghiului. Suprafața de sub curba de sarcină se poate afla aproximativ prin numărarea pătratelor.

Suprafața astfel aflată se înscrie în diagramă. Ea permite citirea directă a raportului dintre sarcina medie și sarcina maximă și prin aceasta gradul de încărcare, dacă scara se alege astfel încât sarcina de 100% să corespundă la un grad de încărcare de 1,0.

Dacă înregistrarea curbei de sarcină are loc la intervale mai mici de 15 minute, atunci sarcina maximă este valoarea medie a vârfurilor de sarcină de peste 15 minute. Cu ajutorul sarcinii maxime aflate

astfel se determină gradul de încărcare.

Pentru gradul de încărcare determinat astfel nu este permisă depășirea sarcinii maxime date pentru o secțiune de conductor, corespunzătoare unei sarcini admisibile luată din tabelele pentru pozarea în pământ, multiplicată cu toți factorii de corecție aferenți.

A.1.4.3.1.2. Condițiile de pozare

A.1.4.3.1.2.1. În calcul s-a ales ca adâncime de pozare distanța de 0,7 m de la axa cablului - (la pozarea în fascicul de la axa fasciculului) - la suprafața solului. Cu creșterea adâncimii de pozare scade sarcina admisibilă. În domeniul uzual de pozare de la circa 0,7 m până la 1,2 m adâncime era necesară numai o reducere neînsemnată a sarcinii admisibile, care de altfel se compensează prin reducerea temperaturii mediului și rezistențele termice specifice mai favorabile ale solurilor la adâncimi de pozare mai mari.

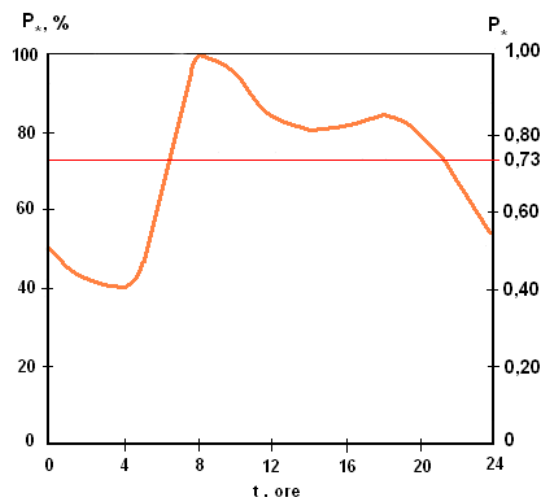


Fig. A.1.1. Curba de sarcină zilnică și determinarea gradului de încărcare (exemplu).

- Raportul dintre sarcini și sarcina maximă
- Raportul dintre sarcina medie și sarcina maximă

Pe această bază, la modificarea adâncimii de pozare în acest domeniu de pozare se poate face abstracție de o reducere a sarcinii admisibile.

A.1.4.3.1.2.2. Valorile pentru sarcina admisibilă sunt valabile pentru dispuneri conforme cu tabelul A.1.2. și anume, pentru 1 cablu multiconductor sau cablu cu un conductor în curent continuu pozat singur, ca și pentru 3 cabluri cu un conductor în curent trifazat.

La un număr mai mare de cabluri se utilizează factorii de corecție din tabelele A.1.14. până la A.1.20. Acești factori de corecție sunt valabili pentru cabluri de același tip constructiv, amplasate în plan unul lângă altul, care vor funcționa simultan cu aceeași sarcină maximă și cu același grad de încărcare.¹

Sarcina admisibilă la cablurile din PVC cu conductoare multiple se determină prin multiplicarea sarcinii admisibile pentru cablurile cu trei conductoare după tabelul A.1.4, coloana 10, cu factorii de corecție din tabelul A.1.24, coloana a 2-a.

A.1.4.3.1.2.3. Felul în care este realizat patul de pozare și modul de acoperire a cablurilor, după indicațiile din tabelul A.1.2, nu are nici o influență asupra reducerii sarcinii admisibile. Dacă se utilizează plăci de acoperire cu o curbura pronunțată, astfel încât nu se elimină incluziunile de aer, se recomandă utilizarea unui factor de reducere de 0,9.

A.1.4.3.1.2.4. La pozarea cablurilor în țevi se va ține seama, în special, de influența izolației termice a stratului de aer dintre cablu și peretele interior al țevii [4].

La pozarea în sisteme de țevi se recomandă o reducere a sarcinii admisibile cu factorul 0,85, în cazul în care un calcul precis apare prea complicat.

A.1.4.3.1.3. Condiții de mediu

A.1.4.3.1.3.1. Ca temperatură a solului este valabilă temperatura la adâncimea de amplasare, cu cablurile neîncărcate în domeniul de pozare de la 0,7 m până la 1,2 m adâncime, temperatura se modifică în România² în decursul anului între circa 20 °C, în lunile ce mai călduroase, și circa 5 °C, în lunile cele mai reci. Sub suprafețele consolidate (ex., străzi), care sunt expuse insolației puternice, îndeosebi la adâncimi mici de pozare, calculul se va face cu temperaturi mai ridicate, până la circa 25 °C.

A.1.4.3.1.3.2. Rezistența termică specifică a solului este determinată în principal, de greutatea volumetrică și conținutul de apă, corespunzător tipului de sol.

Având în vedere tipurile diferite ale solului și dependența conținutului de apă de climă (precipitații, temperatura solului), de înălțimea nivelului apei freatice, precum și de acoperirea și de vegetația suprafeței solului, trebuie să se țină cont de variațiile locale și temporare.

Sub acțiunea câmpului de temperatură al cablului, al cablurilor învecinate și al altor agenți termici, solul se poate usca. De aceea, la calculul valorilor din tabele s-au schematizat deosebirile dintre mediul cablului într-o zonă uscată și o zonă umedă.

Valoarea de 1,0 K · m/ W a fost aleasă ca valoare normală a rezistenței termice specifice a solului din zonele umede, lui este valabilă pentru sol nisipos cu umezeală normală, în climă temperată, cu temperaturi maxime ale solului până la circa 25°C.

¹ Acest mod de funcționare apare destul de rar în rețelele electrice de distribuție.

² Condiții similare și în Germania.

Valorile mici sunt posibile în anotimpurile reci la cantități de precipitații suficient de mari și pentru tipuri favorabile de sol. Valorile mari se aleg în zone cu temperaturi ridicate ale solului, cu perioade extinse de secetă sau lipsite aproape total de precipitații.

În tabelele A.1.14. și A.1.15. sunt indicați în detaliu factorii de corecție pentru rezistențele specifice ale solului din zonele umede, numai până la anumite temperaturi maxime ale solului. Pe de o parte, pentru temperaturi mai mari ale solului rezultă abateri mai mari, în funcție de secțiune, iar pe de altă parte, această delimitare apare ca fiind admisibilă, de regulă, datorită condițiilor climatice.

La pământ amestecat (de exemplu cu: moloz, zgură, cenușă, compuși organici etc.) calculul se face cu o rezistență termică specifică a solului foarte ridicată. Aici, dacă este cazul, sunt necesare măsurători sau schimbarea solului din vecinătatea cablului.

Pentru umpluturi cu pământ de tip normal, care totuși nu este sau este prost compactat și a cărui compactare în decursul timpului nu poate fi luată în considerare, se va alege din tabelele A.1.14. până la A.1.20. valoarea mai mare următoare a rezistenței termice specifice. La fel se va proceda când traseul cablului trece în zone cu rădăcini de arbuști sau copaci.

Ca rezistență termică specifică a solului în zone aride a fost aleasă valoarea de 2,5 K·m/W, luându-se în considerare utilizarea frecventă a nisipului ca material pentru pat. La soluri neobișnuite sau la pat din material stabil termic, în cazul unei bune compactări, se pot lua valori mai mici. Pentru cazuri singulare aceste valori și de aici curentul de sarcină admisibil rezultat se vor determina în mod special.

A.1.4.3.2. Condiții de funcționare la pozarea în aer

A.1.4.3.2.1. Regim de funcționare

Valorile din tabele pentru pozarea în aer au la bază funcționarea de durată. Din cauza timpilor de încălzire și răcire esențial mai mici decât la pozarea în pământ, nu rezultă la întreprinderile de alimentare cu energie electrică o sarcină admisibilă mai mare decât la funcționarea de durată.

A.1.4.3.2.2. Condiții de pozare

A.1.4.3.2.2.1. Disponerea cablurilor corespunde prezentării din tabelul A.1.3. Valoarea pentru sarcina admisibilă este valabilă pentru un cablu și pentru sisteme din 3 cabluri monofazate pozate în *aer liber*.

Prin pozare în aer liber se înțelege cedarea neîmpiedicată de căldură prin radiație și convecție, cu excluderea surselor străine de căldură, fără ca temperatura mediului să crească perceptibil între timp. Condițiile practice necesare pentru aceasta sunt date în tabelul A.1.3. Factorii de corecție pentru alte condiții de pozare și la aglomerare de cabluri se iau din tabelele A. 1.22 și A.1.23.

A.1.4.3.2.2.2. Sarcina admisibilă la cablul din PVC cu conductoare multiple se determină din sarcina admisibilă, pentru cablu cu trei conductoare după tabelul A.1.5, coloana 10, cu ajutorul factorilor de corecție după tabelul A.1.24.

A.1.4.3.2.2.3. Dacă temperatura aerului crește din cauza pierderii de căldură a cablului (canale de cabluri, poduri de cabluri etc.), atunci se utilizează factorii de corecție din tabelul A.1.21, pentru abateri ale temperaturii, împreună cu factorii de corecție pentru aglomerare, dacă este cazul.

A.1.4.3.2.2.4. Se va ține seama de radiațiile termice (de exemplu, acțiunea soarelui), situații în care se va asigura o circulație neperturbată a aerului.

A.1.4.3.2.3. Condiții de mediu

Valorile din tabelele pentru pozare în aer se bazează pe o temperatură a aerului de 30°C. Pentru alte temperaturi ale aerului se utilizează factorii de corecție din tabelul A.1.21.

A.1.5. Sarcina admisibili în caz de scurtcircuit

A.1.5.1. Stabilirea termică la scurtcircuit

Sunt valabile procedeul de calcul și noțiunile după **DIN 57103/VDE 0103³**, în măsura în care nu este altfel precizat.

A.1.5.1.1. Generalități, mărimi de influență

În caz de scurtcircuit, căldura generației de curentul de scurtcircuit este înmagazinată, în principal, în conductor.

Nu câte permisă în acest caz o încălzire a conductorului peste temperatura de scurtcircuit admisă. Curentul admisibil în caz de scurtcircuit este dependent de temperatura conductorului la începutul scurtcircuitului și de durata scurtcircuitului.

A.1.5.1.2. Temperatura conductorului la începutul scurtcircuitului θ_a

θ_a depinde de sarcina de dinaintea scurtcircuitului. În cazul în care nimic altceva nu este cunoscut, se ia în considerare temperatura de funcționare admisă, conform tabelelor A.1.1., A.1.25. sau A.1.26.

A.1.5.1.3. Temperatura de scurtcircuit admisă

Temperaturile de scurtcircuit admise conform tabelelor A.1.25. și A.1.26. sunt stabilite cu luarea în considerare a izolației sau a straturilor conductoare învecinate conductorului. În cazul îmbinării conductoarelor prin lipire cu aliaje ușor fuzibile, se recomandă ca temperatura de 160°C să nu fie depășită.

A.1.5.1.4. Curentul nominal de scurtă durată

Curentul nominal de scurta durată al cablului I_{thN} (valoarea nominală a sarcinii admisibile la scurtcircuit) definit pentru o durată nominală de 1 s, poate fi aflat cu ajutorul densității nominale de curent de scurtă durată din tabelele A.1.25. și A.1.26. prin multiplicarea cu secțiunea nominală a conductorului. Totuși, la efectuarea calculelor de corecție nu este permisă depășirea unei durate de maxim 5 s a scurtcircuitului.

A.1.5.1.5. Factorul η pentru încălzirea de scurtă durată

³⁾ PE 103 este prescripția echivalentă

Factorul pentru încălzirea de scurtă durată ține seama de cedarea de căldură a conductorului către izolație în timpul scurtcircuitului. Această cedare de căldură este determinată de caracteristica materialului și de suprafața de contact a conductorului și a izolației. În măsura în care nu sunt cunoscute valori determinate prin verificări, de exemplu, prin măsurare se ia $\eta = 1$.

A.1.5.1.6. Alegerea secțiunii conductorului

Secțiunea conductorului este suficient dimensionată din punct de vedere al stabilității termice dacă pentru o sarcină definită prin curentul termic efectiv de scurtă durată I_{th} în scurtă durată T_K , în s, este îndeplinită următoarea condiție:

$$I_{th} \leq I_{thN} \sqrt{\frac{1}{\eta \cdot T_K}}$$

I_{th} și T_K se determină conform **DIN 57103/VDE0103** (echivalent **PE 103**).

A.1.5.2. Stabilitatea dinamică la scurtcircuit

Pe lângă stabilitatea termică, se ține seama și de stabilitatea dinamică la scurtcircuit a cablului. Aici, de regulă, nu sunt necesare măsuri deosebite pentru cablurile tu conductoare multiple cu $U_o/U = 0,6/1$ kV la curenți de șoc de până la 63 kA (valoare de vârf).

Notă. Valoarea de 63 kA se referă la cablurile realizate conform standardelor germane.

Cablurile cu un singur conductor trebuie să fie bine fixate împotriva acțiunii valorii de vârf a curentului de scurtcircuit.







Tabelul A.1.1. Temperaturi de funcționare admise și rezistențe termice specifice.

Tipul constructiv al cablului	După prevederile VDE	Temperatura de funcționare maxim admisă, în °C	Creșterea de temperatură la pozarea în		Rezistența termică specifică a izolației
			pământ în °C	aer în °C	K · m/W
1	2	3	4	5	6
Cablu cu XLPE	DIN 57272/VDE 0272 DIN 57273/ VDE 0273	90	-	-	3,50
Cablu cu PE	DIN 57273/ VDE 0273	70	-	-	3,50
Cablu cu PVC	DIN 57265/ VDE 0265 VDE 0271	70	-	-	6,0 ⁴⁾
Cablu cu hârtie impregnată	VDE 0255				6,0
Cablu cu câmp neradial					
0,6/1 ÷ 3,6/6 kV		80	65	55	
6/10 kV		65	45	35	
Cablu cu câmp radial					
0,6/1 ÷ 3,6/6 kV		80	65	55	
6/10 kV		70	55	45	
12/20 kV		65	45	35	
18/30 kV		60	40	30	

⁴⁾ Este valabil, de asemenea, și pentru toate mantalele din PVC și învelișurile de protecție din iută cu masă vâscoasă.

Tabelul A.1.2. Pozare în pământ.





Condiții de funcționare și indicații pentru condiții de funcționare deosebite.

Condiții de funcționare normale	Condiții de funcționare deosebite
Regim de funcționare (vezi pct A.1.4.3.1.1) Gradul de încărcare de 0,7 și sarcina maximă corespunzătoare tabelelor pentru pozarea în pământ	tabelele A.1.14 - A.1.20
Condiții de pozare (vezi pct. A.1.4.3.1.2). Adâncimea de pozare 0,7 m	vezi pct. A.1.4.3.1.2.1.
Disponere	Factori de corecție pentru cablu cu conductoare multiple după tabelul A.1.24
1 cablu cu mai multe conductoare 	
1 cablu cu un conductor de curent continuu 	
3 cabluri cu un conductor în sistem trifazat așezate alăturat la intervale de 7cm 	Aglomerare de cabluri după tabelele A.1.14 - A.1.20
3 cabluri cu un conductor în sistem trifazat, unite în treflă ⁵⁾ 	
Pat din nisip sau săpătură de pământ și, dacă este cazul, acoperit cu cărămizi, plăci din ciment sau plăci subțiri din material plastic, plate sau ușor curbate:  	Factori de corecție la acoperire cu plăci cu incluziuni de aer - 0,9 (vezi pct. A.1.4.3.1.2.3); pozare în țevi - 0,85 (vezi pct. A.1.3.1.2.4)
Condiții de mediu (vezi pct. A.1.4.3.1.3)	
Temperatura solului la adâncimea de pozare: 20°C	
Rezistența termică specifică a solului în zone umede: 1 K · m/W	Tabelele A.1.14 la A.1.20
Rezistența termică specifică a solului în zone aride: 2,5 K · m/W	-
Îmbinarea și legarea la pământ, la ambele capete, a mantalei metalice sau a ecranului	Vezi pct. A.1.4.2.3

⁵⁾ Prin „grup în treflă” se înțelege o pozare într-un fascicul triunghiular, cablurile atingându-se reciproc

Tabelul A.1.3. Pozare în aer.

Condiții normale de funcționare și indicații pentru condiții de funcționare deosebite.

Condiții de funcționare normale	Condiții de funcționare deosebite
Regim de funcționare (vezi pct. A.1.4.3.2.1), Funcționarea de durată conform tabelelor pentru pozarea în aer	-
Condiții de pozare (vezi pct. A.1.4.3.2.2)	
<p>Disponere</p> <p>1 cablu cu mai multe conductoare </p> <p>1 cablu cu un conductor în curent continuu </p> <p>3 cabluri cu un conductor în sistem trifazat așezate unul lângă altul la intervale egale cu diametrul cablului</p> <p style="text-align: center;"></p> <p>3 cabluri cu un conductor în sistem trifazat, unite în treflă⁶⁾ </p>	Factori de corecție pentru cablu cu conductoare multiple după tabelul A.1.24
<p>Pozarea în aer liber</p> <p>Cedarea neîmpiedicată a căldurii se garantează prin:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Distanța de minimum 2 cm a cablului față de perete, pardoseală sau plafon <ul style="list-style-type: none"> - La cabluri așezate unu lângă altul <ul style="list-style-type: none"> • intervale de minimum 2 ori diametrul cablului - La cabluri amplasate unul deasupra altuia <ul style="list-style-type: none"> • distanța pe verticală între cabluri de minimum 2 ori diametrul cablului; • între straturile de cabluri de cel puțin 20 cm 	Tabelele A.1.22 la A.1.23
Luarea în considerare a creșterii temperaturii acruului din cauza pierderii de căldură a cablului sau încăperea suficient de mare și ventilată	Tabelul A.1.21
Protecție împotriva expunerii directe la radiația termică	Vezi pct. A.1.4.3.2.2.4
Condiții de mediu (vezi pct. A.1.4.3.2.3)	
Temperatura aerului: 30°C	Tabelul A.1.21
Conectarea și legarea la pământ, la ambele capete, a mantalei metalice sau a ecranului	Vezi pct A.1.4.2.3.

⁶ Prin „grup în treflă” se înțelege o pozare într-un fascicula triunghiular, cablurile atingându-se reciproc

Tabelul A.1.4. Sarcina admisibilă, pozarea în pământ, cablu cu $U_0/U = 0,6/1$ kV

Materialul izolant	Hârtie impregnată						PVC						XLPE					
	Plumb			Aluminiu									Plumb			-		
Prescripții VDE	VDE 0255						VDE 0271						DIN 57265/ VDE 0265			VDE 0272		
Temperatura de funcționare admisă	80°C						70°C						90°C					
Disponerea																		
Secțiunea nominală conductor cupru mm ²	Sarcina admisibilă, în A																	
<i>I</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1,5	-	-	-	-	-	-	40	32	26	-	-	31	27	48	30	32	39	
2,5	-	-	-	-	-	-	54	42	34	-	-	41	35	63	40	43	51	
4	-	-	-	-	-	-	70	54	44	-	-	54	46	82	52	55	66	
6	-	-	-	-	-	-	90	68	56	-	-	68	58	103	64	68	82	
10	-	-	-	-	-	-	122	90	73	-	-	92	78	137	86	90	109	
16	-	-	-	-	-	-	160	116	98	107	127	121	101	177	111	115	139	
25	133	147	172	135	146	169	206	-	128	137	163	153	131	229	143	149	179	
35	161	175	205	162	174	200	249	-	157	165	195	187	162	275	173	178	213	
50	191	207	241	192	206	234	296	-	185	195	230	222	192	327	205	211	251	
70	235	254	294	237	251	282	365	-	228	239	282	272	236	402	252	259	307	
95	281	303	350	284	299	331	438	-	275	287	336	328	283	482	303	310	366	
120	320	345	395	324	339	167	499	-	313	326	382	375	323	550	346	352	416	
150	361	387	441	364	379	402	561	-	353	366	428	419	362	618	390	396	465	
185	410	437	494	411	426	443	637	-	399	414	483	475	409	701	441	449	526	
240	474	507	567	475	481	488	743	-	464	481	561	550	474	819	511	521	610	
300	533	571	631	533	544	529	843	-	524	542	632	-	533	931	580	587	689	
400	602	654	711	603	610	571	986	-	600	624	730	-	603	1073	663	669	788	
500	-	731	781	-	665	603	1125	-	-	698	823	-	-	1223	-	748	889	
Secțiunea nominală conductor aluminiu mm ²	Sarcina admisibilă, în A																	
25	103	-	-	104	-	-	-	-	99	-	-	-	-	177	111	-	-	
35	124	135	158	125	135	155	192	-	118	127	151	-	-	212	132	137	164	
50	148	161	188	149	160	184	229	-	142	151	179	-	-	253	157	163	195	
70	182	197	299	184	195	222	282	-	176	186	218	-	-	311	195	201	238	
95	218	236	275	221	233	263	339	-	211	223	261	-	-	374	233	240	284	
120	249	268	309	252	265	294	388	-	242	254	297	-	-	427	266	274	323	
150	281	301	345	283	297	323	435	-	270	285	332	-	-	479	299	308	361	
185	320	341	389	322	33S	361	494	-	308	323	376	-	-	543	340	350	408	
240	372	398	449	373	388	406	578	-	363	378	437	-	-	637	401	408	476	
300	420	449	503	421	435	446	654	-	412	427	494	-	-	721	455	462	537	
400	481	520	573	483	496	491	765	-	475	496	572	-	-	832	526	531	616	
500	-	587	639	-	552	529	873	-	-	562	649	-	-	949	-	601	699	
Tabele factori de corecție	f_1	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	
f_2	19	16/17	18	19	16/17	18	19	20	19	16/17	18	20	19	19	19	16/17	18	

4) Încărcarea admisibilă în instalații de curent continuu

6) Cabluri trifazate

Pentru condiții normale de funcționare și indicații pentru condiții de funcționare deosebite vezi tabelul A.1.2

Tabelul A.1.5. Sarcina admisibilă, pozarea în aer, cablu cu $U_0/U = 0,6/1kV$.

Materialul izolant	Hârtie impregnată						PVC ⁵⁾						XLPE					
	Plumb			Aluminiu									Plumb			-		
Prescripții VDE	VDE0255						VDE 0271						DIN 57265/ VDE 0265			VDE 0272		
Temperatura de funcționare admisă	80°C						70°C						90°C					
Disponere																		
Secțiunea nominală conductor cupru mm ²	Sarcina admisibilă, în A																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1,5	-	-	-	-	-	-	-	26	20	18,5	20	25	20	18,5	32	24	25	32
2,5	-	-	-	-	-	-	-	35	27	25	27	34	27	25	43	32	34	42
4	-	-	-	-	-	-	-	46	37	34	37	45	37	34	57	42	44	56
6	-	-	-	-	-	-	-	58	48	43	48	57	48	43	72	53	57	71
10	-	-	-	-	-	-	-	79	66	60	66	78	66	60	99	73	77	96
16	-	-	-	-	-	-	-	105	89	80	89	103	89	80	131	96	102	128
25	114	138	167	114	136	163	140	118	106	118	137	118	106	177	130	139	173	
35	140	168	203	139	166	199	174	145	131	145	169	145	131	218	160	170	212	
50	169	203	246	168	200	239	212	176	159	176	206	176	159	266	195	208	258	
70	212	255	310	213	251	299	269	224	202	224	261	224	202	338	247	265	328	
95	259	312	378	262	306	361	331	271	344	271	321	271	244	416	305	326	404	
120	299	364	439	304	354	412	386	314	282	314	374	314	282	487	355	381	471	
150	343	415	500	350	403	463	442	361	334	361	428	361	324	559	407	438	541	
185	397	479	575	402	462	522	511	412	371	412	494	412	371	648	469	507	626	
240	467	570	678	474	545	594	612	484	436	484	590	484	434	779	551	606	749	
300	533	654	772	542	619	657	707	-	481	549	678	-	492	902	638	697	864	
400	611	783	912	628	726	734	359	-	560	657	817	-	563	1270	746	816	1018	
500	-	193	1023	-	809	786	1000	-	-	749	940	-	-	1246	-	933	1173	
Secțiunea nominală conductor aluminiu mm ²	Sarcina admisibilă, în A																	
25	89	-	-	88	-	-	128	91	83	-	-	-	-	137	100	-	-	
35	108	130	157	107	128	154	145	113	102	113	131	-	-	161	122	131	163	
50	131	157	191	130	155	186	176	138	124	138	160	-	-	206	147	161	200	
70	165	198	240	166	195	234	224	174	158	174	202	-	-	262	189	205	254	
95	201	243	294	203	236	284	271	210	190	210	249	-	-	323	232	253	313	
120	233	283	343	237	277	321	314	274	220	244	291	-	-	377	270	296	366	
150	267	325	390	272	316	370	361	281	252	211	333	-	-	433	301	341	420	
185	310	374	450	314	363	421	412	320	289	320	384	-	-	502	357	395	486	
240	366	447	535	372	432	489	484	378	339	378	460	-	-	605	435	475	585	
300	420	515	613	421	494	584	548	-	377	433	530	-	-	699	501	548	675	
400	488	623	733	503	589	627	666	-	444	523	642	-	-	830	592	647	798	
500	-	718	133	-	669	687	776	-	-	663	744	-	-	966	-	-	926	
Tabele pentru factori de corecție	1)	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
	2)	23	22	22	23	22	22	23	23	23	22	22	23	23	23	23	22	22

1) pentru temperatura aerului

2) pentru grupare

4) sarcina admisibilă în instalații de curent continuu

5) valori până la 240mm² armonizate după CENELEC

6) cablu în curent trifazat

Pentru condiții normale de funcționare și indicații pentru condiții de funcționare deosebite vezi tabelul A.1.3

Tabelul A.1.6. Sarcina admisibilă, pozarea în pământ, cablu cu $U_0/U = 3,6/6$ kV.

Material izolant	Hârtie impregnată								PVC	
Manta metalică	Plumb				Aluminiu				-	
Prescripția VDE	VDE 0255								VDE 0271	
Temperatura de funcționare admisă	80°C								70°C	
Disponerea										
Secțiunea nominală, conductor din cupru: mm	Sarcina admisibilă, în A									
25	133	140	147	170	134	146	167	126	140	159
35	161	167	175	202	162	174	197	151	167	190
50	190	191	207	239	192	206	231	117	198	223
70	234	243	254	291	237	252	279	230	242	272
95	211	291	304	347	284	300	326	275	289	323
120	321	332	343	392	323	339	364	313	328	364
150	362	374	387	437	363	379	400	352	366	396
185	409	422	431	492	410	425	437	397	413	443
240	474	490	501	563	474	418	487	460	478	505
300	332	530	371	629	532	344	522	511	536	560
400	601	631	633	709	600	607	564	587	605	610
500	-	705	732	780	-	666	603	-	-	-
Secțiunea nominală, conductor din aluminiu mm ²	Sarcina admisibilă, în A									
25	103	108	-	-	-	-	-	-	-	-
35	124	129	135	151	125	135	154	122	129	147
50	147	154	161	185	149	160	182	145	154	174
70	182	189	197	226	184	196	220	178	188	213
95	218	226	236	270	221	234	260	214	225	254
120	250	256	268	307	251	265	292	243	256	287
150	281	291	301	343	283	297	323	274	286	316
185	320	329	341	386	321	335	337	310	324	355
240	372	384	398	447	373	388	405	361	377	409
300	419	432	449	501	420	434	441	405	425	457
400	481	503	520	572	481	495	487	468	488	509
500	-	570	588	638	-	552	529	-	-	-
Tabele pentru factori de corecție	f_1	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	f_2	19	19	16/17	18	19	16/17	18	19	16/17

Pentru condiții de funcționare normale și indicații pentru condiții de funcționare deosebite vezi tabelul A.1.2.

Tabelul A.1.7. Sarcina admisibilă, pozarea în aer, cablu cu $U_0/U = 3,6/6$ kV

Material izolant	Hârtie impregnată						Hârtie impregnată			
Manta metalică	Plumb			Plumb			-			
Prescripția VDE	VDE 0255						VDE 0271			
Temperatura de funcționare admisă	80°C						70°C			
Dispunerea										
Secțiunea nominală, conductor din cupru: mm	Sarcina admisibilă, în A									
25	115	13	139	164	116	138	161	105	123	143
35	142	152	170	200	142	167	196	111	147	174
50	169	182	204	242	171	201	236	157	178	210
70	212	227	257	305	216	253	297	197	222	363
95	259	276	315	373	264	308	355	241	271	321
120	301	320	364	432	305	356	406	277	112	370
150	344	415	417	565	349	404	456	316	354	413
115	394	491	479	669	400	461	512	362	406	472
240	465	554	570	763	473	545	588	127	460	353
300	517	653	654	900	539	617	645	565	547	625
400	608	780	781	1016	622	723	722	-	643	711
500	-	-	392	-	-	808	783	-	-	-
Secțiunea nominală, conductor din aluminiu mm ²	Sarcina admisibilă, în A									
25	89	97	-	-	-	-	-	-	-	-
35	109	117	131	155	109	129	152	101	114	135
50	131	141	158	188	133	157	184	122	138	164
70	165	176	199	236	167	197	231	153	173	305
95	201	214	244	290	208	240	280	187	210	251
120	234	249	283	337	237	278	323	215	244	290
150	268	283	324	385	272	317	365	246	277	327
185	308	324	373	443	313	364	414	283	318	375
240	365	384	447	529	372	432	483	335	379	444
100	415	436	514	605	425	494	539	384	434	505
400	485	520	619	723	498	587	618	450	517	587
500	-	597	717	828	-	668	684	-	-	-
Tabele pentru de corecție factori	¹⁾	21	21	21	21	21	21	21	21	21
	²⁾	23	23	22	22	23	21	22	23	22

¹⁾ pentru temperatura aerului

²⁾ pentru aglomerare

Pentru condiții de funcționare normale și indicații pentru condiții de funcționare deosebite vezi tabelul A.1.3.

Tabelul A.1.8. Sarcina admisibilă, pozarea în pământ, cablu cu $U_0/U = 6/10$ kV

Material izolant	Hârtie impregnată						PVC			PE			XLPE				
Manta metalică	Plumb			Aluminiu			-			-			-				
Prescripția VDE	VDE 0255						VDE 0271			DIN 57273/ VDE 0273			DIN 57273/ VDE 0273				
Temper. de funcționare admisă	65°C	70°C			65°C	70°C	70°C			70°C			90°C				
Disponerea																	
Secțiunea nominală, conductor din cupru: mm ²	Sarcina admisibilă, în A																
25	117	132	133	142	162	121	141	159	133	138	155	-	146	166	-	157	179
35	143	158	159	169	194	149	168	189	160	164	185	166	174	197	178	187	212
50	171	188	189	200	229	178	198	221	189	193	217	195	205	231	210	220	249
70	212	231	233	245	279	220	242	266	230	236	264	238	251	281	256	269	303
95	257	278	281	293	332	266	288	312	275	281	313	286	299	333	307	321	358
120	293	315	321	333	376	304	326	347	312	318	353	325	339	375	349	364	404
150	332	354	360	373	419	341	364	379	350	354	384	364	377	408	392	405	441
185	377	399	407	422	470	358	409	416	394	399	429	412	425	455	443	457	493
240	437	460	471	489	539	444	469	464	455	460	490	477	490	519	513	528	563
300	493	516	530	549	599	498	519	497	512	515	543	-	549	575	-	593	626
400	561	582	608	630	674	561	580	536	584	579	590	-	614	618	-	665	676
500	-	-	678	703	744	-	632	568	-	-	-	-	682	678	-	719	743
Secțiunea nominală, conductor din aluminiu, mm ²	Sarcina admisibilă, în A																
25	91	102	103	-	-	94	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
35	110	122	123	130	150	115	130	147	123	127	143	151	135	153	162	144	164
50	132	146	147	155	178	138	154	174	146	150	169	185	159	181	199	171	194
70	165	180	181	190	217	171	188	211	179	183	207	222	195	220	238	209	236
95	200	216	218	227	259	207	225	249	213	219	246	252	232	261	271	249	281
120	229	246	250	259	294	237	256	279	243	248	278	283	264	296	304	283	318
150	259	276	280	290	329	266	286	308	272	277	306	321	294	325	345	316	350
185	295	313	318	329	370	302	322	342	307	312	343	373	333	365	401	358	393
240	343	362	370	384	428	350	373	387	356	363	395	-	387	420	-	416	453
300	389	408	417	433	479	395	417	421	402	408	441	-	435	468	-	469	507
400	449	466	485	501	546	451	474	464	646	465	490	-	493	514	-	532	559
500	-	-	548	566	610	-	526	501	-	-	-	-	555	572	-	599	622
Tabel pt factori corecție	f ₁	14	14	14	14	14	14	14	15	15	15	14	14	14	14	14	14
	f ₂	20	20	19	16/17	18	20	16/17	18	20	16/17	18	19	16/17	18	19	16/17

Pentru condițiile de funcționare normale și indicații pentru condiții de funcționare deosebite vezi tabelul A.1.2.

Tabelul A.1.9. Sarcina admisibilă, pozarea în aer, cablu cu $U_0/U = 6/10$ kV.












Material izolant	Hârtie impregnată								PVC			PE			XLPE					
Manta metalică	Plumb				Aluminiu															
Prescripție	VDE 0255								VDE 0271			DIN 57273/ VDE 0273			DIN 57273/ VDE 0273					
Temp de funcț admisă	65°C	70°C				65°C	70°C		70°C			70°C			90°C					
Disponerea																				
Secțiunea nominală, conductor din cupru: mm ²	Sarcina admisibilă, în A																			
25	120	112	114	126	147	99	124	145	114	120	140	-	133	158	-	195	191			
35	144	135	138	153	179	121	151	175	138	145	170	143	161	190	173	234	231			
50	181	161	165	184	216	146	181	211	165	174	205	170	192	228	206	292	345			
70	221	200	205	231	272	183	228	262	204	217	256	212	240	284	257	354	418			
95	254	245	251	282	332	223	277	316	247	264	311	258	291	344	313	407	481			
120	290	281	289	327	385	257	319	361	284	304	359	297	335	396	360	460	612			
150	332	320	328	373	438	294	362	403	322	343	401	338	378	440	410	527	716			
185	389	365	375	430	502	336	414	453	367	393	457	386	432	500	469	621	811			
240	442	425	440	510	593	395	487	520	430	464	536	455	509	585	553	709	901			
300	-	484	501	584	675	450	550	569	490	528	607	-	579	660	-	815	1006			
400	-	555	589	696	793	518	641	635	574	619	690	-	665	728	-	921	-			
500	-	-	665	791	893	-	714	682	-	-	-	-	750	810	-	-	-			
Secțiunea nominală, conductor din Aluminiu: mm ²	Sarcina admisibilă, în A																			
25	76	87	89	-	-	77	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
35	93	104	106	118	138	94	117	136	106	112	132	-	124	148	-	151	178			
50	112	125	128	143	168	113	141	164	128	135	159	132	149	178	160	181	215			
70	140	156	160	179	211	142	177	206	158	168	200	165	186	222	199	226	269			
95	172	190	195	219	258	173	216	250	192	205	243	200	226	269	242	275	327			
120	198	219	225	255	300	201	249	287	221	237	281	231	261	310	280	317	377			
150	225	249	256	291	342	229	284	324	250	268	316	262	295	348	318	359	424			
185	250	286	293	335	394	263	326	367	286	307	363	301	338	398	365	412	485			
240	305	334	345	400	469	311	386	428	336	365	429	356	401	469	431	489	573			
300	349	382	394	460	536	356	441	476	385	418	488	-	459	534	-	559	652			
400	407	444	470	553	639	416	522	545	456	496	568	-	533	603	-	-	741			
500	-	-	537	637	729	-	592	599	-	-	-	-	609	680	-	744	838			
Tabele pentru factorii de corecție	1)	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21			
2)	23	23	23	22	22	23	22	22	23	22	22	23	22	22	23	22	22			

1) pentru temperatura aerului

2) pentru aglomerare











Pentru condițiile de funcționare normale și indicații pentru condiții de funcționare deosebite vezi tabelul A.1.3.

Tabelul A.1.10. Sarcina admisibilă, pozare în pământ, cablu cu $U_0/U = 12/20$ k V.

Material izolant	Hârtie impregnată						PE	XLPE			
Manta metalică	Plumb			Aluminiu			-	-			
Prescripția VDE	VDE 0255						DIN57273/ VDE0273	DIN 57273/ VDE 0273			
Temperatura de funcționare admisă	65°C						70°C	90°C			
Disponerea											
Secțiunea nominală, conductor din cupru: mm ²	Sarcina admisibilă, în A										
25	123	126	139	153	138	149	-	-	-	-	-
35	148	151	166	184	165	179	176	198	189	213	213
50	175	180	196	219	194	212	208	233	223	250	250
70	210	222	240	269	237	256	254	283	273	304	304
95	264	268	287	321	282	300	302	335	325	361	361
120	298	304	327	363	319	334	343	378	368	407	407
150	336	343	366	404	355	364	381	412	410	445	445
185	380	388	414	454	399	400	430	460	463	498	498
240	440	453	479	519	456	445	496	525	534	569	569
300	496	511	539	578	505	478	556	583	601	633	633
400	559	591	618	650	563	520	623	628	674	686	686
500	-	661	689	713	615	556	692	689	750	756	756
Secțiunea nominală, conductor din aluminiu: mm ²	Sarcina admisibilă, în A										
25	95	97	-	-	-	-	-	-	-	-	-
35	114	117	128	142	127	139	-	-	-	-	-
50	136	140	152	170	151	166	161	181	173	195	195
70	171	173	186	210	185	203	197	221	211	237	237
95	205	208	223	250	221	240	235	263	252	282	282
120	233	237	254	284	250	270	267	297	287	320	320
150	262	267	285	317	280	297	298	327	320	353	353
185	298	304	323	358	315	329	337	369	362	396	396
240	346	355	377	414	365	373	391	423	421	451	451
300	391	403	425	463	407	406	440	473	474	511	511
400	448	471	491	529	462	450	499	521	538	566	566
500	-	534	555	588	513	489	562	579	606	630	630
Tabele pentru factorii de corecție	f ₁	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	f ₂	20	20	16/17	18	16/17	18	16/17	18	16/17	18

Pentru condițiile de funcționare normale și indicații pentru condiții de funcționare deosebite vezi tabelul A.1.2.

Tabelul A.1.11. Sarcina admisibilă, pozare în aer, cablu cu $U_0/U = 12/20kV$.

Material izolant	Hârtie impregnată						PE	XLPE		
	Plumb			Aluminiu						
Manta metalică										
Prescripția VDE	VDE 0255						DIN 57273/ VDE0273	DIN57273/ VDE 0273		
Temperatura de funcționare admisă	65°C						70°C	90°C		
Disponerea										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Secțiune nominală. conductor din cupru: mm ²	Sarcina admisibilă, în A									
25	106	109	119	136	119	134	-	-	-	-
35	128	132	145	165	143	162	164	193	199	233
50	153	158	175	199	172	194	197	230	238	279
70	192	196	218	249	215	240	244	287	296	347
95	232	238	266	304	261	289	295	347	358	420
120	264	272	308	351	300	329	340	398	412	483
150	299	309	350	398	339	366	383	444	466	540
185	340	352	401	456	387	411	438	504	532	614
240	397	414	476	536	453	470	515	589	627	718
300	449	471	543	608	510	515	586	665	715	813
400	513	552	645	714	592	577	671	734	819	904
500	-	623	733	799	661	627	757	817	927	1011
Secțiune nominală. conductor din aluminiu: mm ²	Sarcina admisibilă, în A									
25	82	85	-	-	-	-	-	-	-	-
35	99	102	112	128	111	126	-	-	-	-
50	119	123	136	155	134	152	152	179	184	217
70	180	153	170	194	167	189	189	223	229	270
95	180	185	207	237	204	229	230	271	278	328
120	206	212	239	274	235	262	265	312	320	378
150	233	241	273	312	266	295	299	351	363	425
185	266	275	313	358	305	334	342	400	415	485
240	312	325	374	425	360	388	406	471	493	573
300	355	371	427	484	410	432	463	535	563	652
400	411	440	512	575	483	495	536	604	652	740
500	-	503	589	654	546	547	612	683	746	838
Tabele pentru	¹⁾	21	21	21	21	21	21	21	21	21
factorii de corecție	²⁾	23	23	22	22	22	22	22	22	22

¹⁾ pentru temperatura aerului

²⁾ pentru aglomerare

Condiții normale de funcționare și indicații pentru condiții de funcționare deosebite sunt cuprinse în tabelul A.1.3.

Tabelul A.1.12. Sarcina admisibilă, pozare în pământ, cablu cu $U_0/U = 18/30kV$.

Material izolant	Hârtie impregnată						PE	XLPE			
Manta metalică	Plumb			Aluminiu			-				
Prescripția VDE	VDE 0255						DIN 57273/ VDE0273	DIN57273/ VDE 0273			
Temperatura de Funcționare admisă	60°C						70°C	90°C			
Disponerea											
Secțiune nominală, conductor din cupru: mm ²	Sarcina admisibilă, în A										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
35	138	142	156	168	155	164	-	-	-	-	
50	164	169	187	202	185	196	210	234	226	251	
70	207	209	232	250	229	240	257	284	276	306	
95	247	252	280	301	274	284	306	337	329	363	
120	281	287	319	343	312	319	347	381	373	410	
150	316	324	358	385	347	353	386	416	415	449	
185	356	367	404	435	388	386	435	465	468	503	
240	411	428	468	501	443	430	503	532	541	576	
300	462	483	526	557	490	463	564	590	608	641	
400	521	558	603	627	546	505	632	638	684	697	
500	-	623	672	686	594	541	703	702	762	768	
Secțiune nominală, conductor din aluminiu: mm ²	Sarcina admisibilă, în A										
35	107	110	121	130	120	128	-	-	-	-	
50	127	131	145	157	144	154	163	182	175	196	
70	161	163	180	195	178	191	199	222	214	238	
95	193	196	217	235	215	226	238	264	256	284	
120	219	224	249	268	245	256	270	299	290	322	
150	247	252	279	302	274	285	302	330	324	355	
185	279	287	316	343	308	319	341	371	366	400	
240	325	336	368	399	355	361	396	427	426	461	
300	366	380	415	448	396	394	446	477	479	516	
400	419	445	480	510	449	438	505	527	545	572	
500	-	504	541	567	498	476	569	587	614	638	
Tabele pentru factorii de corecție	f ₁	14	14	14	14	14	14	14	14	14	
	f ₂	20	20	16/17	18	16/17	18	16/17	18	16/17	

Condiții normale de funcționare și indicații pentru condiții de funcționare sunt cuprinse în tabelul A.1.2.

Tabelul A.1.13. Sarcina admisibilă, pozare în aer, cablu cu $U_0/U = 18/30kV$

Material izolant	Hârtie impregnată						PE	XLPE		
Manta metalică	Plumb			Aluminiu			-			
Prescripția VDE	VDE 0255						DIN 57273/ VDE0273		DIN 57273/ VDE 0273	
Temperatura de funcționare admisă	60°C						70°C		90°C	
Disponerea										
Secțiunea nominală, conductor din cupru mm ²	Sarcina admisibilă, în A									
35	119	124	135	150	134	148	-	-	-	-
50	142	147	162	182	161	177	199	232	241	279
70	179	183	203	228	200	220	248	288	299	348
95	216	221	246	277	242	263	300	348	362	421
120	246	254	284	318	278	299	344	400	416	483
150	278	288	323	361	314	334	388	446	469	540
185	315	328	370	413	357	373	442	507	536	615
240	366	385	437	484	417	425	520	590	630	718
300	414	437	499	548	469	467	590	666	717	812
400	470	512	591	640	543	526	675	737	823	904
500	-	576	670	716	603	572	763	821	929	1011
Secțiunea nominală, conductor din aluminiu mm ²	Sarcina admisibilă, în A									
35	92	95	105	116	104	115	-	-	-	-
50	110	114	126	141	125	139	155	180	187	217
70	140	142	157	177	156	173	192	224	232	270
95	168	172	191	216	189	209	233	272	281	328
120	192	198	221	249	218	239	268	313	323	378
150	217	224	252	283	247	269	302	351	365	425
185	247	257	289	324	282	303	346	401	418	485
240	289	302	343	384	332	351	408	471	494	572
300	328	344	393	437	377	392	465	535	564	649
400	378	408	469	517	443	450	538	605	654	737
500	-	466	538	588	501	499	615	683	747	835
Tabele pentru factorii de corecție	¹⁾	21	21	21	21	21	21	21	21	21
	²⁾	23	23	22	22	22	22	22	22	22

¹⁾ pentru temperatura aerului

²⁾ pentru aglomerare

Condiții normale de funcționare și indicații pentru condiții de funcționare deosebite sunt cuprinse în tabelul A.1.3.

Tabelul A.1.14. Factorii de corecție f_1 , pozare în pământ. Toate cablurile (cu excepția cablului cu PVC pentru 6/10kV).

Temperatura de funcționare admisă	Temperatura solului	Rezistența termică specifică solului, K · m/W															
		0,7						1,0			1,5					2,5	
		Gradul de încărcare						Gradul de încărcare			Gradul de încărcare					Gradul de încărcare	
°C	°C	0,50	0,60	0,70	0,85	1,00	0,50	0,60	0,70	0,85	1,00	0,50	0,60	0,70	0,85	1,00	0,5 ÷ 1,00
90	5	1,24	1,21	1,18	1,13	1,07	1,11	1,09	1,07	1,03	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96	0,94	0,89
	10	1,23	1,19	1,16	1,11	1,05	1,09	1,07	1,05	1,01	0,98	0,97	0,96	0,95	0,93	0,91	0,86
	15	1,21	1,17	1,14	1,03	1,03	1,07	1,05	1,02	0,99	0,95	0,95	0,93	0,92	0,91	0,89	0,84
	20	1,19	1,15	1,12	1,06	1,00	1,05	1,02	1,00	0,96	0,93	0,92	0,91	0,90	0,88	0,86	0,81
	25	-	-	-	-	-	1,02	1,00	0,98	0,94	0,90	0,90	0,88	0,87	0,85	0,84	0,78
	30	-	-	-	-	-	-	-	0,95	0,91	0,88	0,87	0,86	0,84	0,83	0,81	0,75
	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,82	0,80	0,78	0,72
	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
80	5	1,27	1,23	1,20	1,14	1,08	1,12	1,10	1,07	1,04	1,00	0,99	0,98	0,97	0,95	0,93	0,88
	10	1,25	1,21	1,17	1,12	1,06	1,10	1,07	1,05	1,01	0,97	0,97	0,95	0,94	0,92	0,91	0,85
	15	1,23	1,19	1,15	1,09	1,03	1,07	1,05	1,03	0,99	0,95	0,94	0,93	0,92	0,90	0,88	0,82
	20	1,20	1,17	1,13	1,07	1,01	1,05	1,03	1,00	0,96	0,92	0,91	0,90	0,89	0,87	0,85	0,78
	25	-	-	-	-	-	1,03	1,00	0,97	0,93	0,89	0,88	0,87	0,86	0,84	0,82	0,75
	30	-	-	-	-	-	-	-	0,93	0,91	0,86	0,85	0,84	0,83	0,81	0,78	0,72
	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,80	0,77	0,75	0,68
	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
70	5	1,20	1,26	1,22	1,15	1,01	1,13	1,11	1,08	1,04	1,00	0,99	0,98	0,97	0,95	0,89	0,86
	10	1,27	1,23	1,19	1,13	1,06	1,11	1,08	1,06	1,01	0,97	0,96	0,95	0,94	0,92	0,86	0,83
	15	1,25	1,21	1,17	1,10	1,03	1,08	1,06	1,03	0,99	0,94	0,93	0,92	0,91	0,85	0,84	0,79
	20	1,23	1,18	1,14	1,08	1,01	1,06	1,03	1,00	0,96	0,91	0,90	0,80	0,87	0,85	0,83	0,76
	25						1,03	1,00	0,97	0,93	0,88	0,87	0,85	0,84	0,82	0,79	0,72
	30								0,94	0,80	0,85	0,84	0,82	0,80	0,78	0,76	0,68
	35													0,77	0,74	0,72	0,69
	40																
65	5	1,31	1,27	1,23	1,16	1,09	1,14	1,11	1,09	1,04	1,00	0,99	0,98	0,96	0,94	0,92	0,85
	10	1,29	1,24	1,20	1,14	1,06	1,11	1,09	1,06	1,02	0,97	0,96	0,95	0,93	0,91	0,89	0,82
	15	1,26	1,22	1,18	1,11	1,04	1,09	1,06	1,03	0,98	0,94	0,93	0,91	0,90	0,88	0,85	0,78
	20	1,24	1,20	1,15	1,08	1,01	1,06	1,03	1,00	0,95	0,90	0,90	0,83	0,86	0,84	0,81	0,74
	25						1,03	1,00	0,97	0,92	0,87	0,86	0,84	0,83	0,80	0,78	0,70
	30								0,94	0,89	0,83	0,82	0,81	0,79	0,77	0,74	0,65
	35													0,75	0,72	0,70	0,60
	40																
60	5	1,33	1,25	1,24	1,17	1,10	1,15	1,12	1,09	1,05	1,00	0,99	0,98	0,96	0,91	0,92	0,84
	10	1,30	1,26	1,21	1,14	1,07	1,12	1,09	1,06	1,02	0,97	0,96	0,94	0,93	0,90	0,88	0,80
	15	1,28	1,23	1,19	1,12	1,04	1,09	1,06	1,03	0,98	0,93	0,92	0,91	0,89	0,87	0,84	0,76
	20	1,25	1,21	1,16	1,09	1,01	1,06	1,03	1,00	0,95	0,90	0,89	0,87	0,86	0,83	0,80	0,72
	25						1,03	1,00	0,97	0,92	0,86	0,85	0,83	0,82	0,79	0,76	0,67
	30								0,93	0,88	0,82	0,81	0,79	0,78	0,75	0,72	0,62
	35													0,73	0,70	0,67	0,57
	40																

La cablurile cu hârtie impregnată, conform punctului A.1.4.2.1 este permisă o creștere limitată a sarcinii admisibile numai la temperaturi sub 20°C, corespunzător valorilor pentru creșterea de temperatură admisă după tabelul A.1.1. coloana 4.

Factorul de corecție f_1 se utilizează numai împreună cu factorul de corecție f_2 după tabelele A.1.16 până la A.1.20.

Tabelul A.1.15. Factorii de corecție f_1 , pozarea în pământ. Cabluri cu PVC pentru 6/10kV.

Nr. de:	Sisteme	Cabluri	Temperatura solului	Rezistența termică specifică a solului, K · m/W															Gradul de încărcare	
				0,7					1,0					1,5						de la 0,5 la 1,00
				Gradul de încărcare					Gradul de încărcare					Gradul de încărcare						
-	-	-	°C	0,50	0,60	0,70	0,85	1,00	0,50	0,60	0,70	0,85	1,00	0,50	0,60	0,70	0,85	1,00		
-	-	-	5	1,31	1,27	1,23	1,16	1,09	1,14	1,12	1,09	1,05	1,00	0,99	0,98	0,96	0,94	0,92	0,85	
			10	1,29	1,25	1,21	1,14	1,07	1,12	1,09	1,06	1,02	0,97	0,96	0,95	0,93	0,91	0,89	0,81	
			15	1,27	1,22	1,18	1,11	1,04	1,09	1,06	1,03	0,98	0,94	0,93	0,91	0,90	0,87	0,85	0,77	
			20	1,24	1,20	1,15	1,08	1,01	1,06	1,03	1,00	0,95	0,90	0,89	0,88	0,86	0,84	0,81	0,73	
			25						1,03	1,00	0,97	0,92	0,87	0,86	0,84	0,83	0,80	0,77	0,69	
			30								0,94	0,89	0,83	0,82	0,80	0,79	0,76	0,73	0,64	
			35													0,75	0,72	0,70	0,59	
			40																0,54	
4	3	3	5	1,29	1,24	1,20	1,13	1,06	1,11	1,08	1,05	1,01	0,94	0,95	0,94	0,93	0,90	0,88	0,81	
			10	1,26	1,22	1,17	1,11	1,03	1,08	1,05	1,03	0,98	0,93	0,92	0,91	0,89	0,87	0,84	0,77	
			15	1,24	1,19	1,15	1,08	1,00	1,05	1,03	0,99	0,95	0,90	0,89	0,87	0,86	0,83	0,81	0,73	
			20	1,21	1,17	1,12	1,05	0,97	1,03	0,99	0,96	0,91	0,86	0,85	0,84	0,82	0,79	0,77	0,68	
			25						0,99	0,96	0,93	0,88	0,83	0,82	0,80	0,78	0,76	0,73	0,64	
			30								0,90	0,84	0,79	0,78	0,76	0,74	0,71	0,68	0,59	
			35													0,70	0,67	0,64	0,53	
			40																0,47	
10	5	6	5	1,26	1,21	1,17	1,10	1,03	1,08	1,05	1,02	0,97	0,93	0,92	0,90	0,89	0,86	0,84	0,76	
			10	1,23	1,19	1,14	1,07	1,00	1,05	1,02	0,99	0,94	0,89	0,88	0,87	0,85	0,83	0,80	0,72	
			15	1,21	1,16	1,12	1,04	0,90	1,02	0,99	0,96	0,91	0,86	0,85	0,83	0,81	0,79	0,76	0,68	
			20	1,18	1,14	1,09	1,01	0,93	0,99	0,96	0,93	0,87	0,82	0,81	0,79	0,77	0,75	0,72	0,63	
			25						0,96	0,93	0,89	0,84	0,78	0,77	0,75	0,73	0,70	0,65	0,58	
			30								0,86	0,80	0,74	0,73	0,71	0,69	0,66	0,63	0,52	
			35													0,64	0,61	0,58	0,46	
			40																0,38	
8	10	10	5	1,23	1,19	1,14	1,07	0,99	1,05	1,02	0,99	0,94	0,89	0,88	0,86	0,85	0,82	0,80	0,72	
			10	1,21	1,16	1,11	1,04	0,90	1,02	0,99	0,96	0,91	0,85	0,84	0,83	0,81	0,78	0,76	0,67	
			15	1,18	1,13	1,09	1,01	0,93	0,99	0,96	0,92	0,87	0,82	0,81	0,79	0,77	0,74	0,72	0,63	
			20	1,15	1,11	1,06	0,98	0,91	0,96	0,92	0,89	0,84	0,78	0,77	0,75	0,73	0,70	0,67	0,57	
			25						0,92	0,89	0,85	0,80	0,74	0,73	0,71	0,69	0,66	0,63	0,52	
			30								0,82	0,76	0,70	0,68	0,66	0,64	0,61	0,57	0,45	
			35													0,60	0,56	0,52	0,38	
			40																0,29	
10	10	10	5	1,22	1,17	1,13	1,05	0,98	1,03	1,00	0,97	0,92	0,87	0,86	0,84	0,83	0,80	0,78	0,69	
			10	1,19	1,15	1,10	1,02	0,94	1,00	0,97	0,94	0,89	0,83	0,82	0,81	0,79	0,76	0,73	0,65	
			15	1,17	1,12	1,07	0,99	0,91	0,97	0,94	0,90	0,85	0,79	0,78	0,77	0,75	0,72	0,69	0,60	
			20	1,14	1,09	1,04	0,96	0,88	0,94	0,90	0,87	0,81	0,76	0,74	0,73	0,71	0,68	0,65	0,54	
			25						0,90	0,87	0,83	0,78	0,71	0,70	0,68	0,66	0,63	0,60	0,48	
			30								0,79	0,73	0,67	0,66	0,63	0,61	0,58	0,54	0,41	
			35													0,56	0,52	0,48	0,33	
			40																0,22	

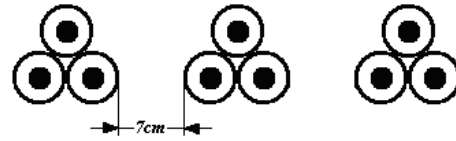
Aranjarea sistemului în coloana 1

Toate spațiile intermediare 7 cm

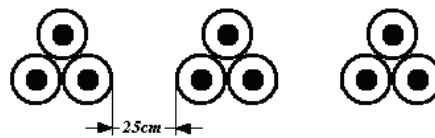
Aranjarea sistemului în coloana 2

Aranjarea sistemului în col 3

Factorul de corecție f_1 se utilizează numai împreună cu factorul de corecție f_2 din tabelele A.1.16. până la A.1.20.

Tabelul A.1.16. Factorii de corecție f_2 , pozare în pământ. Cablu cu un conductor în sisteme trifazate grupate în treflă

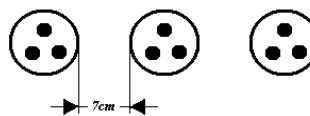
Tipul constructiv	Numărul de sisteme	Rezistența termică specifică a solului, K· m/W																			
		0,7					1,0					1,5					2,5				
		Gradul de încărcare					Gradul de încărcare					Gradul de încărcare					Gradul de încărcare				
-	-	0,50	0,60	0,70	0,85	1,00	0,50	0,60	0,70	0,85	1,00	0,50	0,60	0,70	0,85	1,00	0,50	0,60	0,70	0,85	1,00
Cablul cu XLPE 0,6/1 la 18/30 kV	1	1,09	1,04	0,99	0,91	0,87	1,11	1,05	1,00	0,93	0,87	1,13	1,07	1,01	0,94	0,87	1,17	1,09	1,03	0,94	0,87
	2	0,97	0,90	0,84	0,77	0,71	0,98	0,91	0,85	0,77	0,71	1,00	0,92	0,86	0,77	0,71	1,02	0,94	0,87	0,78	0,71
	3	0,81	0,80	0,74	0,67	0,61	0,89	0,82	0,75	0,67	0,61	0,90	0,82	0,76	0,68	0,61	0,92	0,83	0,76	0,68	0,61
	4	0,83	0,75	0,69	0,62	0,56	0,84	0,76	0,70	0,62	0,56	0,85	0,77	0,70	0,62	0,56	0,82	0,78	0,71	0,63	0,56
	5	0,79	0,71	0,65	0,58	0,52	0,80	0,72	0,66	0,58	0,52	0,80	0,73	0,66	0,58	0,52	0,81	0,73	0,67	0,59	0,52
	6	0,76	0,68	0,62	0,55	0,50	0,77	0,69	0,63	0,55	0,50	0,77	0,70	0,63	0,56	0,50	0,78	0,70	0,64	0,56	0,50
	8	0,72	0,64	0,58	0,51	0,46	0,72	0,65	0,59	0,52	0,46	0,73	0,65	0,59	0,52	0,46	0,74	0,66	0,59	0,52	0,46
	10	0,69	0,61	0,56	0,41	0,44	0,69	0,62	0,56	0,49	0,44	0,70	0,62	0,56	0,49	0,44	0,70	0,63	0,57	0,49	0,44
Cablul cu PE 6/10 la 18/30 kV	1	1,01	1,02	0,99	0,91	0,87	1,06	1,05	1,10	0,93	0,87	1,10	1,07	1,01	0,94	0,87	1,17	1,09	1,03	0,94	0,87
	2	0,95	0,90	0,84	0,77	0,71	0,98	0,91	1,00	0,77	0,71	1,00	0,92	0,86	0,77	0,71	1,02	0,94	0,87	0,78	0,71
	3	0,88	0,80	0,74	0,67	0,61	0,89	0,82	0,90	0,67	0,61	0,90	0,82	0,76	0,68	0,61	0,92	0,83	0,76	0,68	0,61
	4	0,83	0,75	0,69	0,62	0,56	0,84	0,76	0,85	0,62	0,56	0,85	0,77	0,70	0,62	0,56	0,86	0,78	0,71	0,63	0,56
	5	0,79	0,71	0,65	0,58	0,52	0,80	0,72	0,80	0,58	0,52	0,80	0,73	0,66	0,58	0,52	0,82	0,73	0,67	0,59	0,52
	6	0,76	0,68	0,62	0,55	0,50	0,77	0,69	0,77	0,55	0,50	0,77	0,70	0,63	0,56	0,50	0,78	0,70	0,64	0,56	0,50
	8	0,72	0,64	0,58	0,51	0,46	0,72	0,65	0,72	0,52	0,46	0,73	0,65	0,59	0,52	0,46	0,74	0,66	0,59	0,52	0,46
	10	0,69	0,61	0,56	0,41	0,44	0,69	0,62	0,70	0,49	0,44	0,70	0,62	0,56	0,49	0,44	0,70	0,63	0,57	0,49	0,44
Cablul cu PVC 0,6/1 la 6/10 kV	1	1,01	1,02	0,99	0,91	0,87	1,04	1,05	1,00	0,93	0,87	1,07	1,06	1,01	0,94	0,87	1,11	1,08	1,01	0,94	0,87
	2	0,94	0,89	0,84	0,77	0,71	0,97	0,91	0,85	0,77	0,71	0,99	0,92	0,80	0,77	0,71	1,01	0,93	0,87	0,78	0,71
	3	0,80	0,79	0,74	0,67	0,61	0,89	0,81	0,75	0,67	0,61	0,90	0,83	0,76	0,68	0,61	0,91	0,83	0,77	0,68	0,61
	4	0,82	0,75	0,69	0,62	0,56	0,84	0,76	0,70	0,62	0,56	0,85	0,77	0,71	0,62	0,56	0,80	0,78	0,71	0,63	0,56
	5	0,78	0,71	0,65	0,58	0,52	0,80	0,72	0,60	0,58	0,52	0,80	0,73	0,66	0,58	0,52	0,81	0,73	0,67	0,59	0,52
	6	0,75	0,68	0,62	0,55	0,50	0,77	0,69	0,63	0,55	0,50	0,77	0,70	0,64	0,56	0,50	0,78	0,70	0,64	0,56	0,50
	8	0,71	0,64	0,58	0,51	0,46	0,72	0,65	0,59	0,52	0,46	0,73	0,65	0,59	0,52	0,46	0,73	0,60	0,60	0,52	0,46
	10	0,68	0,61	0,55	0,41	0,44	0,69	0,62	0,56	0,49	0,44	0,69	0,62	0,56	0,49	0,44	0,70	0,63	0,57	0,49	0,44
Cablul cu hârtie impr 0,6/1 la 18/30 kV	1	0,94	0,95	0,97	0,91	0,87	0,99	0,99	1,00	0,93	0,87	1,06	1,04	1,01	0,94	0,87	1,15	1,08	1,02	0,94	0,87
	2	0,88	0,88	0,84	0,77	0,71	0,93	0,91	0,85	0,77	0,71	0,97	0,92	0,80	0,77	0,71	1,01	0,93	0,87	0,78	0,71
	3	0,84	0,79	0,74	0,67	0,61	0,87	0,81	0,75	0,67	0,61	0,90	0,82	0,76	0,68	0,61	0,91	0,83	0,76	0,68	0,61
	4	0,82	0,74	0,69	0,62	0,56	0,84	0,76	0,70	0,62	0,56	0,85	0,77	0,71	0,62	0,56	0,80	0,78	0,71	0,63	0,56
	5	0,78	0,70	0,65	0,58	0,52	0,79	0,72	0,65	0,58	0,52	0,80	0,73	0,66	0,58	0,52	0,81	0,73	0,67	0,59	0,52
	6	0,75	0,68	0,62	0,55	0,50	0,76	0,71	0,61	0,55	0,50	0,77	0,70	0,63	0,56	0,50	0,78	0,70	0,64	0,56	0,50
	8	0,71	0,64	0,58	0,51	0,46	0,72	0,64	0,58	0,52	0,46	0,72	0,65	0,59	0,52	0,46	0,73	0,66	0,59	0,52	0,46
	10	0,68	0,61	0,55	0,41	0,44	0,69	0,61	0,56	0,49	0,44	0,69	0,62	0,56	0,49	0,44	0,70	0,62	0,56	0,49	0,44

Tabelul A.1.17. Factorii de corecție f_2 , pozare în pământ. Cablu cu un conductor în sisteme trifazate grupate în treflă

Tipul constructiv	Numărul de sisteme	Rezistența termică specifică a solului, K · m/W																				
		0,7					1,0					1,5					2,5					
		Gradul de încărcare					Gradul de încărcate					Gradul de încărcare					Gradul de încărcare					
-	-	0,50	0,60	0,70	0,85	1,00	0,50	0,60	0,70	0,85	1,00	0,50	0,60	0,70	0,85	1,00	0,50	0,60	0,70	0,85	1,00	
Cablul cu XLPE 0,6/1 la 18/30 kV	1	1,09	1,04	0,99	0,93	0,87	1,11	1,05	1,00	0,93	0,87	1,13	1,07	1,01	0,94	0,87	1,17	1,09	1,03	0,94	0,87	
	2	1,01	0,94	0,89	0,82	0,75	1,02	0,95	0,89	0,82	0,75	1,04	0,97	0,90	0,82	0,75	1,06	0,98	0,91	0,83	0,75	
	3	0,94	0,87	0,81	0,74	0,67	0,95	0,88	0,82	0,74	0,67	0,97	0,89	0,82	0,74	0,67	0,99	0,90	0,83	0,74	0,67	
	4	0,91	0,84	0,78	0,70	0,64	0,92	0,84	0,78	0,70	0,64	0,53	0,85	0,79	0,70	0,64	0,55	0,86	0,79	0,71	0,64	
	5	0,88	0,80	0,74	0,67	0,60	0,89	0,81	0,75	0,67	0,60	0,90	0,82	0,75	0,67	0,60	0,91	0,83	0,76	0,67	0,60	
	6	0,86	0,79	0,72	0,65	0,59	0,87	0,79	0,73	0,65	0,59	0,88	0,80	0,73	0,65	0,59	0,89	0,81	0,74	0,65	0,59	
	8	0,83	0,76	0,70	0,62	0,56	0,84	0,76	0,70	0,62	0,56	0,85	0,77	0,70	0,62	0,56	0,86	0,78	0,71	0,62	0,56	
	10	0,81	0,74	0,68	0,60	0,54	0,82	0,74	0,68	0,60	0,54	0,83	0,75	0,68	0,61	0,54	0,84	0,76	0,69	0,61	0,54	
	Cablul cu PE 6/10 la 18/30 kV	1	1,01	1,02	0,99	0,93	0,87	1,06	1,05	1,00	0,93	0,87	1,10	1,07	1,01	0,94	0,87	1,15	1,09	1,03	0,94	0,87
		2	0,97	0,94	0,89	0,82	0,75	1,00	0,95	0,89	0,82	0,75	1,04	0,97	0,90	0,82	0,75	1,06	0,98	0,91	0,83	0,75
3		0,93	0,87	0,81	0,74	0,67	0,55	0,88	0,82	0,74	0,67	0,97	0,89	0,82	0,74	0,67	0,99	0,90	0,83	0,74	0,67	
4		0,51	0,84	0,78	0,70	0,64	0,92	0,84	0,78	0,70	0,64	0,93	0,85	0,79	0,70	0,64	0,95	0,86	0,79	0,71	0,64	
5		0,88	0,80	0,74	0,67	0,60	0,89	0,81	0,75	0,67	0,60	0,90	0,82	0,75	0,67	0,60	0,91	0,83	0,76	0,67	0,60	
6		0,86	0,79	0,72	0,65	0,59	0,87	0,79	0,73	0,65	0,59	0,88	0,80	0,73	0,65	0,59	0,89	0,81	0,74	0,65	0,59	
8		0,83	0,76	0,70	0,62	0,56	0,84	0,76	0,70	0,62	0,56	0,85	0,77	0,70	0,62	0,56	0,86	0,78	0,71	0,62	0,56	
10		0,81	0,74	0,68	0,60	0,54	0,82	0,74	0,68	0,60	0,54	0,83	0,75	0,68	0,61	0,54	0,84	0,76	0,69	0,61	0,54	
Cablul cu PVC 0,6/1 la 6/10 kV		1	1,01	1,02	0,99	0,93	0,87	1,04	1,05	1,00	0,93	0,87	1,07	1,06	1,01	0,94	0,87	1,11	1,08	1,01	0,94	0,87
		2	0,97	0,95	0,89	0,82	0,75	1,00	0,96	0,90	0,82	0,75	1,03	0,97	0,91	0,82	0,75	1,06	0,98	0,92	0,83	0,75
	3	0,94	0,88	0,82	0,74	0,67	0,97	0,88	0,82	0,74	0,67	0,97	0,89	0,83	0,74	0,67	0,98	0,90	0,84	0,74	0,67	
	4	0,91	0,84	0,78	0,70	0,64	0,92	0,85	0,79	0,70	0,64	0,93	0,86	0,79	0,70	0,64	0,95	0,87	0,80	0,71	0,64	
	5	0,88	0,81	0,75	0,67	0,60	0,89	0,82	0,76	0,67	0,60	0,90	0,82	0,76	0,67	0,60	0,91	0,83	0,77	0,67	0,60	
	6	0,86	0,79	0,73	0,65	0,59	0,87	0,80	0,74	0,65	0,59	0,88	0,81	0,74	0,65	0,59	0,89	0,81	0,75	0,65	0,59	
	8	0,83	0,76	0,70	0,62	0,56	0,84	0,77	0,71	0,62	0,56	0,85	0,78	0,71	0,62	0,56	0,86	0,78	0,72	0,62	0,56	
	10	0,82	0,75	0,69	0,60	0,54	0,82	0,75	0,69	0,60	0,54	0,83	0,76	0,69	0,61	0,54	0,84	0,76	0,70	0,61	0,54	
	Cablul cu hârtie impr 0,6/1 la 18/30 kV	1	0,94	0,95	0,97	0,93	0,87	0,99	0,99	1,00	0,93	0,87	1,06	1,04	1,01	0,94	0,87	1,15	1,08	1,02	0,94	0,87
		2	0,90	0,91	0,88	0,82	0,75	0,95	0,94	0,89	0,82	0,75	1,00	0,96	0,89	0,82	0,75	1,05	0,97	0,90	0,83	0,75
3		0,87	0,86	0,80	0,74	0,67	0,91	0,87	0,81	0,74	0,67	0,95	0,88	0,81	0,74	0,67	0,97	0,89	0,82	0,74	0,67	
4		0,86	0,82	0,76	0,70	0,64	0,89	0,83	0,77	0,70	0,64	0,91	0,83	0,77	0,70	0,64	0,92	0,84	0,78	0,71	0,64	
5		0,84	0,79	0,73	0,67	0,60	0,86	0,79	0,73	0,67	0,60	0,87	0,80	0,73	0,67	0,60	0,89	0,81	0,74	0,67	0,60	
6		0,83	0,77	0,71	0,65	0,59	0,84	0,77	0,71	0,65	0,59	0,85	0,78	0,71	0,65	0,59	0,86	0,78	0,72	0,65	0,59	
8		0,80	0,73	0,67	0,62	0,56	0,81	0,74	0,68	0,62	0,56	0,82	0,74	0,68	0,62	0,56	0,83	0,75	0,68	0,62	0,56	
10		0,78	0,71	0,65	0,60	0,54	0,79	0,71	0,65	0,60	0,54	0,80	0,72	0,66	0,61	0,54	0,81	0,73	0,66	0,61	0,54	

Tabelul A.1.18. Factorii de corecție f_2 , pozare în pământ. Cablu cu un conductor în sisteme trifazate pozate alăturat

Tipul constructiv	Numărul de sisteme	Rezistența termică specifică a solului, K · m/W																				
		0,7					1,0					1,5					2,5					
		Gradul de încărcare					Gradul de încărcare					Gradul de încărcare					Gradul de încărcare					
-	-	0,50	0,60	0,70	0,85	1,00	0,50	0,60	0,70	0,85	1,00	0,50	0,60	0,70	0,85	1,00	0,50	0,60	0,70	0,85	1,00	
Cablul cu XLPE 0,6/1 la 18/30 kV	1	1,08	1,05	0,99	0,91	0,85	1,13	1,07	1,00	0,92	0,85	148	1,09	1,01	0,92	0,85	1,19	1,11	1,03	0,93	0,85	
	2	1,01	0,93	0,86	0,77	0,71	1,03	0,94	0,87	0,78	0,71	1,05	0,95	0,88	0,78	0,71	1,06	0,96	0,88	0,79	0,71	
	3	0,92	0,84	0,77	0,69	0,62	0,93	0,85	0,77	0,69	0,62	0,95	0,86	0,78	0,69	0,62	0,96	0,86	0,79	0,69	0,62	
	4	0,88	0,80	0,73	0,65	0,58	0,89	0,80	0,73	0,65	0,58	0,90	0,81	0,74	0,65	0,58	0,91	0,82	0,74	0,65	0,58	
	5	0,84	0,76	0,69	0,61	0,55	0,85	0,77	0,70	0,61	0,55	0,86	0,77	0,70	0,62	0,55	0,87	0,78	0,71	0,62	0,55	
	6	0,82	0,74	0,67	0,59	0,53	0,83	0,75	0,68	0,60	0,53	0,84	0,75	0,68	0,60	0,53	0,85	0,76	0,69	0,60	0,53	
	8	0,79	0,71	0,64	0,57	0,51	0,80	0,71	0,65	0,57	0,51	0,81	0,72	0,65	0,57	0,51	0,81	0,72	0,65	0,57	0,51	
	10	0,77	0,69	0,62	0,55	0,49	0,78	0,69	0,63	0,55	0,49	0,79	0,70	0,63	0,55	0,49	0,79	0,70	0,63	0,55	0,49	
	Cablul cu PE 6/10 la 18/30 kV	1	0,98	0,98	0,99	0,91	0,85	1,04	1,03	1,00	0,92	0,85	1,11	1,07	1,01	0,92	0,85	1,19	1,11	1,03	0,93	0,85
		2	0,93	0,92	0,86	0,77	0,71	0,98	0,94	0,87	0,78	0,71	1,02	0,95	0,88	0,78	0,71	1,06	0,96	0,88	0,79	0,71
3		0,89	0,84	0,77	0,69	0,62	0,93	0,85	0,77	0,69	0,62	0,95	0,86	0,78	0,69	0,62	0,96	0,86	0,79	0,69	0,62	
4		0,87	0,80	0,73	0,65	0,58	0,89	0,80	0,73	0,65	0,58	0,90	0,81	0,74	0,65	0,58	0,91	0,82	0,74	0,65	0,58	
5		0,84	0,76	0,69	0,61	0,55	0,85	0,77	0,70	0,61	0,55	0,86	0,77	0,70	0,62	0,55	0,87	0,78	0,71	0,62	0,55	
6		0,82	0,74	0,67	0,59	0,53	0,83	0,75	0,68	0,60	0,53	0,84	0,75	0,68	0,60	0,53	0,85	0,76	0,69	0,60	0,53	
8		0,79	0,71	0,64	0,57	0,51	0,80	0,71	0,65	0,57	0,51	0,81	0,72	0,65	0,57	0,51	0,81	0,72	0,65	0,57	0,51	
10		0,77	0,69	0,62	0,55	0,49	0,78	0,69	0,63	0,55	0,49	0,79	0,70	0,63	0,55	0,49	0,79	0,70	0,63	0,55	0,49	
Cablul cu PVC 0,6/1 la 6/10 kV		1	0,96	0,97	0,98	0,91	0,85	1,01	1,01	1,00	0,92	0,85	1,07	1,05	1,01	0,92	0,85	1,16	1,10	1,02	0,93	0,85
		2	0,92	0,89	0,86	0,77	0,71	0,96	0,94	0,87	0,78	0,71	1,00	0,95	0,88	0,78	0,71	1,05	0,97	0,89	0,79	0,71
	3	0,88	0,84	0,77	0,69	0,62	0,91	0,85	0,78	0,69	0,62	0,95	0,86	0,79	0,69	0,62	0,96	0,87	0,79	0,69	0,62	
	4	0,86	0,80	0,73	0,65	0,58	0,89	0,81	0,74	0,65	0,58	0,90	0,82	0,74	0,65	0,58	0,91	0,82	0,75	0,65	0,58	
	5	0,84	0,76	0,70	0,61	0,55	0,83	0,77	0,70	0,61	0,55	0,87	0,78	0,71	0,62	0,55	0,87	0,79	0,71	0,62	0,55	
	6	0,82	0,74	0,68	0,59	0,53	0,83	0,75	0,68	0,60	0,53	0,84	0,76	0,69	0,60	0,53	0,85	0,76	0,69	0,60	0,53	
	8	0,79	0,71	0,65	0,57	0,51	0,80	0,72	0,65	0,57	0,51	0,81	0,72	0,65	0,57	0,51	0,81	0,73	0,66	0,57	0,51	
	10	0,77	0,69	0,63	0,55	0,49	0,78	0,70	0,63	0,55	0,49	0,79	0,70	0,63	0,55	0,49	0,79	0,71	0,64	0,55	0,49	
	Cablul cu hârtie impr 0,6/1 la 18/30 kV	1	0,93	0,94	0,95	0,91	0,85	1,00	1,00	1,00	0,92	0,85	1,09	1,06	1,01	0,92	0,85	1,19	1,10	1,03	0,93	0,85
		2	0,89	0,89	0,86	0,77	0,71	0,95	0,93	0,87	0,78	0,71	1,01	0,95	0,88	0,78	0,71	1,05	0,97	0,89	0,79	0,71
3		0,86	0,84	0,77	0,69	0,62	0,90	0,85	0,78	0,69	0,62	0,95	0,86	0,79	0,69	0,62	0,96	0,87	0,79	0,69	0,62	
4		0,84	0,80	0,73	0,65	0,58	0,88	0,81	0,74	0,65	0,58	0,91	0,82	0,74	0,65	0,58	0,91	0,82	0,75	0,65	0,58	
5		0,82	0,77	0,70	0,61	0,55	0,86	0,77	0,70	0,61	0,55	0,87	0,78	0,71	0,62	0,55	0,87	0,79	0,71	0,62	0,55	
6		0,81	0,74	0,68	0,59	0,53	0,83	0,75	0,68	0,60	0,53	0,85	0,76	0,69	0,60	0,53	0,85	0,76	0,69	0,60	0,53	
8		0,78	0,71	0,65	0,57	0,51	0,80	0,72	0,65	0,57	0,51	0,81	0,73	0,56	0,57	0,51	0,82	0,73	0,66	0,57	0,51	
10		0,77	0,69	0,63	0,55	0,49	0,78	0,70	0,63	0,55	0,49	0,79	0,70	0,64	0,55	0,49	0,79	0,71	0,64	0,55	0,49	

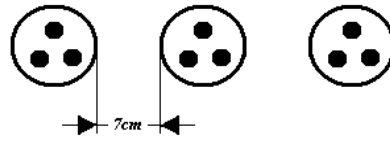
Tabelul A.1.19. Factorii de corecție f_2 , pozare în pământ. Cablu cu trei conductoare în sisteme trifazate.

Tipul constructiv	Numărul de sisteme	Rezistența termică specifică a solului, K · m/W																				
		0,7					1,0					1,5					2,5					
		Gradul de încărcare					Gradul de încărcare					Gradul de încărcare					Gradul de încărcare					
-	-	0,50	0,60	0,70	0,85	1,00	0,50	0,60	0,70	0,85	1,00	0,50	0,60	0,70	0,85	1,00	0,50	0,60	0,70	0,85	1,00	
Cabluri cu XLPE ²⁾ 0,6/1 la 18/30 kV	1	1,02	1,03	0,99	0,94	0,89	1,06	1,05	1,00	0,94	0,89	1,09	1,06	1,01	0,94	0,89	1,11	1,07	1,02	0,95	0,89	
	2	0,95	0,89	0,84	0,77	0,72	0,98	0,91	0,85	0,78	0,72	0,99	0,92	0,86	0,78	0,72	1,01	0,94	0,87	0,79	0,72	
	3	0,86	0,80	0,74	0,68	0,62	0,89	0,81	0,75	0,68	0,62	0,90	0,83	0,77	0,69	0,62	0,92	0,84	0,77	0,69	0,62	
	4	0,82	0,75	0,69	0,63	0,57	0,84	0,76	0,70	0,63	0,57	0,85	0,78	0,71	0,63	0,57	0,86	0,78	0,72	0,64	0,57	
	5	0,78	0,71	0,65	0,59	0,53	0,80	0,72	0,66	0,59	0,53	0,81	0,73	0,67	0,59	0,53	0,82	0,74	0,67	0,60	0,53	
	6	0,75	0,68	0,63	0,56	0,51	0,77	0,69	0,63	0,56	0,51	0,78	0,70	0,64	0,57	0,51	0,79	0,71	0,65	0,57	0,51	
	8	0,71	0,64	0,59	0,52	0,47	0,72	0,65	0,59	0,52	0,47	0,73	0,66	0,60	0,52	0,47	0,74	0,66	0,60	0,53	0,47	
	10	0,68	0,61	0,56	0,49	0,44	0,69	0,62	0,56	0,50	0,44	0,70	0,63	0,57	0,50	0,44	0,71	0,63	0,57	0,50	0,44	
	Cabluri cu PE 6/10 la 18/30 kV	1	0,99	1,00	0,99	0,94	0,89	1,03	1,03	1,00	0,94	0,89	1,08	1,06	1,01	0,94	0,89	1,14	1,08	1,02	0,95	0,89
		2	0,91	0,89	0,84	0,77	0,72	0,96	0,91	0,85	0,78	0,72	0,99	0,92	0,86	0,78	0,72	1,01	0,94	0,87	0,79	0,72
3		0,85	0,80	0,74	0,68	0,62	0,89	0,81	0,75	0,68	0,62	0,90	0,83	0,77	0,69	0,62	0,92	0,84	0,77	0,69	0,62	
4		0,82	0,75	0,69	0,63	0,57	0,84	0,76	0,70	0,63	0,57	0,85	0,78	0,71	0,63	0,57	0,86	0,78	0,72	0,64	0,57	
5		0,78	0,71	0,65	0,59	0,53	0,80	0,72	0,66	0,59	0,53	0,81	0,73	0,67	0,59	0,53	0,82	0,74	0,67	0,60	0,53	
6		0,75	0,68	0,63	0,56	0,51	0,77	0,69	0,63	0,56	0,51	0,78	0,70	0,64	0,57	0,51	0,79	0,71	0,65	0,57	0,51	
8		0,71	0,64	0,59	0,52	0,47	0,72	0,65	0,59	0,52	0,47	0,73	0,66	0,60	0,52	0,47	0,74	0,66	0,61	0,53	0,47	
10		0,68	0,61	0,56	0,49	0,44	0,69	0,62	0,56	0,50	0,44	0,70	0,63	0,57	0,50	0,44	0,71	0,63	0,57	0,50	0,44	
Cabluri cu PVC ²⁾ 0,6/1 la 6/10 kV		1	0,91	1,02	0,94	0,94	0,89	0,97	0,97	1,00	0,94	0,89	1,04	1,03	1,01	0,94	0,89	1,13	1,07	1,02	0,95	0,89
		2	0,86	0,87	0,85	0,77	0,72	0,91	0,90	0,86	0,78	0,72	0,97	0,93	0,87	0,78	0,72	1,01	0,94	0,88	0,79	0,72
	3	0,82	0,80	0,75	0,68	0,62	0,86	0,82	0,76	0,68	0,62	0,91	0,84	0,77	0,69	0,62	0,92	0,84	0,78	0,69	0,62	
	4	0,80	0,76	0,70	0,63	0,57	0,84	0,77	0,71	0,63	0,57	0,86	0,78	0,72	0,63	0,57	0,87	0,79	0,73	0,64	0,57	
	5	0,78	0,72	0,66	0,59	0,53	0,81	0,73	0,67	0,59	0,53	0,81	0,74	0,68	0,59	0,53	0,82	0,75	0,68	0,60	0,53	
	6	0,76	0,69	0,64	0,56	0,51	0,79	0,70	0,64	0,56	0,51	0,78	0,71	0,65	0,57	0,51	0,79	0,72	0,65	0,57	0,51	
	8	0,72	0,65	0,59	0,52	0,47	0,73	0,66	0,60	0,52	0,47	0,74	0,67	0,61	0,52	0,47	0,75	0,67	0,61	0,53	0,47	
	10	0,69	0,62	0,57	0,49	0,44	0,70	0,63	0,57	0,50	0,44	0,71	0,64	0,58	0,50	0,44	0,71	0,64	0,58	0,50	0,44	
	Cabluri cu hârtie impregnată ³⁾	1	0,94	0,95	0,97	0,94	0,89	1,00	1,00	1,00	0,94	0,89	1,00	1,05	1,01	0,94	0,89	1,13	1,07	1,02	0,95	0,89
		2	0,89	0,89	0,85	0,77	0,72	0,94	0,92	0,86	0,78	0,72	0,99	0,93	0,87	0,78	0,72	1,01	0,94	0,88	0,79	0,72
3		0,84	0,81	0,76	0,68	0,62	0,89	0,83	0,77	0,68	0,62	0,91	0,84	0,78	0,69	0,62	0,92	0,85	0,79	0,69	0,62	
4		0,82	0,77	0,71	0,63	0,57	0,85	0,78	0,72	0,63	0,57	0,86	0,79	0,73	0,63	0,57	0,87	0,80	0,73	0,64	0,57	
5		0,80	0,73	0,67	0,59	0,53	0,81	0,74	0,68	0,59	0,53	0,82	0,75	0,69	0,59	0,53	0,83	0,76	0,69	0,60	0,53	
6		0,77	0,70	0,65	0,56	0,51	0,79	0,71	0,65	0,56	0,51	0,79	0,72	0,66	0,57	0,51	0,80	0,73	0,66	0,57	0,51	
8		0,73	0,66	0,61	0,52	0,47	0,74	0,67	0,61	0,52	0,47	0,75	0,68	0,62	0,52	0,47	0,75	0,68	0,62	0,53	0,47	
10		0,70	0,63	0,58	0,49	0,44	0,71	0,64	0,58	0,50	0,44	0,72	0,65	0,59	0,50	0,44	0,72	0,65	0,59	0,50	0,44	

1) În sisteme trifazate aceste valori sunt valabile, de asemenea, pentru cabluri pentru 0,6/1 kV cu 4 sau 5 conductoare.

2) În sisteme de curent continuu aceste valori sunt valabile, de asemenea, pentru cabluri cu un conductor pentru 0,6/1 kV.

3) Cablu cu câmp neradial 0,6/1; 3,6/6 kV, cablu cu trei mantale, 3,6/6; 6/10 kV,

Tabelul A.1.20. Factorii de corecție f_2 , pozare în pământ. Cablu cu trei conductoare în sisteme trifazate

Tipul constructiv	Numărul de sisteme	Rezistența termică specifică a solului, K · m/W																			
		0,7					1,0					1,5					2,5				
		Gradul de încărcare					Gradul de încărcare					Gradul de încărcare					Gradul de încărcare				
-	0,50	0,60	0,70	0,85	1,00	0,50	0,60	0,70	0,85	1,00	0,50	0,60	0,70	0,85	1,00	0,50	0,60	0,70	0,85	1,00	
Cablu cu PVC 0,6/1 kV; Cablu cu PVC 6/10 kV; Cablu cu câmp neradial 6/10 kV; Cablu cu mai multe conductoare și ecran individual, 6/10 la 18/30 kVȘ Cablu cu trei mantale, cu hârtie impregnată, 12/20 la 18/30 kV,	1	0,90	0,91	0,93	0,96	0,91	0,98	0,99	1,00	0,96	0,91	1,05	1,04	1,03	0,97	0,91	1,14	1,09	1,04	0,97	0,91
	2	0,85	0,85	0,85	0,81	0,76	0,93	0,92	0,89	0,82	0,76	0,98	0,95	0,90	0,82	0,76	1,03	0,96	0,90	0,82	0,76
	3	0,80	0,79	0,78	0,72	0,66	0,87	0,86	0,80	0,72	0,66	0,93	0,86	0,80	0,73	0,66	0,95	0,87	0,81	0,73	0,66
	4	0,77	0,76	0,74	0,67	0,61	0,83	0,81	0,75	0,67	0,61	0,89	0,82	0,75	0,68	0,61	0,90	0,82	0,76	0,68	0,61
	5	0,75	0,76	0,70	0,63	0,57	0,84	0,77	0,71	0,63	0,57	0,85	0,77	0,71	0,63	0,57	0,86	0,78	0,72	0,64	0,47
	6	0,73	0,73	0,67	0,60	0,55	0,81	0,74	0,68	0,60	0,55	0,82	0,74	0,68	0,61	0,55	0,83	0,75	0,69	0,61	0,55
	8	0,70	0,69	0,63	0,56	0,51	0,77	0,70	0,64	0,56	0,51	0,77	0,70	0,64	0,57	0,51	0,78	0,71	0,64	0,57	0,51
	10	0,73	0,66	0,60	0,53	0,48	0,74	0,67	0,61	0,54	0,48	0,74	0,67	0,61	0,54	0,48	0,75	0,67	0,61	0,54	0,48

¹⁾Cablu cu două și trei conductoare în sisteme monofazate și curent continuu.

Tabelul A.1.21. Factorii de corecție pentru diferite temperaturi ale aerului.

Tipul constructiv	Temperatura de funcționare admisă	Creșterea de temperatură admisă	Factorii de corecție pentru temperatura aerului									
			°C									
			10	15	20	25	30	35	40	45	50	
-	°C	°C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cablu cu XLPE	90		1,15	1,12	1,08	1,04	1,0	0,96	0,91	0,87	0,82	
Cablu cu PE	70		1,22	1,17	1,12	1,07	1,00	0,94	0,87	0,79	0,71	
Cablu cu PVC												
Cablu cu hârtie impregnată Cablu cu câmp neradial 0,6/1 la 3,6/6 kV	80	55	1,05	1,05	1,05	1,05	1,0	0,95	0,89	0,84	0,77	
6/10 kV	65	35	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,53	0,85	0,76	0,65	
Cablu cu câmp radial												
0,6/1 la 3,6 kV	80	55	1,05	1,05	1,05	1,05	1,00	0,95	0,89	0,84	0,77	
6/10 kV	70	45	1,06	1,06	1,06	1,06	1,00	0,94	0,81	0,79	0,71	
12/20 kV	65	35	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,53	0,85	0,76	0,65	
18/30 kV	60	30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,91	0,82	0,71	0,58	

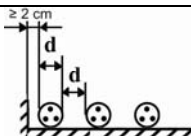
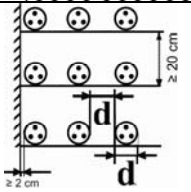
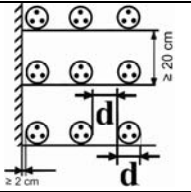
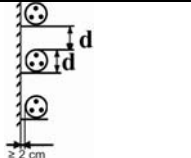
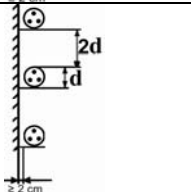
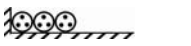
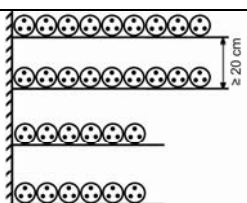
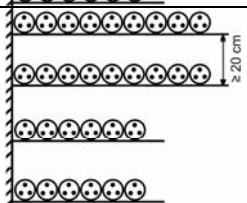

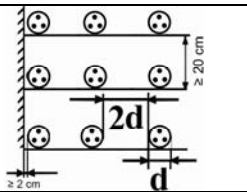
Tabelul A.1.22. Factori de corecție pentru gruparea în aer¹⁾. Cabluri cu un conductor în sisteme trifazate

Dispunerea cablului		Pozarea în plan, spațiul intermediar = diametrul d al cablului. Distanța de la perete ≥ 2 cm			
Numărul de sisteme unul lângă altul		1	2	3	
Așezat pe pardoseală		0,92	0,89	0,88	
Așezat pe raft neperforat pentru cabluri (circulația aerului este împiedicată)	Numărul de rafturi				
	1	0,92	0,89	0,88	
	2	0,87	0,84	0,83	
	3	0,84	0,82	0,81	
Așezat pe grătar pentru cabluri (circulația aerului nu este împiedicată)	Număr de grătare				
	1	1,00	0,97	0,96	
	2	0,97	0,94	0,93	
	3	0,96	0,93	0,92	
6	0,94	0,91	0,90		
Număr de sisteme unul deasupra altuia		1	2	3	
Așezat pe stelaje sau pe perete		0,94	0,91	0,89	
Aranjamente pentru care nu este necesară o reducere. ¹⁾		<p>Dacă se așează în plan cu distanțe mărite, pierderile mari de căldură ale mantalei sau ecranului contracarează încălzirea reciprocă. De aceea, nici nu pot fi date indicații asupra aranjamentelor pentru reduceri mai mici.</p>			
Modul de pozare a cablului		Pozarea grupată în treflă, spațiu intermediar = $2d$ Distanța la perete ≥ 2 cm			
Numărul de sisteme unul lângă altul		1	2	3	
Așezat pe pardoseală		0,95	0,90	0,88	
Așezat pe raft neperforat pentru cabluri (circulația aerului este împiedicată)	Număr de rafturi				
	1	0,95	0,90	0,88	
	2	0,90	0,85	0,83	
	3	0,88	0,83	0,80	
Așezat pe grătar pentru cabluri (circulația aerului nu este împiedicată)	Număr de grătare				
	1	1,00	0,98	0,96	
	2	1,00	0,95	0,93	
	3	1,00	0,94	0,92	
6	1,00	0,93	0,90		
Număr de sisteme unul deasupra altuia		1	2	3	
Așezat pe stelaje sau pe perete		0,89	0,86	0,84	
Aranjamente pentru care nu este necesară o reducere ¹⁾					

¹⁾ Dacă în spații strâmte sau cu grupări multiple temperatura aerului crește datorită pierderilor de căldură ale cablurilor, atunci se vor aplica factorii de corecție din tabelul A.1.21. pentru alte temperaturi ale aerului (vezi pct. A.1.4.3.2.2.3).

Tabelul A.1.23. Factori de corecție pentru gruparea în aer¹⁾.

Cabluri cu conductoare multiple și cabluri cu un conductor în curent continuu

Disponerea cablului		Spațiul intermediar = diametrul d al cablului					
Numărul de cabluri unul lângă altul		1	2	3	6	9	
Așezat pe pardoseală		0,95	0,90	0,88	0,85	0,84	
Așezat pe raft neperforat pentru cabluri (circulația aerului este împiedicată)	Număr de rafturi						
	1	0,95	0,90	0,88	0,85	0,84	
	2	0,90	0,85	0,83	0,81	0,80	
	3	0,88	0,83	0,80	0,79	0,78	
6	0,86	0,81	0,79	0,77	0,76		
Așezat pe grătar pentru cabluri (circulația aerului nu este împiedicată)	Număr de grătare						
	1	1,00	0,98	0,96	0,93	0,92	
	2	1,00	0,95	0,93	0,90	0,89	
	3	1,00	0,94	0,92	0,89	0,88	
6	1,00	0,93	0,90	0,87	0,86		
Număr de cabluri unul deasupra altuia		1	2	3	6	9	
Așezat pe stelaje sau pe perete		1,00	0,93	0,90	0,87	0,86	
Aranjamente pentru care nu este necesară o reducere ¹⁾		Orice număr de cabluri unul deasupra altuia					
Disponerea cablului		Se ating reciproc. Se ating de perete.					
Numărul de cabluri unul lângă altul		1	2	3	6	9	
Așezat pe pardoseală		0,90	0,84	0,80	0,75	0,73	
Așezat pe raft neperforat pentru cabluri (circulația aerului este împiedicată)	Număr de rafturi						
	1	0,95	0,84	0,80	0,75	0,73	
	2	0,95	0,80	0,76	0,71	0,69	
	3	0,95	0,78	0,74	0,70	0,68	
6	0,95	0,76	0,72	0,68	0,66		
Așezat pe grătar pentru cabluri (circulația aerului este împiedicată de cabluri)	Număr de grătare						
	1	0,95	0,84	0,80	0,75	0,73	
	2	0,95	0,80	0,76	0,71	0,69	
	3	0,95	0,78	0,74	0,70	0,68	
6	0,95	0,76	0,72	0,68	0,66		
Număr de cabluri suprapuse		1	2	3	6	9	
Așezat pe stelaje sau pe perete		0,95	0,78	0,73	0,68	0,66	
Disponerea cablului		Se ating reciproc. Se ating de perete.					
Aranjamente pentru care nu este necesară o reducere ¹⁾		Orice număr de cabluri unul lângă altul					

¹⁾ Dacă în spații strâmte sau cu grupări multiple temperatura aerului crește datorită pierderilor de căldură ale cablurilor, atunci se vor aplica factorii de corecție din tabelul A.1.21. pentru alte temperaturi ale aerului (vezi pct. A.1.4.3.2.2.3).

Tabelul A.1.24. Factori de corecție¹⁾. Cabluri cu conductoare multiple cu secțiunile conductoarelor de la 1,5 la 10mm². Pozare în pământ sau aer.

Numărul de conductoare încărcate	Pozare în	
	pământ	aer
5	0,70	0,75
7	0,60	0,65
10	0,50	0,55
14	0,45	0,50
19	0,40	0,45
24	0,35	0,40
40	0,30	0,35
61	0,25	0,30

¹⁾ Factorii de corecție se aplică la valorile din:

- tabelul A.1.4, coloana 10, în cazul pozării în pământ;
- tabelul A.1.5, coloana 10, în cazul pozării în aer.

Tabelul A.1.25. Temperaturile admise la scurtcircuit și densitățile nominale de curent de scurtă durată. Cablu cu conductoare de cupru.

Tipul constructiv	Temperatura de funcționare admisă	Temperatura admisă la scurtcircuit Q _t	Temperatura conductorului la începutul scurtcircuitului °C								
			90	80	70	65	60	50	40	30	20
			Densitatea nominală de curent de scurtă durată (1s)								
	°C	°C	A/mm ²								
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>
Îmbinare lipitură moale	-	160	100	108	115	119	122	129	136	143	150
Cablu cu XPLE	90	250	143	149	154	157	159	165	170	176	181
Cablu cu PE	70	150	-	-	109	113	117	124	131	138	145
Cablu cu PVC											
< 300 mm ²	70	160	-	-	115	119	122	129	136	143	150
> 300 mm ²	70	140			103	107	UI	118	126	133	140
Cablu cu hârtie impregnată											
Cablu cu câmp neradial											
0,6/1 la 3,5/6 kV	80	180	-	119	126	129	132	139	145	151	158
6/10 kV	65	165	-	-	-	121	125	132	138	145	152
Cablu cu câmp radial											
0,6 la 3,5/6 kV	80	180	-	119	126	129	132	139	145	151	158
6/10 kV	70	170	-	-	120	124	127	134	141	147	154
12/20 kV	65	155	-	-	-	116	119	127	134	141	147
18/30 kV	60	140	-	-	-	-	111	118	126	133	140

Tabelul A.1.26. Temperaturile admise la scurtcircuit și densitățile nominale de curent de scurtă durată.
Cabluri cu conductoare de aluminiu

Tipul constructiv	Temperatura admisibilă de funcționare θ_{fad}	Temperatura admisă în timpul scurtcircuitului θ_{sc}	Temperatura conductorului la începutul scurtcircuitului, °C									
			90	80	70	65	60	50	40	30	20	
			Densitatea nominală de curent de scurtă durată (1s)									
-	°C	°C	A/mm ²									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Cablu cu XPLE	90	250	94	98	102	104	105	109	113	116	120	
Cablu cu PE	70	130	-	-	72	75	77	82	87	91	96	
Cablu cu PVC												
≤ 300 mm ²	70	160	-	-	76	78	81	83	90	93	99	
> 300 mm ²	70	140	-	-	68	71	73	78	83	88	93	
Cablu cu hârtie impregnată												
Cablu cu câmp neradial												
0,6/1÷3,5/6kV	80	180	-	78	83	85	87	92	96	100	104	
6/10 kV	63	163	-	-	-	80	83	87	92	96	100	
Cablu cu câmp radial												
0,6/1÷3,5/6kV	80	180	-	78	83	85	87	92	96	100	104	
6/10 kV	70	170	-	-	80	82	84	89	93	97	102	
12/20 kV	65	133	-	-	-	77	79	84	88	93	98	
18/30 kV	60	140	-	-	-	-	73	78	83	88	93	

Căderi de tensiune. Relații de calcul. Tabele

Căderea de tensiune pe o linie de energie realizată în cablu, neglijând influența curentului capacitiv, se determină conform figurii A.2.1. și relațiilor căderii de tensiune longitudinale de mai jos:

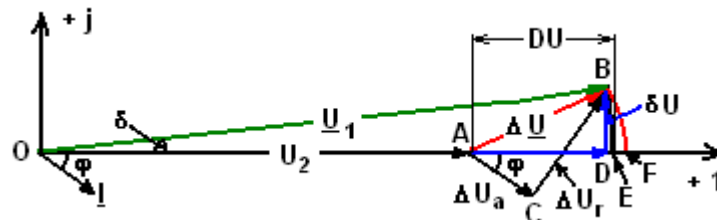


Fig. A.2.1 Diagrama fazorială

unde:

U_1 este tensiunea în punctul de racord;

U_2 - tensiunea în punctul de utilizare;

ΔU_a - căderea de tensiune activă (rezistivă);

ΔU_r - căderea de tensiune reactivă (inductivă);

$\cos\varphi$ - factorul de putere al receptorului.

În funcție de tipul rețelei considerate ΔU se determină astfel:

- la tensiune continuă: $\Delta U_{tc} = 2 \cdot R_o \cdot l \cdot I$;
- la tensiune alternativă monofazată: $\Delta U_{tam} = 2 \cdot l \cdot I \cdot (R_o \cdot \cos\varphi + \omega \cdot L_o \cdot \sin\varphi)$;
- la tensiune alternativă trifazată: $\Delta U_{tat} = \sqrt{3} \cdot l \cdot I \cdot (R_o \cdot \cos\varphi + \omega \cdot L_o \cdot \sin\varphi)$,

unde:

ΔU este căderea de tensiune de linie, în V (la tensiune alternativă trifazată se consideră între faze);

U_2 - tensiunea în punctul de utilizare;

l - lungimea liniei, în km;

R_o - rezistența specifică a unui conductor, la temperatura de funcționare, în Ω/km (se recomandă SR EN 60228:2005);

L_o - inductanța aparentă a unui conductor, în H/km;

ω - pulsația ($\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$), (unde f este frecvența curentului, Hz);

φ - defazajul introdus de receptor între curent și tensiune (a nu se confunda cu defazajul introdus de linie);

I - curentul transportat (distribuit) prin linie, în A.

Pentru caracterizarea parametrilor de material ai unui cablu aferenți liniilor (rezistența electrică R_o și reactanța specifică x_o), în absența datelor fabricantului, se pot utiliza, din literatura de specialitate, datele din tabelul A.2.1.

Inductanța aparentă a unui conductor făcând parte dintr-un cablu cu o dispoziție simetrică a conductoarelor active se calculează cu formula:

$$L_o = \left(0,05 + 0,2 \cdot \ln \frac{2 \cdot D_m}{d} \right) \cdot 10^{-3} = \left(0,05 + 0,46 \cdot \lg \frac{2 \cdot D_m}{d} \right) \cdot 10^{-3} \text{ (H/km)},$$

unde:

d este diametrul conductorului, în mm;

D_m - distanța medie geometrică între conductoare, în mm.


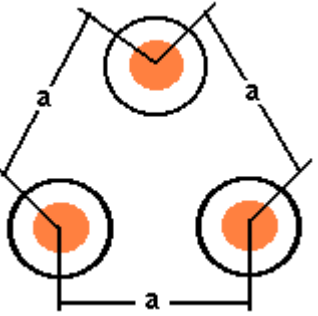

Reactanța liniei este definită prin amplificarea relației precedente cu pulsația mărimilor de stare $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f = 100 \cdot \pi$ și rezultă:

$$x_o = \left(0,0016 + 0,0628 \cdot \ln \frac{2 \cdot D_m}{d} \right) = \left(0,0016 + 0,1445 \cdot \lg \frac{2 \cdot D_m}{d} \right) [\Omega/\text{km}]$$

Tabelul A.2.1. Parametrii de material (longitudinali) ai unui cablu electric.

secțiunea conductorului mm ²	rezistența specifică Ω/km		reactanța specifică [Ω/km]								
			cabluri cu izolație de hârtie la tensiunea de:								
			Al	Cu	1	6	10	20	85	cauciuc	Dist. Conduct.
									15cm	40cm	
1	-	18,500	-	-	-	-	-	-	0,133	-	-
1,5	-	12,300	-	-	-	-	-	-	0,126	0,374	-
2,5	12,500	7,400	0,1040	-	-	-	-	-	0,116	0,358	-
4	7,810	4,630	0,0950	-	-	-	-	-	0,107	0,343	-
6	5,410	3,090	0,0900	-	-	-	-	-	0,100	0,330	-
10	3,120	1,840	0,0730	0,110	0,122	-	-	-	0,099	0,307	-
16	1,950	1,160	0,0675	0,102	0,113	-	-	-	0,095	0,293	0,354
25	1,250	0,740	0,0662	0,091	0,099	0,135	-	-	0,091	0,278	0,339
35	0,894	0,530	0,0637	0,087	0,095	0,129	-	-	0,088	0,263	0,330
50	0,625	0,370	0,0625	0,083	0,090	0,119	-	-	0,085	0,256	0,317
70	0,447	0,265	0,0612	0,080	0,086	0,116	0,137	-	0,082	0,245	0,307
95	0,329	0,195	0,0602	0,078	0,083	0,110	0,126	-	0,081	0,236	0,297
120	0,261	0,154	0,0600	0,076	0,081	0,107	0,120	-	0,080	0,229	0,293
150	0,208	0,124	0,0596	0,074	0,079	0,104	0,116	-	0,079	0,222	0,283
185	0,169	0,100	0,0596	0,073	0,077	0,101	0,113	-	0,078	0,215	-
240	0,130	0,077	0,0587	0,071	0,075	-	-	-	0,077	0,213	-

Tabelul A.2.2. Distanța medie geometrică a liniilor la diferite dispoziții constructive.

Sistem	Dispoziție constructivă	Distanța medie
monofazat		$D_m = a$
trifazat dispus în triunghi		$D_m = a$
trifazat dispus coliniar		$D_m = a \cdot \sqrt[3]{2} = 1,26 \cdot a$

Pentru cablurile cu armături magnetice peste ansamblul fazelor, se consideră că inductanța proprie a conductoarelor crește cu aproximativ 10%.

În figura A.2.2 se indică reactanța specifică a unei linii electrice funcție de dispoziția constructivă a conductoarelor liniei, redată de relația următoare:

$$x_o = f\left(\frac{D_m}{d}\right)$$

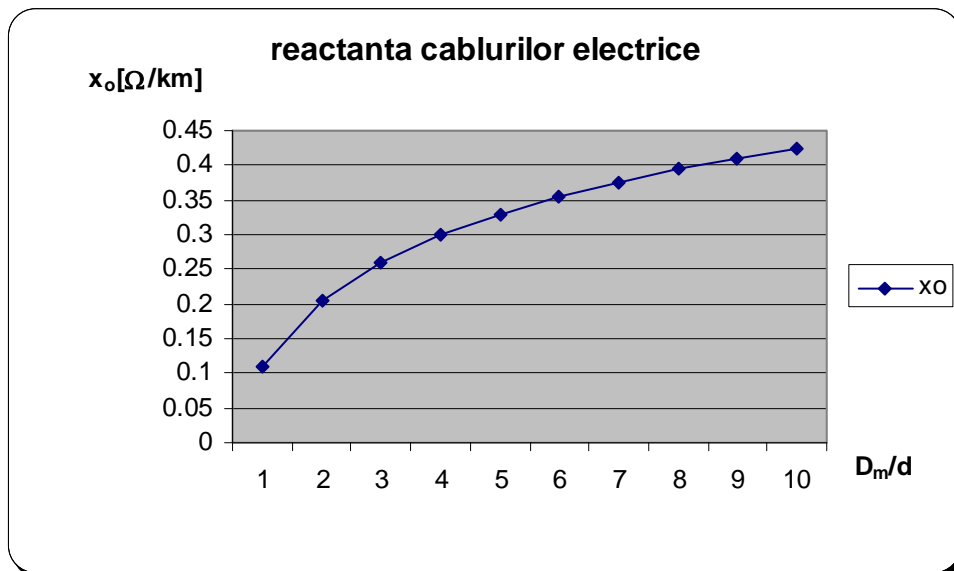


Fig.A.2.2. Reactanța specifică a unui cablu electric.

Pentru calculele curenți de verificare a secțiunii cablurilor de joasă tensiune cu conductoare din **cupru** sau **aluminiiu** se pot utiliza graficele alăturate de determinare a căderii de tensiune, în funcție de produsul $I \times l$ și factorul de putere $\cos\phi$, pentru situațiile:

- **cazul 1:** $\cos\phi = 0,9$ (cazul obișnuit al rețelelor de distribuție publică);
- **cazul 2:** $\cos\phi = 0,8$ (valoarea uzuală în lipsa unor indicații precise);
- **cazul 3:** $\cos\phi = 0,35$ (valoarea medie corespunzătoare regimului de pornire a motoarelor).

Pentru **cazul 1** căderea de tensiune (între faze), dacă linia este din cablu cu trei conductoare, de joasă tensiune și la factor de putere ($\cos\phi = 0,9$), se obțin căderile de tensiune din tabelele A.2.2, A.2.3 și figurile A.2.3, A.2.4.

Tabel A.2.2. Căderi de tensiune ΔU pentru o linie trifazată în cablu cu conductoare din **cupru**

s mm ²	I·l A·km	ΔU [V]									
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
4											
6											
10		28,35									
16		17,72	35,43								
25		11,34	22,68	34,02							
35		8,10	16,20	24,30	32,40						
50		5,67	11,34	17,01	22,68	28,36	34,03	39,70			
70		4,05	8,10	12,15	16,21	20,26	24,31	28,36	32,41	36,46	
95		2,99	5,97	8,96	11,94	14,93	17,92	20,90	23,89	26,87	29,86
120		2,36	4,73	7,09	9,46	11,82	14,19	16,55	18,92	21,28	23,65
150		1,89	3,78	5,68	7,57	9,46	11,35	13,25	15,14	17,03	18,92
185		1,53	3,07	4,60	6,14	7,67	9,21	10,74	12,28	13,81	15,35
240		1,18	2,37	3,55	4,73	5,92	7,10	8,29	9,47	10,65	11,84
300		0,95	1,89	2,84	3,79	4,74	5,68	6,63	7,58	8,53	9,47

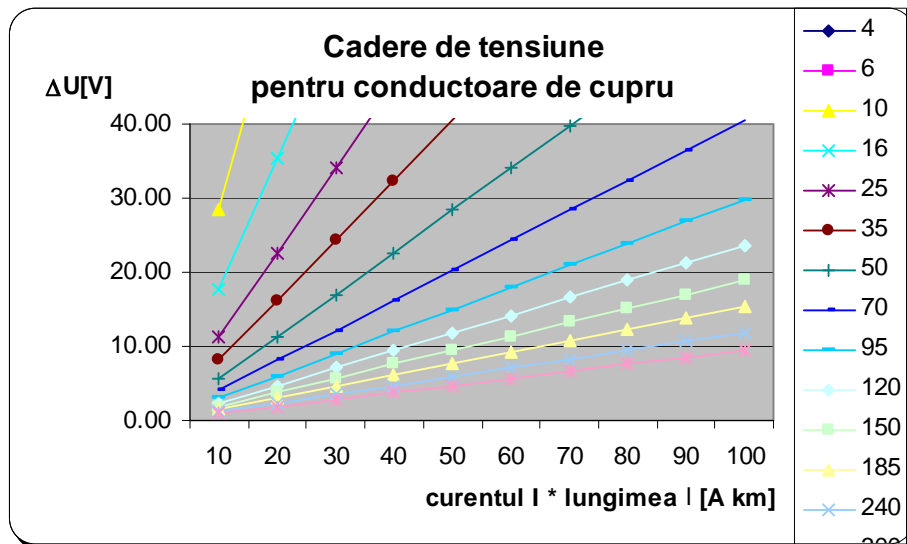


Fig.A.2.3. Căderi de tensiune pentru cabluri trifazate din **cupru**

Tabel A.2.3. Căderi de tensiune pentru o linie trifazată în cablu cu conductoare din **aluminiiu**

s mm ²	I·l A·km	ΔU [V]												
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100			
4														
6														
10														
16		27,84												
25		17,82	35,64											
35		12,73	25,46	38,18										
50		8,91	17,82	26,73	35,64									
70		6,37	12,73	19,10	25,46	31,83	38,19							
95		4,69	9,38	14,07	18,76	23,45	28,15	32,84	37,53					
120		3,71	7,43	11,14	14,86	18,57	22,29	26,00	29,71	33,43	37,14			
150		2,97	5,94	8,92	11,89	14,86	17,83	20,80	23,77	26,75	29,72			
185		2,41	4,82	7,23	9,64	12,05	14,46	16,87	19,28	21,69	24,10			
240		1,86	3,72	5,58	7,43	9,29	11,15	13,01	14,87	16,73	18,58			
300		1,49	2,97	4,46	5,95	7,44	8,92	10,41	11,90	13,39	14,87			

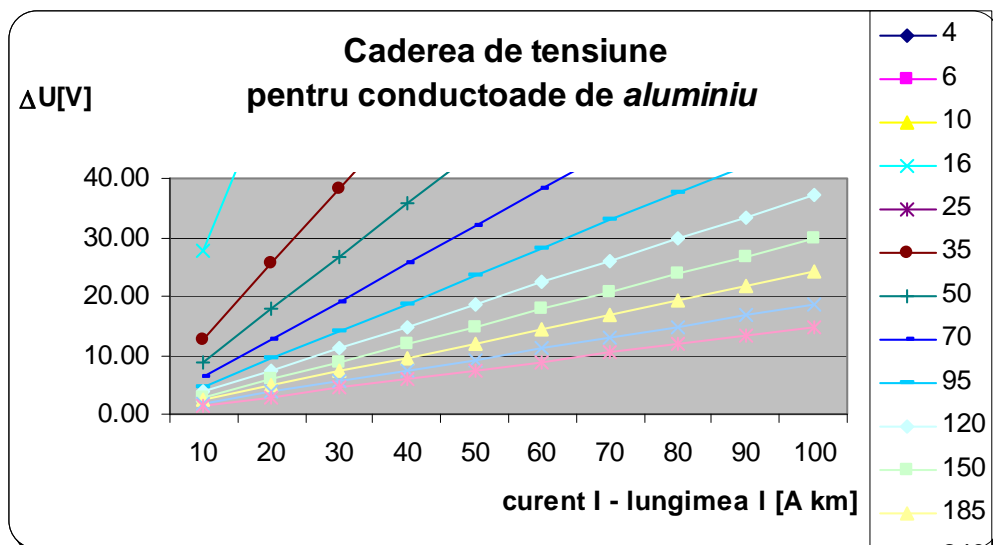


Fig.A.2.4. Căderi de tensiune pentru cabluri trifazate din **aluminiiu**

Pentru **cazul 2** căderea de tensiune (între faze), dacă linia este din cablu cu trei conductoare, de joasă tensiune și la factor de putere ($\cos\phi = 0,8$), se obțin căderile de tensiune din tabelele A.2.4, A.2.5 și figurile A.2.5, A.2.6.

Tabel A.2.4. Căderi de tensiune pentru o linie trifazată în cablu cu conductoare din **cupru**

s mm ²	I·l A·km	ΔU [V]									
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
4											
6											
10	25,20										
16	15,75	31,50									
25	10,08	20,16	30,24								
35	7,20	14,40	21,61	28,81	36,01						
50	5,04	10,08	15,13	20,17	25,21	30,25	35,30				
70	3,60	7,21	10,81	14,41	18,01	21,62	25,22	28,82	32,42	36,03	
95	2,66	5,31	7,97	10,62	13,28	15,93	18,59	21,24	23,90	26,56	
120	2,10	4,21	6,31	8,41	10,52	12,62	14,72	16,82	18,93	21,03	
150	1,68	3,37	5,05	6,73	8,42	10,10	11,78	13,47	15,15	16,83	
185	1,37	2,73	4,10	5,46	6,83	8,19	9,56	10,92	12,29	13,65	
240	1,05	2,11	3,16	4,21	5,27	6,32	7,37	8,43	9,48	10,53	
300	0,84	1,69	2,53	3,37	4,22	5,06	5,90	6,75	7,59	8,43	

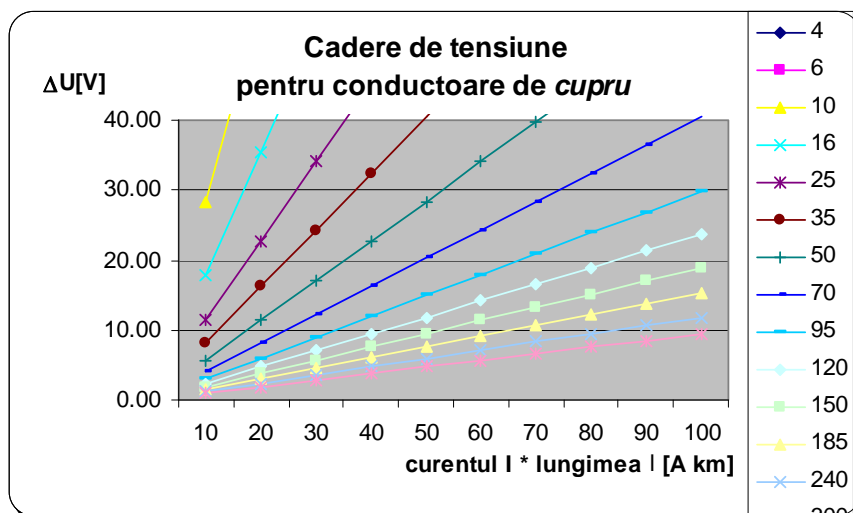


Fig.A.2.5. Căderi de tensiune pentru cabluri trifazate din **cupru**

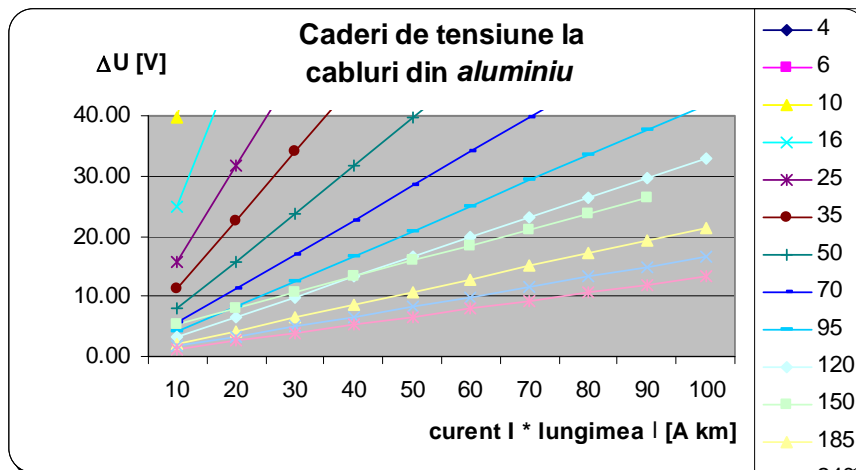


Fig.A.2.6. Căderi de tensiune pentru cabluri trifazate din **aluminiiu**

Tabel A.2.5. Căderi de tensiune pentru o linie trifazată în cablu cu conductoare din **aluminiu**

s mm ²	I·l A·km	ΔU [V]									
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
4											
6											
10		39,59									
16		24,75									
25		15,84	31,68								
35		11,31	22,63	33,94							
50		7,92	15,84	23,76	31,69	39,61					
70		5,66	11,32	16,98	22,64	28,30	33,96	39,62			
95		4,17	8,34	12,51	16,68	20,85	25,03	29,20	33,37	37,54	
120		3,30	6,61	9,91	13,21	16,51	19,82	23,12	26,42	29,73	33,03
150		2,64	5,29	7,93	10,57	13,21	15,86	18,50	21,14	23,79	26,43
185		2,14	4,29	6,43	8,57	10,72	12,86	15,01	17,15	19,29	21,44
240		1,65	3,31	4,96	6,61	8,27	9,92	11,57	13,23	14,88	16,53
300		1,32	2,65	3,97	5,29	6,62	7,94	9,26	10,59	11,91	13,23

Pentru **cazul 3** căderea de tensiune (între faze), dacă linia este din cablu cu trei conductoare, de joasă tensiune și la factor de putere (cosφ = 0,35), se obțin căderile de tensiune din tabellele A.2.6, A.2.7 și figurile A.2.7, A.2.8.

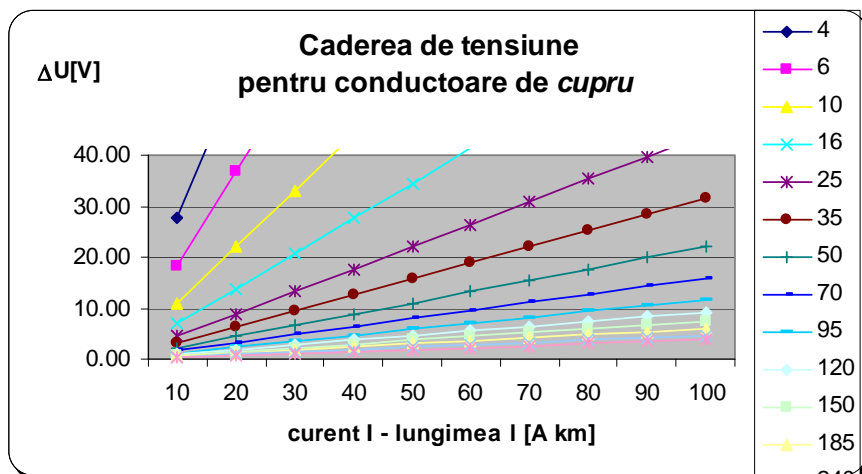


Fig.A.2.7. Căderi de tensiune pentru cabluri trifazate din **cupru**

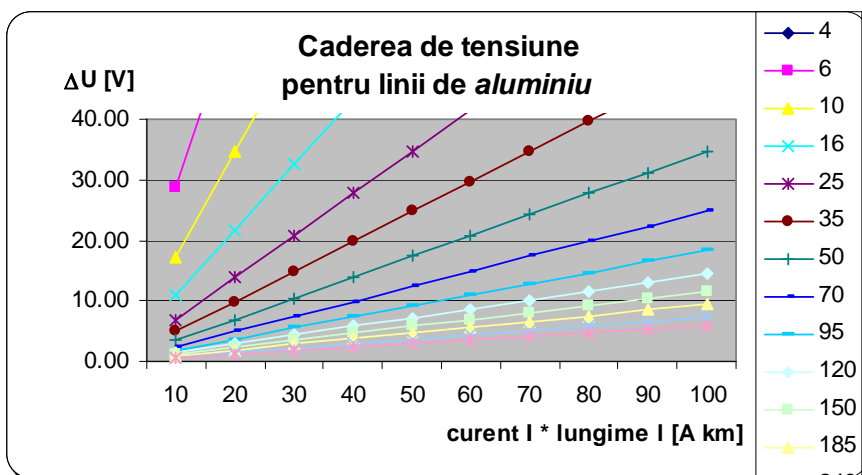


Fig.A.2.8. Căderi de tensiune pentru cabluri trifazate din **aluminiu**

Tabel A.2.6. Căderi de tensiune pentru o linie trifazată în cablu cu conductoare din **cupru**

s mm ²	I·l A·km	ΔU [V]									
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
4		27,56									
6		18,38	36,75								
10		11,03	22,06	33,08							
16		6,89	13,79	20,68	27,58	34,47					
25		4,41	8,83	13,24	17,66	22,07	26,49	30,90	35,32	39,73	
35		3,15	6,31	9,46	12,62	15,77	18,93	22,08	25,24	28,39	31,55
50		2,21	4,42	6,63	8,84	11,05	13,26	15,47	17,68	19,89	22,10
70		1,58	3,16	4,74	6,32	7,90	9,48	11,06	12,64	14,22	15,80
95		1,17	2,33	3,50	4,66	5,83	7,00	8,16	9,33	10,49	11,66
120		0,92	1,85	2,77	3,70	4,62	5,55	6,47	7,39	8,32	9,24
150		0,74	1,48	2,22	2,96	3,70	4,44	5,18	5,92	6,66	7,40
185		0,60	1,20	1,80	2,41	3,01	3,61	4,21	4,81	5,41	6,01
240		0,46	0,93	1,39	1,86	2,32	2,79	3,25	3,72	4,18	4,65
300		0,37	0,75	1,12	1,49	1,87	2,24	2,61	2,98	3,36	3,73

Tabel A.2.7. Căderi de tensiune pentru o linie trifazată în cablu cu conductoare din **aluminu**



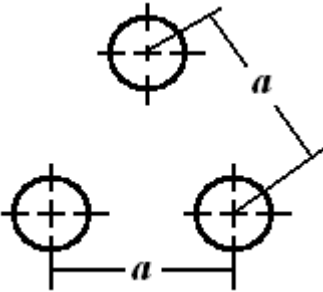
s mm ²	I·l A·km	ΔU [V]									
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
4											
6		28,87									
10		17,33	34,65								
16		10,83	21,66	32,49							
25		6,93	13,87	20,80	27,74	34,67					
35		4,95	9,91	14,86	19,82	24,77	29,73	34,68	39,64		
50		3,47	6,94	10,41	13,88	17,35	20,82	24,29	27,76	31,23	34,70
70		2,48	4,96	7,44	9,92	12,40	14,88	17,36	19,84	22,32	24,80
95		1,83	3,66	5,49	7,32	9,14	10,97	12,80	14,63	16,46	18,29
120		1,45	2,90	4,35	5,80	7,25	8,69	10,14	11,59	13,04	14,49
150		1,16	2,32	3,48	4,64	5,80	6,96	8,12	9,28	10,44	11,60
185		0,94	1,88	2,83	3,77	4,71	5,65	6,59	7,54	8,48	9,42
240		0,73	1,45	2,18	2,91	3,64	4,36	5,09	5,82	6,55	7,27
300		0,58	1,17	1,75	2,33	2,92	3,50	4,08	4,66	5,25	5,83

Notă: Pentru obținerea căderi de tensiune în monofazat se multiplică valorile lui ΔU cu $\frac{2}{\sqrt{3}} = 1,15$

Forțe electrodinamice. Relații de calcul. Tabele

Eforturile electrodinamice F care apar în conductoarele cablurilor monopolare se calculează cu relațiile din tabelul de mai jos.

Tabelul A.3.1. Relații de calcul ale forțelor electrodinamice în cazul scurtcircuitelor nete

Scurtcircuitul	Dispoziția conductoarelor	Relația de calcul a forței, Nm
Bifazat		$F = 2 \cdot \frac{i_{p2}^2}{a} \cdot 10^{-7}$
Trifazat		$F = \sqrt{3} \cdot \frac{i_{p3}^2}{a} \cdot 10^{-7}$
		

unde:

i_{p2} (i_{p3}) reprezintă valoarea de vârf a curentului în cazul unui scurtcircuit bifazat (respectiv trifazat simetric), în (A).

a - distanța între conductoarele cablului (m).

Distanța d între punctele de fixare a cablului se determină cu relația:

$$d = K \cdot D \cdot 10^{-2}, \text{ în m}$$

unde:

D este diametrul exterior al cablului (mm);

K - coeficientul în funcție de valoarea forței electrodinamice și natura izolației cablului, având valorile din tabelul A.3.2.

Tabelul A.3.2. Valoarea forței electrodinamice F și ale coeficientului K , pentru două tipuri de izolație ale cablurilor electrice

$F \cdot 10^{-3}, N$	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1	2	4	6	8	10	20	30	
K	PVC	11	10	9	8,5	8	7,5	6,5	5	4,2	3,8	3,6	2,7	2,3
	PE (*)	32	28	26	24	23	22	18	14	13	11	10	8	7

(*) este polietilenă

Datele din tabelul A.3.2 conduc la graficul din figura A.3.1 a dependenței forței electrodinamice F funcție de constanta K , rezultând regresiiile coeficienților K funcție de forța electrodinamică:

izolație din PE: $K_{PE} = -2,0934 \cdot F + 32,808$ cu abaterea medie pătratică $\sigma^2 = 0,9826$

izolație din PVC $K_{PVC} = -4,9075 \cdot \ln F + 11,821$ cu abaterea medie pătratică $\sigma^2 = 0,6807$

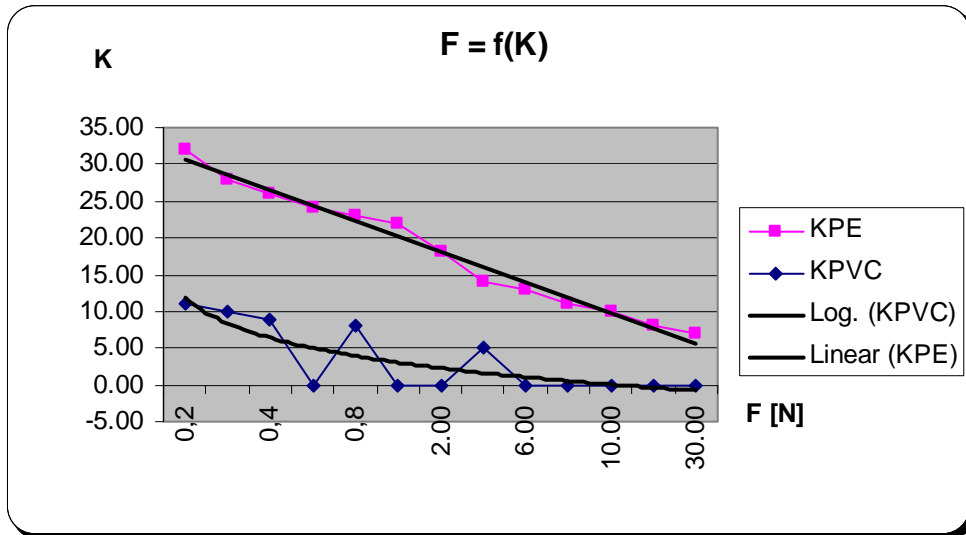


Figura A.3.1 Dependența $F = f(K)$ pentru cabluri electrice

Diferențe de nivel maxime admisibile la pozarea cablurilor

În această anexă se prezintă diferențele maxime de nivel pentru *cabluri cu izolație de hârtie impregnată cu masă electroizolantă normală*.

Cablurile izolate cu hârtie impregnați cu masă izolantă normală pot fi utilizate la pozarea verticală, dacă diferența de nivel a traseului nu depășește valorile indicate în tabelul de mai jos. Aceste valori sunt valabile pentru capetele cablului (de exemplu, la pozarea pe stâlpi), la care prin terminalele corespunzătoare trebuie să fie asigurată impregnarea suplimentară a izolației.

La trasee în pantă de maximum 4% nu există nici o limitare pentru cablurile izolate cu hârtie. La o pantă de până la maximum 10%, tronsoanele de traseu nu trebuie să depășească 500m.

Dacă valorile traseului de pozare în pantă sau verticală sunt depășite, atunci se vor utiliza cabluri cu izolație sintetică, cabluri izolate cu hârtie impregnată cu masă specială sau cabluri izolate cu hârtie prevăzute cu manșoane de stopaj.

Tabelul A.4.1. Diferența maximă de nivel pentru cabluri cu izolație de hârtie impregnată cu masă electroizolantă normală.

Tipul cablului	Tensiunea nominală U_0 / U	Diferența maximă de nivel
-	kV/kV	m
Cabluri cu centură și cabluri cu ecran pe învelișul izolant	până la 3,6/6	50
	6/10	20
Cabluri cu trei mantale	pană la 6/10	30
	12/20 până la 18/30	15

Raze minime de curbură admisibile la pozarea și manevrarea cablurilor

1. Valori orientative pentru razele minime de curbură admisibile la pozarea și manevrarea cablurilor, în lipsa indicațiilor fabricantului, sunt date în tabelul de mai jos.

Tabelul A.5.1. Valori orientative pentru razele minime de curbură admisibile la pozarea și manevrarea cablurilor

Numărul de conductoare din cablu	Cablu izolat cu hârtie		Cablu izolat cu material sintetic	
	cu manta din Pb sau cu manta ondulată din Al	cu manta netedă din Al	$U_0 = 0,6 \text{ kV}$	$U_0 > 0,6 \text{ kV}$
un conductor într-un cablu	$25 \cdot d$	$30 \cdot d$	$15 \cdot d$	$15 \cdot d$
mai multe conductoare într-un cablu	$15 \cdot d$	$25 \cdot d$	$12 \cdot d$	$15 \cdot d$

d - diametrul cablului

2. La o îndoire unică (ce nu se mai repetă), de exemplu, înaintea realizării cutiei terminale, în cazuri extreme, raza de curbură poate fi redusă la jumătate, dacă este stabilit în mod sigur procesul tehnologic de specialitate (încălzirea peste 30°C , îndoirea după șablon).

A. Tragerea mecanizată a cablurilor. Metode de tragere, eforturi admisibile

1. La tragerea mecanizată a cablurilor (cu troliu sau mașini de tragere) este necesar să se verifice dacă efortul de tracțiune nu depășește valorile admisibile pentru tipul de cablu considerat, conform tabelului care urmează.
2. Pentru tragerea cablurilor cu ajutorul capului de tragere de conductoare se admit următoarele tensiuni maxime de tracțiune (conform DIN57298):
 - a) Cablu cu conductoare din cupru $\sigma = 50 \text{ N/mm}^2$;
 - b) Cablu cu conductoare din aluminiu $\sigma = 30 \text{ N/mm}^2$.

Cu aceste valori este sigur că alungirea de 0,2 %, admisă pentru materialul conductorului, nu se depășește. Forța maximă de tracțiune ($F_{t \text{ adm}}$) se determină luând în calcul suma secțiunilor nominale (s) ale conductoarelor, la care se admite să nu se ia în considerare ecranul și conductorul concentric.

$$F_{t \text{ adm}} = \sigma \cdot s \quad (\text{A.6.1})$$

în această relație se dau:

$F_{t \text{ adm}}$ este forța de tracțiune, în N;

σ - efortul transversal de tracțiune, în N/mm^2 ;

s - secțiunea transversală a cablurilor sistemului de tracțiune, în mm^2 .

3. Pentru tragerea cu ajutorul ciorapului a cablurilor cu izolație din materiale sintetice, fără manta metalică și fără armătură, forța de tracțiune de la ciorapul de tragere se transferă, prin contact forțat, la conductor. De aceea, sunt valabile pentru acest caz aceleași solicitări la tracțiune ca la pct.2.

Pentru tragerea cablurilor cu manta metalică ori cu armături sau cu manta metalică și cu armătură, această forță nu se transmite în întregime conductoarelor. Totuși, elementele de construcție amintite mai înainte contribuie la rezistența la tracțiunea a cablului. Aceste relații se iau în considerare la determinarea solicitării admise la tracțiune, în funcție de diametrul (D) al cablurilor, prin utilizarea unei formule stabilite empiric.

$$F_{t \text{ adm}} = K \cdot D^2 \quad (\text{A.6.2})$$

în această relație se dau:

$F_{t \text{ adm}}$ este forța de tracțiune, în N;

K – factor (constantă), în N/mm^2 ;

D – diametrul exterior al cablului, în mm.

Factorul K este dependent de construcția cablului (tabelul A.6.1). Pentru cablul cu armătură specială (armătură rezistentă la tracțiune), rezistența la tracțiune a cablului se determină separat.

4. La pozarea simultană a trei cabluri monofazate cu un ciorap comun sunt valabile aceleași solicitări la tracțiune ca și la pct. 2 la care pentru calculul forței admisibile de tragere se poate lua ca bază un număr de trei cabluri, în cazul a trei cabluri monofazate cu conductor multifilar (funie), și un număr de două cabluri, în cazul a trei cabluri monofazate cu conductor monofilar.

5. Este necesar să se acorde atenție la următoarele situații:

Pentru pozare se va amenaja un traseu de cabluri care să aibă curbe bine realizate și prevăzute cu un număr suficient de mare de role. Aici trebuie să se acorde o importanță deosebită ca raza de încovoiere să nu fie mai mică decât cea admisă (vezi *Anexa 5*). Pentru tragere, în special a cablurilor cu lungime mai mare, este necesar ca forța de tracțiune care se manifestă la tragere să fie supravegheată în permanență cu un dinamometru corespunzător (dacă este posibil cu un aparat înregistrator). La atingerea forței de tracțiune admisibile calculate, să se întrerupă automat tracțiunea (de exemplu, printr-o cuplă magnetică). Trebuie deci ca, în cazuri individuale, să se verifice cu ce măsuri suplimentare se pot reduce solicitările la tracțiune prea mare.

6. Pentru calculul forței de tracțiune admisibile sunt valabile datele din tabelul A.6.1.

Tabelul A.6.1. Stabilirea forței de tracțiune admisibile.

Metode de tragere	Tipul de cablu	Formula	Factorul
1	2	3	4
Cu cap de tragere pe conductoare	Toate tipurile de cabluri	$F_{t adm} = \sigma \cdot s$	$\sigma = 50 \text{ N/mm}^2$ (conductor din Cu) $\sigma = 30 \text{ N/mm}^2$ (conductor din Al)
Cu ciorap de tragere	Cablu cu izolație din material sintetic, fără mană metalică și fără armătură	$F_{t adm} = \sigma \cdot s$	$\sigma = 50 \text{ N/mm}^2$ (conductor din Cu) $\sigma = 30 \text{ N/mm}^2$ (conductor din Al)
	Toate cablurile armate cu sârmă	$F_{t adm} = K \cdot D^2$	$K = 9 \text{ N/mm}^2$
	Cabluri fără armătură rezistență la tracțiune: - cablu cu o manta - cablu cu 3 mantale	$F_{t adm} = K \cdot D^2$ $F_{t adm} = K \cdot D^2$	$K = 3 \text{ N/mm}^2$ $K = 1 \text{ N/mm}^2$

Valoarea efortului de tragere depinde de numeroși parametri care pot fi determinați cu precizie, cum ar fi coeficientul de frecare real, influența schimbărilor de direcție etc. Valoarea aproximativă este dată de relația: $F_t = \mu \cdot g \cdot l$

în care:

F_t este forța de tracțiune, în N;

g - greutatea pe unitate de lungime a cablului sau a cablurilor trase simultan, în N/m;

μ - coeficientul de frecare având, pentru câteva din cazurile uzuale de tragere mecanizată, valorile orientative indicate în tabelul de mai jos;

1 - lungimea de calcul a traseului în amonte de punctul considerat pentru calcul, în m.

Tabelul A.6.2. Valorile coeficienților de frecare μ la tragerea cablurilor

Traseul cablului	Amestecul de ungere pe cablu	μ
Sant deschis cu tragere pe role	-	0.10-0.20
Traversări în tuburi de ciment	-	0.40-0.50
Traversări în tuburi de ciment	Talc cu apă	0.30
Traversări în tuburi de ciment	Bentonită cu apă	0.20
Traversări în tuburi PVC	-	0.30
Traversări în tuburi PVC	Talc cu apă	0.20-0.25
Traversări în tuburi PVC	Bentonită cu apă	0.15-0.20

Tabelul A.6.3. Valoarea orientativă a coeficientului de frecare μ , funcție de modul de instalare

Modul de instalare	Valoarea orientativă a coeficientului μ	Observații
1	2	3
1. Tragerea în șanțuri pe role (portante și de colț) care se mișcă ușor pe trasee:		
- drepte sau curbe neînsemnate	0,5...0,2	
- cu 1 sau 2 curbe de câte 90°	0,2 ...0,4	
- cu 3 curbe de 90°	0,4...0,6	
2. Tragere în tuburi:		
- din PVC	0,5	Valori pentru cabluri cu înveliș exterior din PVC
- din polietilenă	0,3	

Notă. în cazul în care printr-un tub se trag simultan 3 cabluri, coeficientul de frecare se amplifică cu un coeficient aparținând domeniului (1,3 ÷ 1,4) pentru a ține seama de interacțiunea dintre cabluri.

În cazul tragerii în șanțuri sau pe trasee drepte în tuburi, lungimea de calcul se consideră egală cu cea reală. în cazul tragerii în tuburi cu porțiuni înclinate sau curbe, lungimea de calcul se determină din aproape în aproape, pornind de la intrarea în tub și ținând seama de următoarele reguli:

a) pe traseu înclinat conform Fig.A 6.1

$$l = x \cdot \left(\cos \alpha + \frac{\sin \alpha}{\mu} \right) \quad (\text{A.6.3})$$

x = lungimea reală;

$\alpha > 0$, dacă tragerea se face în sus;

$\alpha < 0$, dacă tragerea se face în jos.

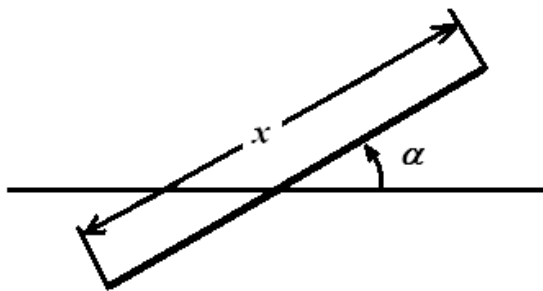


Fig. A.6. 1 Traseu drept în plan orizontal

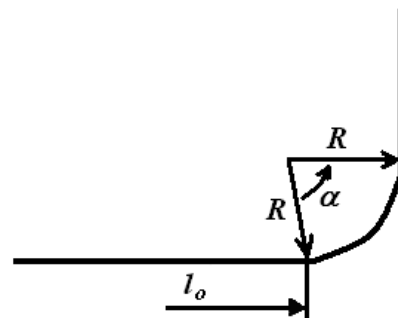


Fig. A.6.2 Traseu curbiliniu în plan orizontal

b) după o curbă (în plan orizontal) conform Fig.A 6.2

$$l = l_0 \cdot \operatorname{ch}(\mu \cdot \alpha) + \operatorname{sh}(\mu \cdot \alpha) \cdot \sqrt{l_0^2 + \left(\frac{R}{\alpha}\right)^2} \quad (\text{A.6.4})$$

l_0 – lungimea de calcul a traseului în tub înainte de curbă, în m;

α – unghiul de curbură, în radiani;

R – raza de curbură, în m.

Dacă:

$$\frac{\mu \cdot t_0}{R} \geq 10 \quad (\text{A.6.5})$$

se poate considera

$$t = t_0 \cdot e^{\mu \alpha} \quad (\text{A.6.6})$$

În cazul curbelor în plan vertical, relațiile sunt foarte complexe, depășind cadrul prezentului normativ.

Verificarea în timpul pozării a nedepășirii eforturilor maxime admise se face prin montarea de dinamometre, în cazat tragerii cu troliu, sau prin dispozitive de siguranță mecanică, care să întrerupă tragerea la atingerea eforturilor maxime, în cazul utilizării mașinilor de tragere.

B. Calculul forțelor de tragere la pozarea mecanizată a cablurilor

Tragerea mecanizată a cablurilor se poate face cu ajutorul unui ciorap aplicând forța de tragere în cea mai mare parte mantalei și învelișului exterior al cablului sau cu ajutorul unui cap special de tragere, în care caz forța de tragere se aplică direct conductoarelor.

Este necesar să se verifice dacă efortul de tracțiune nu depășește valorile admisibile pentru tipul de cablu avut în vedere.

În cazul ciorapului de tragere efortul maxim admisibil se calculează ca relația A.6.2:

În cazul capului de tragere se folosește relația A.6.1.:

Forța de tragere în cazul cablului se calculează astfel:

1) *Pe traseu drept neînclinat:*

$$F_t = F_o + \mu \cdot G \cdot L, \text{ daN} \quad (\text{A.6.7})$$

$F_o \in [100; 150]$ daN este forța necesară învârtirii tamburului;

G - greutatea liniară a cablului, în daN/m;

L - lungimea de calcul a traseului în amonte de punctul considerat pentru calcul, în m;

μ - coeficientul de frecare, având valorile orientative din tabelul A.6.2 sau din A.6.1.

2) *Pe traseu înclinat:*

dacă tragerea se face în sus:

$$F_t = F_o + G \cdot L \cdot (\mu \cdot \cos \alpha + \sin \alpha) \quad (\text{A.6.8})$$

Dacă tragerea se face în jos:

$$F_t = F_o + G \cdot L \cdot (\mu \cdot \cos \alpha - \sin \alpha) \quad (\text{A.6.9})$$

α este unghiul pantei cu orizontala.

3) *La tragerea după o curbă (în plan orizontal):*

$$F_e = \mu \cdot G \cdot [ch(\mu \cdot \alpha) + sh(\mu \cdot \alpha)] \cdot \sqrt{L_i^2 + (R/\mu)^2} \text{ sau} \quad (\text{A.6.10})$$

$$F_e = \mu \cdot G \cdot L_i \cdot [ch(\mu \cdot \alpha) + sh(\mu \cdot \alpha)] \cdot \sqrt{1 + [R/(\mu \cdot L_i)]^2} \text{ sau} \quad (\text{A.6.11})$$

$$F_e = F_i \cdot [ch(\mu \cdot \alpha) + sh(\mu \cdot \alpha)] \cdot \sqrt{1 + [R/(\mu \cdot L_i)]^2} \quad (\text{A.6.12})$$

F_e este forța de tragere la ieșirea din curbă, în daN;

F_i - forța de tragere la intrarea în curbă, în daN;

L_i - lungimea de calcul a traseului înainte de curbă, în m;

α - unghiul de curbură, în rad;

R - raza de curbură, în m.

În cazul în care $\mu \cdot L/R \geq 10$, se poate neglija termenul $(R/\mu \cdot L)^2$ și având în vedere că:

$$ch(\mu \cdot \alpha) = \frac{e^{\mu \cdot \alpha} + e^{-\mu \cdot \alpha}}{2} \text{ și } sh(\mu \cdot \alpha) = \frac{e^{\mu \cdot \alpha} - e^{-\mu \cdot \alpha}}{2} \quad (\text{A.6.13})$$

rezultă formula simplificată aproximativă:

$$F_e = F_i \cdot e^{\mu \cdot \alpha} \quad (\text{A.6.14})$$

care se poate folosi în majoritatea cazurilor.

În cazul curbelor este necesar să avem în vedere și forțele radiale, care nu trebuie să depășească:

$\sigma_{a \text{ Pb}} = 50 \text{ daN/rolă}$ la cabluri cu manta de plumb;

$\sigma_{a \text{ Al}} = 100 \text{ daN/rolă}$ la cablurile cu manta de aluminiu.

Forța radială se poate calcula cu relația:

$$F_R = F_e / R \quad (\text{A.6.15})$$

F_e - forța la ieșirea din curbă, în daN;

R - raza de curbură impusa de furnizor sau prevăzută în tabelul A.6.2.

Tabelul A.7.1. Rezistența termică specifică a solului (Valori orientative).

Natura solului	Rezistența termică specifică $^{\circ}\text{C}\cdot\text{cm}/\text{W}$
Cuarț	11
Granit	25
Rocă dură (granit, bazalt etc.)	35
Calcar	45
Pământ argilos	65
Teren nisipos, cu humă sau lut	
Rocă poroasă (calcar, gresie etc.)	60
Pământ nisipos 8% umiditate	60
Pământ nisipos uscat	95
Nisip umed (saturat - îmbibat cu apă)	55
Teren umed sau mlăștinos	50
Nisip cu 20% umiditate	75
Nisip cu 10% umiditate	105
Nisip uscat (0% umiditate)	310
Teren obișnuit uscat	
Teren umplut cu zgură, uscat	550

Instalația fixă cu apă pulverizată pentru stingerea prin răcire a incendiilor în gospodăria de cabluri

Alimentarea cu apă se face conform „Normelor generale de protecție împotriva incendiilor la proiectarea și realizarea construcțiilor și instalațiilor” și STAS 1478, cu următoarele precizări:

1. Alegerea duzelor de pulverizare

Se vor alege numai duze omologate în acest scop, cu participarea M.I. – Comandamentul pompierilor.

2. Montarea duzelor de pulverizare

Înclinarea duzelor pe verticală va fi astfel aleasă, încât, de regulă, conul de stropire să cuprindă întregul șir de rastele sau console suprapuse ale unui flux de cabluri.

Poziția de montare a duzelor va fi astfel aleasă, încât direcția de stropire să fie de sus în jos (înclinarea cuprinsă între 10-30°). Se va evita montarea cu direcția de stropire de jos în sus, pentru a se feri de înfundare prin depuneri a orificiilor de stropire.

3. Debitul și rezerva de apă

Intensitatea minimă de stropire este 0,2 l/sm², în care suprafața de stropire se consideră suprafața laterală a șirului de rastele sau console suprapuse a unui flux de cabluri.

Rezerva de apă necesară pentru stingerea incendiilor în încăperile de cabluri trebuie astfel calculată, încât să asigure stropirea timp de 20 minute (se consideră încăperea cea mai mare). La realizarea încăperilor de cabluri, respectiv a tronsoanelor de stropire, se va avea în vedere ca debitul rezultat pe o încăpere (tronson) să nu depășească, de regulă, 50 l/s.

În cazul în care există încăperi care necesită un debit total mai mare de 50 l/s, se admite împărțirea instalației de stingere din aceste încăperi în două sau mai multe tronsoane de stropire, astfel încât debitul tronsonului celui mai mare din încăpere să nu depășească 50 l/s. În cazul încăperilor de cabluri cu suprafețe de peste 700 m² (Art. 66, lit. b), se admite utilizarea unor debite de 200 l/s pe încăpere sau tronson. În acest caz, cantitatea de apă necesară va fi astfel calculată încât să asigure funcționarea succesivă timp de câte 20 minute a două tronsoane alăturate. La limita fiecărui tronson de stropire trebuie să se prevadă separări transversale (dopuri) ignifuge pe fluxurile de cabluri din încăperea respectivă.

4. Conductele instalației de stins incendii

Conductele principale (inclusiv armăturile) de alimentare a rețelelor purtătoare de duze ale tronsoanelor de pulverizare (montate între vanele individuale de acționare și rețeaua care constituie sursa de alimentare cu apă a instalației de stingere), fiind umplute în permanență cu apă, vor fi protejate împotriva înghețării apei.

Rețeaua conductelor principale de alimentare a instalațiilor de stingere va fi, de regulă, inelară.

Conductele purtătoare de duze pulverizatoare vor fi din oțel galvanizat.

Armăturile și piesele fasonate vor fi, de asemenea, din oțel galvanizat sau din fontă maleabilă.

Amplasarea organelor de comandă (ventile, vane etc.) se va face în locuri ferite de pericol de incendiu.

Imediat după vanele de acționare se va prevedea câte un manometru pe fiecare tronson de stropire, pentru a se putea verifica presiunea apei după deschiderea vanei.

5. Pompele pentru ridicarea presiunii

Pompele pentru ridicarea presiunii în instalația fixă de stins incendiu în încăperile de cabluri vor fi acționate, de regulă, cu motoare electrice. Se va prevedea și o pompă de rezervă, egală cu cea mai mare pompă din grupul celor în funcțiune.

Tabloul stației de pompe pentru instalația de stins incendiul cu apă pulverizată va avea dublă alimentare cu energie electrică, una de lucru și una de rezervă, pe două trasee diferite, de exemplu, în două fluxuri separate de cabluri astfel stabilite, încât să nu poată fi afectate concomitent de un incendiu în gospodăria de cabluri pe care o deservește stația de pompe respectivă.

Presiunea rețelei de alimentare pentru instalația fixă de stins incendiu cu apă pulverizată se va determina prin calcul, ținându-se seama de presiunea minimă necesară la duzele de pulverizare.

Pornirea pompelor pentru alimentarea instalației fixe de stingere a incendiului se va face automat, în funcție de presiunea în circuitul de refulare. Pompele trebuie să poată fi acționate și prin:

- comandă manuală de la distanță din camera de comandă sau de dispecer, unde se va prevedea și semnalizarea stării de funcționare a pompelor de incendiu și unde se amplasează și tabloul de semnalizare centralizată a începuturilor de incendiu în încăperile de cabluri;
- comandă locală individuală din încăperea stației de pompe.

Alimentarea instalațiilor de stingere din construcțiile de cabluri se face din rețeaua de apă de incendiu sau dintr-un castel de apă.

În cazul în care în cadrul obiectivului există o rețea de apă tehnologică cu debit suficient și de calitate corespunzătoare, se poate racorda instalația de stingere cu apă pulverizată la această rețea, cu respectarea următoarelor condiții:

- rețeaua să fie deservită de pompe ale căror motoare să fie alimentate cu energie electrică, conform celor arătate mai sus;
- oprirea consumului tehnologic să fie posibilă, iar manevrele de oprire a acestuia și de deschidere a vanelor instalațiilor de stingere să se poată efectua în cel mult 5 minute.

Calculul ventilării încăperilor de cabluri

A.9.1. Necesitatea ventilării încăperilor de cabluri

Transportul și distribuția energiei electrice spre consumatori, produc pierderi de putere proporționale cu rezistența electrică a conductoarelor și cu pătratul intensității curentului transmis, care se transformă în căldură prin conductibilitate termică, convecție și prin radiație.

La proiectarea rețelelor de cabluri constă în preliminarea anumite condiții de mediu, folosind tabelele de încărcări admisibile verificate pe baze experimentale statistice.

Condițiile de mediu preliminate la dimensionare trebuie realizate pe tot timpul exploatării, pentru a se figura o temperatură de funcționare a cablurilor în limitele admisibile, fără supraîncălziri conduc la degradarea și îmbătrânirea izolației putând genera pericole de scurtcircuit și de incendiu.

La cablurile pozate în pământ, direct sau în tuburi, disiparea căldurii degajate datorită pierderilor de putere se face prin conductibilitate termică directă și problema ventilării nu se pune.

Cu totul altfel stau lucrurile la cablurile pozate în aer. Aerul fiind un izolator termic, având deci o conductibilitate termică scăzută transmisia căldurii de la cabluri în mediul înconjurător se face în principal prin convecție. Aerul circulând datorită diferențelor de temperatură, spală cablurile și preia căldura degajată de acestea.

La cablurile pozate în exterior sau în hale cu volum mare, căldura preluată de la cabluri prin curenții de aer este transportată și disipată în mediul înconjurător, influențând într-o măsură practic sesizabilă temperatura acestuia.

Astfel, instalațiile de iluminat sau echipamentele electrice permise a fi instalate în încăperea respectivă. De asemenea pot fi și cauze exterioare care ridică temperatura în încăperile de cabluri, cum ar fi de exemplu vecinătatea unor încăperi sau conducte calde (cuptoare, laminoare, cazane, canale de gaze arse), pătrunderea directă a radiației solare prin ferestre sau pereți de sticlă în podurile sau etajele de cabluri, pătrunderea căldurii solare prin conductibilitate prin pereți în tunelele de cabluri și galeriile închise exterioare expuse radiației solare, etc.

În încăperile de cabluri care deserveșc camerele de comandă ale stațiilor electrice sau alte diverselor instalații industriale, ca și în unele tunele și puțuri care cuprind în marea majoritate cabluri de circuite secundare, degajările de căldură ale cablurilor sunt foarte mici; ventilarea acestora trebuie totuși să se facă deseori ținând seama și de sursele exterioare de ridicarea temperaturii, de necesitatea evacuării umezelii sau deșeurilor, pentru realizarea atmosferei respirabile pentru personalul de exploatare care le deservește.

Ca regulă generală în încăperile de cabluri este necesară studierea și organizarea unei ventilări normale de lucru.

În afară de ventilarea normală de lucru, încăperile de cabluri fiind încadrate în categoria C de pericol de incendiu, deoarece conțin un volum de materiale combustibile (PVC) care prin ardere degajă cantități importante de gaze corosive, necesită și o ventilație de avarie. Această ventilație are ca scop evacuarea dirijată spre exterior a gazelor fierbinți rezultate în timpul incendiului, pentru a se crea posibilități de intervenție a personalului care luptă cu focul, precum și pentru a preîntâmpina efectele nocive ale gazelor fierbinți, corosive, asupra oamenilor, echipamentelor sau construcției, în cazul răspândirii acestora în interiorul clădirilor.

Pentru evacuarea completă din încăperile de cabluri produselor gazoase de ardere rămase după stingerea incendiului, este necesară și o ventilație suplimentară de avarie având ca scopuri principale crearea condițiilor pentru intervenția personalului în vederea refacerii în mai scurt timp posibil a instalațiilor, repunerii lor funcțiune și lichidării urmărilor incendiului, precum și pentru limitarea în timp a acțiunii de corodare a acidului clorhidric gazos asupra echipamentelor și armăturilor din construcțiile de beton.

A.9.2. Condiții generale pentru ventilarea normală de lucru

Prima condiție pe care trebuie să o realizeze ventilarea normală de lucru a încăperilor de cabluri este de a realiza în interiorul acestora, în toate anotimpurile și au toate influențele vecinătăților, o temperatură care să nu depășească în regim de durată, temperatura maximă admisă de furnizor pentru cabluri.

Cablurile cu izolație din PVC admit o temperatură maximă a conductorului de 70°C, temperatura normală a mediului înconjurător pentru pozare în aer fiind de 30°C.

Cablurile suportă în principiu și temperaturi ale mediului cu mult mai ridicate (până la 60°C) cu condiția reducerii corespunzătoare a încărcării. Aceasta este însă valabil în general numai pentru anumite zone, la trecerea pe lângă surse de căldură, de radiații termice sau solare.

În interiorul încăperilor de cabluri însă se impune ca temperatura să nu depășească temperatura aerului exterior ca mai mult de 10°C. Pentru zona țării noastre unde temperatura maximă în cursul câtorva zile de vară ajunge până la 35°C, rezultă că în aceste perioade temperatura în încăperile de cabluri ar putea urca până la 45°C. Acestea sunt însă cazuri excepționale și dimensionarea cablurilor pentru temperatura de 45°C antrenează o reducere a încărcării de 15 ÷ 21%.

În numeroase cazuri un calcul economic ținând seama de pierderile de energie în timpul funcționării ar putea conduce la reduceri chiar mai mari a încărcării, respectiv la majorarea secțiunilor conductoarelor.

În general se are în vedere realizarea prin ventilarea încăperilor de cabluri, în perioada cea mai caldă a anului, a unei temperaturi maxime de 30 ÷ 35°C, dimensionarea cablurilor făcându-se în această ipoteză. Valoarea maximă a temperaturii ambiante se va stabili pe bază de calcul tehnico-economic, ținând seama pe de o parte de costul majorării secțiunii conductoarelor cablului, iar pe de alta parte de costul instalației de ventilare și de economiile realizate prin reducerea pierderilor de energie. Valoarea maximă a temperaturii ambiante nu va fi de regulă mai mare de + 40°C.

Printre criteriile de comparație pentru stabilirea soluției optime, pe lângă costul investițiilor vor trebui să fie analizate criteriile:

- **economia materialelor deficitare (cupru, aluminiu)**, are importanță mică, deoarece prin creșterea încărcării cablurilor se poate ajunge la necesitatea unei ventilări mecanice utilizând motoare care sunt ele însele consumatoare de cupru și aluminiu, anulându-se astfel o parte din avantajul scontat.
- **reducerea încărcării cablurilor electrice**, conduce pe de o parte la economii de energie prin scăderea cu pătratul curentului a pierderilor în cabluri, iar pe de altă parte la eventuala eliminare a unei instalații de ventilare mecanică (reducere și de investiții și de consum suplimentar de energie electrică).

Ventilarea normală de lucru (tehnologică) se asigură de regulă, pe cale naturală.

Dacă datorită amplasamentului încăperilor pentru cazuri, al traseelor de introducere sau evacuare sau al aporturilor de căldură de la vecinătăți, ventilarea nu se poate realiza pe cale naturală, se poate prevedea montarea unei instalații de ventilare mecanică.

Ventilarea încăperilor de cabluri trebuie să fie independentă față de ventilarea încăperilor cu alte destinații. În situația în care sistemul de ventilare este comun pentru mai multe încăperi de cabluri sau încăperi legate tehnologic între ele, se vor lua măsuri care să împiedice propagarea focului sau fumului dintr-o încăpere în alta (clapete antifoc pe tubulatură, uși cu închidere automată în caz de incendiu, etc.).

La încăperile de cabluri compartimentate prin pereți antifoc, trebuie asigurată ventilarea tuturor compartimentelor. Este recomandabil ca sistemele de ventilare din încăperile de cabluri să funcționeze cu subpresiune.

Comanda ventilării mecanice de lucru trebuie să se facă din afara încăperii de cabluri prin butoane amplasate în apropierea intrărilor în încăpere și în camera de comandă.

A.9.3. Schimburile de căldură ale încăperilor de cabluri

Fenomenele termice din încăperile de cabluri sunt complexe, fiind determinate atât de elementele generatoare de căldură din interior, cât și de mediul înconjurător în care sunt plasate, acesta putând interveni fie prin preluarea unei părți din căldura generată în interior, fie dimpotrivă prin aportul în interior a unei cantități suplimentare de căldură.

Aporturile și cedările de căldură sunt permanente și continuu variabile în timp, producându-se în mod diferit, în sensuri contrare, în funcție de periodicitatea zi-noapte, de condițiile meteorologice, de anotimp. De asemenea ele se produc în general lent, cu constante de timp mari, au perioade de echilibru termic. Desigur nu se pune problema urmăririi continue și a optimizării acestor schimburi de căldură, ci a asigurării, în condițiile cele mai defavorabile, a unei temperaturi interioare maxime admisibile care să garanteze funcționarea în condiții de siguranță a cablurilor.

Cunoașterea schimburilor de căldură constituie premiza necesară, pentru a se putea calcula și organiza ventilarea încăperilor de cabluri. Aceste schimburi de căldură sunt constituite în general din aporturi de căldură datorită: pierderilor de energie din cablurile electrice; pierderilor de energie ale instalațiilor de iluminat electric; căldurii pătrunde din exterior datorită diferenței de temperatură; radiației solare, și vecinătăților; cedări de căldură spre exterior.

Suma algebrică a acestora constituie bilanțul termic al încăperii respective, pe baza căruia se dimensionează ventilația de lucru.

A.9.4. Aprecierea aporturilor de căldură în încăperile de cabluri

Prima condiție pentru a se putea studia și organiza ventilarea unei încăperi de cabluri este cunoașterea cât mai exactă a degajărilor de căldură care au loc în interiorul acesteia.

Art.9.4.1. Căldura degajată de cablurile electrice

În general principiala sursă de căldură o constituie cablurile care se încălzesc prin trecerea curentului electric.

Pierderile de putere pe cabluri simt proporționale cu rezistența cablului și cu pătratul curentului care străbate conductorii acestuia.

Pentru cablul trifazat pierderile de putere sunt date de relația:

$$\Delta P_t = 3 \cdot R \cdot I^2 \text{ [W]} \quad (\text{A.9.1})$$

iar pentru cablul monofazat,

$$\Delta P_m = 2 \cdot R \cdot I^2 \text{ [W]} \quad (\text{A.9.2})$$

Tabelul A.9.1. Rezistența r a conductoarelor din Cu și Al în Ω/km .

Secțiunea	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	60	70	95	120	150	185	240
	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²
Cupru	12,57	7,54	4,71	3,14	1,88	1,175	0,754	0,536	0,377	0,26	0,198	0,157	0,125	0,1019	0,0785
Aluminiu			7,812	5,208	3,125	1,953	1,25	0,892	0,025	0,445	0,328	0,26	0,208	0,169	0,13

Rezistența conductoarelor cablurilor din cupru și din aluminiu în Ω/km este dată în tabelul A.9.1.

Cunoscând curenții de lucru I ai diverselor cabluri, în A , lungimea l a traseului cablului în interiorul încăperii de cabluri, în km și rezistența specifică r , în Ω/km rezultă pierderile de putere, în W care se transformă în căldură:

- la cablu trifazat,

$$\Delta P_t = 3 \cdot r \cdot l \cdot I^2 \text{ [W]} \quad (\text{A.9.3})$$

- la cablu monofazat sau curent continuu,

$$\Delta P_m = 2 \cdot r \cdot l \cdot I^2 \text{ [W]} \quad (\text{A.9.4})$$

Pentru ușurarea calculului, în tabelele 2 și 3 sunt indicate pierderile specifice în W/m pentru curent trifazat la cablurile din cupru respectiv din aluminiu, pentru diverși curenți de încărcare.

Tabelul A.9.2. Pierderile specifice în cablurile trifazate cu conductoare din cupru pentru diverși curenți de încărcare.

Curent	Secțiunea conductorului, în mm ²														
	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	
A	$\Delta p_{sp} = 3 \cdot r \cdot I^2$, în $W\cdot m$														
5	0,57														
10	2,26	1,41													
15	5,09	3,18	2,12												
20	9,05	5,65	3,77	2,25											
25	14,14	8,83	5,89	3,53	2,20										
30	20,36	12,72	8,48	5,08	3,17	2,04									
35	27,70	17,31	11,51	6,91	4,32	2,77	1,97								
40		22,61	15,07	9,02	5,64	3,62	2,57	1,81							
45		28,60	19,08	11,42	7,14	4,58	3,26	2,29	1,61						
50			23,55	14,10	8,81	5,65	4,02	2,83	2,02	1,49					
60			33,90	20,30	12,69	8,11	5,79	4,07	2,91	2,14	1,70				
70				27,64	17,27	11,08	7,88	5,54	3,95	2,91	2,31	1,84			
80				36,10	22,56	14,48	10,29	7,24	5,16	3,80	3,02	2,40	1,95		
90					28,55	18,32	13,03	9,16	6,54	4,81	3,82	3,04	2,48	1,91	
100					35,25	22,62	16,08	11,31	8,07	5,94	4,71	3,75	3,06	2,36	
120						32,57	23,16	16,29	11,62	8,55	6,78	5,40	4,40	3,39	
140						44,33	31,52	22,17	15,82	11,64	9,23	7,35	5,99	4,62	
160							41,17	28,95	20,66	15,21	12,06	9,60	7,83	6,03	
180								36,64	26,15	19,25	15,26	12,15	9,90	7,63	
200									32,28	23,76	18,84	15,00	12,23	9,42	
220									39,05	28,75	22,80	18,15	14,80	11,24	

240										34,22	27,13	21,60	17,61	13,58
260										40,15	31,84	26,35	20,67	15,92
280											36,93	29,40	23,97	18,46
300											42,39	33,75	27,51	21,20
325												39,61	32,29	24,68
350												45,94	37,45	28,35
375													42,99	33,13
100													48,91	37,68
125														42,54
450														47,69

Observație: Linia groasă inferioară delimitează încărcarea nominală a cablurilor, considerată ca fiind încărcarea admisă pentru un cablu singular, pozat în pământ, la 20°C.

Pierderea de putere de-a lungul traseului de lungime l [m] din interiorul încăperii de cabluri este:

- pentru cablu trifazat,

$$\Delta P_t = \Delta p_{sp} \cdot l \text{ [W]} \quad (\text{A.9.5})$$

- pentru cablu monofazat sau de curent continuu,

$$\Delta P_m = \frac{2}{3} \cdot \Delta p_{sp} \cdot l \text{ [W]} \quad (\text{A.9.6})$$

Se calculează astfel pierderile de putere pentru toate cablurile din încăperea respectivă. În calcul se iau în considerare numai cablurile de lucru, neținând seama de cablurile de rezervă.

Pierderile de pe cablurile care alimentează mecanisme cu funcționare intermitentă se calculează ținând seama de durata efectivă de anclanșare (**DA%**).

- pentru cablu trifazat

$$\Delta P_t = \Delta p_{sp} \cdot l \cdot \frac{\text{DA}\%}{100} \text{ [W]} \quad (\text{A.9.7})$$

- pentru cablu monofazat sau de curent continuu

$$\Delta P_m = \frac{2}{3} \cdot \Delta p_{sp} \cdot l \cdot \frac{\text{DA}\%}{100} \text{ [W]} \quad (\text{A.9.8})$$

Pierderile de putere ΔP_c pe cablurile de comandă, măsură și semnalizare, în mod obișnuit se neglijează.

Când cantitatea de cabluri de comandă este foarte importantă se poate lua în considerare o pierdere de putere specifică Δp_{spc} de 0,001 ÷ 0,002 W/m pentru fiecare cablu de comandă (în medie cu 7 ÷ 15 conductoare).

$$\Delta P_{cc} = \Delta p_{spc} \cdot l_c \text{ [W]} \quad (\text{A.9.8'})$$

Cunoscând curentul și secțiunea cablului se găsește din tabelul respectiv pierderea specifică Δp_{sp} în W/m.

Tabelul A.9.3. Pierderile specifice în cablurile trifazate cu conductoare din aluminiu pentru diverși curenți de încărcare.

Curent	Sectiunea conductorului, în mm ²												
	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240
A	$\Delta p_{sp} = 3 \cdot r \cdot I^2$, în W-m												
5	0,59												
10	2,34	1,56											
15	5,27	3,51	2,11										
20	9,37	6,25	3,76	2,34									
25	14,6	9,77	5,86	3,66	2,34								
30	21,0	14,06	8,44	5,27	3,37	2,40							
35	28,7	19,14	11,48	7,18	4,60	3,28	2,30						
40		24,00	15,00	9,38	6,00	4,28	3,00	2,13					
45		31,64	18,98	11,86	7,60	5,42	3,80	2,70	1,99				
50			23,44	14,65	9,37	6,69	4,69	3,34	2,46	1,95			
60			33,75	21,09	13,50	9,63	6,75	4,80	3,54	2,81	2,25		
70				28,70	18,37	13,11	9,19	6,54	4,82	3,82	3,06	2,48	
80				37,50	24,00	17,13	12,00	8,54	6,30	4,99	3,99	3,25	2,50
90					30,37	21,68	15,19	10,81	7,97	6,32	5,05	4,11	3,16
100					37,50	26,76	18,75	13,35	9,84	7,80	6,24	5,07	3,90
120						38,54	27,00	19,22	14,17	11,23	8,99	7,30	5,62
140							36,75	26,16	19,29	15,29	12,23	9,94	7,64
160								34,18	25,19	19,97	15,97	12,97	9,98
180								43,25	31,88	25,27	20,22	16,43	12,64
200									39,36	31,20	24,96	20,28	15,60
220									47,62	37,35	30,20	24,54	18,88
240										44,92	35,94	29,20	22,46
260											42,18	34,27	26,36
280											48,92	39,75	30,58
300												45,63	35,10
325													41,20
350													47,78

Observație: Linia groasă inferioară delimitează încărcarea nominală a cablurilor, considerată ca fiind încărcarea admisă pentru un cablu singular, pozat în pământ, la 20°C.

Pierderile totale care se transformă în căldura sunt:

$$\Delta P_{\text{tot}} = K \cdot \left(\sum_{k=1}^{N_t} \Delta P_t(k) + \sum_{k=1}^{N_m} \Delta P_m(k) + \sum_{k=1}^{N_c} \Delta P_{cc}(k) \right) \quad (\text{A.9.9})$$

K - coeficient de simultaneitate, în mod uzual egal cu 0,8.

Cantitatea de căldură degajată în unitatea de timp de cabluri și preluată de aerul încăperii se determină cu relația:

$$Q_c = B \cdot N_c \quad (\text{A.9.10})$$

unde B este un coeficient ce arată partea din energia electrică transformată în căldură care încălzește aerul încăperii.

Având în vedere că o parte din căldura degajată de cabluri se transmite prin conductibilitate directă la suportii metalici de susținere (rastele) ridicând temperatura acestora, se poate considera $B = 0,8 \div 0,9$.

Trebuie menționat că la efectuarea calculelor pentru determinarea pierderilor în cabluri se fac în mod obișnuit simplificări substanțiale, luându-se valori medii de curenți și secțiuni pentru anumite grupe de cabluri, pentru a nu se ajunge la calcule prea laborioase care noi se justifică datorită faptului că precizia care se cere este grosieră.

Practic se procedează în felul următor. Se studiază consumatorii determinându-se o putere medie reprezentativă pe consumator, pentru care se alege și un cablu reprezentativ a cărui secțiune se dimensionează pentru condițiile medii de încărcare și cădere de tensiune. Operația se poate face și pe grupe de mecanisme diferențiate, spre exemplu pe criteriul duratei de conectare.

Din tabelele A.9.2 sau A.9.3 pentru cablul reprezentativ și la curentul de încărcare real stabilit se găsesc pierderile specifice în W/m.

Se determină lungimea medie a cablului în interiorul încăperii de cabluri și ținând seama de numărul de consumatori, rezultă lungimea totală a cablurilor din încăpere aferentă categoriei respective de consumatori.

Se procedează similar eventual și pentru celelalte categorii de consumatori, precum și pentru cablurile de comandă și cu relațiile (A.9.5) ÷ (A.9.10) se determină cantitatea de căldură degajată de cabluri.

În cazul când pentru unele obiective există proiecte tip și indici de consum de cabluri (ca de exemplu pentru centrale termoelectrice sau hidroelectrice), se pot folosi acești indici pentru determinarea secțiunii și lungimii cablurilor reprezentative, după care se calculează ca mai sus cantitatea de căldură degajată de cabluri în încăperile respective.

A.9.4.2. Căldura degajată de iluminatul electric

Sursele de iluminat electric contribuie într-o oarecare măsură la ridicarea temperaturii în încăperile de cabluri.

Trebuie însă avut în vedere faptul că iluminatul funcționează de regulă numai o parte din timpul de lucru, influența căldurii degajate fiind destul de redusă.

Cantitatea de căldură degajată în unitatea de timp de sursele de iluminat electric cu incandescență se determină cu relația:

$$Q_{il} = B \cdot P_{instil} \cdot \frac{DA\%}{100} \quad [W] \quad (A.9.11)$$

unde P_{instil} este puterea instalată a corpurilor de iluminat în W, iar B este un coeficient care indică partea din energia electrică transformată în căldură care încălzește aerul încăperii.

Se recomandă pentru B valorile:

- la iluminat incandescent $B = 0,92 \div 0,97$;
- la iluminat fluorescent $B = 0,75 \div 0,80$.

$DA\%$, este durata de lucru a iluminatului în încăperile de cabluri fără lumină naturală, care este în medie de cea 6 ÷ 12% (1 ÷ 3 ore/zi).

Fac excepție încăperile fără lumină naturală cu supraveghere permanentă sau semipermanentă la care durata funcționării iluminatului este mai mare și se stabilește de la caz la caz.

De cele mai multe ori degajările de căldură datorită iluminatului nu influențează decât în mică măsură bilanțul termic din încăperile de cabluri, ele trebuind să fie luate în considerare în special atunci când intervin simultan cu alte aporturi exterioare de căldură.

A.9.4.3. Căldura pătrunsă din exterior datorită diferenței de temperatură și radiației solare

În perioadele calde ale anului căldura pătrunde prin elementele de construcții (pereți, uși, geamuri) datorita diferenței dintre temperatura aerului exterior și cea a aerului interior.

Acest fenomen se produce până la egalizarea temperaturilor exterioare și interioare. Pătrunderea de căldură are loc în mod lent și scade proporțional cu micșorarea diferenței de temperatură dintre exterior și interior. În cazul încăperilor de cabluri căldura pătrunsă din exterior nu ar avea importanță decât în cazul când temperatura exterioară ar depăși temperatura de dimensionare a cablurilor, adică $30 \div 35^{\circ}\text{C}$.

În general în țara noastră numărul de zile de vară cu temperaturi de acest ordin este redus, și totodată asemenea temperaturi ale aerului au loc numai puține ore pe zi. Pe lângă pătrunderea căldurii datorită diferenței de temperatură, mai intervine un aport de căldură din exterior datorită radiației solare, oare se produce aproape instantaneu prin ferestre sau pătrunde lent, cu întârziere de câteva ore, prin pereții care au fost încălziți la temperaturi ridicate de razele soarelui.

Pătrunderea în acest fel a căldurii poate interveni numai la poduri (etaje, niveluri) de cabluri având pereți exteriori expuși razelor soarelui. La podurile de cabluri care nu au ferestre pătrunderea directă a radiației solare este aproape exclusă.

În cazul existenței ferestrelor, căldura pătrunsă poate fi foarte mult micșorată prin măsuri simple de umbrire cu paravane exterioare, jaluzele etc. sau prin orientare spre nord. Simpla depunere de praf sau funingine pe geamuri micșorează la 80% căldura transmisă, iar vopsirea cu un strat de var o reduce la 35%. Orientarea spre nord a ferestrelor împiedică pătrunderea radiației solare.

Cât privește căldura de radiație pătrunsă prin pereți, datorită constantei mari de timp de transmisie se face simțită după trecerea timpului de însorire maximă, când temperatura aerului exterior a scăzut deja substanțial. Trebuie menționat de asemenea că datorită variațiilor permanente de temperatură între zi și noapte și de la o zi la alta, există și o cedare de căldură în sens invers dinspre interior spre exterior prin elementele de construcție, atât timp când temperatura interioară este mai mare decât cea exterioară.

S-a constatat în mod practic că la clădiri de construcție obișnuită, cum sunt și marea majoritate a podurilor de cabluri, aceste schimburi reciproce de căldură se compensează, așa încât căldura pătrunsă din exterior datorită diferenței de temperatură și radiației solare poate fi neglijată la stabilirea bilanțului termic.

A.9.4.4. Căldura pătrunsă din exterior datorită vecinătăților

Pot fi unele cazuri când podurile sau subsolurile de cabluri se găsesc în vecinătatea unor instalații tehnologice sau a unor încăperi cu alte destinații, în care în timpul sezonului cald temperatura poate urca peste temperatura de dimensionare a cablurilor (30÷40°C).

În asemenea situații trebuie ținut seama și de acest aport de căldură. Este de dorit bineînțeles o reducere cât mai mare a transmiterii căldurii spre încăperea de cabluri prin, măsuri de ecranare, izolare termică sau aerisirea acestor spații tehnologice.

Calculul căldurii pătrunse se face în acest caz aplicând ecuația fundamentală a transmiterii căldurii pentru fiecare element de construcție care limitează încăperea de cabluri față de vecinătățile calde (perete, planșeu, ușă etc.):

$$Q = \sum_{j=1}^n S_j \cdot K_j \cdot (t_e - t_i)_j \quad (\text{A.9.12})$$

în care:

S_j este suprafața elementului de construcție prin care pătrunde căldura, în m^2 ;

K_j - coeficientul de transmitere totală a căldurii (conform STAS 1907/1-80), în $W/m^2 \text{ } ^\circ\text{C}$;

t_e - temperatura exterioară încăperii de cabluri (temperatura din încăperea învecinată), în $^\circ\text{C}$;

t_i - temperatura din interiorul încăperii de cabluri, în $^\circ\text{C}$ (temperatura de dimensionare a cablurilor, cea 30°C).

Dacă $t_i < t_e$, avem de-a face cu aportul de căldură de la spațiile învecinate către încăperea de cabluri.

Dacă $t_i > t_e$, avem de-a face cu pierderi (cedări) de căldură de la încăperea de cabluri către spațiile învecinate, situație favorabilă care contribuie la eliminarea căldurii din încăperea de cabluri spre vecinătăți.

Dacă $t_i = t_e$, transferul de căldură nu are loc.

Se poate neglija acest transfer pentru o diferență de temperatură până la $\pm 3^\circ\text{C}$.

A.9.4.5. Concluzii privind aporturile de căldură și cazuri speciale

Din cele expuse mai sus rezultă că aporturile de căldură care trebuie avute în vedere la încăperile de cabluri pentru calculul aerisirii sunt:

- căldura degajată de cablurile electrice;
- căldura degajată de iluminatul electric;
- căldura pătrunsă din exterior datorită vecinătăților.

Se neglijează de cele mai multe ori aportul de căldură provenit din însoțite la podurile (nivelele, etajele) de cabluri cu pereți exteriori, care este compensat prin cedările de căldură către exterior prin elemente de construcție. Desigur prin aceasta nu se exclud și unele cazuri cu totul speciale, când pot fi luate în considerație și aceste porturi de căldură.

Un caz special îl reprezintă în acest sens galeriile exterioare închise de cabluri, utilizate de altfel foarte rar și care în prezent nu se mai construiesc. Acestea sunt închise de obicei cu tablă sau

materiale ușoare (azbociment, etc.) și sunt supuse atât prin acoperiș, cât și prin pereți unei însoriri puternice în timpul verii. Închiderile și acoperișul au în special rolul de ecranare a cablurilor față de acțiunea directă a razelor soarelui. Nefiind necesară deci o închidere ermetică se pot amenaja pe toata lungimea goluri în pardoseală și la partea superioară a pereților, producându-se astfel o aerisire suficientă activată și de acțiunea curenților de aer exteriori, așa încât nu este necesară efectuarea de calcule speciale pentru ventilare.

Căldura pătrunsă din exterior datorită vecinătăților poate interveni destul de rar, mai ales la poduri (etaje, nivele) sau subsoluri de cabluri și aproape niciodată la tunele, canale sau galerii de cabluri amplasate în pământ.

A.9.5. Precizarea cedărilor de căldură spre exteriorul încăperilor de cabluri

În literatură, s-a stabilit că la podurile (etajele, nivelele) de cabluri cedarea de căldură spre exterior este compensată de aportul de căldură datorită radiației solare, așa încât la bilanțul termic nu se mai ia în considerare. Situația se schimbă în cazul subsolurilor canalelor, tunelelor și galeriilor de cabluri construite subteran. Temperatura solului în care se găsesc aceste încăperi este în anotimpul călduros de max. $15 \div 20^{\circ}\text{C}$, temperatură substanțial mai mică decât cea de dimensionare a cablurilor pozate în aer ($30 \div 35^{\circ}\text{C}$), existând deci posibilitatea transpunerii prin pereți, pardoseli și chiar prin tavan a căldurii din interior spre solul mai rece.

Se recomandă pentru canale și tuneluri situate sub cota terenului luarea în considerație a unei temperaturi a mediului ambiant, în lipsa degajărilor interioare de căldură, în anotimpul călduros, de $+20^{\circ}\text{C}$.

Căldura cedată în unitatea de timp se poate calcula folosind formulele de transmitere a căldurii prin elementele de construcție spre pământ.

Astfel pentru transmiterea căldurii prin pardoseli, pereți și tavane direct în pământ se utilizează relația:

$$Q = S \cdot K_s \cdot (t_i - t_s) \quad [\text{W}] \quad (\text{A.9.13})$$

unde:

S este suprafața pardoselii, pereților și tavanelor în contact cu pământul, în m^2 ;

K_s - coeficientul de transmitere a căldurii prin pardoseli, pereți și tavane neizolate termic către pământ în $\text{W}/\text{m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

t_i - temperatura interioară, în $^{\circ}\text{C}$;

t_s - temperatura solului, în $^{\circ}\text{C}$.

Ca suprafața de cedare a căldurii spre pământ se ia în considerație suprafața pardoselii pereților și tavanelor aflate la o adâncime de cel puțin 0,5m sub cota terenului. Elementele de construcție aflate la adâncime mai mică de 0,5m (de exemplu, canale, tunele sau galerii de suprafață) se află în timpul

sezonului cald în general sub influența radiației solare care compensează cedarea de căldură, așa încât suprafața lor nu se ia în considerare.

Coeficientul de transmitere a căldurii spre pământ se alege în funcție de caracteristicile elementelor de construcție. Transmiterea căldurii prin pământ se consideră că se face către pânza de apă freatică. Temperatura acesteia se consideră conform **STAS 1907/1** de + 10°C pentru toate zonele climatice ale țării. În cazul tunelelor de cabluri aflate la adâncime mică dar care depășește 0,5m se poate lua în considerare și o cedare de căldură prin tavan spre suprafața terenului, către aerul înconjurător.

Temperatura interioară este egală cu temperatura de dimensionare a cablurilor (30 ÷ 35°C), admițându-se și + 40°C pentru scurtă durată.

În funcție de amplasarea în și față de sol a încăperii de cabluri, datorită configurației curbelor izoterme din pământ și a nivelului apelor freatice, fluxul termic prin pereții încăperii care se disipează în pământ se modifică, relația transferului de căldură trebuind adaptată în mod corespunzător.

Din acest punct de vedere se disting diverse cazuri:

- a. *Cazul încăperilor de cabluri care sunt amplasate la subsol, dar au contact cu pământul (fig. A.8.1) numai prin pardoseală.*

Transferul de căldură spre pământ, Q_s , se calculează cu relația (A.8.13) adaptată astfel:

$$Q_s = S \cdot K_s \cdot (t_i - t_s) \quad [\text{W}] \quad (\text{A.9.13a})$$

unde S este suprafața pardoselii în contact cu pământul în m^2 ;

K_s - coeficientul de transmisie a căldurii către pământ, în $\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, care are următoarea formă:

$$K_s = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum_{j=1}^{N_s} \frac{\delta_j}{\lambda_j} + \frac{h}{\lambda_{\text{sol}}}} \quad (\text{A.9.13b})$$

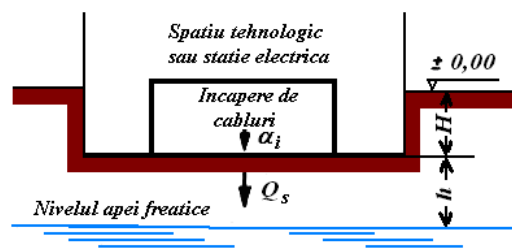


Fig. A.9.1. Încăpere de cabluri amplasată în pământ având contact cu solul numai prin pardoseală

în care α_i este coeficientul de transfer termic prin convecție pentru suprafețele interioare ale elementelor de construcție (în cazul nostru al pardoselii), în $\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$;

λ_j ...- coeficientul de conductivitate termică al materialului (în $\text{W}/\text{m} \cdot ^\circ\text{C}$) din care este alcătuit stratul având grosimea δ_j (în m);

j - numărul de straturi al elementului de construcție;

h - adâncimea pânzei freatice, în m.

În mod uzual se poate considera:

$\alpha_i = 5,7 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ pentru fluxul termic îndreptat de sus în jos (conform SR EN ISO 6946:1998, SR EN ISO 10211-1:1998 și SR EN ISO 13370:2003);

$\lambda_{sol} = \text{W/m} \cdot ^\circ\text{C}$;

$$\sum_{i=1}^{N_s} \frac{\delta_i}{\lambda_i} = 0,2 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$$
 pentru soluțiile constructive curente de execuție a pardoselii din beton

simplicu, beton armat și mortar de ciment.

Rezultă $K_s = 0,3 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.

Pentru calcule exacte se folosesc valorile din STAS 6472/2.

Considerând $t_i = 40^\circ\text{C}$, $t_s = + 10^\circ\text{C}$ și de exemplu $h = 3\text{m}$ rezultă cantitatea de căldură transmisă printr-un m^2 de pardoseală spre sol: $q_s = 9\text{W/m}^2$.

b. *Cazul încăperilor de cabluri amplasate la subsol (subsoluri sau tunele de cabluri fig. A.9.2.)*

În acest caz transferul de căldură spre pământ se calculează la fel ca pentru cazul precedent, deci cantitatea de căldură transmisă pe m^2 este aceeași (de exemplu, 9W/m^2). Suprafața S de cedare a căldurii este însă mai mare, la suprafața pardoselii adăugându-se și suprafața pereților în contact cu pământul.

c. *Cazul încăperilor de cabluri amplasate complet în pământ (tunel de cabluri fig. A.9.3.)*

În această situație transferul de căldură are loc prin pământ atât spre interior (spre pânza de apă freatică), cât și spre aerul liber din exterior.

Ecuția de transfer termic trebuie aplicată diferit pentru tavan, pentru jumătatea superioară a pereților laterali, pentru jumătatea inferioară a pereților laterali și pentru pardoseală.

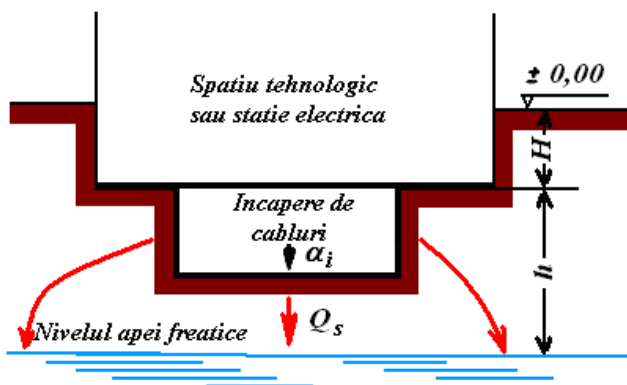


Fig. A.9.2. Încăpere de cabluri amplasată la subsol în contact cu pământul prin pardoseală și pereți

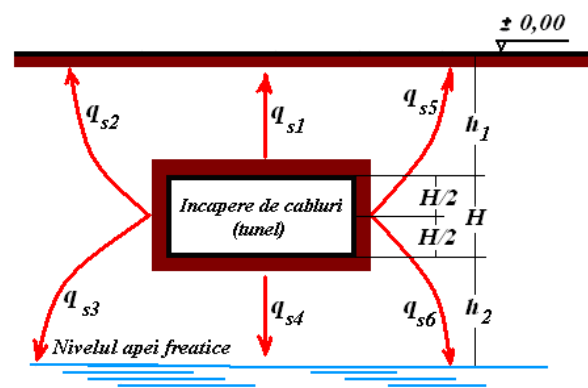


Fig. A.9.3. Încăpere de cabluri amplasată complet în pământ (tunel de cabluri)

- pentru tavan, coeficientul de transmisie a căldurii devine

$$K_s = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum_{i=1}^{N_s} \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{h}{\lambda_{sol}} + \frac{1}{\alpha_e}} \text{ [W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C]} \quad (\text{A.9.13.c})$$

unde: α_e este coeficientul de transfer termic prin convecție pentru suprafața exterioară a solului. În mod uzual se adoptă (conform **SR EN ISO 6946:1998**, **SR EN ISO 10211-1:1998** și **SR EN ISO 13370:2003**):

$\alpha_i = 8 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ pentru fluxul termic îndreptat de jos în sus;

$\alpha_e = 11,4 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ pentru suprafețele exterioare;

$h_1 = 0,5 \text{ m}$ (de exemplu).

Celelalte valori sunt ca în cazurile precedente.

Cantitatea de căldură transmisă prin tavan se calculează cu relația (A.8.13), în care $t_i = 40^\circ\text{C}$, iar $t_s = t_e = 30^\circ\text{C}$.

- **pentru partea superioară a pereților laterali**, coeficientul de transmisie a căldurii devine:

$$K_s = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum_{i=1}^{N_s} \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{\frac{H}{4} + h_1}{\lambda_{\text{sol}}} + \frac{1}{\alpha_e}} \text{ [W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}] \quad (\text{A.9.13d})$$

Față de cazul precedent se lungește distanța de transmisie prin pământ spre sol a căldurii, cu $H/4$, în m.

Cantitatea de căldură transmisă prin jumătatea superioară a suprafeței pereților laterali se calculează de asemenea cu relația (A.8.13), în care se consideră $t_i = 40^\circ\text{C}$, iar $t_s = t_e = 30^\circ\text{C}$.

- **pentru partea inferioară a pereților laterali** coeficientul de transmisie a căldurii este:

$$K_s = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum_{i=1}^{N_s} \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{\frac{H}{4} + h_2}{\lambda_{\text{sol}}}} \text{ [W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}] \quad (\text{A.9.13 e})$$

Față de cazul transmiterii căldurii prin pardoseală (A.9.13), se lungește distanța de transmitere a căldurii spre apa freatică ou $H/4$ m.

Cantitatea de căldură transmisă prin jumătatea inferioară a suprafeței pereților laterali se calculează de asemenea cu relația (A.9.13) în care se consideră $t_i = 40^\circ\text{C}$; $t_s = 10^\circ\text{C}$.

- **pentru pardoseală** cantitatea de căldură transmisă se calculează ca pentru cazul (a).

O apreciere a pierderilor de căldură prin pereți, pardoseală și tavanul încăperilor de cabluri situate în pământ fără o ventilare specială se poate face și prin relația (conf. NTE 007):

$$Q_s = \Delta W \cdot P \cdot \Delta\theta_{\text{med}} \quad (\text{A.9.14})$$

unde:

ΔW - reprezintă pierderile de putere pe metru de canal (tunel, galerie), în W/m, se ia $\Delta W = 3$;

P - partea din perimetrul canalului (tunelului, galeriei) care este în contact cu pământul și participă deci la disiparea căldurii, în m;

$\Delta\theta_{\text{med}}$ - creșterea temperaturii aerului din canal datorită pierderilor de putere ale cablurilor.

Creșterea de temperatură care se ia în considerare este diferența dintre temperatura în canal în sezonul cald; în lipsa degajărilor de căldură de la cabluri (20°C conform NTE 007) și temperatura de dimensionare a cablurilor (30 sau 35°C). În medie se consideră acoperitor $\Delta\theta_{\max} = 10^\circ\text{C}$.

Această metodă aproximativă se utilizează în cazul canalelor și tunetelor de cabluri de dimensiuni și importanță redusă, având de asemenea și pierderi de putere

A.9.6. Bilanțul termic în încăperile de cabluri

Cantitatea de căldură care trebuie eliminată în unitatea de timp prin ventilare (aerisire) din încăperile de cabluri este suma algebrică a tuturor aporturilor și pierderilor de căldură, exprimându-se prin relația

$$Q = Q_c + Q_i + (Q_r - Q_t) + Q_v - Q_s \quad [\text{W}] \quad (\text{A.9.16})$$

unde:

Q_c este cantitatea de căldură degajată de cabluri, calculată cu relația (A.8.10);

Q_i - cantitatea de căldură degajată de iluminatul electric, calculată cu relația (A.8.11);

Q_r - căldura primită din exterior prin elementele de construcție exterioare, datorită radiației solare; Q_t - căldura cedată spre exterior prin elementele de construcție exterioare; în general $Q_r - Q_t = 0$, cantitățile de căldură primite și cedate prin elementele de construcție exterioare compensându-se reciproc;

Q_v - cantitatea de căldură primită din exterior datorită vecinătăților, calculată cu relația (A.8.12); aceste aporturi de căldură intervin numai în cazuri speciale și este de dorit să fie reduse la minimum prin izolare termică sau alte măsuri corespunzătoare;

Q_s - cantitatea de căldură cedată spre sol la încăperile de cabluri subterane, calculată cu relația (A.8.13) sau apreciată cu relația (A.8.14);

Mărimea Q determină alegerea și dimensionarea sistemului de ventilare a încăperii de cabluri respective.

A.9.7. Dimensionarea ventilării de lucru a încăperilor de cabluri

Căldura rezultată din bilanțul termic trebuie evacuată în exterior prin ventilare (aerisire). Din punct de vedere al forțelor care determină vehicularea aerului, sistemele de ventilare se clasifică astfel:

- Sisteme de ventilare naturală, care se realizează sub efectul forțelor naturale, care sunt vântul și presiunea termică. Atunci când schimbul de aer între interior și exterior se realizează prin deschideri dimensionate și amplasate în mod special, ventilația realizată se numește natural organizată;
- Sisteme de ventilare mecanică, realizând vehicularea aerului prin ventilatoare;
- Sisteme de ventilare mixtă, care pentru realizarea schimbului de aer între interior și exterior realizează mecanic evacuarea aerului, introducerea fiind organizată natural sau

invers, introducerea mecanică și evacuarea natural organizată.

Volumul de aer care trebuie vehicului în unitatea de timp pentru evacuarea căldurii din încăperea, reprezentând deci debitul de aer orar, este dat de relația:

$$V_o = \frac{Q}{0,31 \cdot (t_i - t_e)} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (\text{A.9.17})$$

unde:

Q este cantitatea de căldură din încăperea rezultată în unitatea de timp din bilanțul termic (relația A.9.16);

0,31 reprezintă căldura specifică a aerului în $\text{W} \cdot \text{h} / \text{grad} \cdot \text{m}_N^3$; mai exact această valoare rezultă din produsul $c_p \cdot \rho_e$, unde c_p este căldura specifică masică la presiune constantă, fiind egală cu $0,28 \text{ W} \cdot \text{h} / \text{grad} \cdot \text{kg}$; ρ_e este densitatea aerului exterior introdus egală la temperatura de 30°C cu $1,165 \text{ kg} / \text{m}_N^3$:

t_i - temperatura aerului din interior, care iese din încăperea de cabluri pe la partea superioară a acesteia, în $^\circ\text{C}$ (temperatura care trebuie menținută în încăperea);

t_e - temperatura aerului din exterior care se introduce în încăperea de cabluri, conform STAS 6648/2.

Schimbul orar de aer este:

$$v = \frac{V_o}{V} \quad \text{volume/h} \quad (\text{A.9.18})$$

V fiind volumul încăperii de cabluri, în m^3 .

Art.9.7.1. Ventilarea naturală datorită diferenței de temperatură între interior și exterior

În fig. A.9.4 este reprezentată o secțiune printr-un pod (etaj, nivel) de cabluri, având înălțimea h , suprafețele golurilor de ventilație S_i , S_e și diferența de nivel între axele lor, H . Pe înălțimea h a încăperii există o variație de temperatură între valorile t_e și t_i , $t_i > t_e$, gradientul de temperatură ($^\circ\text{C}/\text{m}$) fiind aproximativ constant datorită faptului că degajările de căldură, sunt lente.

Diferența de greutate a aerului având temperaturile t_i și t_e creează prin diferența de presiune o circulație naturală de aer de jos în sus prin deschiderile S_e , S_i constituind ventilarea (aerisirea) încăperii.

Dacă se face calculul deschiderilor de ventilație luând în considerare numai presiunea datorită gravitației, cu condiția egalității suprafețelor deschiderilor de intrare și de ieșire a aerului ($S_e = S_i$), se poate folosi pentru determinarea debitului orar unitar de aer formula simplificată:

$$v = 420 \cdot \sqrt{H \cdot \Delta t} \quad [\text{m}^3 / \text{h} \cdot \text{m}^2] \quad (\text{A.9.19})$$

unde: v este volumul de aer care trece printr-un m^2 de deschidere pentru ventilație într-o oră;

H - distanța dintre axele deschiderilor inferioară și superioară, în m (fig. A.8.4);

Δt - diferența dintre temperatura medie pe înălțime din încăperea și temperatura exterioară.

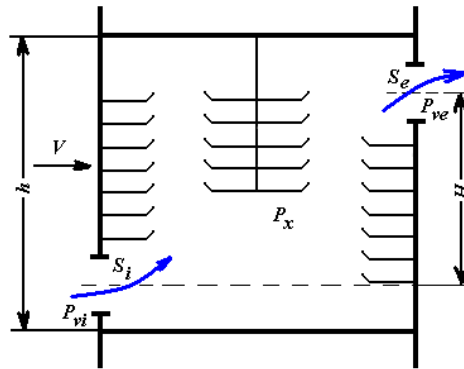


Fig. A.9.4. Ventilare naturală organizată a unei încăperi de cabluri (pod de cabluri)

Temperatura din încăpere este egală cu temperatura de dimensionare a cablurilor, adică $30 \div 35^\circ\text{C}$.

Temperatura exterioară ce poate fi luată în calcul este media temperaturilor de la ora 14 în lunile iulie și august pe o perioadă de minimum 10 ani în regiunea respectivă. Aceasta variază în țara noastră între cea 22 și 28°C , valorile mai mari fiind înregistrate în sudul țării anume:

- zona I - 22°C ;
- zona II - 25°C ;
- zona III - 28°C .

Rezultă că valoarea minimă care se poate lua în considerație pentru Δt este de cea 7°C .

Ținând seama de media reală a temperaturilor maxime anuale, care este în general mai scăzută decât $+28^\circ\text{C}$, pe de o parte, iar pe de altă parte că se admit și unele creșteri temporare a temperaturii conductoarelor unor cabluri în perioada de temperatură maximă a zilei de vară, de cele mai multe ori ecartul de temperatură Δt considerat în calcul poate avea valori mai mari și anume până la 10°C .

Cunoscând debitul de aer necesar pentru evacuarea căldurii V_o , calculat cu relația (A.9.17) și debitul orar unitar prin deschiderile de ventilație calculat cu relația. (A.9.19), suprafața necesară pentru deschiderile de ventilație în ipoteza $S_e = S_i$ rezultă:

$$S = \frac{V_o}{v} \quad [\text{m}^2] \quad (\text{A.9.20})$$

În cazul inegalității deschiderilor superioare și inferioare, raportul suprafețelor fiind:

$$n = \frac{S_i}{S_e} \quad (\text{A.9.21})$$

unde: $S_i > S_e$

mărirea debitului de aer în comparație cu situația $S_i = S_e = S$ poate fi calculată cu formula:

$$v_1 = \frac{n \cdot \sqrt{2}}{n^2 + 1} \cdot v \quad (\text{A.8.22})$$

Suprafețele determinate astfel reprezintă suprafețe libere de trecere a aerului. La determinarea suprafeței totale trebuie să se țină seama de plasele de protecție sau de jaluzelele ce se prevăd în mod obișnuit la deschiderile de ventilație.

De multe ori evacuarea aerului cald din încăperea nu se poate face direct prin deschideri în pereți, ci sunt necesare canale de ventilație. Pentru asigurarea tirajului, acestea trebuie să fie verticale și fără derivații sau coturi, executate din zidărie sau tablă. Secțiunea lor trebuie să fie mai mare decât cea determinată mai sus, pentru a ține seama de pierderile de presiune prin frecare la trecerea aerului.

Presiunea termică care determină deplasarea pe înălțimea H a canalului a unei mase de aer având inițial temperatura t_1 și careia îi corespunde greutatea specifică γ_1 și în final temperatura t_2 respectiv γ_2 , este dată de relația:

$$P = H \cdot (\gamma_1 - \gamma_2), [\text{mm H}_2\text{O}] \quad (\text{A.9.22a})$$

t_1 este temperatura interioară din încăperea de cabluri (40°C), iar t_2 - temperatura exterioară (30°C).

Luând greutățile specifice ale aerului la aceste temperaturi și cunoscând înălțimea H se determină presiunea termică prin acțiunea căreia se creează mișcarea aerului prin canalul de ventilație cu o viteză v_a , rezultând pierderi de presiune liniară prin frecare de-a lungul canalului precum și pierderi locale la suprafețele de acces și evacuare din canal.

Viteza de circulație a aerului este:

$$v_a = \frac{V_o}{3600 \cdot S}, [\text{m/s}] \quad (\text{A.9.22b})$$

în care V_o este debitul de aer calculat cu relația (A.9.17), în m^3/h ;

S - secțiunea canalului în m^2 .

Pentru viteza astfel determinată se găsește în tabelele uzuale de calcul pierderea de presiune pe ml de canal din tablă sau zidărie.

Pierderile de presiune locale se calculează cu formula:

$$Z = \frac{v^2}{2 \cdot g} \cdot \sum_{j=1}^n \xi_j, [\text{mm H}_2\text{O}] \quad (\text{A.9.22c})$$

unde ξ_j este coeficientul de rezistență locală determinat de asemenea din tabelele uzuale în funcție de amenajările de la accesul și evacuarea aerului.

Suma pierderilor de presiune trebuie să fie obligatoriu mai mică decât presiunea termică determinată cu relația (A.9.22.1).

Pentru realizarea acestei condiții se alege în mod corespunzător secțiunea S a canalului de evacuare care determină viteza de circulație v_a a aerului prin acest canal (A.9.22.2).

A.9.7.2. Ventilarea naturală datorită acțiunii curenților de aer

În cele de mai sus s-a efectuat calculul aerisirii naturale ținând seama numai de diferența de presiune rezultată datorită diferenței de temperatură între aerul interior și exterior.

Dar diferențe apreciabile de presiune pot fi create de asemenea și prin acțiunea curenților de aer, respectiv a vânturilor.

Prin acțiunea vântului iau naștere presiuni pozitive (suprapresiuni) pe perețele clădirii îndreptat spre vânt, iar pe pereții laterali și pe perețele opus, presiuni negative (depresiuni), în raport cu presiunea atmosferică.

Presiunea dinamică datorită vântului se exprimă prin relația

$$p_v = K \cdot \frac{v^2 \cdot \gamma}{2 \cdot g} \quad [\text{kgf} / \text{m}^2] \quad (\text{A.9.23})$$

unde:

v este viteza vântului, în m/s;

γ - greutatea specifică a aerului, în kgf/m³;

g - accelerația gravitației, egală cu 9,81 m/s²;

K - coeficientul aeronautic al clădirii, care depinde de forma acesteia și de vecinătăți.

În timpul verii se poate considera cu suficientă aproximație că $\gamma = 1,2 \text{ kgf/m}^3$, astfel încât:

$$P_v \approx K \cdot \left(\frac{v}{4}\right)^2, \quad [\text{kgf/m}^2] \text{ sau } [\text{mm coloană H}_2\text{O}] \quad (\text{A.9.24})$$

Coeficienții aerodinamici K , pentru diverse direcții ale vântului și diverse forme de clădiri, au valori pozitive sau negative determinate prin încercări pe modele în tunele aerodinamice. Valorile se găsesc în tabele prezentate în lucrările de specialitate.

De exemplu dacă ne referim la fig. 4 și considerăm direcția vântului indicată prin săgeata notată cu V (perpendicular pe pereții cu deschiderile de ventilație), valoarea coeficientului K pentru deschiderea S_i aflată sub vânt este $K_i = 0,50$ și pentru deschiderea S_e aflată pe partea opusă vântului, $K_e = - 0,27$.

La o direcție a vântului care face un unghi de 45° cu pereții încăperii prevăzuți cu deschideri de ventilație, valorile coeficienților sunt $K_i = + 0,14$; $K_e = - 0,46$.

Dacă direcția vântului este paralelă cu pereții încăperii, $K_s = K_e = - 0,2$.

Având acești coeficienți se pot calcula presiunile la deschiderile de ventilare datorită vântului cu relația (A.9.24).

Se demonstrează că pentru deschideri de intrare și ieșire a aerului egale presiunea în interiorul încăperii creată de vânt este:

$$P_x = \frac{P_{vi} + P_{ve}}{2}, \quad [\text{mmH}_2\text{O}] \quad (\text{A.9.25})$$

Pentru deschideri de intrare și ieșire a aerului având suprafețele în raportul $S_s / S_i = n_1 = \frac{1}{n}$

vezi relația (A.9.21) presiunea în interiorul încăperii creată de vânt este:

$$P_x = \frac{P_{vi} + n_1^2 \cdot P_{ve}}{1 + n_1^2}, [\text{mm H}_2\text{O}] \quad (\text{A.9.26})$$

Datorită presiunii suplimentare p_x create în încăperea de cabluri sub acțiunea vântului, rezultă prin deschiderea S_e un debit suplimentar de aer evacuat dat de relația:

$$V_v = \mu \cdot S_s \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot \rho \cdot (P_x - P_{ve})}, [\text{kg/s}]$$

Pentru $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$ și exprimând debitul în m^3/h rezultă:

$$V_v = \mu \cdot S_s \cdot 14500 \cdot \sqrt{P_x - P_{ve}}, [\text{m}^3/\text{h}] \quad (\text{A.9.27})$$

μ este coeficientul de debit al deschiderii de ventilație, care acoperitor poate fi luat egal cu 0,65 (jaluzele de 45°). Acest debit se adaugă la debitul necesar V_o calculat cu relația (A.8.17).

Cantitatea de căldură Q rămânând aceeași, ca și temperatura exterioară, se poate recalcula ecartul de temperatură între interior și exterior, care crește, activându-se astfel ventilația cablurilor

$$t_i - t_e = \frac{Q}{0,31 \cdot (V_o + V_v)}, [^\circ\text{C}] \quad (\text{A.9.28})$$

Temperatura interioară rezultată trebuie să fie sub temperatura de dimensionare a cablurilor.

Se observă că dimensionarea secțiunilor de intrare și ieșire a aerului se face pe baza diferenței de temperatură între interior și exterior, acțiunea vântului suprapunându-se pentru activarea ventilației prin aceste deschideri. Aceasta din cauză că, de cele mai multe ori, în sezonul cel mai cald și vânturile sunt slabe, iar direcția lor este variabilă și necunoscută.

Totuși în cazuri limită se poate conta pe o activare a ventilației prin curenți de aer, de $1 \div 3 \text{ m/s}$.

Dacă se dispune de date statistice asupra direcției și vitezei vânturilor în regiunea respectivă, ele trebuie folosite pentru o dimensionare judicioasă și economică a cablurilor și instalațiilor.

În cazul când datorită situațiilor locale aerul se introduce și (sau) se evacuează prin canale sau conducte, trebuie ținut seama în calcule de rezistențele aerodinamice ale acestora, care reduc debitul de aer vehiculat.

A.9.7.3. Ventilarea subsolurilor, tunelelor (galeriilor) subterane de cabluri

Spre deosebire pe podurile (nivelele, stelajele) de cabluri, încăperile de cabluri subterane beneficiară de cedarea de căldură prin pereți către sol, a cărui temperatură în sezonul cald nu depășește 20°C . Rezultă deci avantajul unei cantități mai reduse de căldură care trebuie evacuată prin ventilație naturală.

Pe de altă parte însă în majoritatea cazurilor aerul interior nu se poate introduce la partea inferioară a încăperii și deci nu se poate folosi integral ventilarea datorită diferenței de temperatură. În relația (A.9.19) H este foarte redus, sau chiar zero.

Totuși dacă se creează deschideri suficient de mari pentru ventilare, au loc schimburi de aer datorită curenților ascendenți și descendenți prin aceste deschideri, care vehiculează căldura spre exterior.

O soluție mai bună este organizarea de canale și coșuri de evacuare la nivele diferite, care prin tiraj să asigure evacuarea căldurii.

În acest caz dimensionarea lor poate fi făcută cu relația (A.9.19) făcând corecturile necesare datorate rezistențelor aerodinamice ale canalelor sau coșurilor de aer.

Capătă importanță deosebită în aceste cazuri și în special la tunelele sau galeriile subterane lungi, ventilarea datorită curenților de aer, care se va studia atent pe bază de date statistice pentru regiunea respectivă. La distanțe mari între deschiderile de aerisire, ca de exemplu la tunele lungi exterioare (50 ÷ 100 m), condițiile de presiune în zonele deschiderilor nu sunt niciodată aceleași datorită atât curenților de aer, cât și diferențelor de temperatură, așa încât se realizează o ventilare suficientă pentru evacuarea căldurii. Pentru activarea tirajului se pot folosi deflectoare simple, al căror debit vehiculat, depinzând de tipul acestora, este dat în lucrările de specialitate.

A.9.7.4. Ventilarea mecanică a încăperilor de cabluri

Problema ventilării mecanice a încăperilor de cabluri apare numai în cazul când nu se reușește, cu toate încercările și variantele studiate, să se elimine prin ventilație naturală organizată căldura degajată în aceste încăperi. Este de dorit eliminarea acestei soluții datorită investițiilor ridicate, a necesității unui volum ridicat de lucrări pentru reglare, întreținere și exploatare, și a unui consum suplimentar de energie. După cum s-a mai arătat, dimensionarea la limită sau chiar supraîncărcarea cablurilor duce la pierderi ridicate de energie prin căldură. Dacă pentru eliminarea acestora se ajunge și la necesitatea unei ventilări mecanice care consumă și ea energie în plus, aceasta ar putea fi un indiciu că dimensionarea cablurilor nu s-a făcut corect, ținând seama de toate criteriile eficienței tehnico-economice.

Aceasta nu înseamnă însă că în toate cazurile este posibilă excluderea ventilării mecanice a încăperilor de cabluri.

Ventilarea mecanică este utilizată în mod curent în cazurile când încăperile de cabluri sunt implantate în mijlocul tehnologiilor calde, unde pe de o parte aporturile de căldură datorită vecinătăților sunt importante, iar pe de altă parte nu se pot realiza condițiile necesare unei ventilații naturale.

În general multe din încăperile de cabluri din centralele electrice și termice, din laminoare sau oțelării sunt dotate din acest motiv cu sisteme mecanice pentru ventilarea de lucru.

Se utilizează de asemenea și sisteme de ventilare mixte, atunci când pentru realizarea schimbului de aer între interior și exterior, introducerea aerului de exemplu se face mecanic, iar evacuarea natural organizat, său invers.

Alegerea sistemului de ventilare cel mai potrivit trebuie să țină seama, de situațiile variate și complexe care se întâlnesc în practică, soluția optimă fiind rezultatul unui studiu serios și amănunțit.

O problemă foarte importantă care intervine mai ales în cazul ventilării mecanice, o constituie fiabilitatea sistemului, reprezentată prin capacitatea sa de funcționare la parametri nominali, fără defecte,

un timp suficient de lung, care să garanteze exploatarea în bune condiții a instalațiilor. Asigurarea unei fiabilități ridicate se obține prin prevederea de echipamente și motoare în execuție corespunzătoare, prin asigurarea alimentării continue cu energie electrică, prin crearea condițiilor necesare pentru supraveghere, întreținere preventivă și exploatare rațională.

O comparație tehnică între instalația de ventilare natural organizată și instalația de ventilare mecanică evidențiază următoarele:

Instalația de ventilare natural organizată, pe lângă avantajele de care s-a vorbit privind simplitatea și economicitatea în execuție și exploatare, prezintă și dezavantajul de a depinde de forțele naturale, fiind greu de controlat și aproape imposibil de reglat. De asemenea, datorită presiunii termice scăzute necesită deschideri și canale de secțiune mare, care nu pot fi realizate în multe cazuri, iar căldura evacuată odată cu aerul nu poate fi recuperată.

Instalația de ventilare mecanică prezintă dezavantajele referitoare la consumul suplimentar de energie, la fiabilitatea care depinde de calitatea echipamentelor, de condițiile de alimentare cu energie electrică și de condițiile de exploatare, având însă în schimb o serie de avantaje cum ar fi posibilitatea de realizare în toate cazurile cu conducte de secțiune redusă și pe trasee convenabile, posibilitatea de reglare și control, precum și posibilitatea de captare și recuperare eventuală a căldurii evacuate, pentru utilizare în alte scopuri.

Alegerea și dimensionarea echipamentelor și conductelor pentru instalațiile de ventilare mecanică de lucru se face în conformitate cu normele și manualele de specialitate.

A.9.8. Ventilarea de avarie a încăperilor de cabluri

A.9.8.1. Necesitatea ventilării de avarie

În caz de incendiu, în încăperile de cabluri prin arderea izolației de PVC a acestora se degajează, pe lângă o temperatură foarte ridicată, și o mare cantitate de gaze și produse de ardere având drept compus principal acidul clorhidric.

Cantitatea de acid clorhidric și alți compuși chimici care rezultă prin ardere se apreciază la peste 350 l pentru fiecarei kg de PVC.

Efectul distructiv al acidului clorhidric și în general al produselor rezultate din arderea izolației de PVC a cablurilor, și care se manifestă printr-o corosivitate și toxicitate foarte active, este cu mult mai mare decât efectul termic. Cele mai afectate sunt echipamentele electrice, construcțiile și oamenii.

Acidul clorhidric și ceilalți compuși care sunt în stare gazoasă pot condensa pe părțile reci ale construcțiilor, utilajelor și echipamentelor, așa încât efectul corosiv se manifestă mai accentuat la distanțe apreciabile față de locul incendiului.

Prin corodarea puternică a părților metalice ale construcțiilor, utilajelor și echipamentelor, precum și prin difuzarea în beton și corodarea armăturilor de oțel, se pot produce în timp distrugerii și pagube

foarte mari. În plus, datorită temperaturii ridicate care se degajă prin ardere, volumul gazelor de evacuat devine foarte important.

Pe de altă parte în caz de incendiu trebuie asigurate și condiții pentru ca personalul care intervine pentru stingere să poată vedea focarul incendiului și să aibă acces cât mai aproape de el, pentru a putea acționa cu mijloacele tehnice de stingere de care dispune, fiind cât mai puțin împiedicat de gazele, fumul și temperatura degajată.

Acestea se pot realiza printr-o instalație de ventilație de avarie pentru evacuarea direct în atmosferă a gazelor fierbinți rezultate în timpul incendiului.

După localizarea și stingerea incendiului este necesar să se creeze condiții pentru intervenția personalului în vederea refacerii în cel mai scurt timp posibil a instalațiilor, pentru repunerea lor în funcțiune și lichidarea, urmărilor incendiului. De asemenea, gazele rămase în încăperea trebuie evacuate cât mai repede, pentru a limita în timp acțiunea de corodare a acidului clorhidric.

Acestea se pot realiza printr-o instalație de ventilație de avarie, având scopul evacuării complete din încăperea de cabluri a produselor gazoase de ardere rămase după stingerea incendiului.

Rezultă de aici concluzia, demonstrată de altfel și de experiența practică a incendiilor care au avut loc în unele-gospodării de cabluri, că se impune cu necesitate studierea foarte atentă și prevederea diferențiată pentru fiecare caz în parte, în funcție de situația locală, a instalațiilor de ventilare de avarie în caz de incendiu.

Prevederea instalațiilor de ventilare de avarie la încăperile de cabluri este reglementată prin actele normative în vigoare, urmând ca în mod obligatoriu să se prevadă la toate încăperile de cabluri o ventilare de avarie pentru evacuarea directă în exterior a fumului și gazelor fierbinți.

Pe lângă aceasta se recomandă, din considerentele expuse mai înainte, existența și a unei ventilări de avarie pentru evacuarea completă, într-un timp scurt, din încăperea de cabluri a produselor gazoase de ardere rămase după stingerea incendiului. O astfel de ventilare nu se poate realiza de regulă pe cale natural organizată, ci printr-o ventilare de avarie mecanică.

În consecință, în cazul când ventilarea de lucru a încăperii de cabluri este realizată pe cale mecanică, aceasta va fi amenajată în așa fel încât să poată fi utilizată și ca ventilare de avarie pentru evacuarea produselor gazoase de ardere rămase după stingerea incendiului.

Prevederea ventilării de avarie pentru evacuarea produselor gazoase de ardere rămase după stingerea incendiului va ține seama de faptul dacă încăperile de cabluri respective sunt sau nu dotate cu instalații speciale de stingere, precum și de agentul de stingere utilizat în a-cesta instalații. În legătură cu agentul de stingere folosit în instalațiile de stingere speciale trebuie observat că dacă se folosește apa pulverizată, iar instalația este corect dimensionată din punct de vedere al asigurării debitului și a duratei de stropire, apa dizolvă gazele de ardere limpezind și răcind atmosfera din încăperea, așa încât se poate trece imediat la refacerea instalațiilor și la lichidarea urmărilor incendiului, fără a mai fi de regulă

necesară prevederea sistemului de ventilare de avarie pentru evacuarea gazelor de ardere rezultate în caz de incendiu.

Un criteriu important în luarea deciziei de a se prevedea sau nu un sistem de ventilare de avarie în încăperile prevăzute cu instalații speciale de stingere a incendiilor cu apă pulverizată îl constituie și fiabilitatea sau siguranța în funcționare a instalațiilor de stingere prevăzute.

Pentru realizarea siguranței în funcționare mai ales la obiectivele de importanță deosebită se pun condiții foarte severe în ce privește alimentarea cu apă și cu energie electrică a instalațiilor de stingere, dotarea cu pompe suplimentare cu motoare cu ardere internă și cu vane de ocolire, efectuarea de probe și verificări periodice, etc.

De asemenea, nu apare ca necesară instalația de ventilare pentru evacuarea fumului și gazelor de ardere rezultate la incendiu în cazul încăperilor de cabluri dotate cu instalații de stingere cu spumă mecanică cu mare coeficient de înfoiere, ținând și în acest caz seama de siguranța de funcționare a instalației de stingere.

O soluție modernă utilizată în străinătate pentru stingerea incendiilor, inclusiv în încăperile de cabluri, o reprezintă instalațiile de inundare a încăperilor cu gaz halon din butelii sub presiune, instalații foarte simple, care ocupă un spațiu foarte redus și care intră în funcțiune automat, producând stingerea în mod analog cu bioxidul de carbon (CO₂).

Pentru evacuarea agentului de stingere și a produselor gazoase rezultate din începutul de incendiu, după stingerea acestuia, este necesară însă prevederea instalației de ventilație de avarie pentru evacuarea gazelor, în cazul când nu există o instalație de ventilație mecanică de lucru care să poată fi folosită în acest scop.

Un loc aparte între încăperile de cabluri îl ocupă podurile de cabluri de sub camerele de comandă. În literatură, în podurile de cabluri de sub camerele de comandă se pot prevedea alte mijloace de stingere în locul instalațiilor speciale de stingere dacă sunt îndeplinite simultan condițiile:

- nu se periclitează viața oamenilor datorită întreruperii alimentării cu energie electrică;
- este asigurată posibilitatea deservirii locale pentru întreruperea sau oprirea în condiții de siguranță a utilajelor.

Aceste condiții sunt de regulă îndeplinite așa încât în aceste încăperi nu se prevăd instalații speciale fixe de stingere. Este însă necesară deci prevederea ventilării de avarie pentru evacuarea fumului și gazelor rezultate la incendiu.

Un argument în plus pentru prevederea ventilației de avarie îl constituie și pericolul distrugerii prin coroziune a echipamentelor fine din camerele de comandă, în cazul pătrunderii gazelor prin neetanșeități chiar la arderea unei cantități reduse de cabluri.

Sintetizând prevederile actelor normative și adaptându-le pe cele cu caracter general la specificul încăperilor de cabluri rezultă cu privire la ventilarea de avarie a acestora situația prezentată în tabelul A.8.4.

A.9.8.2. Condiții generale pentru ventilarea de avarie a încăperilor de cabluri

Instalațiile de ventilare de avarie ale încăperilor de cabluri vor asigura evacuarea gazelor fierbinți și a produselor de ardere gazoase direct în exterior, în aer liber. Aceasta atât din cauza temperaturii ridicate, cât mai ales din cauza toxicității și agresivității gazelor.

Ventilarea de avarie pentru evacuarea fumului și gazelor fierbinți se va realiza pe cale natural organizată, independent pentru fiecare încăpere sau compartiment de cabluri.

Realizarea acesteia pe cale mecanică ar necesita echipamente speciale rezistente la coroziune și la temperaturi ridicate, implicând totodată riscul nefuncționării la momentul oportun a ventilatoarelor.

Instalația de ventilare de avarie pentru evacuarea fumului și gazelor fierbinți constă în principal din deschideri practicate în partea superioară a încăperii de cabluri, dimensionate în mod corespunzător și care comunică direct cu exteriorul prin canale special construite (a se vedea normativul P 118).

Deschiderile pentru evacuarea fumului și gazelor fierbinți de regulă este de preferat să rămână în permanență deschise, pentru a se exclude manevre suplimentare în caz de incendiu, care necesită timp. Totodată aceste deschideri pot servi și pentru evacuarea căldurii în cazul ventilării de lucru a încăperilor respective.

În această situație trebuie observat însă ca în timpul iernii temperatura în încăperea de cabluri să nu coboare sub $\pm 0^{\circ}\text{C}$, ceea ce ar putea duce la înghețarea sau înfundarea unor conducte sau duze ale instalației de stingere prin stropire cu apă.

De regulă deschiderile de intrare și evacuare a aerului pentru ventilarea normală de lucru trebuie închise automat sau manual în caz de incendiu, rămânând deschise numai gurile pentru evacuarea fumului și gazelor fierbinți. Pentru intervenția personalului cu mijloace mobile de stingere se deschid și se mențin deschise numai ușile sau golurile de acces necesare pătrunderii oamenilor. Acestea trebuie astfel alese și studiate încât prin ele să se creeze și să se mențină în timpul incendiului un tiraj de aer / cât mai puternic dinspre exteriorul încăperii prin ușa de acces.

Aerul rece care intră în încăpere înlesnește pe de o parte pătrunderea oamenilor care luptă cu focul, iar pe de altă parte determină scăderea temperaturii în zona de acces, contribuind în acest fel și la limitarea extinderii focului în această zonă.

Deschiderile și canalele pentru evacuarea fumului și gazelor fierbinți vor fi folosite și pentru evacuarea aerului cald, în cadrul ventilării normale de lucru natural organizată a încăperii de cabluri.

Dacă suprafețele de evacuare nu pot fi lăsate în permanență deschise trebuie prevăzute cu clape cu deschidere automată prin dispozitive cu fuzibil, care se topește sub acțiunea gazelor fierbinți, precum și cu acționare manuală pentru închidere și deschidere.

Dacă ventilarea de lucru a încăperii de cabluri se face mecanic, în caz de incendiu ea se oprește, iar deschiderile de admisie și evacuare a aerului se închid prin clapete cu acționare automată și manuală.

Tabelul A-9. 4. Prevederea instalațiilor de ventilare de avarie la încăperile de cabluri

Nr. crt	Sistemul de ventilare de avarie	Subsoluri de cabluri și poduri de cabluri sub stațiile electrice cu instalații de		Poduri de cabluri sub camerele de comandă	Galerii și tuneluri de cabluri		Puțuri de cabluri și poduri false de cabluri	Observații
		stingere și apă pulverizată sau spumă mecanică	stingere cu agent gazos sau fără instalații de stingere ¹⁾		cu instalații de stingere cu apă sau spumă mecanică	fără instalații de stingere		
0	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Ventilare de avarie pentru evacuarea fumului și gazelor rezultate la un incendiu, după stingerea sa	nu ²⁾	da	da	nu ²⁾	da	da	PE 107-95, Art. 60
2	Ventilare de avarie pentru evacuarea fumului și gazelor fierbinți în timpul incendiului	da	da	nu ³⁾	da	da	nu ³⁾	Norme de protecție împotriva incendiului.

OBSERVAȚII:

- 1) La subsoluri și poduri de cabluri cu suprafețe mari, precum și la galerii și tunele de cabluri, im se utilizează de regulă instalații de stingere cu agent gazos (haloni, CO₂);
- 2) La obiectivele de importanță, deosebită, trebuie prevăzută, ventilație de avarie pentru evacuarea fumului și gazelor după incendiu, dacă ia urma studiului special efectuat, aceasta rezulta ca necesară;
- 3) La obiectivele de importanță, deosebită trebuie prevăzută ventilație de avarie pentru evacuarea fumului și gazelor fierbinți, dacă în urma studiului efectuat aceasta rezultă ca necesară.

Instalația de ventilare de avarie pentru evacuarea după stingerea incendiului a fumului și gazelor de ardere trebuie să asigure evacuarea produselor de ardere gazoase complet și în timp scurt, așa cum s-a arătat în subcapitolul anterior. Din acest motiv ventilația de avarie nu se poate realiza pe cale natural-organizată, fiind necesară de regulă prevederea unei instalații de evacuare mecanică.

În cazurile în care rezultă ca fiind necesar atât sistemul de ventilare tehnologică (de lucru), cât și cel de avarie, acestea pot fi realizate într-un singur sistem de ventilație care să asigure condiții de dimensionare pentru ambele sisteme.

Astfel, de exemplu, dacă ventilarea de lucru a unei încăperi de cabluri este natural organizată, ventilarea de avarie pentru evacuarea fumului și produselor de ardere va folosi aceleași deschideri și canale de evacuare.

De asemenea, dacă se prevede ventilare de lucru mecanică, ea va fi amenajată în așa fel încât să folosească și ca instalație de la avarie pentru evacuarea fumului și produselor de ardere. Pentru aceasta ea trebuie dimensionată în așa fel încât să se satisfacă cerințele ambelor instalații, trebuie realizată cu evacuare direct în exterior și trebuie dotată cu clapete cu închidere automată în caz de incendiu și cu deschidere manuală. Alimentarea și comanda ventilatoarelor se va face de la o sursă și pe trasee care nu pot fi afectate de un eventual incendiu în încăperea pe care o deservesc.

Pentru a nu avea riscul de poluare a spațiilor învecinate încăperilor de cabluri, ventilarea de avarie pentru evacuarea fumului și produselor de ardere se recomandă a se face prin absorbție. Chiar în cazul când sistemul de ventilare este realizat printr-o instalație de introducere a aerului și o instalație de evacuare, acesta din urmă va fi dimensionată și reglată în așa fel încât să realizeze în încăperea de cabluri întotdeauna o ușoară depresiune.

Pentru instalațiile de ventilare de avarie se pune în mod acut problema siguranței maxime în funcționare. Aceasta se obține prin alegerea de ventilatoare de bună calitate, de construcție corespunzătoare mediului în care sunt exploatate, antrenate cu motoare protejate contra pătrunderii prafului, date fiind condițiile de mediu în care funcționează în mod normal. Tablourile la care sunt racordate motoarele vor fi prevăzute cu alimentare dublă cu anclanșarea automată a rezervei. Se vor asigura căi de acces directe și sigure spre amplasamentele tablourilor, ventilatoarelor și clapetelor antifoc, atât în vederea întreținerii și verificării periodice preventive, cât și pentru manevre în caz de incendiu. Este interzisă trecerea cablurilor de alimentare a motoarelor ventilatoarelor prin încăperile de cabluri pe care le deservesc, pentru a nu fi afectate de incendiu.

Pentru împiedicarea transmiterii fumului și gazelor în caz de incendiu prin tubulaturile de ventilație se prevăd clapete antifoc tipizate omologate de Comandamentul Pompierilor, executate în serie limitată în țară. Acestea sunt de tip basculant, putând fi închise prin topirea fuzibilului, sau la tipurile automatizate, atât prin fuzibil cât și printr-un zăvor electromagnetic care poate fi acționat de exemplu la depășirea temperaturii reglate sesizate de termometre cu contact sau detectoare de gaze de combustie, de

fum sau de temperatură. Aceste clapete sunt prevăzute și cu acționarea manuală, pentru deschidere și repunere în poziția inițială.

Tot pentru realizarea funcționării sigure a instalațiilor de ventilare trebuie luate măsuri pentru evitarea pătrunderii apei în canalele de ventilație, posibilitate care apare mai ales în cazul canalelor subterane, apa putând proveni fie din infiltrații, fie de la instalații fixe de stins incendiu.

În acest scop se iau măsuri organizatorice și constructive corespunzătoare, prevăzându-se pante de scurgere la conducte spre locuri de colectare a apei echipate cu pompe de evacuare.

A. 9.8.3. Dimensionarea instalațiilor de ventilare de avarie a încăperilor de cabluri

Un factor esențial în acțiunea pentru reducerea maximă a pagubelor materiale și a pierderilor de producție datorită izbucnirii unui incendiu în gospodăriile de cabluri îl constituie timpul, care se materializează în:

- timpul de detectare a apariției începutului de incendiu;
- timpul de alarmare a formațiilor care intervin pentru stingerea incendiului;
- timpul de deplasare la locul incendiului și de declanșare a operațiilor de stingere;
- timpul de localizare și de stingerea incendiului;
- timpul de refacere a instalațiilor și de repunere în funcțiune a obiectivului tehnologic.

Este de la sine înțeles că toți acești timpi trebuie reduși la minimum posibil.

Cea mai mare importanță o au timpii până la declanșarea operațiilor de stingere, care condiționează în cea mai mare măsură succesul acțiunii. În acest sens se urmărește ca declanșarea operațiilor de stingere să aibă loc în faza; de început a incendiului, când parametrii acestuia (temperatura, fumul, gazele toxice) sunt încă reduși.

Lichidarea incendiului poate avea loc cu atât mai ușor și cu șanse de reușită cu atât mai mari, cu cât stingerea; se declanșează într-o fază mai incipientă a incendiului. Cu alte cuvinte trebuie să se tindă întotdeauna către stingerea începuturilor de incendiu și nu a incendiilor.

Așa cum rezultă din experimentări și din practică, după circa 5-10 minute de la declanșarea procesului de ardere, pătrunderea și staționarea în încăperile de cabluri a personalului care nu este dotat cu echipament special de protecție nu mai este posibilă. Aceasta demonstrează importanța majoră care trebuie acordată reducerii la minimum a timpului până la declanșarea operațiilor de stingere.

Timpul total de la apariția incendiului și până la stingerea lui, corelat cu viteza de propagare a focului, determină mărimea distrugerilor provocate și cantitatea de gaze, fum și produse de ardere rezultate, fiind un factor principal în dimensionarea instalațiilor de ventilație de avarie.

Atât în țară cât și în străinătate s-au întreprins cercetări și s-au stabilit pe baze experimentale, fundamentate și teoretic, metode de calcul pentru aprecierea cantităților de gaze și produse de ardere degajate prin arderea învelișurilor de PVC ale cablurilor, și pentru dimensionarea instalațiilor de ventilație de avarie corespunzătoare.

A.9.8.3.1. Dimensionarea instalației de ventilare de avarie pentru evacuarea fumului și gazelor fierbinți în timpul incendiului

Baza de dimensionare a instalației de ventilare de avarie pentru evacuarea gazelor fierbinți o constituie sarcina termică a incendiului, care reprezintă cantitatea de căldură degajată prin arderea unei cantități determinate de material combustibil constituit din învelișurile de PVC ale cablurilor din încăperea de cabluri, într-un interval de timp dat.

Căldura degajată în timpul incendiului creează o presiune termică ce determină un debit de evacuare spre exterior prin deschiderile și canalele prevăzute în acest scop, suficient pentru evacuarea gazelor rezultate prin ardere (care conțin printre altele cea 350 l de HCl pentru fiecare kg de PVC).

Pentru calculul sarcinii termice trebuie apreciată cantitatea de PVC care constituie învelișurile cablurilor din încăperea sau compartimentul respectiv de cabluri.

În diagramele din fig. A.9.(5 ÷ 8) sunt date cantitățile de material combustibil (PVC) care constituie învelișurile diverselor categorii de cabluri.

Având determinate conform cantitățile de cabluri și cablurile reprezentative (convenționale) aflate în încăperea de cabluri, se determină din diagramele corespunzătoare cantitatea de material combustibil (PVC) de pe fluxurile de cabluri și din întreaga încăpere.

În calculul sarcinii termice a incendiului intervine numai partea din materialul combustibil din încăperea (PVC) care arde efectiv până la stingere, majoritatea acestuia arzând până la intervenția pompierilor.

Urmează deci să se aprecieze viteza de propagare a focului pe fluxurile de cabluri ținând seama de configurația lor tipică și de particularitățile arderii.

În legătură cu aceasta s-au efectuat încercări de cercetare a mijloacelor de prevenire și combatere a incendiilor la gospodăriile de cabluri și privind propagarea flăcării la cablurile pozate în grup (se recomandă **SR EN 60332** – standard pe părți).

Aceste încercări, precum și practica unor incendii studiate, au confirmat particularitățile de propagare a incendiilor la cabluri și anume:

- propagarea cu viteză maximă a arderii are loc în canalele (puțurile) de cabluri verticale, datorită condițiilor favorabile de convecție;
- la fluxurile de cabluri pozate orizontal, viteza de propagare a arderii este mai lentă decât la cele pozate pe verticală.

Inițial focul se propagă de jos în sus datorită convecției, cuprinzând toate rastelele de cabluri, după care datorită creșterii temperaturii și a curgerii de material combustibil topit se extinde lateral, cu viteză mai mare în partea de sus, unde și temperatura este mai ridicată.

Ca rezultat al acestor încercări se pot adopta următoarele valori orientative:

- propagarea incendiului de la un rastel orizontal la următoarele rastele suprapuse se face în timp de cea 1 minut;

- în primele 10 minute propagarea focului este rapidă pe verticală și mai lentă pe orizontală;
- viteza medie de propagare a focului pe trasee orizontale este de $0,2 \div 0,3\text{m/min}$;
- viteza medie de propagare a focului pe trasee verticale este de $0,5 \div 0,7\text{m/min}$.

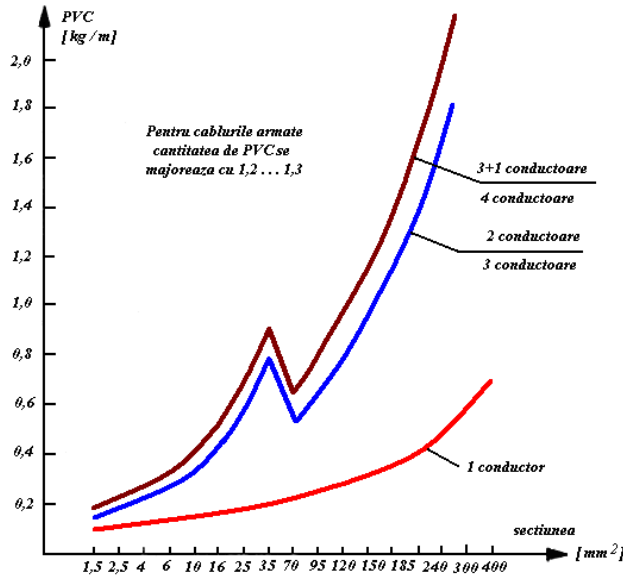


Fig. A.9.5. Cantitatea de PVC pentru cablurile de energie de joasă tensiune

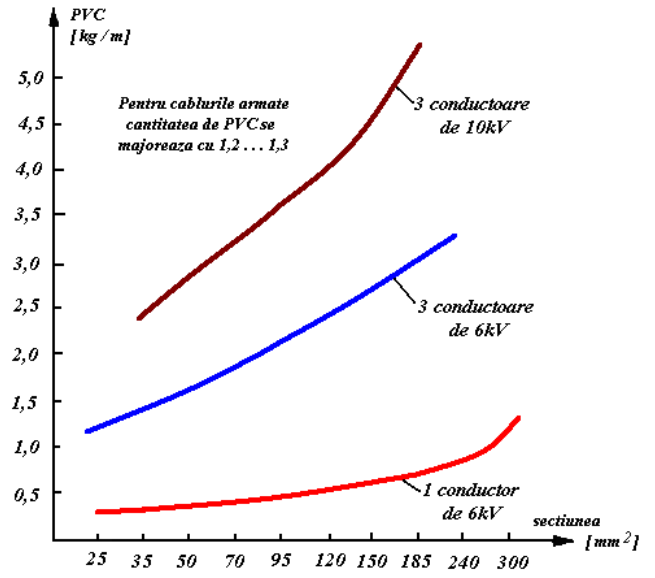


Fig. A.9.6. Cantitatea de PVC pentru cablurile de energie de 6 și 10kV

În ce privește timpul de intervenție pentru stingere, statistic rezultă că ar fi de maximum $5 \div 10$ minute. În cazul existenței instalațiilor automate de detectare, semnalizare și alarmare, acest timp este cu mult mai mic.

Se consideră că dacă se depășește timpul de $5 \div 10$ minute până la intervenție, întârzierea nu mai poate fi recuperată, incendiul putând lua proporții catastrofale.

Cantitatea de material combustibil (PVC) care arde în timp de 10 minute de pe fluxul de cabluri cel mai încărcat din încăperea de cabluri se calculează luând în considerare vitezele de propagare de mai sus, și cantitatea de PVC pe metrul liniar al fluxului de cabluri, apreciată cu ajutorul diagramelor din fig. A.9.(5 ÷ 8).

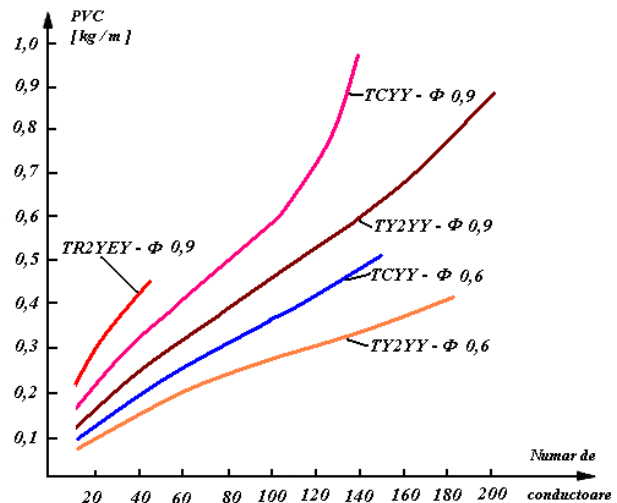
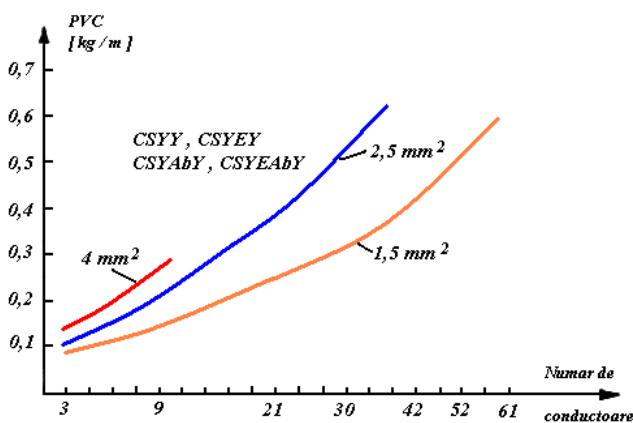


Fig. A.9.7. Cantitatea de PVC pentru cablurile de comandă și control

Fig. A.9.8. Cantitatea de PVC pentru cablurile telefonice

Sarcina termică reprezintă cantitatea de căldură degajată prin arderea acestei cantități de material combustibil (PVC):

$$Q_{\text{a varie}} = \frac{10}{60} \cdot G' \cdot P_i, \text{ kJ în 10 minute} \quad (\text{A.9.29})$$

unde G' este cantitatea de material combustibil care arde efectiv în timp de 10 minute, calculată ca mai sus, în kg;

P_i - puterea calorică inferioară a materialului combustibil, reprezentând cantitatea de căldură ce se degajă prin arderea completă a unității de masă de material combustibil în kJ/kg.

Valoarea acesteia variază în funcție de rețeta de fabricație a PVC-ului.

În construcția cablurilor PVC-ul este impurificat cu diverse ecrane din folii metalice sau armături, materiale de umplură și semiconductoare, etc.

Conform datelor existente se poate adopta pentru puterea calorică a PVC-ului de la cabluri valoarea:

$$P_i = 4200 \text{ kcal/kg} = 4900 \text{ Wh/kg} = 17600 \text{ kJ/kg}, (1 \text{ kcal} = 1,163 \text{ Wh} = 4186,8 \text{ J}). \quad (\text{A.9.30})$$

Debitul de aer pentru ventilarea de avarie se calculează în mod similar ca și la ventilarea de lucru cu relația:

$$V_{\text{a varie}} = \frac{Q_{\text{a varie}}}{c_p \cdot \rho_e \cdot (t_i - t_e)} \cdot \frac{60}{10}, \text{ m}^3/\text{h} \quad (\text{A.9.31})$$

Pentru c_p și ρ_e vezi explicațiile la relația (A.9.17), iar $Q_{\text{a varie}}$ fiind calculat pentru 10 minute.

$V_{\text{a varie}}$ se obține în $\text{m}^3/10$ minute, din care cauză se înmulțește cu 60/10 pentru a se obține $\text{m}^3/\text{oră}$.

Ca valoare medie de calcul pentru temperatura interioară se poate adopta $t_i \approx 300^\circ\text{C}$.

Numărul de schimburi pe oră rezultă împărțind debitul de avarie, $V_{\text{a varie}}$ la volumul încăperii de cabluri.

Având calculată greutatea totală de material combustibil (PVC) din încăperea de cabluri G_t în kg, se calculează densitatea sarcinii termice din încăperea

$$q_s = \frac{G_t \cdot P_i}{S} [\text{kcal/m}^2] \text{ sau } [\text{Wh/m}^2] \text{ sau } [\text{kJ/m}^2] \quad (\text{A.9.32})$$

unde S este suprafața încăperii în m^2 , iar P_i este puterea calorică a PVC, în kcal/kg sau Wh/kg sau kJ/kg.

Având aceste date urmează să se determine secțiunea golurilor și canalelor pentru evacuarea fumului și gazelor fierbinți.

Gazele sunt generate prin arderea PVC-ului în interiorul încăperii de cabluri și au o greutate specifică mai mare decât aerul. Astfel acidul clorhidric gazos are greutatea specifică la temperatura de 0°C și 760 mm Hg de 1,639 daN/m³ (față de greutatea specifică a aerului în aceleași condiții de 1,293 daN/m³). Gazele care trebuie evacuate sunt un amestec de acid clorhidric, aer și alte substanțe volatile,

având o greutate specifică medie intermediară între a aerului și a acidului clorhidric, considerate la aceeași temperatură.

Presiunea termică disponibilă care determină deplasarea masei de gaze pe înălțimea H sub acțiunea diferenței de temperatură între interior și exterior este dată de relația (A.9.22.1). Greutățile specifice ale gazelor la diverse temperaturi și la presiunea normală se calculează cu relația:

$$\gamma_1 = \gamma_0 \cdot \frac{273}{273 + t_1}, [\text{daN/m}^3] \quad (\text{A.9.33})$$

unde:

γ_1 este greutatea specifică în funcție de temperatura de 0°C , în daN/m^3 ;

γ_0 - greutatea specifică în funcție de temperatura de 0°C și presiunea de 700 mm Hg, în daN/m^3 ;

t_1 - temperatura, în $^\circ\text{C}$.

Greutățile specifice ale gazelor fiind legate direct de temperaturii prin relația (A.8.33), relația (A.8.22.1) care reprezintă presiunea termică se poate exprima în funcție de temperatura astfel:

$$P = C \cdot H \cdot (t_2 - t_1) \text{ (mm H}_2\text{O)} \quad (\text{A.9.34})$$

unde:

C este o constantă care pentru domeniul de temperatură care ne interesează, adică de 300°C ; ținând seama de greutatea specifică medie a gazelor arse superioară greutății specifice a aerului la această temperaturii, se ia egală cu 0,0023;

H - distanța pe verticalii de la axa neutră a încăperii de cabluri până la axa mediană a deschiderii pentru evacuarea gazelor de ardere, în m;

t_1 - temperatura aerului exterior, în $^\circ\text{C}$ (30°C);

t_2 - temperatura medie de calcul din interior (300°C).

Debitul de gaze rezultat conform relației (A.9.31) fiind în mod obișnuit foarte mare, necesită deschideri de evacuare mari, în general peste 1m, rezultând viteze importante de circulație a gazelor prin aceste deschideri și ea urmare pierderi de presiune apreciabile.

În tabelul A.9.5 sunt indicate, conform datelor din literatură, pierderile de presiune pe deschiderile de evacuare a gazelor fierbinți în funcție de viteza de circulație a acestora, determinate pe baze experimentale, pentru deschideri de peste 1m^2 . Pierderile de presiune cresc cu pătratul vitezei gazelor.

Tabelul A.9.5 Pierderile de presiune în deschiderile de evacuare, în funcție de viteza gazelor.

Δp	mm H ₂ O	1	2	3	4	8	10	18	25
	m/s	4	6	8	10	12	13	17	21

Deschiderile de evacuare trebuie alese în așa fel încât presiunea termică disponibilă calculată cu relația (A.8.34) să fie mai mare sau cel puțin egală cu pierderile de presiune prin aceste deschideri

$$P > \Delta P$$

(A.9.35)

Considerând cazul limită $P = \Delta P$, din tabelul 5 se găsește viteza gazelor în m/s și cu relația:

$$S_m = \frac{V_{\text{avarie}}}{3600 \cdot v} [\text{m}^2] \quad (\text{A.9.36})$$

Se calculează secțiunea minimă necesară pentru deschiderile de evacuare.

În această relație, V_{avarie} este debitul de gaze calculat conform (A.8.31) în m^3/h , iar v este viteza gazelor determinată din tabelul 5 în m/s.

Secțiunea adoptată va fi:

$$S = (1,2 \div 1,5) \cdot S_m [\text{m}^2] \quad (\text{A.9.37})$$

Aceasta se poate împărți la nevoie pe mai multe deschideri.

Se face raportul între secțiunea deschiderilor pentru evacuarea gazelor fierbinți și suprafața încăperii sau compartimentului de cabluri și se verifică îndeplinirea condițiilor din tabelul 6, care corespund cu prevederile din normele **P 118**, tabelul A.8.6.

În literatură se menționează și alte metode de dimensionare a deschiderilor de evacuare a gazelor fierbinți în caz de incendiu, astfel:

a) *Metodă bazată pe sarcina termică și destinația obiectivului* (Germania)

Suprafața de evacuare este dată de o relație de forma

$$S = A_p (a_0 \cdot s \cdot n \cdot f \cdot h) [\text{m}^2] \quad (\text{A.9.38})$$

unde:

A_p este suprafața pardoselii încăperii;

Tabelul A.9.6. Suprafața descinderilor de evacuare a gazelor fierbinți și distanța dintre ele.

Densitatea convențională a sarcinii termice		Raportul dintre suma suprafețelor libere ale dispozitivelor (deschiderii) și aria construită a încăperii	Distanța maximă între axele a două deschideri
kJ/m^2 (kcal/m^2)	kg.PVC/m^2		m
cel mult 420000 (100000)	Cel mult 23,8	1 : 150	45
420001 ÷ 840000 (100001 ÷ 200 000)	24 ÷ 47,6	1 : 125 1 : 80	35
840 001 ÷ 168000 (200001 ÷ 400 000)	48 ÷ 95,2	1 : 80 1 : 60	35

a_0 - coeficient depinzând de destinația obiectivului și sarcina de incendiu, care se ia din tabele întocmite pe baze statistice;

s - factor de suprafață depinzând de raportul dintre dimensiunile încăperii;

n - coeficient pentru numărul de etaje;

f - factor de fum depinzând de materialele care ard;

h - factor de înălțimea încăperii.

Din studiile cu privire la încăperile de cabluri rezultă că factorii care intervin în relația (A.9.38) pot avea următoarele valori orientativ: $a_o = \frac{5 \cdot q}{8 \cdot 10^4}$, unde q este sarcina termică a incendiului în W/m^2 , $s = 1$; $n = 0,6 \div 1,3$; $l = 1,5$, $h = 0,9 \div 1$.

b) *Metodă bazată pe necesitatea evacuării debitului de gaze de ardere format în urma incendiului (Rusia)*

Suprafața de evacuare este dată de relația simplificată

$$S = K \cdot A_p \cdot \beta \cdot \frac{n}{\sqrt{H - h_{usi}}} \text{ [m}^2\text{]} \quad (\text{A.9.39})$$

unde:

A_p este suprafața pardoselii, în m^3 ;

K - coeficient referitor la volumul produselor de ardere rezultat dintr-un kg de substanță combustibilă.

Pentru materiale solide combustibile $K = 214 \cdot 10^5$;

β - raportul dintre suprafața de ardere și suprafața pardoseli: pentru materiale solide $\beta = 0,3 \div 0,4$;

n - viteza de ardere a materialului combustibil pe m^2 de pardoseală, în $kg/m^2 \text{ h}$.

c) *Tot în Germania determinarea secțiunii gurilor de evacuare a fumului se face conform tabelelor din TGL 685.*

Pentru încăperi similare încăperilor de cabluri rezultă deschideri de $1 \div 2\%$ din suprafața încăperii.

Ordinul de mărime al suprafețelor determinate prin toate aceste metode este destul de diferit, dar nu depășește $1 \div 2\%$ din suprafața pardoselii încăperii de cabluri, fiind în general superior celui impus prin normativul **P 118** (tabelul A.9.6).

A.9.8.3.2. Dimensionarea instalației de ventilare de avarie pentru evacuarea fumului și gazelor de ardere după stingerea incendiului

În general se urmărește ca după stingerea incendiului să se treacă neîntârziat la lichidarea urmărilor lui și la refacerea instalațiilor.

Pentru aceasta trebuie create condiții pentru intrarea oamenilor, prin evacuarea gazelor toxice. De asemenea, pentru limitarea acțiunii corosive a gazelor de ardere, acestea trebuie evacuate în timpul cel mai scurt. La obiectivele de importanță deosebită se consideră că intervenția oamenilor pentru lichidarea urmărilor incendiului și refacerea instalațiilor trebuie să poată avea loc după $10 \div 12$ minute de la stingerea incendiului.

În acest timp trebuie ca volumul de aer și gaze din încăpere să se schimbe cel puțin o dată, deci instalația de avarie trebuie să asigure cel puțin $5 \div 6$ schimburi de aer pe oră.

Debitul pentru care se calculează instalația de ventilație de avarie pentru evacuarea fumului și gazelor va fi

$$D_{a \text{ varie}} = v \cdot V \text{ [m}^3 \text{ /h]} \quad (\text{A.9.40})$$

unde:

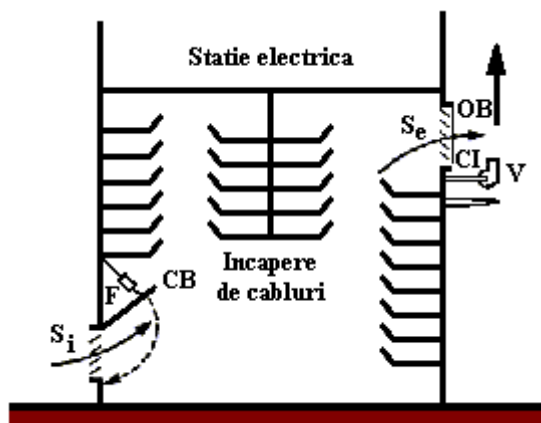
ν este numărul de schimburi de aer pe oră;

V - volumul încăperii sau compartimentului de cabluri, în m^3 .

Valorile rezultate sunt de același ordin cu cele necesare pentru ventilația normală de lucru, deci dacă există ventilație de lucru ea va fi amenajată cu evacuare direct în exterior și va fi folosită și ca ventilație de avarie pentru evacuarea fumului și gazelor după incendiu, în caz ca ventilația de lucru este natural organizată, pentru ventilația de avarie trebuie totuși prevăzută o ventilație mecanică.

A.9.9. Soluții pentru ventilarea încăperilor de cabluri

Marea diversitate a încăperilor de cabluri, atât în ce privește forma, dimensiunile, degajările proprii de căldură, încărcarea cu material combustibil, cât și amplasarea lor, la subsol, parter sau etaj, separat, alăturat sau în mijlocul diverselor procese tehnologice, periculoase sau nepericuloase, calde sau fără degajări de căldură impune studierea amănunțită, în fiecare caz în parte, a posibilităților celor mai eficiente de realizare a sistemelor de ventilare de lucru și de avarie.



CB - clapetă antifoc basculantă cu închidere automată cu fuzibil (f);

CI - clapetă normal închisă cu acționare manuală;

OB - oblon de închidere normal deschis cu manevrare manuală;

V - ventilator pentru evacuarea fumului

Se - deschiderea de evacuare

Si - deschidere de intrare a aerului

Fig. A.9.9. Ventilatie de lucru natural organizata si ventilatie de avarie

De găsirea soluției optime de ventilare depinde în primul rând siguranța în funcționare a obiectivelor pe care le deservește aceste încăperi de cabluri, precum și comportarea lor în eventualitatea unui incendiu, în sensul de a contribui întotdeauna la limitarea acestuia, a distrugerilor și pagubelor provocate și nu la extinderea sau amplificarea lor.

Situația favorabilă prezentată în fig. A.9.9, care ar corespunde unei încăperi de cabluri situate suprateran (etaj, pod de cabluri) și având doi pereți opuși situați spre exterior, este mai rar întâlnită în practică la obiective industriale sau energetice importante. În acest caz realizarea unei ventilații natural organizate este relativ simplă.

După stingerea incendiului se închid obloanele de la golurile de evacuare și se deschid ușile de acces și clapetele antifoc de la intrarea aerului și de pe admisia ventilatorului de evacuare a fumului V , care se pune în funcțiune.

În multe cazuri încăperea de cabluri este adiacentă unei construcții electrice sau tehnologice, așa încât oferă spre exterior numai unul dintre pereți, sau dacă se găsește la subsol are spre exterior un perete aflat însă sub nivelul solului.

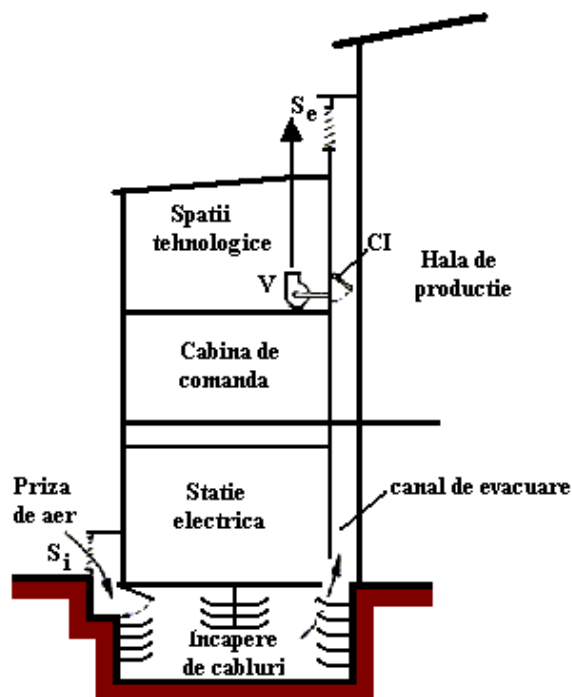
Organizarea unei ventilații naturale este dificil sau imposibil de realizat, evacuarea aerului cât și admisia lui (în cazul amplasamentului la subsol) necesitând canale lungi sau cu coturi care nu pot asigura tirajul necesar, deoarece căderile de presiune provocate de circulația aerului de-a lungul lor sunt mai mari decât presiunea termică disponibilă.

În acest caz, soluția de ventilare de lucru care se adoptă este ventilația mixtă, cu admisie naturală a aerului și evacuare forțată (mecanică), *Fig. A.9.10*. Canalul de evacuare se dimensionează și se amenajează astfel încât să satisfacă atât condițiile pentru evacuarea gazelor fierbinți (dacă este cazul), cât și pentru evacuarea fumului. Conform normativului **P 118** canalul de evacuare trebuie să aibă limita de rezistență la foc de cel puțin 1,5 ore.

Deschiderea de admisie a aerului este prevăzută cu clapeta antifoc basculantă **CB**, cu închidere automată cu fuzibil, precum și cu închidere manuală.

După evacuare, conductele, canalul și ventilatorul trebuie curățite pentru neutralizarea efectului corosiv al gazelor de ardere. La dimensiunile mari ale canalului de evacuare, clapeta antifoc **CI**, care obturează canalul în funcționarea normală, poate fi înlocuită printr-o clapetă antifoc mică, pentru obturarea automată a aspirației ventilatorului în caz de incendiu și un oblon ușor din tablă care să obtureze canalul de evacuare gaze fierbinți menținut în această poziție de asemenea prin dispozitiv cu fuzibil și care deci se deschide automat la apariția unui incendiu.

În ce privește ventilarea tunelelor și galeriilor de cabluri, aceasta se realizează pentru fiecare compartiment în parte, având lungime în medie de cea 50 m. La tunelele interioare, nefiind create posibilități pentru ventilație natural organizată, se prevede ventilație mecanică, realizată la fel ca la celelalte încăperi de cabluri. Aerul proaspăt se introduce fie natural, fie forțat, evacuarea de regulă fiind asigurată mecanic.

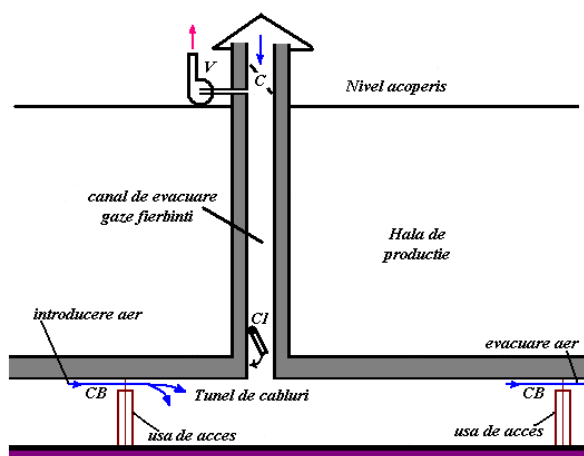


CE - clapetă antifoc basculantă cu închidere automată;
CI - clapetă normal închisă cu deschidere automată;
V - ventilator de evacuare aer cald și fum
S_e - deschiderea de evacuare
S_i - deschidere de intrare a aerului

Fig. A.9.10. Ventilație de lucru mixtă și ventilație de avarie

În fig. A.9.10 se arată un exemplu de ventilare a unui tunel de cabluri interior. Canalele de introducere și evacuare a aerului pentru ventilația de lucru sunt prevăzute cu clapete basculante antifoc cu închidere automată în caz de incendiu.

La tunelele exterioare, din incintă, se poate de multe ori realiza ventilația de lucru natural organizată, bazată în principal pe acțiunea curenților de aer. Pentru activarea tirajului, admisia și evacuarea aerului se pot amplasa la înălțimi diferite. În mod obișnuit se combină deschiderile pentru ventilare cu accesele în compartimentul tunelului de cabluri.



CB - clapetă basculant antifoc cu închidere automată;
CI - clapetă normal închisă cu deschidere automată;
C - clapeta de închidere normal deschisă, manual;
V - ventilator de evacuare fum

fig. A.9.11. Ventilarea unui tunel de cabluri interior

O rezolvare mai simplă este arătată schematic în fig. A.9.11. Accesul normal în tunel este asigurat printr-o cabină prevăzută cu ușă și scară verticală, având la partea superioară deschideri pentru evacuarea

naturală a aerului cald. Introducerea aerului se face printr-o gură cu deschideri de intrare pentru aer, amenajată și ca acces spre exterior pentru evacuare, fiind prevăzută cu scară verticală și trapă metalică.

Pentru evacuarea fumului și gazelor după stingerea incendiului, se poate prevedea un ventilator axial, sau racordarea unui ventilator mobil.

O soluție mai completă, aplicabilă în cazul tunelelor de cabluri de importanța deosebită este schițată în fig. A.9.12. Intrarea în compartimentele tunelului se face prin intermediul unui sas, prevăzută cu uși de acces și scară verticală.

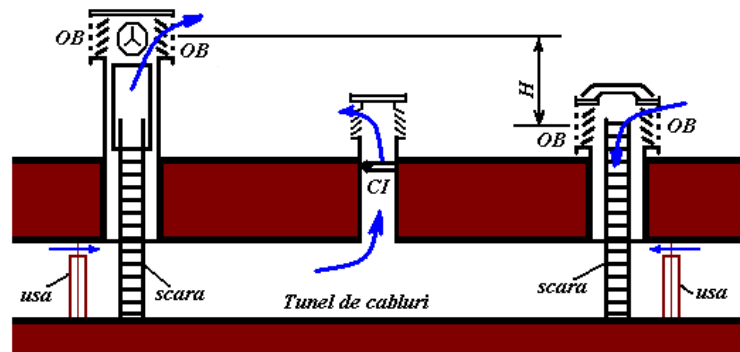


fig. A.9.12. Ventilarea simplă, natural organizată, a tunelelor de cabluri exterioare (din incintă): **CI** - clapetă basculantă normal închisă cu deschidere automată în caz de incendiu; **OB** - obloane metalice cu închidere manuală

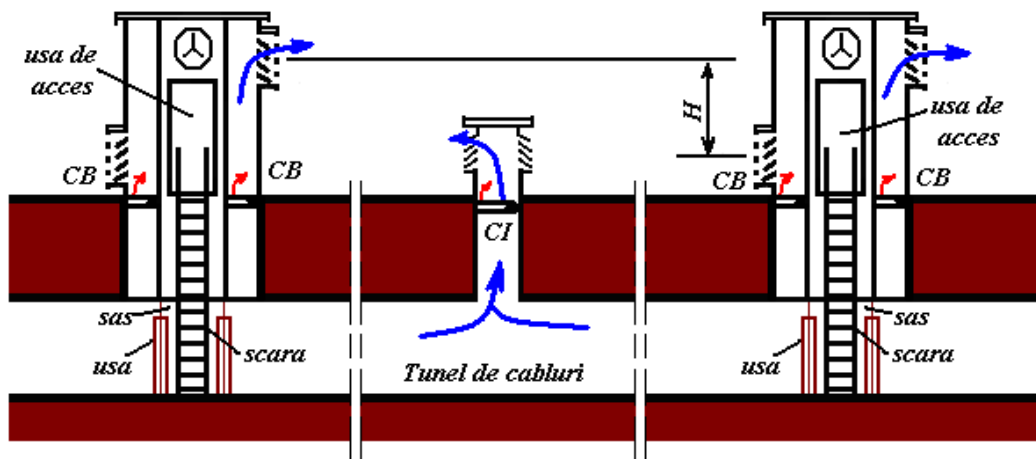


Fig. A.9.13. Ventilarea natural organizată a tunelelor de cabluri exterioare (din incintă) importante: **CB** - clapetă basculantă antifoc cu închidere automată în caz de incendiu; **C** - clapetă basculantă normal închisă cu deschidere automată în caz de incendiu; **V** - Ventilator axial

Introducerea și evacuarea aerului se face prin canale prevăzute în afara sasului. Evacuarea fumului și gazelor după incendiu se face cu ventilatorul axial *V*, la executarea fizică a instalațiilor de ventilare trebuie ținut seama de prescripțiile actelor normative în vigoare referitoare la măsurile de prevenire și stingere a incendiilor, astfel: la realizarea sistemelor de ventilare se va urmări reducerea posibilităților de formare a amestecurilor explozive, de propagare a incendiului prin canalele de ventilare, precum și utilizarea unor materiale și elemente corespunzătoare (Norme generale de protecție împotriva incendiilor).

Traversarea pereților antifoc de către conducte, canale de ventilație, conductoare și cabluri electrice, se admite numai în cazuri de strictă necesitate și numai dacă se respectă următoarele condiții:

- la trecerea prin perete, canalele de ventilație sau conductele trebuie să fie incombustibile, iar golul dintre zidărie și acestea se etanșează astfel încât rezistența la foc a umpluturii să fie de cel puțin 1 oră și 30 minute;
- trecerea conductelor și canalelor se face astfel încât să se evite dislocări ale unor porțiuni de perete datorită dilatării lor sub efectul creșterilor de temperatură.
 - Canalele de ventilare se prevăd cu sisteme de obturare cu închidere automată în caz de incendiu, având asigurată funcționarea indiferent de compartimentul în care s-ar produce incendiul (aceasta se referă la canalele pentru ventilarea tehnologică de lucru a încăperilor).
 - Se iau măsuri pentru evitarea aprinderii materialelor combustibile din vecinătatea canalelor și conductelor metalice, datorită căldurii transmise prin conductibilitate (traseu corespunzător, termoizolare, etc.) (a se vedea normativul **P 118**).

**Lista obiectivelor din ramura energiei electrice și termice care au
gospodării importante de cabluri**

- I. Centrale termoelectrice cu grupuri de 200 MW și mai mari.
- II. Centrale electrice de termoficare cu grupuri de 50 MW și mai mari.
- III. Centrale hidroelectrice cu o putere instalată totală de 100 MW și mai mari.
- IV. Stații de 400 și 200 kV de interconexiune între zonele Sistemului Energetic Național (SEN), prevăzute să poată funcționa izolat în cadrul planului general de zonare al SEN.
- V. Stații principale de conexiuni de 110 – 400 kV aferente marilor platforme industriale.
- VI. Parcuri eoliene

A. Simbolurile utilizate pentru denumirea unor materiale electroizolante

Simbolul	Semnificația
PVC/A	Amestec izolant pe bază de policlorură de vinil sau copolimer de clorură de vinil și acetat de vinil utilizat pentru cabluri cu tensiuni nominale $U_0 / U < 1,8/ 3$ kV
PVC/B	Amestec izolant pe bază de policlorură de vinil sau copolimer de clorură de vinil și acetat de vinil utilizat pentru cabluri cu tensiuni nominale $U_0 / U > 1,8/ 3$ kV
PE	Amestec izolant pe bază de polietilenă termoplastică
EPR	Amestec izolant pe bază de cauciuc etilen - propilenic sau similar (BPM sau RPOM)
XLPE	Amestec izolant pe bază de polietilenă reticulată chimic
CSP (SE₁)	Amestec izolant pe bază de polietilenă clorosulfonată (Hypalon)
PCP (SE₂)	Amestec izolant pe bază de policloropren (Neopren)

B. Simbolurile utilizate pentru cabluri electrice

A.10.1. Clasificarea cablurilor

Se recomandă clasificarea și simbolizarea cablurilor și conductoarelor electrice conform STAS 9436/1 - 73:

- o cabluri de energie **C**
- o conducte pentru instalații electrice fixe **F**
- o cabluri și conducte pentru instalații electrice mobile **M**
- o cabluri de semnalizare **CS**
- o cabluri de comanda și control **CC**
- o cabluri și conducte de telecomunicații **T**
- o cabluri pentru instalații electrice pe vehicule **V**
- o cabluri navale **CN**
- o cabluri și conducte pentru exploatarea miniere **CM**

În continuare ne vom ocupa numai de cablurile de energie, care se clasifică după diferite criterii. După felul izolației de baza cablurile de energie se împart în următoarele grupe mari:

- o cabluri cu izolație de hârtie impregnată, în manta de plumb;
- o cabluri cu izolație de PVC, în manta de plumb;
- o cabluri cu izolație și manta de PVC;
- o cabluri cu izolație de polietilenă (PE) termoplastică și manta de PVC;
- o cabluri cu răcire artificială cu circulație de ulei sau apă;
- o cabluri cu presiune interioară sau exterioară de gaz.

Primele tipuri de cabluri se utilizează pentru joasă și medie tensiune iar ultimele două tipuri pentru tensiuni înalte sau foarte înalte.

După numărul de conductoare cablurile se clasifică în:

- o cabluri monopolare, formate dintr-un singur conductor izolat și învelișul de protecție

exterior;

- cabluri multipolare, formate din mai multe conductoare (2, 3 sau 4 în cazul cablurilor de energie), izolate distinct electric și solidaritate mecanică și având un înveliș de protecție exterior.

Din punct de vedere al materialului conductoarelor cablurile se împart în:

- cabluri cu conductoare de cupru;
- cabluri cu conductoare de aluminiu

A.10.2. Simbolizarea cablurilor electrice

Simbolurile cablurilor trebuie să cuprindă cel puțin următoarele:

- litera sau grupa de litere, conform clasificării generale a cablurilor și conductelor (în cazul cablurilor de energie litera C);
- simbolurile învelișurilor care intră în construcția cablului, pornind de la conductor spre exterior.

Simbolurile pot cuprinde și alte litere referitoare la domeniile de utilizare ale cablului (se pun la începutul simbolului), precum și la caracteristici speciale ale unor învelișuri (la sfârșitul simbolului). *Conform STAS 9436/2-80 semnificația literelor care intră în simbolizarea cablurilor de energie este următoarea:*

C - cablu de energie;

A - conductor de aluminiu (se pune la începutul simbolului);

Y - izolație, manta sau înveliș exterior de *PVC* (amestec pe bază de policlorură de vinil plastifiată sau copolimeri pe bază de policlorură de vinil plastifiată);

2X - izolație, manta sau înveliș exterior din *PE* (polietilena termoplastică);

H - izolație din hârtie impregnată (când este așezat imediat după litera C din simbol);

C - conductor concentric de nul (a doua literă C din cuprinsul simbolului);

CO - conductor concentric de nul aplicat ondulat;

HS - strat semiconductor și ecran metalic comun, peste conductoarele izolate;

SE - la cabluri cu mai multe conductoare, strat semiconductor peste fiecare conductor și peste izolația fiecărui conductor și ecran metalic peste fiecare conductor;

P - manta de plumb;

Ab - armătură din bandă de oțel;

Abz - armătură din bandă de oțel zincată;

Al - armătură din sârmă lată de oțel;

Alz - armătură din sârmă lată de oțel zincată;

Arz - armătură din sârmă rotundă de oțel zincată;

I - înveliș exterior de protecție din material fibros impregnat;

F - cabluri cu întârziere mărită la propagarea flăcării (la sfârșitul simbolului, despărțit prin linie).

Clasificarea și simbolizarea dată de STAS nu este limitativă.

Exemple de notare:

ACHPI - cablu cu conductoare de aluminiu, cu izolație de hârtie impregnată, în manta de plumb, cu înveliș exterior de protecție;

CYPY - cablu cu conductoare de cupru, cu izolație de *PVC*, în manta de plumb, cu înveliș exterior de *PVC*;

CYAIZY - cablu cu conductoare de cupru, cu izolație de *PVC*, cu armătură din sârme lată de oțel zincată și manta de *PVC*;

CYY-F - cablu cu conductoare de cupru, cu izolație de *PVC*, cu întârziere mărită la propagarea flăcării;

AC2XSEY - cablu cu conductoare de aluminiu, cu izolație de *PE* termoplastică, strat semiconductor peste fiecare conductor și peste izolația fiecărui conductor, ecran metalic peste fiecare conductor în parte și manta de *PVC*.

GHID - pentru alegerea cablurilor de înaltă tensiune (conform CEI 183)**A.12.1. Domeniul de aplicare**

Prezentele norme sunt aplicabile cablurilor de înaltă tensiune pentru alegerea secțiunii conductoarelor, nivelului de izolație și tipului cabluri destinate utilizării în rețele trifazate la frecvență industrială funcționând la tensiuni mai mari de 1kV. Ele grupează, de asemenea, informațiile care sunt necesare pentru a efectua într-un mod judicios această alegere.

În afară de cazurile menționate special în articole, conținutul prezentelor norme este aplicabil cablurilor de orice tip.

În prezent, sunt tratate numai cazurile rețelelor de curent alternativ; cele ale rețelelor de curent continuu vor putea face obiectul unei instrucțiuni ulterioare.

A.12.2. Definiții

Au fost adoptate următoarele definiții, în vederea utilizării lor în prezentele norme:

A.12.2.1. Tensiuni specifice cablului și accesoriilor sale

U_0 este tensiunea nominală eficace la frecvența industrială, între fiecare conductor și ecran sau manta, pentru care a fost proiectat cablul și accesoriile sale;

U – tensiunea nominală eficace la frecvență industrială, între două conductoare oarecare, pentru care a fost proiectat cablul și accesoriile sale;

Notă. Această mărime prezintă interes numai pentru cablurile cu câmp neradial și accesorii.

U_m – tensiune maximă eficace la frecvență industrială, între două conductoare oarecare, pentru care a fost proiectat cablul și accesoriile sale. Aceasta este valoarea eficace cea mai ridicată a tensiunii care poate să fie suportată în condiții normale de exploatare, în orice moment și în toate paneele rețelei. Ea exclude variațiile temporare de tensiune datorată condițiilor de defect sau la deconectarea bruscă de sarcini importante;

U_p – valoarea de vârf a tensiunii de ținere la impulsuri de trăsnet aplicate între fiecare conductor și ecran sau manta, pentru care cablul și accesoriile sale a fost conceput.

Trebuie ca pe viitor cablurile să fie desemnate prin U_0 / U (U_m), pentru a da o informație asupra compatibilității cu aparatajul și transformatoarele. Tabelul 1 include aceste informații.

A.12.2.2. Tensiuni specifice rețelei în care se utilizează cablurile și accesoriile lor

Tensiunea nominală a rețelei reprezintă valoarea eficace a tensiunii între faze, pentru care a fost proiectată rețeaua și de care sunt legate anumite condiții de serviciu.

Tensiunea cea mai ridicată a unei rețele trifazate reprezintă valoarea eficace cea mai ridicată a tensiunii între faze care poate să apară în condiții de funcționare normală, în orice moment și în toate punctele rețelei. Ea exclude regimurile tranzitorii de tensiune (cum sunt cele de manevre) și variațiile temporare datorate condițiilor de exploatare anormale (ca acelea care sunt datorate defectelor sau deconectării bruște de sarcini importante).

Supratensiuni de trăsnet reprezintă supratensiuni fază – pământ sau fază – fază într-un loc dat al unei rețele produse de descărcări de trăsnet (sau a unei alte cauze) a căror formă de undă poate fi considerată, pentru coordonarea izolației, ca fiind similară cu impulsul standardizat (se recomandă articolul 5 din **SR EN 60071-1:2002** – Coordonarea izolației. Partea 1: Termeni, definiții, principii și reguli), utilizat pentru încercările de ținere la impulsul de trăsnet. Astfel de tensiuni sunt, în general, unidirecționale și de foarte scurtă durată, conform standardului recomandat.

A.12.3. Condiții de serviciu

Pentru a determina cel mai potrivit tip de cablu pentru un proiect particular, sunt necesare informațiile următoare referitoare la condițiile de serviciu. Se recomandă să se facă referiri la publicațiile **CEI** specifice care tratează multe din condițiile de serviciu următoare:

A.12.3.1. Condiții de funcționare

- a) Tensiunea nominală a rețelei.
- b) Tensiunea cea mai ridicată a rețelei trifazate.
- c) Supratensiuni de trăsnet.
- d) Frecvența rețelei.
- e) Tipul de legare la pământ, atunci când punctul neutru nu este legat direct la pământ, durata maximă admisibilă pentru condițiile de defect la pământ în toate ocaziile și durata lor anuală totală.
- f) Când sunt specificate extremitățile, trebuie să se dea condițiile de mediu; de exemplu:
 - altitudinea deasupra nivelului mării, dacă ea este mai mare de 1000m; instalație interioară sau exterioară;
 - risc de poluare atmosferică excesivă;
 - extremitate în aparataj izolat cu SF₆;
 - distanța și izolația prevăzută pentru metoda de racordare a cablului la echipament, de exemplu, transformatoare, aparate, motoare etc. De exemplu, distanțele dintre faze și mediul izolant trebuie să fie precizate.
- g) Curent nominal maxim
 - 1) În regim permanent.
 - 2) În regim ciclic.
 - 3) În regim de suprasarcină sau de situații excepționale, dacă au loc.

Notă. O curbă de sarcină este esențială, dacă este cazul să se ia în considerare variațiile periodice de sarcină pentru determinarea secțiunii conductoarelor.

- h) Curenți de scurtcircuit simetrici și asimetrici previzibili care pot să aperi în caz de scurtcircuit atât între faze, cât și între faze și pământ.
- i) Durata maximă a curenților de scurtcircuit.

A.12.3.2. Condiții de instalare

A.12.3.2.1. Generalități

- a) Lungimea și profilul traseului.
- b) Detalii ale pozării cablurilor (de exemplu, pozare în plan sau în treflă) și modul de conectare a învelișurilor metalice între ele și la pământ.
- c) Condiții speciale de pozare, cum sunt cablurile în apă. Instalațiile particulare impun un studiu special.

A.12.3.2.2. Cabluri subterane

- a) Detalii ale condițiilor de instalare (de exemplu, cabluri îngropate în mod direct, în conducte etc.) permițând să se ia decizii în privința alegerii construcției învelitului metalic, a tipului de armătură (dacă ea este cerută) și a tipului de înveliș, de exemplu, anticorosiv, cu întârziere la propagarea flăcării sau rezistent la termite.
- b) Adâncimea de pozare.
- c) Rezistivitatea termică și natura solului în lungul traseului (de exemplu, nisip, argilă, pământ de umplutură), precizând dacă aceste informații se bazează pe măsurători și investigații sau se bazează pe supoziții.
- d) Temperaturile minime, maxime și medii ale solului la adâncimea de îngropare a cablurilor.
- e) Aproximarea de alte cabluri de transport de energie sau de alte surse de căldură, cu detalii.
- f) Lungimea canalelor, conductelor sau tuburilor cu distanțe între camerele de tragere, dacă ele există.
- g) Numărul de conducte sau tuburi.
- h) Diametrul interior al conductelor sau tuburilor.
- j) Distanța între conducte sau tuburi, dacă există mai multe decât una.
- k) Materialul care constituie conductele sau tuburile.

A.12.3.2.3. Cabluri în aer

- a. Temperaturi minime, maxime și medii admise pentru aerul ambiant.
- b. Modul de pozare (de exemplu, pozat în lungul pereților, pe paturi etc., gruparea cablurilor, dimensiunile tunelului, a conductelor etc.).
- c. Detalii despre ventilație (pentru cablurile din interiorul clădirilor, din tuneluri sau conducte).
- d. Eventuala expunere directă la radiațiile solare.

e. Condiții speciale, de exemplu, risc de incendiu.

A.12.4. Alegerea nivelului de izolație a cablului

A.12.4.1. Introducere

În decursul a numeroși ani, două categorii de nivel de izolație (1 și 2) au fost suficiente pentru a răspunde diferitelor regimuri de tensiuni ale rețelelor întâlnite în lume. Totuși, practica modernă trebuie să țină cont de utilizarea diferitelor materiale izolante ce au comportamente diferite la supratensiuni, asociată cu creșterea probabilității funcționării prelungite cu supratensiuni în noile rețele în caz de defect la pământ, deoarece a devenit necesară existența a trei categorii de rețele.

A.12.4.2. Clase de utilizatori ai energiei electrice

Utilizatorii rețelelor electrice de interes public se clasifică în funcție de puterea maximă absorbită sau evacuată în *punctele de delimitare*, considerată în analiza de stabilire a soluției de racordare și dimensionare a *instalației de racordare*, conform Ordinului 45 din 2006 al ANRE, astfel:

- **clasa A** sunt definiți ca cei cu **putere** aparentă **maximă absorbită - evacuată mai mare de 50MVA**;
- **clasa B** sunt cei cu **putere** aparentă **maximă absorbită - evacuată cuprinsă în domeniul 7,50÷50MVA**;
- **clasa C** au **putere** aparentă **maximă absorbită - evacuată cuprinsă în domeniul 2,5÷7,5MVA**;
- **clasa D** au **putere** aparentă **maximă absorbită - evacuată cuprinsă în domeniul 0,1÷2,5MVA**;
- **clasa E** au **putere** aparentă **maximă absorbită - evacuată cuprinsă în domeniul 0,03÷0,1MVA**;
- **clasa F** au **putere** aparentă **maximă absorbită - evacuată mai mică de 0,03MVA**.

A.12.4.3. Moduri de tratare a neutrului de rețelelor electrice

Pentru rețelele industriale din țara noastră se utilizează în prezent următoarele metode de tratare a neutrului, astfel:

Rețele de J.T.

- neutrul legat rigid la pământ 230/400V;
- neutrul izolat 500/660V.

Rețele de M.T. (6-35kV):

- neutrul izolat în cazul în care curenții capacitivi sunt în limitele admise;
- neutrul legat prin *bobină de stingere* pentru curenți capacitivi care depășesc valorile limită.

***Rețele de 110 kV*, rețele cu neutrul efectiv tratat:**

- neutrul legat rigid la pământ (cel puțin un transformator într-o stație) ;
- transformatoare 110/ MT cu izolație degresivă.

Anumite considerente legate de creșterea curentului capacitiv și rezidual în rețelele de cabluri cu izolație de PVC precum și de funcționarea instalațiilor de protecție, fac oportună analiza pentru viitor a unor rețele industriale de medie tensiune cu neutrul legat prin rezistentă sau cu șuntare temporizată a bobinelor de stingere printr-o impedanță limitatoare în cazul defectelor persistente.

A.12.4.4. Categoriile de rețele electrice

- Categoria A:** Categorie în care defectele la pământ sunt eliminate atât de rapid, pe cât este posibil.
- Categoria B:** Această categorie cuprinde rețele care, în caz de defect, nu funcționează cu o fază la pământ decât un timp limitat. Durata acestei funcționări, în general, nu trebuie să depășească o durată mai lungă poate fi tolerată atunci când aceasta este specificată în norma particulară a cablului considerat.

Notă. Trebuie să se înțeleagă că într-o rețea în care un defect la pământ nu este eliminat automat și rapid, solicitările suplimentare suportate de izolația cablurilor pe durata defectului reduc viața cablurilor într-o anumită proporție. Dacă se prevede că rețeaua va funcționa destul de des cu un defect permanent, poate fi economic să se clasifice această rețea în **categoria C**.

- Categoria C:** Această categorie cuprinde toate rețelele ce nu sunt incluse în **categoria A** sau în **categoria B**.

Se recomandă să se facă referire la standardele specifice tipurilor de cabluri considerate, de exemplu, **CEI 60055** (standard pe părți)– Cabluri izolate cu hârtie impregnată sub manta metalică pentru tensiuni nominale inferioare sau egale cu 18/30kV (cu conductoare din cupru sau aluminiu și cu excluderea cablurilor cu presiune de gaz și cu ulei fluid), sau **SR CEI 60502** (standard pe părți) – „Cabluri de transport de energie izolate cu dielectrici masivi extrudați pentru tensiuni nominale de la 1kV până la 30kV, pentru recomandări aplicabile la fiecare tip de cablu”.

A.12.4.5. Alegerea lui U_m

U_m se alege, în principiu, egal sau superior tensiunii celei mai mari a rețelei trifazate, cum este definită la Art. 7, sau conform tabelului A.II.1.

A.12.4.6. Alegerea lui U_p

Valoarea aleasă a lui U_p trebuie să fie, în principiu, egală sau superioară tensiunii de ținere la impuls de trăsnet ales din **SR EN 60071** (standard pe părți), în funcție de nivelul de izolare a liniei de nivel de protecție a rețelei, de impedanța de undă a liniilor aeriene și a cablurilor, a lungimii cablurilor și a distanței de la punctul de trăsnet la extremitate.

A.12.5. Alegerea secțiunii conductorului

Mărimea secțiunii conductorului trebuie să fie aleasă, în principiu, dintre secțiunile standardizate date în standardul specific cablului considerat. În cazul în care nu există standard pentru cablul de utilizat, secțiunea conductorului va fi aleasă dintre secțiunile standardizate pentru conductoarele din *clasa 2* definită în **SR EN 60228:2005** – conductoarele cablurilor izolate.

La alegerea secțiunii conductorului, vor fi luați în considerare următorii factori:

- a. Temperatura maximă se produce în cablu în sarcină permanentă specificată, sarcină ciclică, sarcină excepțională și în condiții de scurtcircuit.

Notă. Publicația **CEI 60287** (standard pe părți) prezintă detalii asupra metodelor de calcul pentru regimul permanent.

- b. Solicitări mecanice impuse cablului în timpul pozării și în decursul serviciului său.
- c. Solicitări electrice în izolație

Un conductor cu diametrul mic rezultat din utilizarea unei secțiuni mici poate determina în izolație solicitări electrice inacceptabil de mari.

A.12.6. Terminale

Alcătuirea terminalelor depinde de valorile cerute pentru tensiunile de ținere la frecvență industrială și la impuls (care pot fi diferite de cele care sunt cerute pentru cablu), de gradul de poluare atmosferică și de altitudinea la care se găsește terminalul.

A.12.6.1. Nivelul de izolație pentru frecvențele industriale și tensiunile de ținere la impuls

Ele vor fi alese pe baza elementelor date în cap. 4 și la Art. 66 și 67.

A.12.6.2. Poluarea atmosferică

Gradul de expunere la poluarea atmosferică determină liniile de fugă minime și tipul de izolator necesar spre a fi utilizat la cutia terminală a cablurilor.

A.12.6.3. Altitudinea

Densitatea aerului la altitudini mari este mult mai mică decât la nivelul mării. Rigiditatea dielectrică a aerului este astfel redusă și distanțele în aer care sunt adecvate la nivelul mării pot fi insuficiente la altitudini mari. Rezistența la străpungere a izolatoarelor și uleiului din terminale nu sunt afectate de altitudine.

Terminalele capabile să satisfacă încercările specifice de ținere la undele de impuls în condițiile atmosferice standardizate sunt utilizabile pentru altitudini inferioare celei de 1000m în vederea asigurării că cerințele sunt satisfăcute pentru altitudini mai mari, trebuie ca distanțele în aer specificate pentru condiții normale să fie mărite cu o cantitate convenabilă.

Tabelul A.12.1. Corespondența între U_0 / U și (U_m).

Tensiunea nominală a cablurilor și accesoriilor	Tensiunea nominală a rețelei		Tensiunea cea mai ridicată pentru echipament
U_0	U		U_m
kV	kV		kV
1,8	3		3,6
3	3		3,6
3,6	6		7,2
6	6,6		7,2
6	10		12
8,7	10		12
8,7	15		17,5
12	20		24
18	30	33	36
26	45	47	52
36	60	66 69	72,5
64	110	115	123
76	132	138	145
87	150	161	170
127	220	230	245
160	275	287	300
190	330	345	362
220	380	400	420
290	500		525
430	700	750	765

Date tehnice principale necesare întocmirii unei cereri de ofertă pentru cabluri

În cererea de ofertă pentru cabluri este necesar să se transmită firmelor potențial furnizoare informațiile necesare stabilirii sortimentului de cablu dorit:

- natura curentului (curent continuu, curent alternativ - monofazat, bifazat sau trifazat);
- tensiuni specifice cablului și accesoriilor sale: $U_o/U (U_m)$;
- tipul de cablu (armat sau nearmat, ecranat sau neecranat, cu câmp radial sau nu etc.);
- numărul de conductoare;
- natura materialului conductor (aluminiu sau cupru);
- secțiunea conductorului;
- natura materialului izolant;
- comportarea la foc a cablului;
- modul de pozare (aer, pământ sau apă);
- lungimea totală a cablului;
- altitudinea de montaj;
- existența unor denivelări importante;
- tipul terminalelor (de interior sau de exterior);
- lungimea liniei de fugă a trecerilor izolate;
- alte cerințe specifice instalației în care urmează a fi pozat (vezi și *anexa 11*).

Influența cablurilor de energie electrică asupra cablurilor de comandă, control și a cablurilor de telecomunicații

Creșterea numărului cablurilor electrice și al cablurilor de comandă, control și telecomunicații, pune problema coexistenței acestora, în special în situațiile în care traseele acestor instalații au lungimi mari de paralelism sau se află în interiorul stațiilor electrice.

În toate aceste situații, atât în funcționarea normală cât și în cazul unui defect, cablurile electrice influențează cablurile de comandă, control sau telecomunicații aflate în apropiere.

În conformitate cu prevederile STAS 832 se consideră următoarele influențe ale instalațiilor electrice asupra liniilor de telecomunicații și a cablurilor de comandă și control.

- a) influența electrică – efect al componentei electrice a câmpului liniei electrice;
- b) influența magnetică – efect al componentei magnetice a câmpului liniei electrice;
- c) influența rezistivă (cuplaj rezistiv) – efect al trecerii curentului prin prizele de pământ ale instalațiilor electrice.

A.14.1. Cazuri de calcul al influențelor

1. Conform prevederilor aceluiași act normativ, se vor efectua calculele de verificare a influențelor rețelelor electrice asupra instalațiilor de telecomunicații și a cablurilor de comandă și control (fir pilot) în situațiile din tabelul A.14.1.

Tabelul A.14.1

Felul rețelei electrice și regimul de funcționare	Mărimile ce se calculează	
	Influențe periculoase	Influențe perturbatoare
1	2	3
1. Rețele legate la pământ		
<i>a. regim normal</i>		
rețele de 400 – 750kV	I_c	e_p, U_c
rețele de 1 – 220kV	E_p, U_c	e_p
<i>b. punere la pământ monofazată</i>		
2. Rețele izolate față de pământ		
<i>a. simplă punere la pământ</i>	I_c	e_p, U_c
<i>b. dublă punere la pământ</i>		
dacă $I_{p1} \leq 1,2A/kV$ sau $t_I > 10min$	E	-
dacă $I_{p1} \leq 1,2A/kV$ și $t_I \leq 10min$	-	-
3. Rețele de tracțiune electrică		
<i>a. regim normal</i>	I_c, E, U_r	e_p, U_c
<i>b. scurtcircuit</i>	E, U_r	

unde:

I_c - curent capacitiv - curent alternativ care rezultă din influența electrică și care trece printr-o legătură la pământ a unui circuit de telecomunicații.

U_c - tensiune capacitivă - tensiunea față de pământ a circuitului de telecomunicații rezultând din influența electrică;

E - tensiunea electromotoare longitudinală produsă prin inducție magnetică în lungul unui circuit considerat a fi format din conductorul de telecomunicații și pământ;

U_r - tensiunea rezistivă - tensiunea într-o instalație de telecomunicații datorată creșterii potențialului solului în zona prizei de pământ a unei instalații electrice;

I_{p1} - curentul prin pământ la defect monofazat (curentul rezidual dacă există bobine de compensare) raportat la tensiunea nominală a rețelei;

t_1 - timpul de eliminare a defectului monofazat;

e_p - tensiunea electromotoare psometrică.

2. În cazul rețelelor electrice constituite în întregime din cabluri cu manta de plumb sau aluminiu:

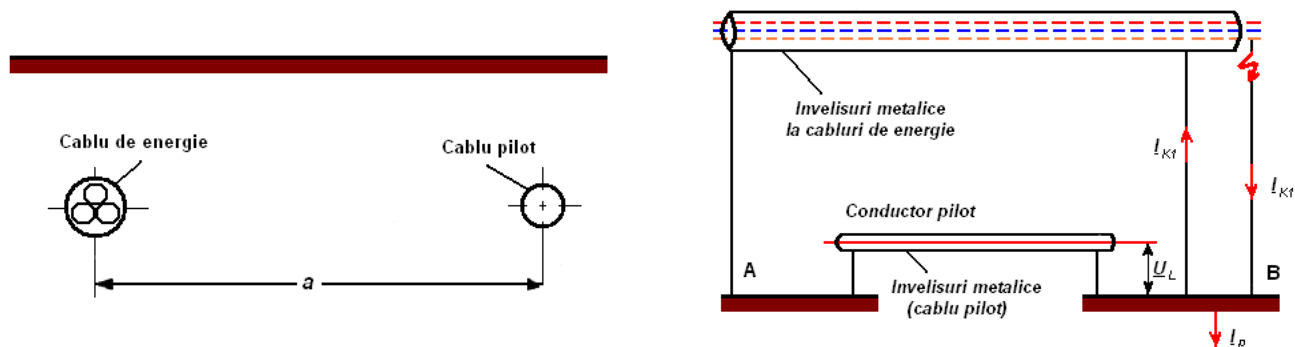
- perturbațiile nu se vor calcula;
- dacă rețeaua este izolantă față de pământ, nu se vor calcula nici influențele periculoase;
- dacă rețeaua este legată la pământ, calculul influențelor periculoase se va face numai când cablul electric și cel de telecomunicații sunt în același șanț sau canal pe o lungime mai mare de 1 km sau când, fără să fie în același șanț sau canal, sunt la distanță mai mică de 4m pe o lungime mai mare de 3 km.

3. În cazul rețelelor de transport, sau distribuție a energiei electrice, tensiunea rezistivă se va calcula pentru zona prizelor de pământ ale stâlpilor, stațiilor și ale manșoanelor cablurilor de 110 kV.

A.14.2. Calculul influenței magnetice

Verificarea influenței magnetice a cablurilor electrice asupra cablurilor de telecomunicații și a cablurilor de comandă și control constă în calculul tensiunii produse prin cuplaj inductiv U_L . Aceasta reprezintă diferența dintre potențialul unui conductor din cablul influențat și pământ, datorită

inducției magnetice produsă de curentul electric care circulă printr-un cablu electric aflat în apropierea cablului influențat.



distanța a la calculul inductanței mutuale M

curenții de defect I_{KI} considerați în calcule

Fig. A.14.1 Circulația curenților de defect

Relația de calcul pentru determinarea tensiunii induse prin cuplaj inductiv este:

$$U_L = \omega \cdot M \cdot l \cdot I_{KI} \cdot r, \text{ în V} \tag{A.14.1}$$

unde:

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f = 314, \text{ pentru } f = 50 \text{ Hz};$$

M - inducția mutuală, în mH/km între conductorul inductiv și conductorul influențat, în funcție de distanța a dintre aceste conductoare, frecvență și conductivitatea solului (a);

l - lungimea de paralelism, în km;

I_{KI} - curentul de defect prin cablul electric (curentul inductiv) (fig. A.14.1), în kA;

r - produsul factorilor de reducere, denumit și factorul de reducere rezultat.

Dacă se notează impedanța mutuală cu $Z = \omega \cdot M$, relația devine:

$$U_L = Z \cdot l \cdot I_{KI} \cdot r$$

Valoarea rezistivității electrice a solului se determină prin măsurători sau orientativ conform datelor din tabelul A.14.2.

Valoarea inductanței mutuale M și a impedanței mutuale Z în funcție de distanța dintre cablul electric și cablul de telecomunicații a și de rezistivitatea solului ρ este prezentată în fig. A.13.2.

Tabelul A.14. 2. Rezistivități electrice ale solului

Natura solului	Rezistivitatea solului, în Ω	
	valoarea medie	domeniu de valori
Terenuri aluvionare și argile ușoare	5	2 ÷ 10
Argile (fără aluviuni)	10	5 ÷ 20
Marne (ex. marna lui Keuper)	30	10 ÷ 30
Calcar poros	50	30 ÷ 100
Gresie poroasă (expresia lui Keuper, șisturi argiloase)	100	30 ÷ 300
Cuartite (ex. marmora, calcar carbonifer)	300	100 ÷ 1000

Ardezii argiloase și șisturi cu ardezie	1000	300 ÷ 3000
Granit	1000	≥ 1000
Ardezii fosile, șisturi, gneiss și roci ignee	2000	≥ 1000

Observație: Valorile din acest tabel diferă de cele folosite la calculul prizelor de pământ, deoarece se referă la straturile de adâncime, care, în condițiile climatice ale României, își păstrează destul de bine umiditatea. Se ia rezistivitatea medie a straturilor aflate între 10 și 150m adâncime.

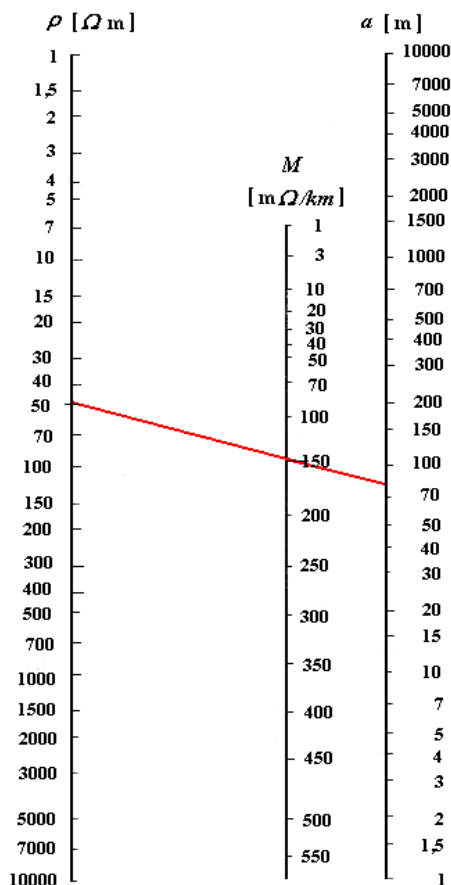


Fig. A.14.2. Determinarea inductivității mutuale M

Pentru calcule prealabile, precum și la lucrări mai puțin importante executare în afara regiunilor muntoase se va lua pentru rezistivitatea solului valoarea de $50\Omega\text{m}$.

În localități și pe platforme industriale, efectul reductor general al rețelelor, metalice subterane edilitare (apă, gaze, canal etc) se ia în considerare fie sub forma unui factor reducător, fie luându-se pentru rezistivitatea solului următoarele valori:

- în orașe și pe platforme industriale: $\rho = 0,25\Omega\text{m}$; $\sigma = 4 \cdot 10^{-1} \text{ S/cm}$
- în alte localități cu rețele edilitare subterane: $\rho = 5\Omega\text{m}$.

O altă problemă este aceea a determinării distanței dintre cele două conductoare paralele.

În cazul când circuitele sunt paralele în sensul geometric al cuvântului, distanța a dintre ele este dreapta perpendiculară pe amândouă; când tronsonul de cablu influențat are un capăt la distanța a_1 și celălalt la distanța a_2 de circuitul care produce influența, iar raportul $a_2/a_1 \leq 3$,

distanța a se determină cu relația $a = \sqrt{a_1 \cdot a_2}$.

Dacă raportul $a_2/a_1 > 3$, circuitul trebuie reîmpărțit pe tronsoane.

Pentru determinarea factorului de reducere rezultat se va folosi următoarea relație generală:

$$r = r_i \cdot r_u \cdot r_E \cdot r_s \cdot r_f \cdot r_x \cdot r_r \quad (\text{A.14.2})$$

în care:

r_i este factorul reductor datorat învelișului metalic al cablului electric;

r_u - factorul reductor datorat mantalei și armăturii cablului de telecomunicații pentru care se face calculul;

r_E - factorul reductor al conductorului de ecranare;

r_s - factorul de reducere datorat șinelor de cale ferată;

r_f - factorul reductor datorat firelor din același cablu legate la pământ prin protectoare sau prin punctele mediane ale bobinelor;

r_x - factorul reductor datorat altor conductoare metalice în contact cu pământul aflate în lungul liniei electrice sau liniei de telecomunicații (țevi, estacade, învelișuri de cabluri vecine etc.);

r_r - factorul reductor datorat efectului general al rețelelor metalice subterane edilitare sau industriale, exclusiv elementele luate în considerare la determinarea lui r_x .

- Factorul de reducere r_t reprezintă efectul de ecranare a mantalei cablului electric sau a armăturii acestuia.

În caz de defect monofazat, valoarea totală a curentului de scurtcircuit I_{KI} ce trece prin conductoare este împărțită în două părți. O parte din aceasta se întoarce prin manta și alta prin pământ (partea de curent I'_{KI}). Factorul de reducere r_i este expresia raportului I'_{KI}/I_{KI}

Circuitul prin pământ este format de rezistența ohmică a solului, rezistența de punere la pământ a cablurilor la capete și bineînțeles inductanța circuitului de punere la pământ și inductanța armăturii metalice.

Rezistența ohmică a pământului este neglijabilă, cu pondere mare fiind rezistența învelișului metalic al cablurilor.

Pentru simplificarea calculelor, factorul de reducere r_i este dat de formula:

$$r_i = \frac{R_M}{\sqrt{R_M^2 + (\omega \cdot L_M)^2}} \quad (\text{A.14.3})$$

unde:

R_M este rezistența în cea învelișului metalic, în H/km ; $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f = 314$;

L_e - inductanța circuitului prin pământ = $2 \cdot 10^{-3}$ H/km ;

K_M se calculează conform celor prezentate în literatura de specialitate.

Factorul r_i diferă în funcție de tipul cablului. Pentru cablurile cu izolație de PVC acest factor are valoarea de 0,87 - 0,98 și de obicei în calcule se neglijează.

Pentru cablurile cu izolare de hârtie și manta metalică valorile lui r_i și r_u sunt date în figura A.15.3.

Valori orientative pentru (actorul r_i sunt date și în tabelul A.14.3.

- Factorul de reducere r_u reprezintă influența mantalei metalice și a armăturii cablului de telecomunicații.

Formula de calcul este identică cu cea a factorului r_u fiind:

$$r_u = \frac{R_M}{\sqrt{R_M^2 + (\omega \cdot L_E)^2}}$$

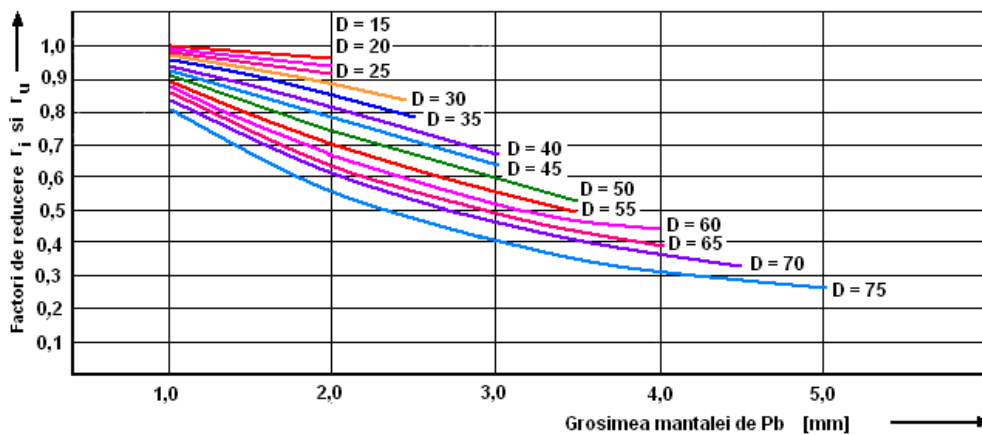


Fig. A.14.3. Factorul de reducere r_i și r_u la cabluri nearmate cu mantale de plumb

Tabelul A.14.3 Valori ale factorului r_i

Tensiunea	Felul cablului	r_i
10 ÷ 30kV	sub Pb, nearmat	0,8
	sub Pb, armat	0,8
	sub Al, nearmat	0,3 ÷ 0,5
110 sau 220kV	cu presiune de ulei, sub Pb, cu armatura sârmă	0,5
	cu presiune de ulei, sub Pb, în țeava de oțel	0,06 ÷ 0,18
	cu presiune de ulei, sub Al ondulat	0,1 ÷ 0,2
	cu presiune de gaz, sub Al ondulat	0,05 ÷ 0,07
	cu presiune de gaz, în țeavă de oțel	0,04 ÷ 0,06

Se menționează că în cazul în care mantaua cablului este legată la ambele capete la pământ, în calcule se va lua o valoare R'_M , în loc de R_M , dată de formula:

$$R'_M = \frac{R_M \cdot l_e + R_{e1} + R_{e2}}{l_e}, \Omega/\text{km} \tag{A.14.4}$$

unde:

R_M este rezistența în c.c. a mantalei metalice, în Ω/km ;

R_{e1}, R_{e2} - rezistența de punere la pământ la capetele cablului, în Ω ;

l_e - distanța între punctele legate la pământ, în km.

Valorile lui r_u calculate sunt indicate în diagramele din figura A.13.3, pot fi calculate în funcție de valoarea câmpului E_o local electric al cablului, cu formula:

$$E_o = \omega \cdot M \cdot I_k \cdot r_e \cdot r_x, \text{ V/km} \tag{A.14.4a}$$

Factorul de reducere r_E : In cazul în care între cablul electric și cablul de telecomunicații se

montează un conductor de compensare apare un factor de reducere a tensiunii induse. Factorul de reducere al conductorului de compensare este:

$$r_E = \sqrt{\frac{R_3^2 + \omega^2 \cdot \left(L_3 - \frac{M_{13} \cdot M_{23}}{M_{12}} \right)^2}{R_3^2 + \omega^2 \cdot L_3^2}} \tag{A.14.5}$$

unde:

R_3 este rezistența conductorului de compensare; se calculează folosind legea lui Ohm:

$$R_3 = \rho \cdot l / s, \text{ în } \Omega/\text{km};$$

L_3 – inductanța conductorului de compensare (circa 2m, în H/km);

M_{13}, M_{23}, M_{12} sunt inductanțe mutuale (fig. A.14.2):

M_{13} - inductanța mutuală între (1) și (3) pentru a_{13} , în mH/km;

M_{23} - inductanța mutuală între (2) și (3) pentru a_{23} , în mH/km;

M_{12} - inductanța mutuală între (1) și (2) pentru a_{12} , în mH/km;

În tabelul A.14.4 sunt date valori ale factorului r_E funcție de natura conductorului de compensare (pentru conductivitatea solului, $\sigma = 10^{+4}$, în S/cm).

Tabelul A.14.4.

Tipul conductorului	Secțiunea	Rezistența în c.c.	r_E calculat
	mm ²	H/km	
Ol	70	2,31	0,98
Ol/Cu	30/20	0,813	0,84
Ol/Cu	42/2	0,586	0,78
Bronz	50	0,473	0,75
Bronz	70	0,345	0,69
Ol/Al	44/3	0,518	0,77
Ol/Al	185/32	0,145	0,62
Ol/Al	300/50	0,093	0,61

▪ Factorul de reducere r_s

Căile ferate (liniile de tramvai) sunt similare unor conductoare de compensare, deci factorul r_s se tratează la fel ca factorul r_B .

În tabelul A.14.5 sunt indicate câteva valori uzuale ale factorului r_s determinat de șinele de cale ferată aflate la o distanță $a < 5\text{m}$ față de cablul de telecomunicații sau cablul de energie electrică.

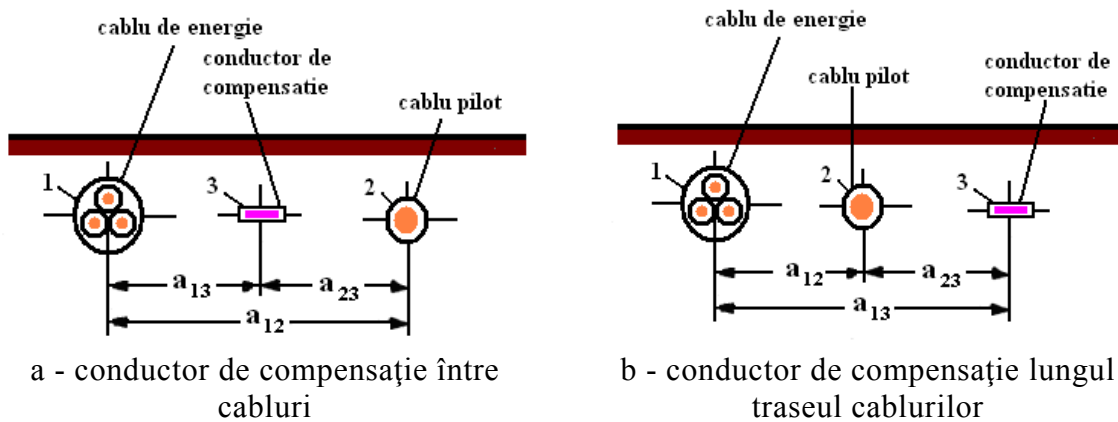


Fig. A.14.4. Influența factorilor de reducere cu conductoare de compensație

Tabelul 18.5

Tipul similar		r_s
Căi ferate neelectrificate	una sau mai multe perechi de șine	0,8
	stații CF mari	0,6
Căi ferate electrificate	una sau două perechi de șine	0,5

	trei sau mai multe perechi de șine	0,35
	stații CF mari	0,2

- Factorul de reducere r_s determinat de conductoarele din cablul influențat legate la ambele capete direct la pământ, se calculează cu relația:

$$r_f = \frac{R_f}{R_f + R_A + R_B}$$

unde:

R_f este rezistența ohmică echivalentă a conductoarelor legate în paralel la pământ (la ambele capete), în Ω ;

R_A - rezistența prizei din stația de la capătul opus defectului, în Ω ;

R_B - rezistența prizei în stația unde se consideră defectul, în Ω .

- Pentru factorul reductor r_x se dau valori în tabelele A.14.6 și A.14.7, în cazul conductoarelor de oțel cu diametrul de 0,4 ÷ 0,8 mm sau a unor conductoare de Cu, Al, sau oțel cu secțiunea de 50 ÷ 300 mm² Al.

Tabelul A.14.6 Valori ale factorului r_x

Distanța față de conductă, în m	r_x pentru ρ egal cu		
	10 Ω m	100 Ω m	1000 Ω m
3	0,35	0,31	0,28
10	0,55	0,45	0,40
50	0,75	0,63	0,58

Tabelul A.14.7 Valori ale factorului r_x

Secțiunea, în mm ²	50	70	95	120	150	185	240	300
r_x cupru	0,67	0,65	0,63	0,62	0,615	0,61	0,59	0,52
r_x aluminiu	0,78	0,72	0,67	0,65	0,630	0,62	0,62	0,61
r_x oțel	0,98	0,96	0,94	0,91	0,870	0,83	0,78	0,74

Pentru alte cazuri, valorile lui r_x se stabilesc prin asimilare, calcul sau măsurare.

Factorul de reducere r_x general datorat rețelelor edilitare se poate stabili prin măsurarea tensiunii electromotoare longitudinale induse în linia datele comunicații și compararea rezultatelor măsurării cu rezultatele calculului făcut cu $r_x = 1$.

Valorile obținute într-o zonă sau localitate se pot folosi și în alte zone sau localități cu situații similare privind rețelele edilitare subterane.

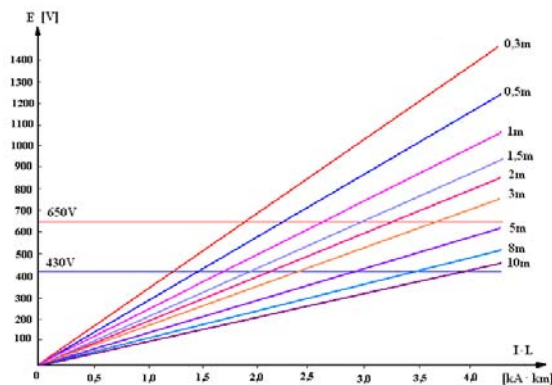


Fig. A.14.5 Nomogramă pentru determinarea tensiunii induse E funcție de momentul $I_{sc} \cdot L$ și distanța a_m între LES (MT) și cablu de telecomunicații (nomograma utilizată în cazul tratării neutrilor rețelei de MT prin rezistor și $\rho = 1\Omega m$)

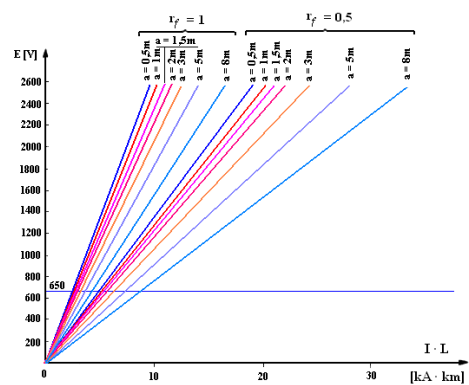


Fig. A.14.6. Nomogramă de calculul tensiunii induse longitudinale E funcție de momentul $I \cdot L$ și distanța a , între LES-MT și cablul de telecomunicații (în cazul când neutrul rețelei este cu neutrul izolat sau compensat, iar rezistivitatea solului este $\rho = 1\Omega m$)

În figurile A.14.5-A.14.6 se dau grafice pentru determinarea tensiunii induse prin cuplaj inductiv în cazul unor paralelisme între liniile electrice subterane de medie tensiune și linii subterane de telecomunicații, pentru două soluții de tratare a neutrilor acestor rețele, tratare prin rezistență și neutru izolat sau compensat.

A.14.3. Determinarea tensiunii prin cuplaj rezistiv

Pentru determinarea tensiunii prin cuplaj rezistiv, datorită efectului prizei de pământ a unei stații electrice asupra unui cablu de telecomunicații, având un capăt în perimetrul prizei și celălalt capăt în afara zonei de influență a prizei, se va considera curentul de punere la pământ I_p , care constituie componenta din curentul de defect I_d ce se închide efectiv prin priza de pământ a stației.

Curentul de punere la pământ I_p care se închide prin instalația de legare la pământ este o componentă a curentului de scurtcircuit monofazat la locul de defect considerat.

Pentru determinarea curentului I_p care se închide prin instalația de legare la pământ se scad din valoarea curentului de defect valorile curenților care se închid prin:

- neutrele transformatoarelor legate la instalația de legare la pământ;
- învelișurile metalice, racordate la instalația de legare la pământ, ale cablurilor de energie electrică prin care se alimentează scurtcircuitul cu punere la pământ;
- conductorul de ecranare legat la instalația de legare la pământ.

Se calculează influențele prin cuplaj rezistiv numai în cazul rețetelor legate la pământ, direct sau printr-o rezistență ohmică mică. Pentru rețelele izolate față de pământ sau legate la pământ prin bobina de compensare, nu se face verificarea la influența prin cuplaj rezistiv deoarece I_p se calculează numai pentru simplă punere la pământ și în această situație valorile curenților sunt foarte mici. Nu se iau în considerație curenții de dublă punere la pământ, această situație fiind rezolvată rapid prin protecție.

La cablurile de 110 kV care au prize de legare la pământ a manșoanelor de joncțiune sau stopare, se verifică ca tensiunea indusă prin cuplaj rezistiv în zona prizelor să nu depășească valoarea de 100 V, maxim admisă pentru telefoanele cuplate, care funcționează cu o legătură directă la pământ. Prin calcule se determină dimensiunile zonei în care trebuie să se desființeze telefoanele cuplate.

Relația de calcul pentru tensiunea prin cuplaj rezistiv este:

$$U_R = \gamma \cdot r_e \cdot R_p \cdot I_p, \text{ în V} \quad (\text{A.14.7})$$

unde:

R_p - rezistența prizei din stația unde se consideră defectul, în Ω ;

I_p - partea din curentul total de defect care trece efectiv prin priza de pământ, în A;

r_e - factorul de echipotențializare datorat rețelelor metalice subterane ;

γ - coeficientul de corecție = 0,85 reprezintă probabilitatea practică, ca produsul $R_p \cdot I_p$ să atingă valoarea maximă de rezultă din calcule;

r - factorul reductor rezultat.

În cazul în care al doilea capăt al cablului se află în zona de influență a prizei, într-un punct K , având potențialul solului V_k , relația devine:

$$U_R = \gamma \cdot r_e \cdot r \cdot (R_p \cdot I_p - V_k) \quad (\text{A.14.8})$$

Potențialul V_k al solului, într-un punct k din afara prizei, aflat la distanța a_p de perimetrul acesteia, se calculează considerându-se că solul este omogen și echivalându-se priza reală cu o priză-placă circulară, având raza:

$$a_o = \sqrt{\frac{S}{\pi}}, \text{ în m} \quad (\text{A.14.9})$$

în care S este suprafața prizei reale, în m^2 .

În acest caz:

$$V_k = \frac{2}{\pi} \cdot R_p \cdot I_p \cdot \arcsin \frac{a}{a_o}, \text{ în V} \quad (\text{A.14.10})$$

sau, aproximativ:

$$V_k = k \cdot R_p \cdot I_p \cdot \frac{a_o}{a} \quad (\text{A.14.11})$$

în care:

$a = a_o + a_p$, dacă:

▪ $a \geq 3 \cdot a_o$, atunci $k = 0,64$ pentru, respectiv pentru

▪ $a < 3 \cdot a_o$, atunci $k = 0,64 + 0,36 \cdot \left(\frac{a_o}{a}\right)^2$

Arcul este exprimat în radiani.

Pentru factorul de echipotențializare r_e se iau valori măsurate în cazul respectiv sau în cazuri asemănătoare. În lipsa acestora, se iau următoarele valori:

0,2 - **orașe** cu $n_{loc} > 200000$;

0,5 - **orașe** cu $100000 < n_{loc} < 200000$;

0,4 - **platforme industriale**, dacă nu sunt legături intenționate între prizele de pământ;

0,2 - **platforme industriale** unde s-a realizat o rețea generală de legare la pământ și distanțele între prize sunt mai mari de 300m;

- **idem**, dar distanțele între prize sunt mai mici de 300 m.

Pentru determinarea factorului de reducere rezultat se folosește relația:

$$r = r_u \cdot r_i \cdot r_E \quad (\text{A.14.12})$$

r_u - factor reductor datorat învelișului cablului de telecomunicații; se poate determina conform celor prezentate la subcapitolul A.14.2, dacă învelișul cablului este legat la pământ.

Valoarea lui r_f - factorul reductor datorat firelor din cablu puse la pământ la capete se poate calcula cu formula:

$$r_f = \frac{L \cdot R_b}{L \cdot R_b + 4 \cdot \rho \cdot (R_1 + R_2)} \quad (\text{A.14.13})$$

în care : L este lungimea cablului, în km; R_b - rezistența de buclă a unei perechi de cablu, în Ω/km ; R_1 și R_2 - rezistențele prizelor de pământ de la capetele cablului, în Ω ; ρ - numărul de perechi din cablu puse la pământ prin aceste prize.

Valoarea lui r_E , factor reductor datorat unui conductor de echipotențializare legat la pământ la capetele cablului, se poate calcula cu formulele:

- în cazul utilizării unui conductor izolat:

$$r_E = \frac{L \cdot R_x}{L \cdot R_x + R_1 + R_2} \quad (\text{A.14.14})$$

- în cazul utilizării unui conductor neizolat:

$$r_E = \frac{\sqrt{R_x \cdot R_d}}{\sqrt{R_x \cdot R_d + R_1 \cdot R_2}} \quad (\text{A.14.15})$$

în care: L - lungimea conductorului, în km; R_x - rezistența longitudinală a conductorului ($R_x = \rho/s$), în Ω/km ; R_d - rezistența de dispersie la pământ, în Ω/km ; R_1 și R_2 - rezistențele prizelor de pământ de la capete, R_1 fiind stația electrică considerată, în Ω ; R_d se calculează cu formula:

$$R_d = 0,366 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{\rho}{l} \cdot \lg \frac{l^2}{t \cdot d} \quad (\text{A.14.16})$$

în care: ρ este rezistivitatea solului, în Ω/m ; l - lungimea de calcul, în m (se ia $l = 1\text{m}$); t - adâncimea de pozare a conductorului [m]; d - diametrul echivalent al conductorului, în m; pentru bare din oțel plat cu lățimea b , $d = 0,5 \cdot b$.

Tipul de conductor (izolat sau neizolat) se va alege pe baza determinării lungimii critice l_{cr} a conductorului de compensație, folosind relația:

$$l_{cr} = \frac{\left[1 + \frac{R_1}{R_2} \cdot \left(R_1 + \sqrt{R_x \cdot R_d} \right) \right]}{R_x + R_1 \cdot \sqrt{\frac{R_x}{R_d}}}, \quad \text{în m} \quad (\text{A.14.17})$$

R_x se ia în Ω/m și R_d în Ωm .

În cazul în care lungimea conductorului de compensație $l \geq l_{cr}$ se va adopta soluția de conductor neizolat.

În cazul cablurilor pilot cu armătură metalică din benzi de oțel, pentru care la determinarea factorului r_u este necesară determinarea în prealabil a câmpului longitudinal pe unitatea de lungime, se folosește relația:

$$E_r = \frac{R_p \cdot I_p}{l}, \quad \text{în kV/km} \quad (\text{A.14.18})$$

unde: l - lungimea cablului pilot, în km.

A.14.4. Limite maxime admise ale tensiunilor prin cuplaj inductiv și rezistiv

Valorile maxime admise ale tensiunilor induse în cazul unui defect în rețeaua de energie electrică, în funcție de timpul de acționare a protecției de bază, t_b sunt următoarele:

430V pentru $0,5\text{s} < t_b \leq 3\text{s}$;

650V pentru $0,3\text{s} < t_b \leq 0,5\text{s}$;

900V pentru $t_b < 0,3\text{s}$.

În cazul în care se manifestă concomitent atât influențe inductive, cât și rezistive, valoarea rezultantă a tensiunii induse U_T , se calculează cu relația:

$$U_T = \sqrt{U_L^2 + U_R^2}, \quad \text{în V} \quad (\text{A.14.19})$$

unde: U_L , este tensiunea prin cuplaj inductiv; U_R - tensiunea prin cuplaj rezistiv.

Valorile maxime ale tensiunilor induse în regim normal de funcționare a liniei electrice sunt următoarele:

60V - dacă circuitele din cablul pilot sunt fără separare galvanică la capete;

$0,2 \cdot U_i$ - dacă circuitele din cablul pilot sunt prevăzute cu separare galvanică la capete, realizată cu transformatoare de separare, unde U_i - tensiunea de încercare minimă a izolației față de pământ a cablului și a separărilor galvanice.

Se calculează cu relația:

$$U_i = \frac{U_T + u_e}{0,85}, \text{ în V} \quad (\text{A.14.20})$$

unde: U_T este tensiunea indusă rezultantă; u_e - tensiunea de lucru a circuitelor din cablu pilot.

Inițial se va alege un anumit tip de cablu, în special din considerente tehnologice, efectuându-se cu datele constructive ale acestuia verificările preliminare. Rezultatul calculului preliminar al tensiunilor induse va putea determina alegerea unui alt tip de cablu, din considerente de influență, reluându-se în acest caz calculul influențelor pentru verificarea rezultatelor finale.

A.14.5. Măsurile de protecție

În cazul în care tensiunile induse prin cuplaj rezistiv și inductiv de către cablurile electrice depășesc valorile maxime admise de norme sîni necesare lucrări de protecție a cablurilor și instalațiilor influențate.

Pentru instalațiile din exploatare se vor adopta măsurile stabilite prin studiile de influență întocmite de proiectanții de specialitate în colaborare cu proiectantul liniei electrice pe baza prevederii or STAS 832 și STAS 6290.

Pentru cablurile de comandă și control aferente stațiilor electrice, măsurile de protecție în principal constau din:

- montarea conductoarelor de compensare între cablurile electrice și cablurile influențate;
- înserierea unor rezistențe suplimentare sau a unor condensatoare pentru realizarea unor circuite rezonante;
- micșorarea rezistenței prizelor stațiilor electrice și a posturilor de transformare MT/JT;
- montarea de cabluri de comandă și control la ieșirea din stație, cu n tensiunea de încercare între conductor și pământ care să respecte condiția:

$$U_i \geq \frac{U_T}{0,85} \quad (\text{A.14.21})$$

unde: U_R - tensiunea indusă prin cuplaj rezistiv în acest scop se recomandă ca intrarea în stații să se facă cu cabluri cu înveliș de PVC cu rigiditate dielectrică mare sau, în lipsa acestora, să se folosească cabluri cu înveliș din PVC normal, introducându-se cablul în țeava de PVC pe toată lungimea până la rama cap de cablu.

În incinta stațiilor electrice toate părțile metalice accesibile ale instalațiilor de Tc trebuie să fie legate la priza de pământ a stației de transformare.

O soluție frecvent utilizată constă în montarea pe cablurile Tc de eclatori sau transformatoare de separație.

Toate măsurile de protecție a cablurilor de comandă și control contra tensiunilor induse se vor adopta numai după verificarea tehnică și economică a acestor măsuri, reluându-se calculul după ce s-au prevăzut noile măsuri de protecție.

Exemple de calcul

- pentru anexa 1

Exemplul A.15-1. Care este sarcina admisibilă maximă vehiculată pe un feeder 20kV format din două sisteme trifazate de cabluri tip A2YSY - 120mm², pozate în pământ, pentru o temperatură a solului, $\theta = + 25^{\circ}\text{C}$.

Soluție:

Se vor considera două moduri de pozare a cablurilor trifazate de 20kV.

- Pentru două sisteme trifazate pozate pe același traseu vom avea:

La pozarea în triunghi, din Anexa 1, tabelul A.1.10. rezultă (pentru secțiunea de 120mm²), $I_{adm} = 267 \text{ A}$.

$$I'_{adm} = 2 \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot I_{adm}$$

Din Anexa 1, tabelul A.1.14 se alege coeficientul de corecție $f_1 = 1$ (pentru o temperatură a solului, $\theta = + 25^{\circ}\text{C}$). Din Anexa 1, tabelul A.1.16, se alege coeficientul de corecție, $f_2 = 0,85$ și din Anexa 1, tabelul A.1.23, $f_3 = 0,90$ obținându-se:

$$I'_{adm} = 2 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 0,90 \cdot 267 = 408,51 \text{ A}$$

și

$$S'_{adm} = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I'_{adm} = 14,15 \text{ MVA}$$

- Pentru pozarea alăturat, din Anexa 1, tabelul A.1.14 se alege coeficientul de corecție $f_1 = 1$ (pentru o temperatură a solului, $\theta = + 25^{\circ}\text{C}$). Din Anexa 1, tabelul A.1.18, se alege coeficientul de corecție, $f_2 = 0,85$ și din Anexa 1, tabelul A.1.23, $f_3 = 0,90$; din Anexa 1, tabelul A.1.10. rezultă (pentru secțiunea de 120mm²), $I_{adm} = 297 \text{ A}$.

Se obține:

$$I'_{adm} = 2 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 0,90 \cdot 297 = 454,41 \text{ A}$$

și

$$S'_{adm} = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I'_{adm} = 15,741 \text{ MVA}$$

Exemplul A.15-2. Un consumator care absoarbe o putere aparentă, $S=3,4 \text{ MVA}$ la un $\cos\phi = 0,9$ este alimentat la tensiunea de 6kV prin două cabluri tip ACHPBI (3x120)mm². Se va verifica funcționarea la densitatea economică de curent și se va calcula tensiunea pe barele stației de alimentare cunoscând:

- timpul de utilizare a puterii maxime absorbite, $T_{max}=5100 \text{ ore/an}$;
- distanța față de sursa de alimentare, $l=5 \text{ km}$;
- tensiunea minimă necesară la consumator, $U_2=6 \text{ kV}$.

Soluție:

Curentul maxim de sarcină are valoarea:

$$I_{\max} = \frac{3400}{\sqrt{3} \cdot 6} = 327,55 \text{ A}$$

Rezultă:

$$S_{ec} = \frac{I_{\max}}{j_{ec}} = \frac{327,55}{1,1} = 297,77 \text{ mm}^2$$

Alimentarea cu energie electrică se realizează cu două cabluri **ACHPBI** (3x120) mm², deci o secțiune totală de 240 mm².

Pentru a se realiza funcționarea la j_{ec} este necesar să se pozeze al treilea cablu **ACHPBI** cu secțiunea de 120 mm².

Impedanța specifică a unui cablu **ACHPBI** (3x120) mm² este $\underline{Z}_0 = (0,253 + j \cdot 0,0895) \Omega/\text{km}$.

Impedanța totală a LEC 6 kV va fi:

$$\underline{Z}_L = \frac{1}{3} \cdot \underline{Z}_0 \cdot l = (0,42 + j \cdot 0,15) \Omega$$

Căderea de tensiune longitudinală este conform (3.122):

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot (R_L \cdot I_2 \cdot \cos \varphi + X_L \cdot I_2 \cdot \sin \varphi) = \sqrt{3} \cdot (0,42 \cdot 294,79 + 0,15 \cdot 142,77) = 251,24 \text{ V}$$

Căderea de tensiune transversală este:

$$\delta U = \sqrt{3} \cdot (-R_L \cdot I_2 \cdot \sin \varphi + X_L \cdot I_2 \cdot \cos \varphi) = \sqrt{3} \cdot (-0,42 \cdot 142,77 + 0,15 \cdot 294,79) = 15,75 \text{ V}$$

Tensiunea pe barele stației de alimentare va fi:

$$\underline{U}_1 = \underline{U}_2 + \Delta U + j \cdot \delta U = 6000 + 251,24 + j \cdot 15,75 = 6251,24 + j \cdot 15,75 \cong 6,251 + j \cdot 0,0157 \text{ kV}$$

În valoare absolută: $U_1 = 6,251 \text{ kV}$.

Exemplul A.15-3. Să se stabilească numărul de cabluri necesare alimentării barelor 6 kV dintr-o stație de transformare cunoscând:

- puterea nominală a transformatoarelor 110/6 kV, $S_n = 16 \text{ MVA}$;
- puterea aparentă maximă vehiculată, $S_{max} = 12,5 \text{ MVA}$;
- timpul de utilizare a puterii S_{max} , $T_{max} = 5300 \text{ ore/an}$;
- pozare a cablurilor se face în canal, pe stelaje metalice;
- temperatura maximă a aerului, $\theta = 35^\circ\text{C}$.

Soluție:

Curentul de sarcină ce trebuie vehiculat, corespunde puterii nominale a transformatorului pe partea de 6 kV,

$$I_{n2} = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_{n2}} = \frac{16000}{\sqrt{3} \cdot 6} = 1541 \text{ A}$$

Din punct de vedere tehnic cablurile electrice trebuie să permită vehicularea acestei sarcini; se aleg cabluri trifazate de 3,6/ 6 kV tip **ACYABY** (3 x 150) mm², care au $I_{adm} = 286$ A (conform Anexa 1, tabelul A.1.6.).

Cablurile se pozează pe stelaje (grătare) într-un canal de cabluri în număr de trei sau patru cabluri pe stelaj.

Coeficienții de corecție conform Anexa 1, tabelul A.1.22 sunt:

$$f'_1 = 0.94 \text{ pentru primul rând de cabluri;}$$

$$f''_1 = 0.91 \text{ pentru al doilea rând de cabluri.}$$

Din Anexa1, tabelul A.1.21. rezultă $f'_2 = 0,94$ pentru $\theta = 35^\circ$ C.

Curenții admisibili vor fi:

$$I'_{adm} = f'_1 \cdot f'_2 \cdot I_{adm} = 0,94 \cdot 0,94 \cdot 286 = 252,7096 \text{ A;}$$

$$I''_{adm} = f''_1 \cdot f'_2 \cdot I_{adm} = 0,91 \cdot 0,94 \cdot 286 = 244,6444 \text{ A.}$$

Numărul necesar de cabluri va fi:

$$n_1 = \frac{I_{n2}}{\frac{I'_{adm} + I''_{adm}}{2}} = \frac{2 \cdot 1541}{497,354} = 6.196$$

Se aleg șapte cabluri **ACYABY** (3x150) mm² care se pozează patru pe primul stelaj și trei pe al doilea, astfel că avem un curent admisibil:

$$4 \cdot I'_{adm} + 3 \cdot I''_{adm} = 1744,7716 \text{ A.}$$

Din punct de vedere economic, calculăm secțiunea totală economică având în vedere:

- densitatea economică de curent $j_{ec} = 1,1$ A / mm²;

- sarcina maximă de calcul:

$$I_{max} = \frac{12510}{\sqrt{3} \cdot 6} = 1204 \text{ A}$$

Rezultă:

$$s_{ec} = \frac{I_{max}}{j_{ec}} = \frac{1204,4}{1,1} = 1094,76 \text{ mm}^2$$

Numărul de cabluri cu secțiune a de 150 mm², pentru realizarea funcționării economice pentru S_{max} , va fi:

$$n_{ec} = \frac{s_{ec}}{s_n} = \frac{1094,76}{150} = 7,29 \approx 8$$

Se alege $n = \max(n_b, n_{ec}) = 8$ cabluri; acestea se pozează câte patru pe fiecare stelaj, iar curentul maxim admisibil va fi:

$$4 \cdot I_{adm} + 4 \cdot I''_{adm} = 1847,64 \text{ A}$$

Densitatea economică ce se realizează la sarcina maximă, este:

$$s_{\text{creal}} = \frac{I_{\text{max}}}{s_{\text{real}}} = \frac{1094,76}{1200} = 0,912 \text{ A/mm}^2$$

▪ pentru **anexa 2**

Exemplul A.15-4. Pentru rețeaua de joasă tensiune de distribuție publică din figura de mai jos. să se calculeze căderile de tensiune și tensiunile în punctele cele mai depărtate de sursa din punctul O; se va considera $U_n=0,4 \text{ kV}$ și $\lambda = \cos\varphi \approx 1$. Elementele de calcul sunt cele din schema monofilară din fig. A.15-1.

Soluție:

Linia electrică funcționând cu sarcină uniform distribuită și la un $\lambda = \cos\varphi \approx 1$, se vor lua în considerare, puterile active vehiculate și rezistențele electrice pe fiecare tronson, conform relației căderii de tensiune. Se calculează următoarele căderi de tensiune longitudinale:

$$\Delta U_{01} = \frac{P_{u01} \cdot R_{0,70}}{U_n} \cdot \frac{I_{u01}}{2} + \frac{P_{u01} \cdot R_{0,7}}{U_n} I_{u01} = \frac{10 \cdot 0,437}{0,4} \cdot \frac{0,2}{2} + \frac{45 \cdot 0,437}{0,4} \cdot 0,2 = 10,925 \text{ V}$$

$$\Delta U_{12} = \frac{P_{u12} \cdot R_{0,70}}{U_n} \cdot \frac{I_{u12}}{2} + \frac{P_{u12} \cdot R_{0,7}}{U_n} I_{u12} = \frac{9 \cdot 0,437}{0,4} \cdot \frac{0,2}{2} + \frac{30 \cdot 0,437}{0,4} \cdot 0,2 = 7,538 \text{ V}$$

$$\Delta U_{23} = \frac{P_{u23} \cdot R_{0,70}}{U_n} \cdot \frac{I_{u23}}{2} + \frac{P_{u23} \cdot R_{0,7}}{U_n} I_{u23} = \frac{12 \cdot 0,437}{0,4} \cdot \frac{0,25}{2} + \frac{8 \cdot 0,437}{0,4} \cdot 0,25 = 3,823 \text{ V}$$

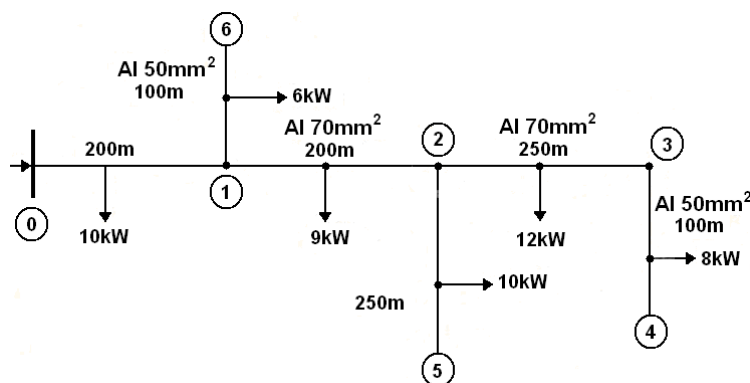


Fig. A.15-1. Schema monofilară pentru exemplul A.15-4

$$\Delta U_{16} = \frac{P_{u16} \cdot R_{0,50}}{U_n} \cdot \frac{I_{u16}}{2} = \frac{6 \cdot 0,579}{0,4} \cdot \frac{0,1}{2} = 0,434 \text{ V}$$

$$\Delta U_{25} = \frac{P_{u25} \cdot R_{0,50}}{U_n} \cdot \frac{I_{u25}}{2} = \frac{10 \cdot 0,579}{0,4} \cdot \frac{0,25}{2} = 1,809 \text{ V}$$

$$\Delta U_{34} = \frac{P_{u34} \cdot R_{0,50}}{U_n} \cdot \frac{I_{u34}}{2} = \frac{8 \cdot 0,579}{0,4} \cdot \frac{0,15}{2} = 0,868 \text{ V}$$

Căderile totale de tensiune în punctele cele mai îndepărtate de sursă sunt:

$$\Delta U_4 = \Delta U_{01} + \Delta U_{12} + \Delta U_{23} + \Delta U_{34} = 23,154 \text{ V}$$

și procentual:

$$\Delta U_4 \% = \frac{23,154}{400} \cdot 100 = 5,78\%$$

În mod similar se calculează:

$$\Delta U_3 = 22,286 \text{ V și } \Delta u_3 \% = 5,57 \%;$$

$$\Delta U_2 = 18,463 \text{ V și } \Delta u_2 \% = 4,61 \%;$$

$\Delta U_5 = 20,272 \text{ V}$ și $\Delta u_5 \% = 5,06 \%$;

Căderile de tensiune se încadrează în limitele admise, cu condiția menținerii unei tensiuni de 400V la bornele de j.t ale transformatorului din P.T.

Se constată că cele mai mari căderi de tensiune se înregistrează pe porțiunile de linie unde are loc tranzitarea de putere și în special spre sursa de alimentare unde valoarea puterii vehiculate este mare.

Exemplul A.15-5. Să se calculeze tensiunile pe barele de m.t. ale posturilor de transformare și căderile de tensiune pe un distribuitor 20kV alimentat radial, realizat din cablu tip A2YSY 11,6/20 kV; sarcinile în puteri aparente MVA/cos φ , lungimile și secțiunile pe tronsoane, sunt date în fig. A.14-2 de mai jos. Tensiunea în punctul cel mai îndepărtat față de sursă, $U_3=20\text{kV}$. Nu se va lua în considerare efectul capacitiv al liniei.

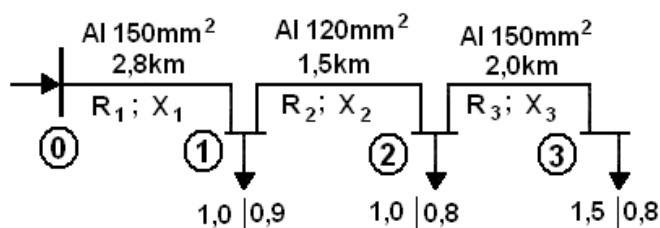


Fig. A.15-2. Date ale schemei monofilare pentru exemplul A.15-5

Soluție

Se determină parametrii tronsoanelor LEC 20 kV, având în vedere datele de material:

$$\underline{Z}_1 = (0,202 + j \cdot 0,111) \cdot 2 = 0,404 + j \cdot 0,444 \ \Omega$$

$$\underline{Z}_2 = (0,202 + j \cdot 0,111) \cdot 2,8 = 0,565 + j \cdot 0,31 \ \Omega$$

$$\underline{Z}_3 = (0,253 + j \cdot 0,115) \cdot 1,5 = 0,38 + j \cdot 0,17 \ \Omega$$

Puterile active și respectiv de consum sunt:

$$P_1=0,9 \text{ MW}; \quad P_2=0,8 \text{ MW}; \quad P_3=1,2 \text{ MW}$$

$$Q_1=0,43 \text{ Mvar}; \quad Q_2=0,6 \text{ Mvar}; \quad Q_3=0,9 \text{ Mvar};$$

Căderile de tensiune longitudinale, conform relației (3.128) sunt:

$$\begin{aligned} \Delta U &= \frac{0,404 \cdot 0,9 - 0,444 \cdot 0,43}{20} + \frac{0,565 \cdot 0,8 - 0,31 \cdot 0,6}{20} + \frac{0,38 \cdot 1,2 - 0,17 \cdot 0,9}{20} = \\ &= 0,0277 - 0,0319 - 0,0305 = 0,0901 \text{ kV} = -90,1 \text{ V} \end{aligned}$$

Căderile de tensiune transversale sunt:

$$\begin{aligned} \delta U &= \frac{0,444 \cdot 0,9 - 0,404 \cdot 0,43}{20} + \frac{0,31 \cdot 0,8 - 0,565 \cdot 0,6}{20} + \frac{0,17 \cdot 1,2 - 0,38 \cdot 0,9}{20} = \\ &= 0,0112 - 0,0045 - 0,0069 = -0,0002 \text{ kV} = -0,2 \text{ V} \end{aligned}$$

Căderile de tensiune pe fiecare tronson al liniei vor fi:

$$\Delta \underline{U}_1 = (27,7 + j \cdot 11,2) \text{ V}; \quad \Delta \underline{U}_2 = (31,9 + j \cdot 4,5) \text{ V}; \quad \Delta \underline{U}_3 = (30,5 + j \cdot 6,9) \text{ V};$$

Tensiunile pe barele posturilor de transformare și în punctul de alimentare având în vedere că $\underline{U}_3 = 20 \text{ kV}$:

$$\underline{U}_2 = \underline{U}_3 + \Delta \underline{U}_3 = 20000 + 30,5 - j \cdot 6,9 = 20030,5 - j \cdot 6,9 \text{ V};$$

$$\underline{U}_1 = \underline{U}_2 + \Delta \underline{U}_2 = 20030,5 - j \cdot 6,9 + 31,9 - j \cdot 4,5 = 20062,4 - j \cdot 11,4 \text{ V};$$

$$\underline{U}_0 = \underline{U}_1 + \Delta \underline{U}_1 = 20062,4 - j \cdot 11,4 + 27,7 + j \cdot 11,2 = (20090,1 - j \cdot 0,2) \text{ V}.$$

Se constată că valoarea componentei transversale a căderii de tensiune este practic neglijabilă.

Exemplul A.15-6. O linie de curent alternativ monofazat având $U_{nom}=230V$, lungă de 300m, alimentează la capăt un consumator care preia un curent de 60A (fig. A.15-3).

Se cere să se calculeze căderea de tensiune în două cazuri:

- a) linia este în cablu având $r_0 = 0,35 \Omega/km$ și $x_0 = 0$;
- b) linia este aeriană având $r_0=0,35 \Omega/km$ și $x_0=0,35 \Omega/km$.

În fiecare dintre cele două cazuri, pentru consumator, se va admite că are succesiv: $\cos\varphi = 1$, $\cos\varphi = 0$ și $\cos\varphi = 0,8$.

Soluție:

Cazul a) Rezistența liniei: $R=r_0 \cdot l = 0,35 \cdot 0,3=0,105 \Omega$.

Componentele active și reactive ale curentului:

- pentru $\cos \varphi = 1$: $I = 60 \cdot 1 + j \cdot 60 \cdot 0 = 60 \text{ A}$
- pentru $\cos \varphi = 0$: $I = 60 \cdot 0 + j \cdot 60 \cdot 1 = -j60 \text{ A}$
- pentru $\cos \varphi = 0,8$: $I = 60 \cdot 0,8 + j \cdot 60 \cdot 0,6 = 48 - j \cdot 36 \text{ A}$

Se calculează căderea de tensiune:

- pentru $\cos \varphi = 1$: $\Delta U_l = 2 \cdot R \cdot I_a = 2 \cdot 0,105 \cdot 60 = 12,6 \text{ V}$ (fig. A.15-3, b);
- pentru $\cos \varphi = 0$: $\Delta U_l = 2 \cdot 0,105 \cdot 0 = 0$ (fig. A.15-3, c);
- pentru $\cos \varphi = 0,8$: $\Delta U_l = 2 \cdot 0,105 \cdot 48 = 10,08 \text{ V}$ (fig. A.15-3, d).

Se observă că pentru $\cos \varphi = 0$, proiecția fazorului $2 \cdot R \cdot I$ pe direcția lui U_1 este zero. În acest caz, căderea de tensiune care a rezultat, zero, se poate verifica calculându-se $|U_0|$ și făcându-se diferența $|U_0| - |U_1| = \Delta U_l$

$|U_0|$ se calculează astfel :

$$|U_0| = \sqrt{U_1^2 + (2 \cdot R \cdot I)^2} = \sqrt{230^2 + (2 \cdot 0,105 \cdot 60)^2} ; |U_0| = 230,36 \text{ V}$$

deci

$$\Delta U_l = 230,36 - 230 = 0,36 \text{ V}$$

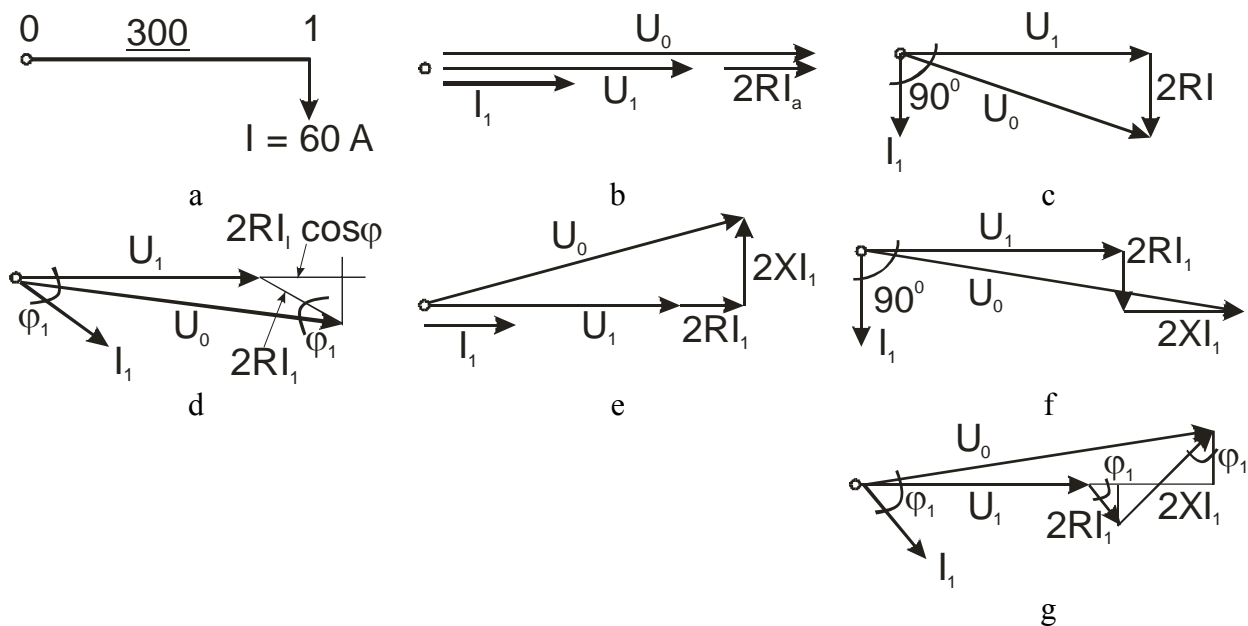


Fig. A.15-3. Linie electrică monofazată cu un singur consumator:

a - schema de calcul; b, c, d, e, f, g - diagrame fazoriale pentru diferite tipuri de consumatori

Rezultă deci că și prin calculul exact valoarea obținută pentru căderea de tensiune este foarte mică și poate fi neglijată.

Cazul b) Impedanța liniei $Z = R + j \cdot X = 0,3 \cdot (0,35 + j \cdot 0,35) = 0,105 + j \cdot 0,105$

Pentru calculul căderii de tensiune se folosește relația

$$\Delta U = 2 \cdot (R \cdot I \cdot \cos \varphi + X \cdot I \cdot \sin \varphi)$$

- pentru $\cos \varphi = 1$: $\Delta U = 2 \cdot (0,105 \cdot 60 \cdot 1 + 0,105 \cdot 0) = 12,6 \text{ V}$ (fig. A.14-3, e);
- pentru $\cos \varphi = 0$: $\Delta U = 2 \cdot (0,105 \cdot 60 \cdot 0 + 0,105 \cdot 60 \cdot 1) = 12,6 \text{ V}$ (fig. A.14-3, f);

- pentru $\cos \varphi = 0,8$: $\Delta U = 2 \cdot (0,105 \cdot 60 \cdot 0,8 + 0,105 \cdot 60 \cdot 0,6) = 17,64$ V (fig. A.14-3, g).

▪ pentru anexa 6

Exemplul A.15-7

Să se calculeze distanța admisă între clemele de susținere pentru un cablu A2YSY 1x150mm² pozat pe orizontală la o distanță axială de $s = 15$ cm. Curentul de scurtcircuit de șoc $i_{soc} = 16$ kA.

Diametrul exterior al cablului $D_e = 37$ mm. Forța activă: $F_{S3} = 0,808 \cdot F_{S2}$

Soluție:

a. forța F_{S2} la defect bifazat:

$$F_{S2} = 2,04 \cdot \frac{i_{soc}^2}{s} \cdot 10^{-2} = 2,04 \cdot \frac{16^2}{15} \cdot 10^{-2} = 0,35 \text{ kg/cm}$$

$b = 28$ (din figura A.6-b.1 pentru $F_S = 0,35$ kg/cm și cablu cu izolație din polietilenă)

$$a_s = b \cdot D_e = 28 \cdot 37 = 1036 \text{ mm}$$

b. forța F_{S3} pentru defect trifazat:

$$F_{S3} = 0,808 \cdot F_{S2} = 0,808 \cdot 0,35 = 0,2828 \text{ kg/cm}$$

$b = 29$ (din figura A.6.3 pentru $F_S = 0,2828$ și cabluri cu izolație din polietilena), deci a_s este același ca la punctul a al problemei; se alege $a_s = 100$ cm.

Exemplul A.15-8

Se ia în considerare montarea unui cablu pe un traseu complex în pante și curbe ca în fig.

(fig. A.15-4). Secțiunea conductoarelor este $s = 450$ mm²; diametrul cablului $D = 80$ mm. Pe porțiunea de lângă tambur panta coborâtoare este de $\alpha = \pi/6$, iar greutatea liniară a cablului $G = 5,6$ daN/m.

Soluție:

$$F_1 = F_o + G \cdot L \cdot (\mu \cdot \cos \alpha - \sin \alpha) = 150 + 5,6 \cdot 60 \cdot (0,15 \cdot \cos \pi/6 - \sin \pi/6) = 26 \text{ daN};$$

$$F_2 = F_1 \cdot e^{\mu \cdot \alpha} = 26 \cdot e^{0,2 \cdot \pi/6} = 29 \text{ daN};$$

$$F_3 = F_2 + \mu \cdot G \cdot L = 29 + 0,15 \cdot 5,6 \cdot 150 = 155 \text{ daN};$$

$$F_4 = F_3 \cdot e^{\mu \cdot \alpha} = 155 \cdot e^{0,2 \cdot \pi/3} = 192 \text{ daN};$$

$$F_5 = F_t = F_4 + \mu \cdot G \cdot L = 192 + 0,15 \cdot 5,6 \cdot 290 = 436 \text{ daN};$$

conductoare din aluminiu Al - $F_{a Al} = \sigma_{a Al} \cdot s = 3 \cdot 450 = 1350$ daN;

conductoare din aluminiu Al - $F_{a Cu} = \sigma_{a Cu} \cdot s = 5 \cdot 450 = 2250$ daN;

Rezultă că F_t nu depășește forța admisibilă, atât pentru conductoare din Cu, cât și pentru cele din Al.

Forțele radiale:

$$F_{R2} = F_2/R = F_2/(15 \cdot D) = 29/(15 \cdot 0,08) = 24 \text{ daN};$$

$$F_{R4} = F_4/R = F_4/(15 \cdot D) = 192/(15 \cdot 0,08) = 160 \text{ daN};$$

Se observă că F_{R4} depășește forța radială admisibilă, atât pentru cablurile cu manta de plumb, cât și pentru cele cu manta de aluminiu. În acest caz numărul de role de colț va fi:

- cabluri cu manta de plumb Pb - $n_{A_{mant Pb}} = F_{R4}/F_{a_{mant Pb}} = 160/50 = 3,2 \approx 4$ role;

- cabluri cu manta de aluminiu Al - $n_{A_{mant Al}} = F_{R4}/F_{a_{mant Al}} = 160/100 = 1,6 \approx 2$ role;

În cazul în care s-ar inversa poziția tamburului de cablu cu al utilajului de tras cablu forțele (cu notațiile în paranteze pe fig. A.15-4) vor fi:

$$F_1 = F_o + \mu \cdot G \cdot L = 150 + 0,15 \cdot 5,6 \cdot 290 = 394 \text{ daN};$$

$$F_2 = F_1 \cdot e^{\mu \cdot \alpha} = 394 \cdot e^{0,2 \cdot \pi/6} = 426 \text{ daN};$$

$$F_3 = F_2 + \mu \cdot G \cdot L = 426 + 0,15 \cdot 5,6 \cdot 150 = 552 \text{ daN}.$$

$$F_4 = F_3 \cdot e^{\mu \cdot \alpha} = 552 \cdot e^{0,2 \cdot \pi/3} = 684 \text{ daN};$$

$$F_5 = F_t = F_4 + G \cdot L \cdot (\mu \cdot \cos \alpha + \sin \alpha) = 684 + 5,6 \cdot 60 \cdot (0,15 \cdot \cos \pi/6 + \sin \pi/6) = 896 \text{ daN};$$

$$F_{R2} = F_2/R = F_2/(15 \cdot D) = 426/(15 \cdot 0,08) = 355 \text{ daN};$$

$$F_{R4} = F_4/R = F_4/(15 \cdot D) = 684/(15 \cdot 0,08) = 570 \text{ daN};$$

Rezultă un număr mare de role:
cabluri cu manta de **plumb Pb**

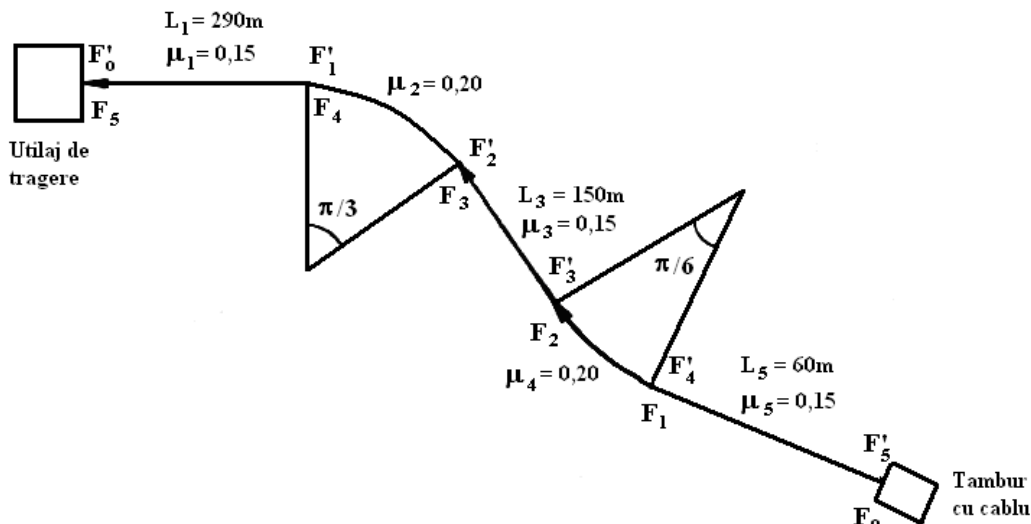


Fig. A.15-4. Schema de calcul pentru montarea unui cablu pe un traseu cu curbe și pante

$$n_{2 \text{ mant Pb}} = F_{R2}/F_{a \text{ mant Pb}} = 355/50 = 7,1 \approx 8 \text{ role};$$

$$n_{4 \text{ mant Pb}} = F_{R4}/F_{a \text{ mant Pb}} = 570/50 = 11,4 \approx 12 \text{ role};$$

cabluri cu manta de **aluminiu Al**

$$n_{2 \text{ mant Al}} = F_{R2}/F_{a \text{ mant Al}} = 355/100 = 3,55 \approx 4 \text{ role};$$

$$n_{4 \text{ mant Al}} = F_{R4}/F_{a \text{ mant Al}} = 570/100 = 5,7 \approx 6 \text{ role};$$

În varianta a doua forța de tragere este mult mai mare (aproape dublă), de asemenea numărul de role necesare este mai mare. Se poate trage concluzia că locul de montaj al tamburului este bine să fie ales cât mai aproape de curbe și pe cât posibil să se profite de eventualele pante.

▪ pentru anexa 8

Exemplul A.15-9

Să se calculeze instalația de ventilație la un tunel de cabluri.

Cablurile încărcate conform datelor prezentate în tabelul A.15.1, trebuie să fie instalate într-un tunel de 2,2 m - înălțime și 1,5 m - lățime, conform Fig. A 15.5

În prima etapa se va funcționa cu sarcina de 100% timp de 8 ore zilnic. În etapa a I-a se va funcționa cu sarcina de 100% timp de 10 ore pe zi. În etapa a II-a se va prevedea ventilația forțată a tunelului. Temperatura ambiantă în interiorul tunelului cu cablurile în gol este 35°C. Cablurile vor fi pozate ca în figura A.15-5.

Soluție:

La funcționare cu sarcina 100 % timp de 8 ore valoarea medie a curenților pentru cablurile a, este:

$$I_c = I_1 \cdot \sqrt{\frac{t_1}{t_1 + t_2}} = 205 \cdot \sqrt{\frac{8}{24}} = 118 \text{ A}$$

Pierderile pe cablu pentru curentul I_c sunt:

$$\Delta W = \Delta W_n \cdot \left(\frac{I_c}{I_n}\right)^2 = 51 \cdot \left(\frac{118}{335}\right)^2 = 6,35 \text{ W/m}; \quad \Delta W = 14 \cdot 6,35 = 89 \text{ W/m}$$

În acest fel s-au calculat pierderile, în W/m, pentru toate cablurile din tunel.

Pierderile totale în cablu sunt:

$$\sum_{k=1}^4 \Delta W_k = 89 + 42,8 + 29 + 38,5 = 199,3 \text{ W/m.}$$

Circumferința interioară a tunelului este: $2 \cdot 1,5 + 2 \cdot 2,2 = 7,4\text{m}$.

Rezultă o creștere de temperatură a aerului din tunel de 12°C . Temperatura aerului din tunel va fi: $35 + 12 = 47^\circ\text{C}$.

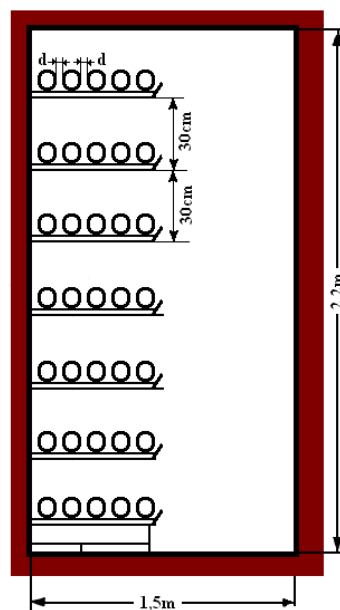


Fig. A.15-5. Pozarea cablurilor într-un tunel.

$$K_2 = \sqrt{\frac{\Delta\theta}{\Delta\theta_n}} = \sqrt{\frac{40 + 30 - 47}{40}} = 0,76$$

$$70 - 30 = 40^\circ\text{C}$$

Temperatura maxim admisă la nivelul conductoarelor 70°C .

Trecerea la funcționarea timp de 16 ore cu sarcina 100% conduce la:

$$I_c = I \cdot \sqrt{\frac{16}{24}} \text{ A și } \Delta W = \Delta W_n \cdot \frac{16}{24} \cdot \left(\frac{I}{I_n}\right)^2 \text{ W/m}$$

Pierderile totale din tunel se dublează: $\sum_{i=1}^2 \Delta W_i = 2 \cdot 199,3 = 398,6 \text{ W/m}$

Tabelul A.15.1

Seria	a	b	c	d
U_o/U , [kV/kV]	3,5/6	5,8/10	11,6/20	11,6/20
secțiunea cablului, mm^2	3x150	3x240	3x70	3x120
numărul cablurilor	14	8	6	7
sarcina I , [A]	205	240	120	170

Valori normale				
curent pozare în aer, $I_{n\ aer}$ [A]	325	400	205	280
curent pozare în pământ, $I_{n\ pam}$ [A]	335	410	215	290
temperatura pozare în aer, $\Delta\theta_{n\ aer}$ [°C]	40	35	35	35
temperatura pozare în pământ, $\Delta\theta_{n\ pam}$ [°C]	51	47	45	48
temperatura admisă, $\theta_{n\ adm}$ [°C]	70	65	65	65
$I/I_{n\ aer}$	0,63	0,6	0,585	0,607
sarcină maximă 8 ore/zi				
pierderi termice ΔW , W/m	6,35	5,35	4,83	5,5
pierderi termice totale $\sum \Delta W_i$, W/m	89	42,8	29	38,5
coeficientul K'	0,78	0,715	0,715	0,715
coeficient global $K' \cdot K''$	0,66	0,62	0,62	0,62
Variația de temperatură $\Delta\theta$ [°C]	16	12,6	12	12,9
Variația de temperatură maximă $\Delta\theta_{n\ max}$ [°C]	19	17,4	18	17,1

Temperatura aerului în tunel crește cu 20°C și va fi: $35 + 20 = 55^\circ\text{C}$.

Este necesară prevederea instalației de ventilație forțată.

Trebuie utilizat un factor de corecție $K' \approx 0,87$ pentru gruparea a câte 5 cabluri pe fiecare din cele 7 rastele.

Pentru cablurile a , avem:

$$\Delta\theta = 40 \cdot \left(\frac{205}{335}\right)^2 = 16^\circ\text{C}$$

$$\Delta\theta_a \leq \Delta\theta_{LA} - \alpha \cdot \theta_o - \Delta\theta = 70 - 35 - 16 = 19^\circ\text{C}, \text{ deci } \Delta\theta_a \leq 19^\circ\text{C}$$

Pentru restul cablurilor valoarea $\Delta\theta_a$ se ia din tabelul A.15.1.

S-a ales în calcule pentru $\Delta\theta_a$ valoarea de 10°C .

Pentru $\Delta\theta_a = 10^\circ\text{C}$ suprafața tunelului $A_{tunel} = 1,5 \cdot 2,2 = 3,3\text{m}^2$, iar lungimea tunelului este de $L_{tunel} = 20\text{m}$, cantitatea aerului pentru răcire este de: $Q = 0,77 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{390 \cdot 20}{10} = 0,6\text{m}^3/\text{s}$

$$\text{Viteza de circulație a aerului este: } v = \frac{Q}{A_{tunel}} = \frac{0,6}{3,3} = 0,182\text{ m/s}$$

▪ **pentru anexa 13**

Exemplul A.15-10

Calculul influenței unui cablu de 110 kV asupra unui cablu pilot.

Un cablu pilot este pozat în apropierea unei LEC 110 kV.

Să se calculeze tensiunea prin cuplaj inductiv și rezistiv.

➤ **Datele inițiale sunt:**

- datele pentru cablul 110 kV;
- tensiunea nominală : $U_n = 110\text{kV}$
- frecvența nominală: $f_n = 50\text{Hz}$
- curentul de defect considerat în calcul: $I_k = 6\text{kA}$

- diametrul mantalei din Al: $D_{ext} = 50\text{mm}$
- grosimea mantalei din Al: $d = 3\text{mm}$
- **Date de traseu:**
- lungime de paralelism : $l = 4,5\text{km}$
- distanța între cabluri: $a_{12} = 0,4\text{m}$
- conductivitatea solului: $\sigma = 2 \cdot 10^{-7}\text{S/cm}$
- factor de echipotentializare pe platformă: $r_{ech} = 0,1$

➤ **Datele stațiilor de transformare:**

- rezistența prizei

$$\text{stația A : } R_A = 0,15\Omega$$

$$\text{stația B: } R_B = 0,13\Omega$$

- curentul de punere la pământ: $I_p = 5\text{ kA}$
- timpul de acționare a protecției de bază : $t_b = 0,2\text{ s}$

➤ **Datele cablului pilot**

- tensiunea de încercare : $U = 2000\text{ V}$
- numărul firelor de rezervă : $n = 17$
- secțiunea conductorului: $s = 2,5\text{mm}^2$

În paralel cu cablurile, în același șanț, se pozează un conductor de compensație, cu următoarele date:

- conductor din oțel lat: $50 \times 6\text{ mm}$
- distanțele față de cablurile învecinate: $a_{13} = a_{23} = 0,2\text{m}$.

Soluție:

Tensiunea prin cuplaj, inductiv

- tensiunea indusă prin cuplaj inductiv

$$U_L = \omega \cdot M \cdot l \cdot I_{kl} \cdot r \quad [\text{V}],$$

unde: $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f = 314$, pentru $f = 50\text{ Hz}$;

M - inducția mutuală, în mH/km între conductorul inductiv și conductorul influențat, în funcție de distanța dintre aceste conductoare, frecvență și conductivitatea solului σ ;

l - lungimea de paralelism, în km;

I_{kl} - curentul de defect prin cablul electric (curentul inductiv) (fig. A.14.1), în kA;

r - produsul factorilor de reducere, denumit și factorul de reducere rezultat.

$$r = r_i \cdot r_u \cdot r_f \cdot r_E,$$

$$R_f = R_o \cdot l$$

$$r_f = \frac{R_f}{R_f + R_A + R_B},$$

$$r_E = \sqrt{\frac{R_3^2 + \left(L_3 - \frac{M_{13} - M_{23}}{M_{12}} \right)^2}{R_3^2 + (\omega \cdot L_3)^2}}$$

Dacă se cunosc valorile mărimilor din relațiile anterioare, anume:

$M = 1,5 \text{ mH/km}$; $l = 4,5 \text{ km}$; $I_{KI} = 6 \text{ kA}$, $R_3 = 0,68 \text{ } \Omega/\text{km}$, $L_3 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ H/km}$, $M_{12} = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ H/km}$, $M_{23} = 1,7 \cdot 10^{-3} \text{ H/km}$, $M_{13} = 1,7 \cdot 10^{-3} \text{ H/km}$, $R_o = 0,722 \Omega/\text{km}$, iar din diagrama din figura A.14.3 valorile coeficienților de reducere $r_i = 0,1$ și $r_u = 0,95$ rezultă mărimilor definite anterior, astfel:

$$R_f = 0,722 \cdot 4,5 = 3,25 \Omega$$

$$r_f = \frac{3,25}{3,25 + 0,15 + 0,13} = 0,92$$

$$r_E = \sqrt{\frac{0,68^2 + 2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot \left(2 \cdot 10^{-3} - \frac{1,7 - 1,7}{1,5} \right)^2}{0,68^2 + (2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 2 \cdot 10^{-3})^2}} = 0,735$$

$$r = 0,1 \cdot 0,95 \cdot 0,92 \cdot 0,735 = 0,064$$

$$U_L = 2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 1,5 \cdot 4,5 \cdot 6 \cdot 0,064 = 775 \text{ V}$$

Tensiunea prin cuplaj rezistiv este

$$U_R = R_B \cdot I_p \cdot r \cdot r_e$$

$$r = r_u \cdot r_f \cdot r_E$$

Tensiunea indusă rezultantă este

$$U_T = \sqrt{U_L^2 + U_R^2}$$

$$\text{Dacă } r_e = 0,4$$

Atunci rezultă

$$r = 0,95 \cdot 0,92 \cdot 0,735 = 0,642$$

$$U_R = 5 \cdot 0,13 \cdot 0,642 \cdot 0,4 = 0,167 \text{ V}$$

Valoarea tensiunii induse rezultantă este:

$$U_T = \sqrt{775^2 + 0,67^2} \approx 775 \text{ V}$$

Deci $U_T = 775 \leq 900 \text{ V}$, tensiunea maximă admisă pentru timpul $t_b \leq 0,3 \text{ s}$.

Exemplul A.15-11

Să se calculeze tensiunea indusă prin cuplaj inductiv între un cablu de 20 kV tip A2YSY monofazat cu secțiunea de $3 \times 150 \text{ mm}^2$ și un cablu de telecomunicații pozat la distanța $a_m = 0,3 \text{ m}$.

Lungimea de paralelism este de 1 km

Rezistivitatea solului: $\rho = 0,25 \Omega/\text{m}$.

Neutrul rețelei este tratat în stație prin rezistența $R_{TSN} = 10 \Omega$, nulul artificial fiind creat de o bobină cu conexiunea Z_o . Scurtcircuitul monofazat are loc la postul de transformare, rezistența echivalentă a prizei de punere la pământ având valoarea de $r_{priza} = 4 \Omega$.

Se neglijează rezistența de punere la pământ a stației față de valoarea lui r .

Soluție:

Curentul de scurtcircuit monofazat se calculează cu formula:

$$\underline{I}_{K1} = \frac{3 \cdot U_{f \text{ nom}}}{2 \cdot \underline{Z}_{1T} + \underline{Z}_{oB} + 2 \cdot \underline{Z}_{1c} + l \cdot \underline{Z}_{oc} + 3 \cdot R + 3 \cdot r}, \quad A$$

unde:

$\underline{U}_{f \text{ nom}}$ este valoarea medie a tensiunii pe fază, în V;

\underline{Z}_{1T} - impedanța directă (inversă) a transformatorului, în Ω ;

\underline{Z}_{oB} - impedanța homopolară a bobinei \underline{Z}_0 care conform catalogului are valoarea $(0,04 + j \cdot 1,2) \Omega$;

\underline{Z}_{1c} - impedanța directă (inversă) a cablului, în Ω/km ;

\underline{Z}_{oc} - impedanța homopolară a cablului, în Ω/km ;

l - lungimea cablului, în km;

R - valoarea rezistenței de limitare a curentului de scurtcircuit monofazat $R = 10 \Omega$;

r - valoarea rezistenței echivalente a prizei de pământ în PT, $r = 4 \Omega$.

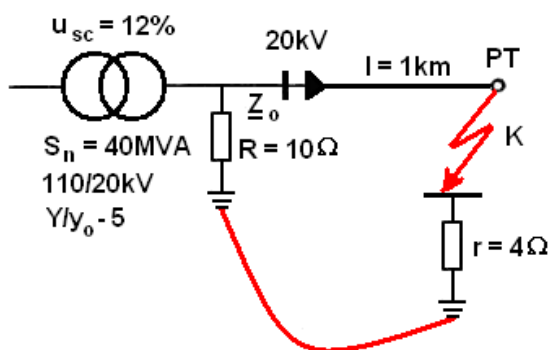


Fig. A.15-6. Schema configurației analizate.

Impedanța directă (inversă) a transformatorului se calculează cu formula:

$$\underline{Z}_{1T} = j \cdot X_{1T} = j \cdot \frac{u_{sc}}{100} \cdot \frac{\sqrt{3} \cdot U_{fT}}{S_n} = j \cdot \frac{12}{100} \cdot \frac{\sqrt{3} \cdot 20}{40} = j \cdot 0,06 \Omega$$

Calculul impedanțelor directe (inverse) și homopolare ale cablului se efectuează cu relația:

$$\underline{Z}_{1c} = \underline{Z}_{2c} = R_c + j \cdot (X_c - X_{cc}) + \frac{(X_{cE} - X_{cc})^2}{R_E + j \cdot (X_E - X_{cc})}$$

și respective:

$$\underline{Z}_{oc} = R_c + 3 \cdot R_p + j \cdot (X_c + X_{xp} + 2 \cdot X_{cc}) - \frac{[3 \cdot R_p + j \cdot (X_{cE} + 3 \cdot X_p + 2 \cdot X_{cc})]^2}{R_E + 3 \cdot R_p + j \cdot (X_E + 3 \cdot X_p + 2 \cdot X_{cc})}$$

unde:

R_c , X_c - rezistența, respectiv reactanța proprie cu cale de întoarcere prin pământ a conductorului de fază, în Ω/km ;

$R_c = 0,21 \Omega/\text{km}$ pentru cablu 1 x 150mm² Al;

R_E , X_E - rezistența, respectiv reactanța proprie cu cale de întoarcere prin pământ a ecranului, în Ω/km ;

X_{cc} - reactanța mutuală cu cale de întoarcere prin pământ dintre două conductoare de fază (sau dintre două ecrane sau dintre conductorul unei faze și ecranul celeilalte faze), în Ω/km ;

X_{cE} - reactanța mutuală cu cale de întoarcere prin pământ dintre conductorul și ecranul aceleiași faze, în Ω/km ;

R_p - rezistența echivalentă a solului $R_p = 0,0493\Omega/\text{km}$;

X_p - reactanța echivalentă a solului $X_p = 0,5157 + 0,1447 \cdot \lg \sqrt{\rho}$, în Ω/km ; ($\rho = 100\Omega\text{m}$ - rezistivitatea solului), deci $X_p = 0,67\Omega/\text{km}$;

Calculul mărimilor enumerate se efectuează cu formulele:

$$X_c = 0,1447 \cdot \lg \frac{0,3048}{r_c} \quad \text{în } \Omega/\text{km}$$

$$X_E = 0,1447 \cdot \lg \frac{0,3048}{r_E} \quad \text{în } \Omega/\text{km}$$

$$X_{cc} = 0,1447 \cdot \lg \frac{0,3048}{D_{cc}} \quad \text{în } \Omega/\text{km}$$

$$X_{cE} = 0,1447 \cdot \lg \frac{0,3048}{D_{cE}} \quad \text{în } \Omega/\text{km}$$

în care:

r_c - raza medie geometrică a conductorului de fază $r_c = 0,779 \cdot r_r$;

r_r - raza reală a conductorului, în m;

D_{cc} - distanța medie geometrică dintre două conductoare de fază;

D_{cE} - distanța dintre conductorul și ecranul aceleiași faze, în m.

Se consideră că montarea fazelor cablurilor se face în treflă:

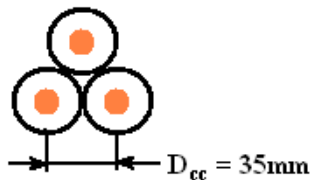


Fig. A.14-7. Dispoziția cablurilor în treflă.

$D_{cc} = 35\text{mm} = 0,035\text{m}$; $D_{cE} = 2,4\text{mm} = 0,0024\text{m}$; $r_c = 5,82\text{mm} = 0,00582\text{m}$; $r_E = 14\text{mm} = 0,014\text{m}$

$$X_c = 0,1447 \cdot \lg \frac{0,3048}{0,00582} = 0,248, \text{ în } \Omega/\text{km}$$

$$X_E = 0,1447 \cdot \lg \frac{0,3048}{0,014} = 0,194, \text{ în } \Omega/\text{km}$$

$$X_{cc} = 0,1447 \cdot \lg \frac{0,3048}{0,035} = 0,1335, \text{ în } \Omega/\text{km}$$

$$X_{cE} = 0,1447 \cdot \lg \frac{0,3048}{0,0024} = 0,388, \text{ în } \Omega/\text{km}$$

$$\text{iar: } \underline{Z}_{1c} = 0,21 + j \cdot (0,248 - 0,1335) + \frac{(0,308 - 0,1335)^2}{1,16 + j \cdot (0,194 - 0,1335)} = (0,264 + j \cdot 0,112) \Omega$$

$$\underline{Z}_{oc} = 0,21 + 3 \cdot 0,0493 + j \cdot (0,248 + 3 \cdot 0,67 + 2 \cdot 0,1335) - \frac{[3 \cdot 0,0493 + j \cdot (0,388 + 3 \cdot 0,67 + 2 \cdot 0,1355)]^2}{1,16 + 3 \cdot 0,0493 + j \cdot (0,194 + 3 \cdot 0,67 + 2 \cdot 0,1335)} = (1,34 + j \cdot 0,0667)$$

Calculul repartiției curenților de scurtcircuit se face ținând cont de fig.A.14-8.

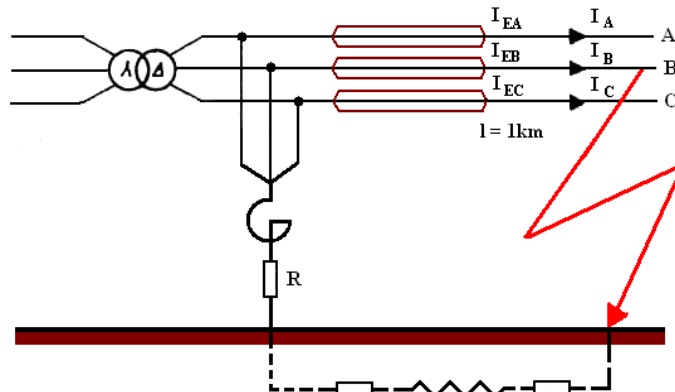


Fig. A.14-8. Circuitele curenților de defect.

Mantalele fazelor cablului sunt legate la pământ la ambele capete. Curenții de sarcină pe fazele A și C se neglijează.

Pentru circuitul de mai sus teorema a II-a a lui Kirckoff dă următoarele relații:

$$-(\underline{Z}_{cc} + r) \cdot \underline{I}_B + (\underline{Z}_E + r) \cdot \underline{I}_{EA} + (\underline{Z}_{cc} + r) \cdot \underline{I}_{EB} + (\underline{Z}_{cc} + r) \cdot \underline{I}_{EC} = 0$$

$$-(\underline{Z}_{cE} + r) \cdot \underline{I}_B + (\underline{Z}_{cc} + r) \cdot \underline{I}_{EA} + (\underline{Z}_E + r) \cdot \underline{I}_{EB} + (\underline{Z}_{cc} + r) \cdot \underline{I}_{EC} = 0$$

$$-(\underline{Z}_{cc} + r) \cdot \underline{I}_B + (\underline{Z}_{cc} + r) \cdot \underline{I}_{EA} + (\underline{Z}_E + r) \cdot \underline{I}_{EB} + (\underline{Z}_{cc} + r) \cdot \underline{I}_{EC} = 0$$

Rezolvând sistemul de ecuații rezultă curenții pe ecranele fazelor:

$$\underline{I}_{EA} = \underline{I}_{EC} - \underline{I}_B \cdot \frac{(\underline{Z}_{cc} + r) \cdot (\underline{Z}_E - \underline{Z}_{cE})}{(\underline{Z}_E + r) \cdot (\underline{Z}_E + \underline{Z}_{cc} + 2 \cdot r) - 2 \cdot (\underline{Z}_{cc} + r)^2}$$

$$\underline{I}_{EB} = \underline{I}_B \cdot \frac{(\underline{Z}_{cE} + r) \cdot (\underline{Z}_E + \underline{Z}_{cc} + 2 \cdot r) - 2 \cdot (\underline{Z}_{cc} + r)^2}{(\underline{Z}_E + r) \cdot (\underline{Z}_E + \underline{Z}_{cc} + 2 \cdot r) - 2 \cdot (\underline{Z}_{cc} + r)^2}$$

unde $\underline{I}_B = \underline{I}_{KI}$, care calculat, este:

$$\underline{I}_{KI} = \frac{3 \cdot 20000}{2 \cdot j \cdot 0,06 + 0,04 + j \cdot 1,2 + 2 \cdot (0,264 + j \cdot 0,112) + 1,34 + j \cdot 0,0667 + 30 + 12} = 1370 - j \cdot 49 \text{ A și care}$$

în modul este: $I_{KI} \approx 1370 \text{ A}$

iar impedanțele:

$$\underline{Z}_{cc} = R_p + j \cdot (X_{cc} + X_p) = 0,0493 + j \cdot (0,1335 + 0,67) = 0,0493 + j \cdot 0,805 \Omega$$

$$\underline{Z}_E = R_E + R_p + j \cdot (X_E + X_p) = 1,16 + 0,0493 + j \cdot (0,194 + 0,67) = 1,2093 + j \cdot 0,864 \Omega$$

$$\underline{Z}_{cE} = R_p + j \cdot (X_{cE} + X_p) = 0,0493 + j \cdot (0,368 + 0,67) = 0,0493 + j \cdot 1,058 \Omega$$

Valorile curenților \underline{I}_{EA} , \underline{I}_{EB} și \underline{I}_{EC} sunt:

$$\underline{I}_{EA} = \underline{I}_{EC} = \underline{I}_B \cdot \frac{(4,0493 + j \cdot 0,805) \cdot (1,293 + j \cdot 0,864 - 0,0493 - j \cdot 1,058)}{(5,209 + j \cdot 0,864) \cdot (0,0493 + j \cdot 0,805 + 1,209 + j \cdot 0,864 + 8)} =$$

$$= (0,33 + j \cdot 0,071) \cdot \underline{I}_B = 0,336 \cdot 1370 = 460 \text{ A}$$

$$\underline{I}_{EB} = \underline{I}_B \cdot \frac{(4,0493 + j \cdot 0,805) \cdot (1,293 + j \cdot 0,864 + 0,0493 + j \cdot 0,805 + 8) - 2 \cdot (4,0493 + j \cdot 0,805)^2}{14,75 + j \cdot 3,7} =$$

$$= (0,214 - j \cdot 0,0705) \cdot \underline{I}_B = 0,22 \cdot 1370 = 301 \text{ A}$$

Curentul care se întoarce prin pământul, ținând cont de ecran aria dată de mantalele metalice ale fazelor cablului este:

$$\underline{I}_p = \underline{I}_B - (\underline{I}_{EA} + \underline{I}_{EB} + \underline{I}_{EC}) = 1370 - (2 \cdot 460 - 301) = 145 \text{ A.}$$

Din fig. A.14.6 pentru produsul $\mathbf{I}_p \cdot \mathbf{l} = 0,145 \text{ kA km}$ rezultă tensiunea $U_L = 50 \text{ V}$.

Lista standardelor și prescripțiilor conexe

A. Prescripții Energetice (*) și alte reglementări menționate în normativ

NTE 001/03/00	<i>Normativ privind alegerea izolației, coordonarea izolației și protecția instalațiilor electroenergetice împotriva supratensiunilor</i>
NTE002/03/00	<i>Normativ de încercări și măsurători pentru sistemele de protecții, comanda-control și automatizări din partea electrică a centralelor și stațiilor</i>
NTE003/04/00	<i>Normativ pentru construcția liniilor aeriene de energie electrică cu tensiuni peste 1000V</i>
NTE 005 PE 013	<i>Normativ privind metodele și elementele de calcul al siguranței în funcționare a instalațiilor energetice</i>
NTE 006/06/00	<i>Normativ privind metodologia de calcul al curenților de scurtcircuit în rețelele electrice cu tensiunea sub 1kV</i>
NTE 401/03/00	<i>Metodologie privind determinarea secțiunii economice a conductoarelor în instalații electrice de distribuție de 1 - 110 kV</i>
PE 009	<i>Norme de prevenire și stingere a incendiilor și norme de dotare împotriva incendiilor în unitățile din ramura energiei electrice și termice</i>
PE 101	<i>Normativ pentru construcția instalațiilor electrice de conexiuni și transformare cu tensiuni peste 1kV</i>
PE 102	<i>Normativ pentru proiectarea și executarea instalațiilor de conexiuni și distribuție cu tensiuni până la 1000V c.a. în unitățile energetice</i>
PE 103	<i>Instrucțiuni pentru dimensionarea și verificarea instalațiilor electroenergetice la solicitări mecanice și termice, în condițiile curenților de scurtcircuit.</i>
PE 107	<i>Normativ pentru proiectarea și execuția rețelelor de cabluri electrice.</i>
PE 116	<i>Normativ de încercări și măsurători la echipamente și instalații electrice</i>
PE 118	<i>Norme tehnice de proiectare și realizare a construcțiilor privind protecția la acțiunea focului</i>
PE 134/1 – 2002	<i>Normativ privind metodologia de calcul a curenților de scurtcircuit la instalații cu tensiune peste 1kV</i>
ID17	<i>Normativ pentru proiectarea, execuția, verificarea și recepționarea de instalații electrice în zone cu pericol de explozie</i>
1E-Ip35/1	<i>Îndrumar de proiectare pentru rețelele de medie tensiune cu neutrul tratat prin rezistor. Protecția în stații și posturi de transformare</i>
C 170	<i>Îndrumar de proiectare pentru liniile electrice în cablu 1-20 kV. 4 volume</i> <i>Instrucțiuni tehnice pentru protecția elementelor din beton armat și beton (ICCPDC) precomprimat supraterean în medii agresive naturale și industriale</i>
I 5	<i>Normativ pentru proiectarea și executarea instalațiilor de ventilare</i>
I 7	<i>Normativ privind proiectarea și executarea instalațiilor electrice la consumatori cu tensiuni până la 1000V</i>
I 14	<i>Normativ pentru protecția contra coroziunii a construcțiilor metalice îngropate</i>
I 18	<i>Normativ pentru proiectarea și executarea instalațiilor interioare de telecomunicații din clădirile civile și industriale</i>
M 34	<i>Norme tehnice privind zonele de siguranță ale terenurilor de aeronautică, elaborate de departamentul Aviației Civile</i>
P 118	<i>Normativ de siguranță la foc a construcțiilor</i>

(*) Prescripțiile Energetice menționate sunt prescripții de interes general

B. Standarde române menționate în normativ (**)	
STAS 297/1-88	<i>Culori și indicatoare de securitate. Condiții tehnice generale</i>
STAS 297/2-92	<i>Culori și indicatoare de securitate. Reprezentări</i>
STAS 438/1-89	<i>Produse de oțel pentru armarea betonului. Oțel-beton laminat la cald. Mărci și condiții tehnice generale de calitate.</i>
STAS 438/2-91	<i>Produse de oțel pentru armarea betonului. Sârmă rotundă trefilată.</i>
SR 438-3:1998	<i>Produse de oțel pentru armarea betonului. Plase sudate.</i>
STAS 832-79	<i>Influențe ale instalațiilor electrice de înaltă tensiune asupra liniilor de telecomunicații. Prescripții</i>
SR EN 12385-10:2004	<i>Cabluri de oțel. Securitate. Partea 10: Cabluri elicoidale pentru aplicații generale în construcții</i>
SR HD 621 S1:2002	<i>Cabluri de distribuție de medie tensiune cu izolație de hârtie impregnată</i>
STAS 2612-87	<i>Protecția împotriva electrocutărilor. Limite admise.</i>
SR EN 60228:2005	<i>Conductoare pentru cabluri izolate</i>
STAS 1478-90	<i>Instalații sanitare. Alimentarea cu apă la construcții civile și industriale. Prescripții fundamentale de proiectare</i>
SR EN 60071-1:2002	<i>Coordonarea izolației. Partea 1: Definiții, principii și reguli</i>
SR EN 60071-2:1999	<i>Coordonarea izolației. Partea 2: Ghid de aplicare</i>
SR 8591:1997	<i>Rețele edilitare subterane. Condiții de amplasare</i>
SR CEI 60888:1994	<i>Sârme de oțel zincat pentru conductoare cablate</i>
SR CEI 60502-1:2006	<i>Cabluri de energie cu izolație extrudată și accesoriile lor pentru tensiuni nominale de la 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) până la 30 kV ($U_m = 36$ kV). Partea 1: Cabluri pentru tensiuni nominale de 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) și 3 kV ($U_m = 3,6$ kV)</i>
SR CEI 60502-2:2006	<i>Cabluri de energie cu izolație extrudată și accesoriile lor pentru tensiuni nominale de la 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) până la 30 kV ($U_m = 36$ kV). Partea 2: Cabluri pentru tensiuni nominale de la 6 kV ($U_m = 7,2$ kV) până la 30 kV ($U_m = 36$ kV)</i>
STAS 8779-86	<i>Cabluri de semnalizare cu izolație și manta de PVC</i>
STAS 9436/1-73	<i>Cabluri și conducte electrice. Clarificare și simbolizare</i>
STAS 9436/2-80	<i>Cabluri și conducte electrice. Cabluri de energie de joasă și medie tensiune. Clasificare și simbolizare</i>
STAS 9436/5-73	<i>Cabluri și conducte electrice. Cabluri de semnalizare, comandă și control. Clasificare și simbolizare</i>
STAS 9570/1-89	<i>Marcarea și reperarea rețelelor de conducte și cabluri, în localități</i>
SR EN 60079-10:2004	<i>Aparatură electrică pentru atmosfere explozive gazoase. Partea 10: Clasificarea ariilor periculoase</i>
SR EN 60079-14:2004	<i>Aparatură electrică pentru atmosfere explozive gazoase. Partea 14: Instalații electrice utilizate în atmosfere periculoase (altele decât minele)</i>
STAS 4068/1-82	<i>Debite și volume maxime de apă. Determinarea debitelor și volumelor maxime ale cursurilor de apă</i>

STAS 4068/2-87	<i>Debite și volume maxime de apă. Probabilitățile anuale ale debitelor și volumelor maxime în condiții normale și speciale de exploatare</i>
STAS 4102-85	<i>Piese pentru instalații de legare la pământ de protecție</i>
STAS 4273-83	<i>Construcții hidrotehnice. Încadrarea în clasa de importanță.</i>
SR 6290 :2004	<i>Încrucișări între liniile de energie electrică și liniile de telecomunicații</i>
STAS 7335 (standard pe părți)	<i>Protecția contra coroziunii. Construcții metalice îngropate</i>
STAS 2612-82	<i>Protecția împotriva electrocutărilor. Limite admise</i>
SR EN ISO 1461:2002	<i>Acoperiri termice de zinc pe piese fabricate din fontă și oțel. Specificații și metode de încercare</i>
SR EN 12330:2002	<i>Protecție anticorrosivă a metalelor. Acoperiri electrochimice de cadmiu pe fontă sau oțel</i>
STAS 8074-76	<i>Încrucișări între liniile de contact pentru tramvaie și troleibuze și linii electrice aeriene sau linii aeriene de telecomunicații. Prescripții</i>
STAS 4002-74	<i>Materiale auxiliare pentru rețele și instalații electrice. Cleme de șir pentru circuite cu conductoare din cupru și aluminiu. Condiții tehnice speciale de calitate</i>
SR EN 60947-7-1:2003	<i>Aparataj de joasă tensiune. Partea 7-1: Echipamente accesorii. Blocuri de joncțiune pentru conductoare de cupru</i>
STAS 10101/0A-77	<i>Acțiuni în construcții. Clasificarea și gruparea acțiunilor pentru construcții civile și industriale</i>
STAS 10102-75	<i>Construcții de beton, beton armat și beton precomprimat. Prevederi fundamentale pentru calculul și alcătuirea elementelor</i>
STAS 10107/0-90	<i>Construcții civile și industriale. Calculul și alcătuirea elementelor structurale din beton, beton armat și beton precomprimat.</i>
STAS 10128-86	<i>Protecția contra coroziunii a construcțiilor supraterane din oțel. Clasificarea mediilor agresive.</i>
STAS 10166/1-77	<i>Protecția contra coroziunii a construcțiilor din oțel supraterane. Pregătirea mecanică a suprafețelor.</i>
STAS 10702/1-83	<i>Protecția contra coroziunii a construcțiilor din oțel, supraterane. Acoperiri protectoare. Condiții tehnice generale.</i>
STAS E 10702/2-80	<i>Protecția contra coroziunii a construcțiilor din oțel, supraterane. Acoperiri protectoare pentru construcții situate în medii neagresive, slab agresive și cu agresivitate medie.</i>
SR EN 61140:2002 + A1:2007	<i>Protecție împotriva șocurilor electrice. Aspecte comune în instalații și echipamente electrice</i>
SR HD 637 S1:2004	<i>Instalații electrice cu tensiuni nominale mai mari de 1kV în curent alternativ</i>
SR HD 384.5.523 S2:2001	<i>Instalații electrice în construcții. Partea 5: Alegerea și instalarea</i>

echipamentelor electrice. Secțiunea 523: Curenți admisibili în sisteme de pozare

SR HD 60364 (standard pe părți)	<i>Instalații electrice în construcții</i>
SR HD 516 S2:2002	<i>Ghid de utilizare a cablurilor de joasă tensiune armonizate</i>
SR EN 50160:2007	<i>Caracteristici ale tensiunii în rețelele electrice publice</i>
SR EN 60909-3:2004	<i>Curenți de scurtcircuit în rețele electrice trifazate de curent alternativ. Partea 3: Curenți în cazul unei duble puneri monofazate la pământ și curenți parțiali de scurtcircuit prin pământ</i>
SR CEI 60050-826:2006	<i>Vocabular Electrotehnic Internațional. Partea 826: Instalații electrice</i>
SR CEI 60050 (461) +A1:1996 + A2:2005	<i>Vocabular electrotehnic internațional. Capitolul 461: Cabluri electrice</i>
SR EN 60332 -1-1:2005	<i>Încercări ale cablurilor electrice și cu fibre optice supuse la foc. Partea 1-1: Încercare la propagarea verticală a flăcării pe un conductor sau cablu izolat. Aparatură de încercare</i>
SR EN 60332 -2-1:2005	<i>Încercări ale cablurilor electrice și cu fibre optice supuse la foc. Partea 2-1: Încercare la propagarea verticală a flăcării pe un conductor sau cablu izolat de secțiune mică. Aparatură de încercare</i>
SR EN 50266 (standard pe părți)	<i>Metode comune de încercare a cablurilor supuse la foc. Încercare de rezistență la propagarea verticală a flăcării pe conductoare sau cabluri în mănunchi în poziție verticală</i>
SR CEI 60183+A1:1999	<i>Ghid pentru alegerea cablurilor de înalta tensiune</i>
SR EN ISO 6946:1998 + A1:2004	<i>Părți și elemente de construcție. Rezistența termică și transmitanța termică. Metodă de calcul</i>
SR EN ISO 10211-1:1998	<i>Punți termice în construcții. Fluxuri termice și temperaturi superficiale. Partea 1: Metode generale de calcul</i>
SR EN ISO 13370:2003	<i>Performanța termică a clădirilor. Transferul termic prin sol. Metode de calcul</i>
SR ISO 181:1998	<i>Materiale plastice. Determinarea caracteristicilor de inflamabilitate a materialelor plastice rigide sub formă de epruvete mici în contact cu o bară incandescentă</i>

(**) Prevederile standardelor menționate în prezenta normă tehnică reprezintă cerințe minimale și sunt recomandări. Utilizatorii prezentei norme tehnice pot folosi și alte standarde prin care să se demonstreze respectarea cerințelor prevăzute în prezenta normă tehnică.

C. Standarde internaționale

DIN 57298/VDE0298	<i>Verwendung von Kabel und isolierten Leitungen für Starkstromanlagen</i>
Teil 1/11.82	<i>Allgemeines für Kabel mit Nennspannungen U_0/U bis 18/30 kV</i>
Teil 2/11.79	<i>Empfohlene Werte für Strombetestburkek von Kabel mit Nennspannungen U_0 / U bis 18/30kV</i>
CEI 60055-1:2005	<i>Paper-insulated metal-sheathed cables for rated voltages up to 18/30 kV (with copper or aluminium conductors and excluding gas-pressure and oil-filled cables) - Part 1: Tests on cables and</i>

	<i>their accessories</i>
CEI 60055-2:1981	<i>Paper-insulated metal-sheathed cables for rated voltages up to 18/30 kV (with copper or aluminium conductors and excluding gas-pressure and oil-filled cables). Part 2: General and construction requirements</i>
CEI 60331 (standard pe părți)	<i>Tests for electric cables under fire conditions - Circuit integrity</i>
CEI 60287 (standard pe părți)	<i>Electric cables - Calculation of the current rating</i>
SIEMENS	<i>Kabel und Leitungen für Starkstrom. Von Lothar Heinhold 3. Überarbeitete Auflage 1969</i>
ABB	<i>Schaltanlagen 10., neubearbeitete Auflage. Cornelsen Verlag, Berlin, 1999</i>
N.F.C.	<i>Normă franceză. Nr. 33-100, 1965. Anexa 1</i>

BIBLIOGRAFIE

1. Clarke, D. J., Soth, I.P. *Cross bonding single core power cables*. BICC, London, 1975.
2. Lang, V. *L'échauffement des conducteurs câblés des lignes aériennes*. In: Bull. de A.S.E., nr. 14, 1956, p. 631-641.
3. Endrenyi, J., Murllie, Mc. *Détermination de l'intensité de courant admissible dans les conducteurs par simulation numérique de la charge, des conditions atmosphériques et du vieillissement des conducteurs*. CIGRE, 1968, Rapport 23-04.
4. Gorub, I. C., Woll, E. F. *Load Capability of Bare ACSR and All-Aluminium Conductor Based on Long time Outdoor Temperature Rise-Tests*. I.E.E. Trans. P.A.S. vol. 82 nr. 12, 1963, p. 73-82.
5. Davis, M. W. *Nomographic computation of the ampacity rating of aerial conductors*. I.E.E.E. Trans. Power Apparatus und Systems, vol. PAS 89, p. 387-399, Mart., 1970.
6. V.D.E. 0.103/1.61. *Leitsätze de Bemessung von Starkstromanlagen auf mechanische und termische Kurzschlussfestigkeit*.
7. Goossens. R. F. *Rapport sur les travaux du comité d'études nr. 2. (Câbles à haute tension)*. CIGRE-ref. 233, 1964.
8. C.E.I. *Calcul du courant admissible dans les cables en regime permanent (facteur de charge 100%)*. Recomandation de la Commission Electrotechnique Internationale (C.E.I.), Publication 287, 1969, Bureau de la C.E.I., Geneve.
9. Nehet, John, H. *Procedures for calculating the temperature rise of pipe cable and buried cables for sinusoidal and rectangular loss cycles*. A. I.E.E. Transactions, vol. 72, pt. III (June 1953), pag. 541-545; 535; 539-560.
10. Buller. F. H., Woodrow, CA. *Load factor equivalent-Hour values compared*. În: Electrical World, vol. 92, Nr. 2, 1928, pp. 59-60.
11. Van Wormer F. C. *An improved approximate technique for calculating cable temperature transients*. În: A.I.E.E. Trans. vol. 74, pt. 3, pp. 277-281, 1955.
12. Commission Electrotechnique International. *Calcul de courant admissible dans la cablu en regim permanent (facteur de charge 100%)*. Suisse, Geneve 1969 avec modification No. 1 avril 1971, modification No. 2 avril 1972.
13. Jocteur, R., Osly, M. *Recherche et developpement en France dans le domaine des cables haut tension isolés au polyéthylene extrudé*. Silec, France.
14. Conte, G. – *IMPIANTI ELETTRICI. Componenti e sistemi elettrici – Normativa – Sicurezza – Progettazione*. Seconda edizione. Editore Ulrico Hoepli, Milano, 1996.
15. Bercovici, M., Arie, A. A., Poată, Al. *Rețele Electrice. Calculul electric*. București, Editura Tehnică. 1974.
16. Sufrim, M., Iszák, E., Dabija, D. – *Protecția împotriva incendiilor în gospodăriile de cabluri din întreprinderile industriale*. Editura tehnică, București, 1984;
17. Meculescu, M., Dian, G. *Metode pentru calculul curenților maxim admisibili ai liniilor electrice aeriene*. Studiul I.S.P.E., 1957.
18. Boțan, N., Poată, A., Constantinescu, E. *Rețele electrice. Calculul electric*. Editura tehnică. București, 1960.
19. Iacobescu, Gh. ș.a. *Rețele electrice. Probleme*. Editura Didactică și Pedagogică, București, 1975
20. Ioniță. Georgeta, Bucea, Gh. *Montarea și exploatarea cablurilor electrice de înaltă tensiune*. Editura Tehnică, București, 1979.
21. Siemens *Memoratorul inginerului electrician*. Traducere din limba germană cu adaptări la condițiile din România. Editura Tehnică, București, 1975.
22. Baci, A., Laszlo, T. *Exploatarea și repararea rețelelor electrice*. București, Editura tehnică, 1969.
23. Militaru, P., Petre, N. *Considerațiuni și propuneri privind calculul stabilității termice la scurtcircuit a conductorilor și aparatelor*. A șasea sesiune de comunicări tehnico-științifice a Institutului de Studii și Proiectări Energetice. 5-7. XII, 1966, vol. I, p. 55-80.
24. Avramescu, A. *Temperaturabhängigkeit der wahren spezifischen Wärme von Leitungskupfer und*

- Leitungsaluminium bis zum Schmelzpunkt.* Z. techn. Physik, 1959.
25. Avramescu, A. *Încăzirea la scurtcircuit a conductoarelor de aluminiu.* în: Studii și cercetări energetice, nr. 3, 1953.
 26. Avramescu, A. *Încălzirea adiabatică a conductorilor de cupru, aluminiu și argint.* In studii și cercetări energetice, nr. 3-4, 1955.
 27. Cruceru, C. *Considerații teoretice și experimentale cu privire la determinarea temperaturilor cablurilor de energie care funcționează sub sarcină variabilă.* Lucrările I.C.P.E., nr. 24, 1970.
 28. Iacobescu, Gh., Iordănescu, I., Țenovici, R. *Rețele electrice pentru secțiunile de subingineri.* București, Editura Didactică și Pedagogică, 1975.
 29. Siemens. *Memoratorul Inginerului Electrician.* Traducere din limba germană. București, Editura Tehnică, 1971.
 30. Curelaru, Al. *Probleme de stații și rețele electrice.* Scrisul românesc, Craiova, 1979.
 31. Pietrăreanu, E. *Agenda electricianului.* București, Editura Tehnică, 1986.
 32. Arhipov, N. K. *Calculul curenților de scurtcircuit.* București, Editura Tehnică. 1958.
 33. Racoți, E. *Table și nomograme pentru calculul conductoarelor.* București, Editura Tehnică, 1988.
 34. Ioniță Georgeta, Mazilu, Gh. *Linii electrice subterane de 1-220kV. Îndreptar de calcul și proiectare.* Editura Tehnică, 1990, București.
 35. Iacobescu, Gh., Iordănescu, I., Eremia, M., Țenovici, R., Dumitriu, C. - *Rețele electrice. Probleme.* București, Editura Didactică și Pedagogică, 1977.
 36. Iacobescu, Gh., Iordănescu, I., Eremia, M., Toader, C., Țenovici, R., Dumitriu, C. - *Rețele electrice.* București, Editura Didactică și Pedagogică, 1981.
 37. Mircea, I. - *Instalații și echipamente electrice. Ghid teoretic și practice.* Ediția a doua. Editura Didactică și Pedagogică, București, 2002.
 38. Angelescu, M. – *Rețele edilitare urbane.* Editura Didactică și Pedagogică, R.A. București, 1996.