

**NORMATIV**  
**PENTRU PROIECTAREA ȘI EXECUTAREA**  
**REȚELELOR DE CABLURI ELECTRICE**

**NTE 007/08/00**

**ANEXE**

**Valori recomandate pentru sarcina admisibilă a cablurilor cu tensiuni nominale  $U_o/U$** **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  $U_o/U$  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**

Acste norme caracterizate ca prescripții **VDE** sunt valabile pentru curenții admisibili la cabluri cu tensiuni nominale  $U_o/U$  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 variație medie, 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.I.3.1.** În aceste norme, caracterizate ca prescripții **VDE**, se dă 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.I.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 tabelele 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 aşa 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 (similară cu cele din Germania).

Acstea 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 rezistență 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. Aceasta 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.

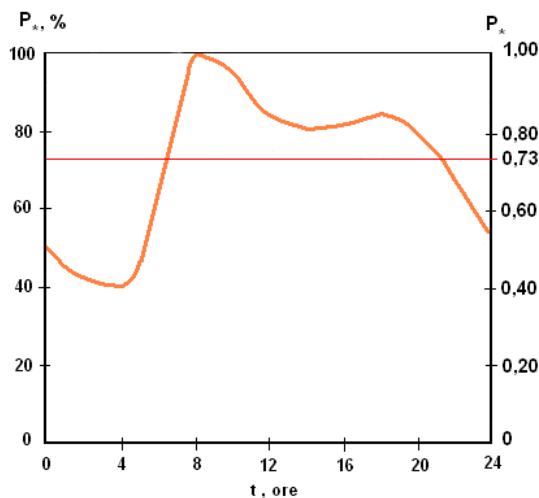


Fig. A.1.1. Curba de sarcină zilnică și determinarea gradului de încărcare (exemplu).

- 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.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Acest mod de funcționare apare destul de rar în rețelele electrice de distribuție.

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 curbură 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 România<sup>2</sup> 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 freatici, 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  $1,0 \text{ K} \cdot \text{m} / \text{W}$  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.

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

<sup>2</sup> Condiții similare și în Germania.

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  $2,5 \text{ K}\cdot\text{m}/\text{W}$ , 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 resultant 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.** Dispunerea 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 într-o perioadă de 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 0103<sup>3</sup>**, 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 căte 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 $\theta_a$**

$\theta_a$  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 dure de maxim 5 s a scurtcircuitului.

##### **A.1.5.1.5. Factorul $\eta$ pentru încălzirea de scurtă durată**

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:

<sup>3)</sup> PE 103 este prescripția echivalentă

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

$I_{th}$  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 scama și de stabilitatea dinamică la scurtcircuit a cablului. Aici, de regulă, nu sunt necesare măsuri deosebite pentru cablurile cu conductoare multiple cu  $U/U = 0,6/1$  kV la curenți de soc 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 $K \cdot m/W$
			pământ în °C	aer în °C	
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 <sup>4)</sup>
Cablu cu hârtie impregnată	VDE 0255				6,0
Cablu cu câmp neradial		80	65	55	
0,6/1 ÷ 3,6/6 kV		65	45	35	
6/10 kV		80	65	55	
Cablu cu câmp radial		70	55	45	
0,6/1 ÷ 3,6/6 kV		65	45	35	
6/10 kV					
12/20 kV					
18/30 kV		60	40	30	

*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.

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

Dispunere		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 aşezate alăturat la intervale de 7cm  3 cabluri cu un conductor în sistem trifazat, unite în treflă <sup>5)</sup>		Aglomerare de cabluri după tabelele A.1.14 - A.1.20
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 curbată:  		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		
Rezistență termică specifică a solului în zone umede: 1 K · m/W		Tabelele A.1.14 la A.1.20
Rezistență 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

<sup>5)</sup> 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)	
Dispunere 1 cablu cu mai multe conductoare 1 cablu cu un conductor în curent continuu 3 cabluri cu un conductor în sistem trifazat așezate unul lângă altul la intervale egale cu diametrul cablului  3 cabluri cu un conductor în sistem trifazat, unite în treflă <sup>6)</sup>	 Factori de corecție pentru cablu cu conductoare multiple după tabelul A.1.24
Pozarea în aer liber Cedarea neîmpiedicată a căldurii se garantează prin: - Distanța de minimum 2 cm a cablului față de perete, pardoseală sau plafon - La cabluri așezate unu lângă altul • intervale de minimum 2 ori diametrul cablului - La cabluri amplasate unul deasupra altuia • distanță 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 acrului din cauza pierderii de căldură a cablului sau încăpere 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
Conecțarea și legarea la pământ, la ambele capete, a mantalei metalice sau a ecranului	Vezi pct A.1.4.2.3.

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

Materialul izolant	Hârtie impregnată		PVC		XLPE
Manta metalică	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
Dispunerea	     		       		
Secțiunea nominală conductor	Sarcina admisibilă, în A				

<sup>6</sup> Prin „grup în treflă” se înțelege o pozare într-un fascicul triunghiular, cablurile atingându-se reciproc

cupru mm <sup>2</sup>	1	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 <sup>2</sup>	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 <sub>1</sub>	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	
	f <sub>2</sub>	19	16/17	18	19	16/17	18	19	20	19	16/17	18	20	19	19	19	16/17	18

<sup>4)</sup> Încărcarea admisibilă în instalații de curent continuu<sup>6)</sup> 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  $U_o/U = 0,6/1kV$ .

Materialul izolant	Hârtie impregnată						PVC <sup>5)</sup>						XLPE											
Manta metalică	Plumb			Aluminiu									Plumb			-								
Prescripții VDE	VDE0255						VDE 0271						DIN 57265/ VDE 0265			VDE 0272								
Temperatură de funcționare admisă	80°C						70°C						90°C											
Dispunere																								
Secțiunea nominală conductor cupru mm <sup>2</sup>	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	-	-	-	-	-	-	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 <sup>2</sup>	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 factorii de corecție	<sup>1)</sup>	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21							
	<sup>2)</sup>	23	22	22	23	22	22	23	23	22	22	23	23	23	22	22	22							

<sup>1)</sup> pentru temperatură aerului<sup>2)</sup> pentru grupare<sup>4)</sup> sarcina admisibilă în instalații de curent continuu<sup>5)</sup> valori până la 240mm<sup>2</sup> armonizate după CENELEC<sup>6)</sup> 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  $U_o/U = 3,6/6$  kV.

Material izolant	Hârtie impregnată							PVC				
Manta metalică	Plumb			Aluminiu			-					
Prescripția VDE	VDE 0255							VDE 0271				
Temperatura de funcționare admisă	80°C							70°C				
Dispunerea	(2)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)			
Secțiunea nominală, conductor din cupru: mm	Sarcina admisibilă, în A											
25	133	140	147	170	134	146	167	126	140			
35	161	167	175	202	162	174	197	151	167			
50	190	191	207	239	192	206	231	117	198			
70	234	243	254	291	237	252	279	230	242			
95	211	291	304	347	284	300	326	275	289			
120	321	332	343	392	323	339	364	313	328			
150	'362	374	3«7	437	363	379	400	352	366			
185	409	422	431	492	410	425	437	397	413			
240	474	490	501	563	474	418	487	460	478			
300	332	530	371	629	532	344	522	511	536			
400	601	631	633	709	600	607	564	587	605			
500	-	705	732	780	-	666	603	-	-			
Secțiunea nominală, conductor din aluminiu mm <sup>2</sup>	Sarcina admisibilă, în A											
25	103	108	-	-	-	-	-	-	-			
35	124	129	135	151	125	135	154	122	129			
50	147	154	161	185	149	160	182	145	154			
70	182	189	197	226	184	196	220	178	188			
95	218	226	236	^70	221	234	260	214	225			
120	250	256	268	307	251	265	292	243	256			
150	281	291	301	343	283	297	323	274	286			
185	320	329	341	386	121	335	337	310	324			
240	372	384	398	447	373	388	405	361	377			
300	419	432	449	501	420	434	441	40S	425			
400	481	503	520	572	481	495	487	468	488			
500	-	570	588	638	-	552	529	-	-			
Tabele pentru factorii de corectie	f <sub>1</sub>	14	14	14	14	14	14	14	14			
	f <sub>2</sub>	19	19	16/17	18	19	16/17	18	19			
								16/17	18			

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  $U_o/U = 3,6/6$  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 <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	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	20S	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	<sup>1)</sup> <sup>2)</sup>	21 23	21 23	21 22	21 23	21 21	21 22	21 23	21 22	21 22		

<sup>1)</sup> pentru temperatură aerului<sup>2)</sup> 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  $U_o/U = 6/10$  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			
Dispunerea	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	
Secțiunea nominală, conductor din cupru: mm <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	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 f <sub>1</sub>	14	14	14	14	14	14	14	14	15	15	15	14	14	14	14	14	14	
f <sub>2</sub>	20	20	19	16/17	18	20	16/17	18	20	16/17	18	19	16/17	18	19	16/17	18	

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  $U_o/U = 6/10$  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		
Dispunerea	⊕	⊕	⊕	○○○	○○○○	⊕	○○○	○○○○	⊕	○○○	○○○○	⊕	○○○	○○○○	⊕	○○○	○○○○
Secțiunea nominală, conductor din cupru: mm <sup>2</sup>	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	4S1
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 <sup>2</sup>	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	2Z5	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	<sup>1)</sup>	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
	<sup>2)</sup>	23	23	23	22	22	23	22	22	23	22	23	22	22	23	22	22

<sup>1)</sup> pentru temperatură aerului<sup>2)</sup> 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  $U_o/U = 12/20$  kV.

Material izolant	Hârtie impregnată						PE	XLPE				
Manta metalică	Plumb			Aluminiu			-	-				
Prescriptia VDE	VDE 0255						DIN57273/ VDE0273	DIN 57273/ VDE 0273				
Temperatura de funcționare admisă	65°C						70°C	90°C				
Dispunerea	(○)	(○)	(○○)	(○○○)	(○○○)	(○○○○)	(○○○○○)	(○○○○○○)	(○○○○○○○)			
Secțiunea nominală, conductor din cupru: mm <sup>2</sup>	Sarcina admisibilă, în A											
25	123	126	139	153	138	149	-	-	-			
35	148	151	166	184	165	179	176	198	189			
50	175	180	196	219	194	212	208	233	223			
70	210	222	240	269	237	256	254	283	273			
95	264	268	287	321	282	300	302	335	325			
120	298	304	327	363	319	334	343	378	368			
150	336	343	366	404	355	364	381	412	410			
185	380	388	414	454	399	400	430	460	463			
240	440	453	479	519	456	445	496	525	534			
300	496	511	539	578	505	478	556	583	601			
400	559	591	618	650	563	520	623	628	674			
500	-	661	689	713	615	556	692	689	750			
Secțiunea nominală, conductor din aluminiu:mm <sup>2</sup>	Sarcina admisibilă, în A											
25	95	97	-	-	-	-	-	-	-			
35	114	117	128	142	127	139	-	-	-			
50	136	140	152	170	151	166	161	181	173			
70	171	173	186	210	185	203	197	221	211			
95	205	208	223	250	221	240	235	263	252			
120	233	237	254	284	250	270	267	297	287			
150	262	267	285	317	280	297	298	327	320			
185	298	304	323	358	315	329	337	369	362			
240	346	355	377	414	365	373	391	423	421			
300	391	403	425	463	407	406	440	473	474			
400	448	471	491	529	462	450	499	521	538			
500	-	534	555	588	513	489	562	579	606			
Tabele pentru factorii de corecție	f <sub>1</sub>	14	14	14	14	14	14	14	14			
	f <sub>2</sub>	20	20	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  $U_o/U = 12/20\text{kV}$ .

Material izolant	Hârtie impregnată						PE	XLPE			
Manta metalică	Plumb			Aluminiu							
Prescriptia VDE	VDE 0255						DIN 57273/ VDE0273	DIN57273/ VDE 0273			
Temperatura de funcționare admisă	65°C						70°C	90°C			
Dispunerea											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Secțiune nominală. conductor din cupru: mm <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	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 factorii de corecție	<sup>1)</sup> <sup>2)</sup>	21 23	21 23	21 22	21 22	21 22	21 22	21 22	21 22	21 22	

<sup>1)</sup> pentru temperatură aerului<sup>2)</sup> 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  $U_o/U = 18/30\text{kV}$ .

Material izolant	Hârtie impregnată						PE	XLPE				
Manta metalică	Plumb			Aluminiu			-					
Prescriptia VDE	VDE 0255						DIN 57273/ VDE0273	DIN57273/ VDE 0273				
Temperatura de Funcționare admisă	60°C						70°C	90°C				
Dispunerea												
Secțiune nominală, conductor din cupru: mm <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	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  $U_o/U = 18/30\text{kV}$ 

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

<sup>1)</sup> pentru temperatură aerului<sup>2)</sup> pentru aglomerare

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

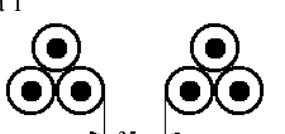
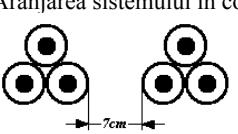
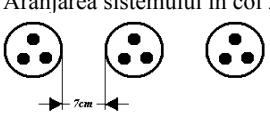
*Tabelul A.1.14. Factorii de corecție  $f_i$ , pozare în pământ. Toate cablurile (cu excepția cablului cu PVC pentru 6/10kV).*

Temperatura de funcționare admisă °C	Temperatura solului °C	Rezistență termică specifică solului, K · m/W														Gradul de încărcare		
		0,7							1,0			1,5						
		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	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,68	
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	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,64	
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	0,93	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	
	30	-	-	-	-	-	-	-	0,94	0,80	0,85	0,84	0,82	0,80	0,78	0,76	0,08	
	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,77	0,74	0,72	0,69	
	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,59	
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	0,97	0,95	0,93	0,85	
	10	1,29	1,24	1,20	1,14	1,06	1,11	1,09	1,06	1,0?	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	
	30	-	-	-	-	-	-	-	0,94	0,80	0,85	0,84	0,82	0,80	0,78	0,76	0,08	
	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,75	0,72	0,70	0,60	
	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,55	
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	0,97	0,96	0,94	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	
	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	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,51	

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.

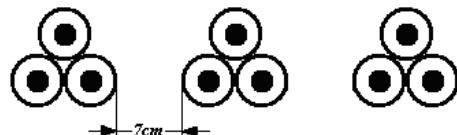
Factorul de corecție  $f_1$  se utilizează numai împreună cu factorul de corecție  $f_2$  după tabelele A.1.16 până la A.1.20.

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

Nr. de:	Sisteme Cabluri	Temperatura solului	Rezistență termică specifică a solului, K · m/W															Gradul de încărcare de la 0,5 la 1,00		
			0,7					1,0					1,5							
-	-	-	°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	
+	-	-	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	
-	-	-	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		
-	-	-	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		
-	-	-	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	0,17	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 coloană 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.

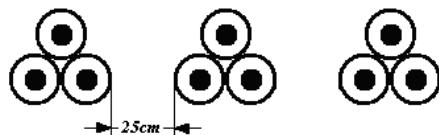
*Tabelul A.1.16. Factorii de corecție  $f_2$ , pozare în pământ. Cablu cu un conductor în sisteme trifazate grupate în treflă*



Tipul constructiv -	Numărul de sisteme	Rezistență 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
0,6/1 la 6/10 kV Cablu cu PVC/6/10 la 18/30 kV Cablu cu PE/0,6/1 la 18/30 kV Cablu cu XLPE	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	0,08	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	0,06	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
0,6/1 la 6/10 kV Cablu cu PVC/6/10 la 18/30 kV Cablu cu PE/0,6/1 la 18/30 kV Cablu cu XLPE	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	0,09	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	0,05	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

0,6/1 la 18/30 kV Cablu cu hârtie impr	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

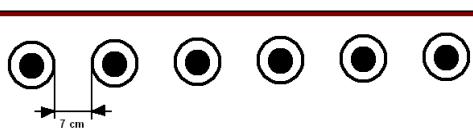
*Tabelul A.1.17. Factorii de corecție  $f_2$ , pozare în pământ. Cablu cu un conductor în sisteme trifazate grupate în treflă*



Tipul constructiv Numărul de sisteme	Rezistență 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	
0,6/1 la 18/30 kV Cablu cu PE0,6/1 la 18/30 kV Cablu cu XLPE	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	0,57	0,90	0,82	0,75	1,06	0,58	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
0,6/1 la 18/30 kV Cablu cu PVC6/10 la 18/30 kV Cablu cu PE0,6/1 la 6/10 kV Cablu cu hârtie imprimată	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
0,6/1 la 18/30 kV Cablu cu PVC6/10 la 18/30 kV Cablu cu PE0,6/1 la 6/10 kV Cablu cu hârtie imprimată	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
0,6/1 la 18/30 kV Cablu cu PE0,6/1 la 6/10 kV Cablu cu hârtie imprimată	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	1,73	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	1,71	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

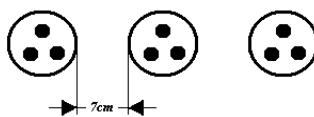


*Tabelul A.1.18. Factorii de corecție  $f_2$ , pozare în pământ. Cablu cu un conductor în sisteme trifazate pozate alăturat*



Tipul constructiv Numărul de sisteme	Rezistență 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	
0,6/1 la 6/10 kV Cablu cu PVC	1	1,08	1,05	0,99	0,91	0,85	1,13	1,07	1,00	0,92	0,85	1,48	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	0,97	0,78	0,71	1,05	0,95	0,98	0,78	0,71	1,06	0,%	038	0,79	0,71
	3	0,92	0,84	0,77	0,69	0,62	0,53	0,85	0,77	0,69	0,62	0,55	0,86	0,78	0,69	0,62	0,56	0,86	0,79	0,69	0,62
	4	0,88	0,80	0,73	0,65	0,58	0,39	0,80	0,73	0,65	0,58	0,50	0,31	0,74	0,65	0,58	0,51	0,32	0,74	0,65	0,58
	5	0,84	0,76	0,69	0,61	0,55	0,35	0,77	0,70	0,61	0,55	0,37	0,78	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	0,33	0,75	0,48	0,60	0,53	0,34	0,75	0,48	0,60	0,53	0,35	0,76	0,49	0,60	0,53
	8	0,79	0,71	0,64	0,57	0,51	0,80	0,71	0,45	0,57	0,51	0,31	0,72	0,45	0,57	0,51	0,31	0,72	0,45	0,57	0,51
	10																				
		0,77	0,69	0,62	0,55	0,49	0,78	0,49	0,43	0,55	0,49	0,78	0,70	0,43	0,55	0,49	0,79	0,70	0,43	0,55	0,49
0,6/1 la 18/30 kV Cablu cu PE	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	IJ01	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	0,97	0,78	0,71	1,06	0,96	0,88	0,79	0,71
	3	0,S9	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	0,71	0,70	0,63	0,55	0,49	0,79	0,70	0,63	0,55	0,49
0,6/1 la 18/30 kV Cablu cu XLPE	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

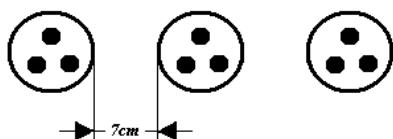
0,6/1 la 18/30 kV Cablu cu hârtie impr	1	0,93	0,94	0,55	0,91	0,85	1,00	1,00	1,00	0,92	0,85	1,09	1,06	1,01	0,92	0,85	1,19	1,10	1,03	0,93	0,85
	2	0,89	0,89	0,86	0,77	0,71	0,95	0,93	0,87	0,78	0,71	1,01	0,95	0,88	0,78	0,71	1,05	0,97	0,89	0,79	0,71
	3	0,86	0,84	0,77	0,69	0,62	0,90	0,85	0,78	0,69	0,62	0,95	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 construcțiv Numărul de sisteme	Rezistență 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	
0,6/1 la 18/30 kVCablu cu XLP <sup>2)</sup>	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
	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
0,6/1 la 18/30 kVCablu cu PE <sup>2)</sup>	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
	1	0,91	1,92	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
0,6/1 la 6/10 kVCablu cu PVC <sup>2)</sup>	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
	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
Cablu cu hârtie impregnată <sup>3)</sup>	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 conductori în sisteme trifazate

Tipul constructiv	Numărul de sisteme	Rezistență 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

Cablu cu PVC 0,6/1 kV; Cablu cu PVC6/10 kV; Cablu cu câmp neradial 6/10 kV; Cablu cu câmp multe conductoare și ecran individual, 6/10 la 18/30 kV; 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

<sup>1)</sup>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											
Cablu cu PVC	70		1,22	1,17	1,12	1,07	1,00	0,94	0,87	0,79	0,71
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

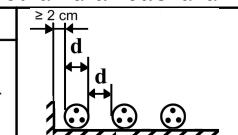
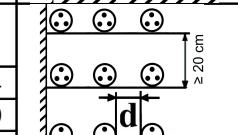
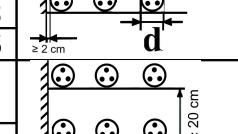
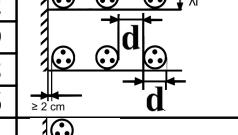
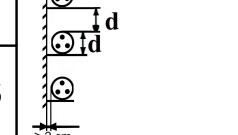
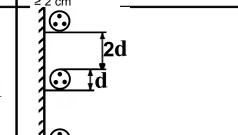
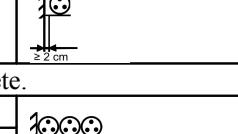
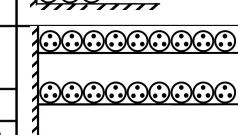
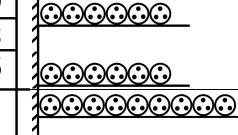
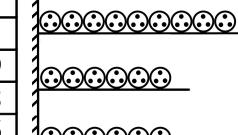
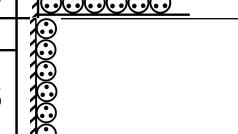
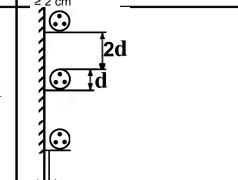
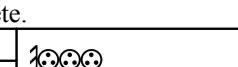
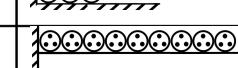
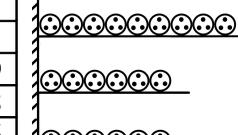
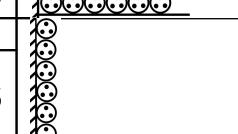
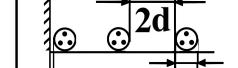
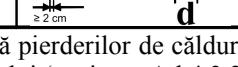
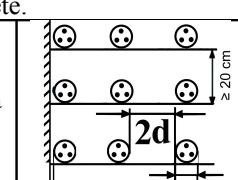
Tabelul A.1.22. Factori de corecție pentru gruparea în aer<sup>1)</sup>. Cabluri cu un conductor în sisteme trifazate

Dispunerea cablului		Pozarea în plan, spațiul intermediar = diametrul d al cablului. Distanța de la perete $\geq 2$ 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
	6	0,82	0,80	0,79
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. <sup>1)</sup>		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.		
Modul de pozare a cablului		Pozarea grupată în treflă, spațiul intermediar = $2d$ Distanța la perete $\geq 2$ 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
	6	0,86	0,81	0,79
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 <sup>1)</sup>				

<sup>1)</sup> Dacă în spații strânse 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 aer<sup>1)</sup>.

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

Dispunerea cablului		Spatiul 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	
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	
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 <sup>1)</sup>	Orice număr de cabluri unul deasupra altuia						
Dispunerea 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	
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	
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		
Dispunerea cablului	Se ating reciproc. Se ating de perete.						
Aranjamente pentru care nu este necesară o reducere <sup>1)</sup>	Orice număr de cabluri unul lângă altul						

<sup>1)</sup> 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 corecție<sup>1)</sup>. Cabluri cu conductoare multiple cu secțiunile conductoarelor de la 1,5 la 10mm<sup>2</sup>. 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

<sup>1)</sup> 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) A/mm <sup>2</sup>									
	°C	°C	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
<i>I</i>	2	3										
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 <sup>2</sup>	70	160	-	-	115	119	122	129	136	143	150	
> 300 mm <sup>2</sup>	70	140			103	107	UI	118	126	133	140	
<b>Cablu cu hârtie impregnată</b>												
<b>Cablu cu câmp neradial</b>												
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	
<b>Cablu cu câmp radial</b>												
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.  
Cablu cu conductoare de aluminiu*

Tipul constructiv	Temperatura admisibilă de funcționare $\theta_{fad}$	Temperatura admisă în timpul scurtcircuitului $\theta_{sc}$	Temperatura conductorului la începutul scurtcircuitului, °C									
			90	80	70	65	60	50	40	30	20	
-	°C	°C	Densitatea nominală de curent de scurtă durată (1s)									
<i>I</i>	2	3	A/mm <sup>2</sup>									
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	
<b>Cablu cu PVC</b>												
≤ 300 mm <sup>2</sup>	70	160	-	-	76	78	81	83	90	93	99	
> 300 mm <sup>2</sup>	70	140	-	-	68	71	73	78	83	88	93	
<b>Cablu cu hârtie impregnată</b>												
<i>Cablu cu câmp neradial</i>												
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	
<i>Cablu cu câmp radial</i>												
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 capacitive, se determină conform figurii A.2.1. și relațiilor căderii de tensiune longitudinală de mai jos:

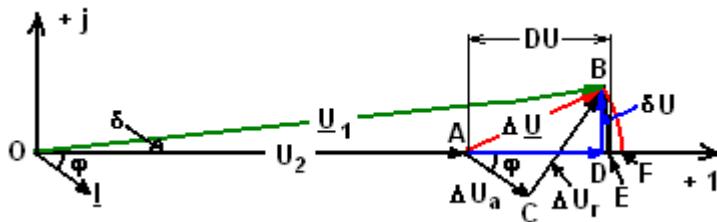


Fig. A.2.1 Diagrama fazorială

unde:

$U_1$  este tensiunea în punctul de racord;

$U_2$  - tensiunea în punctul de utilizare;

$\Delta U_a$  - căderea de tensiune activă (rezistivă);

$\Delta U_r$  - căderea de tensiune reactivă (inductivă);

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

În funcție de tipul rețelei considerate  $\Delta U$  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:

$\Delta U$  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  $\Omega/km$  (se recomandă SR EN 60228:2005);

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

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

$\varphi$  - 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.

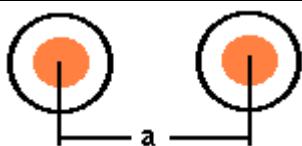
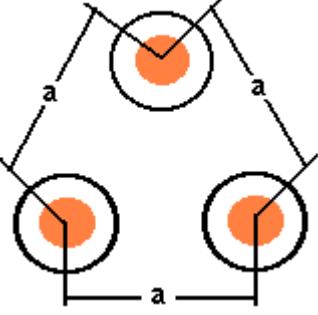
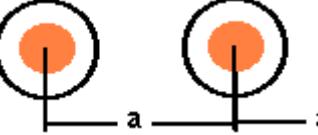
Reactanța liniei este definită prin amplificarea relației precedente cu pulsația mărimilor de stare  $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f = 100 \cdot \pi$  și rezultă:

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

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

secțiunea conductorului	rezistență specifică	reactanță specifică [Ω/km]								
		cabluri cu izolație de hârtie la tensiunea de:								
mm <sup>2</sup>	Al	Cu	1	6	10	20	85	cauciuc	Dist. Conduct.	
mm <sup>2</sup>	Ω/km	Ω/km	kV	kV	kV	kV	kV	-	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:

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

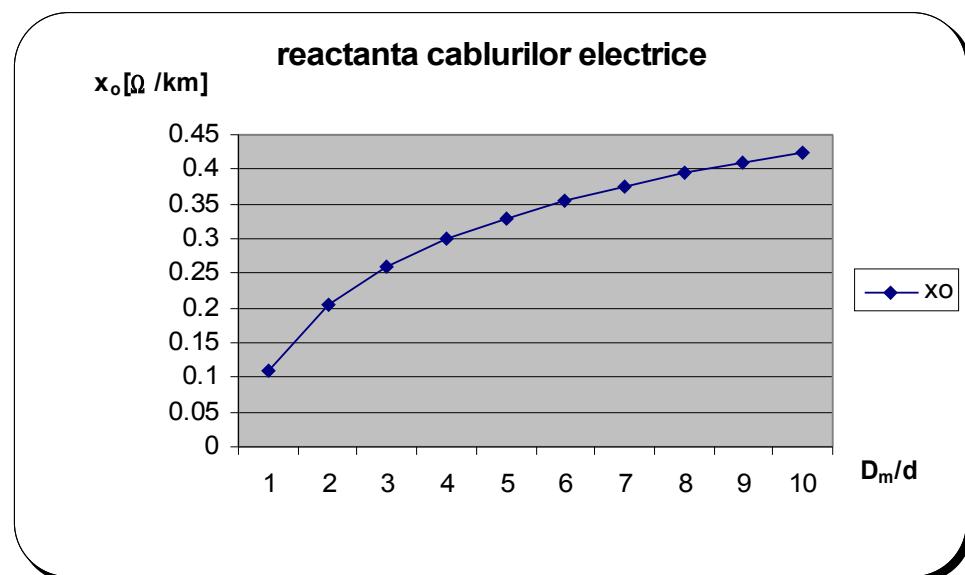


Fig.A.2.2. Reactanță specifică a unui cablu electric.

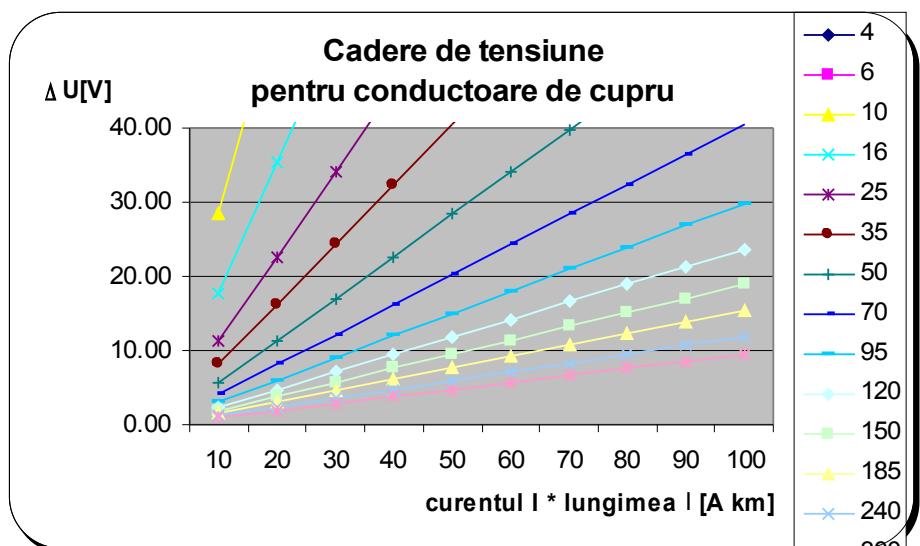
Pentru calculele curente de verificare a secțiunii cablurilor de joasă tensiune cu conductoare din **cupru** sau **aluminiu** se pot utiliza graficele alăturate de determinare a căderii de tensiune, în funcție de produsul  $I \times l$  și factorul de putere  $\cos\varphi$ , pentru situațiile:

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

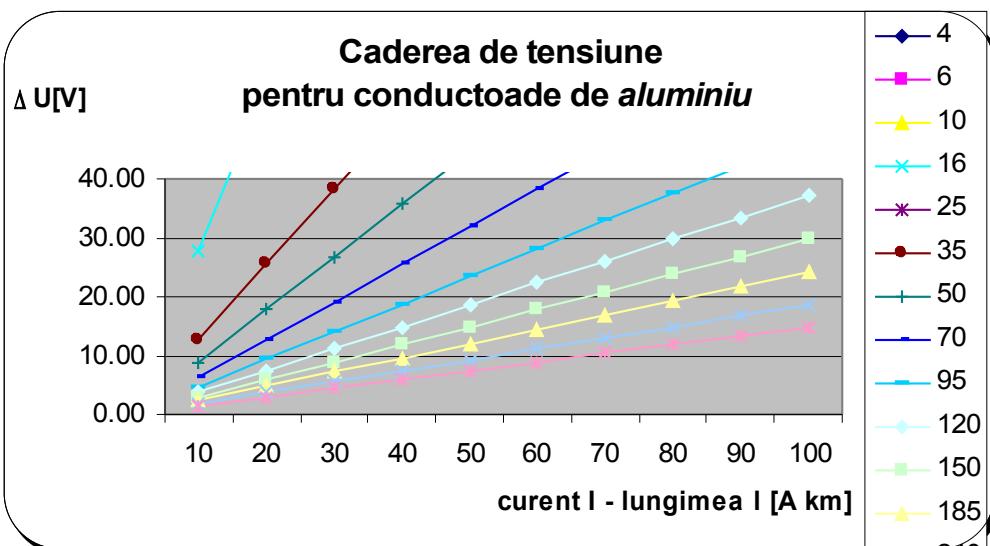
Pentru **cazul 1** căderea de tensiune (între faze), dacă linia este din cablu cu trei conductoare, de joasă tensiune și la factor de putere ( $\cos\varphi = 0,9$ ), se obțin căderile de tensiune din tabelele A.2.2, A.2.3 și figurile A.2.3, A.2.4.

Tabel A.2.2. Căderi de tensiune  $\Delta U$  pentru o linie trifazată în cablu cu conductoare din **cupru**

<b>s</b> <b>mm<sup>2</sup></b>	<b>I·l</b> <b>A·km</b>	$\Delta U$ [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 **aluminiu**

s $mm^2$	I·I $A \cdot km$	$\Delta U [V]$									
		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 **aluminiu**

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**

<b>s</b> <b>mm<sup>2</sup></b>	<b>I·l</b> <b>A·km</b>	<b>ΔU [V]</b>									
		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	

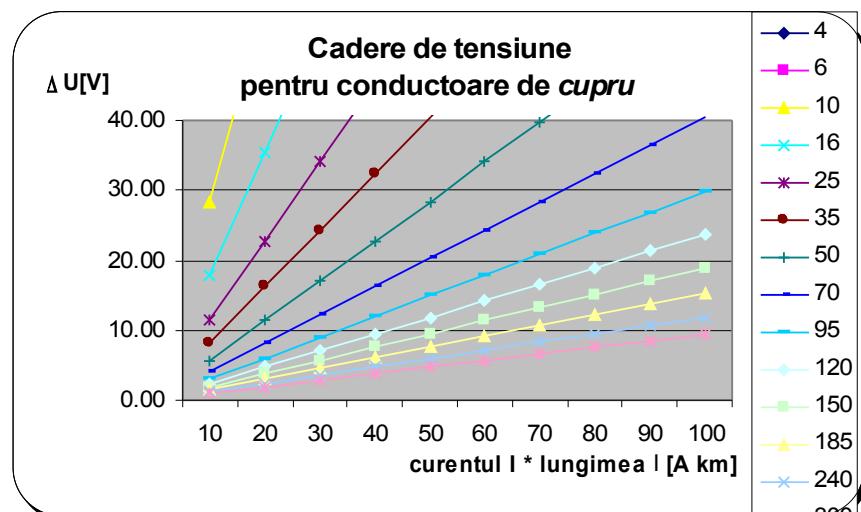


Fig.A.2.5. Căderi de tensiune pentru cabluri trifazate din **cupru**

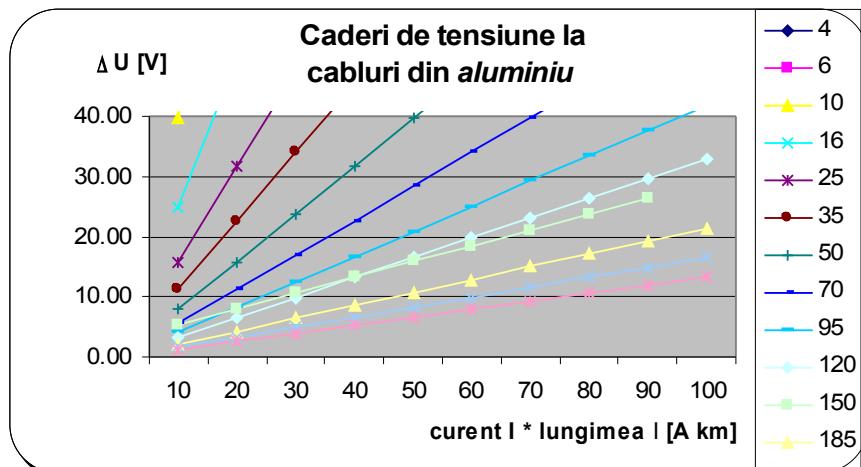
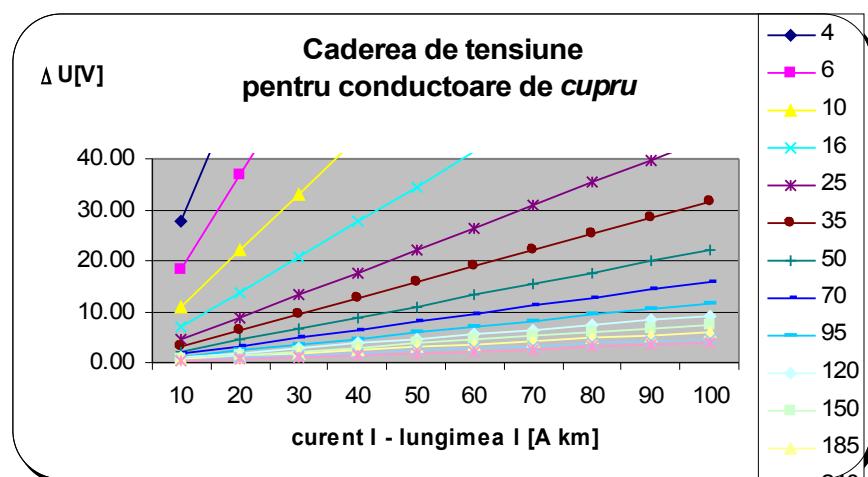
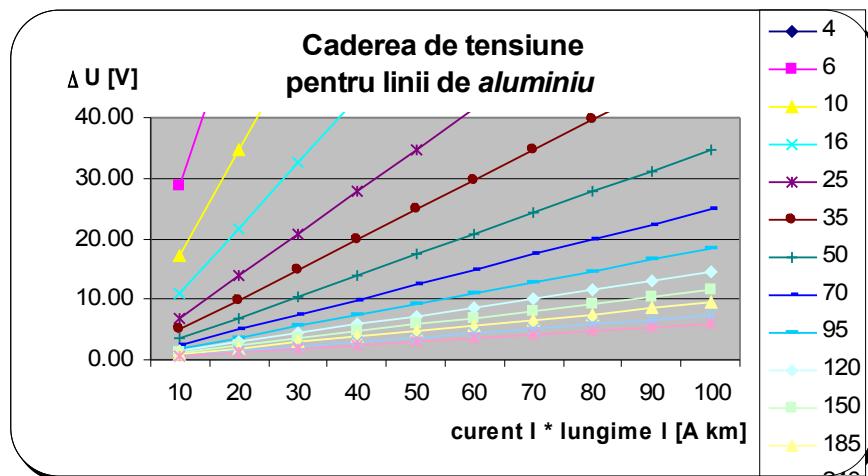


Fig.A.2.6. Căderi de tensiune pentru cabluri trifazate din **aluminiu**

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

s <b>mm<sup>2</sup></b>	<b>I·l</b> <b>A·km</b>	<b>ΔU [V]</b>									
		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 ( $\cos\phi = 0,35$ ), se obțin căderile de tensiune din tabelele 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**

<b>s</b> <b>mm<sup>2</sup></b>	<b>I·l</b> <b>A·km</b>	<b>ΔU [V]</b>									
		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 **aluminiu**

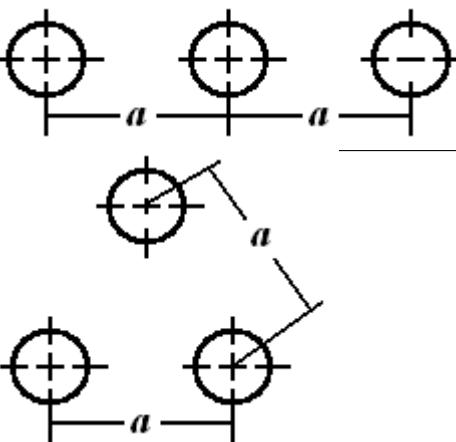
<b>s</b> <b>mm<sup>2</sup></b>	<b>I·l</b> <b>A·km</b>	<b>ΔU [V]</b>									
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
4											
6		28,87									
10		17,33	34,65								
16		10,83	21,66	32,49							
25		6,93	13,87	20,80	27,74	34,67					
35		4,95	9,91	14,86	19,82	24,77	29,73	34,68	39,64		
50		3,47	6,94	10,41	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*

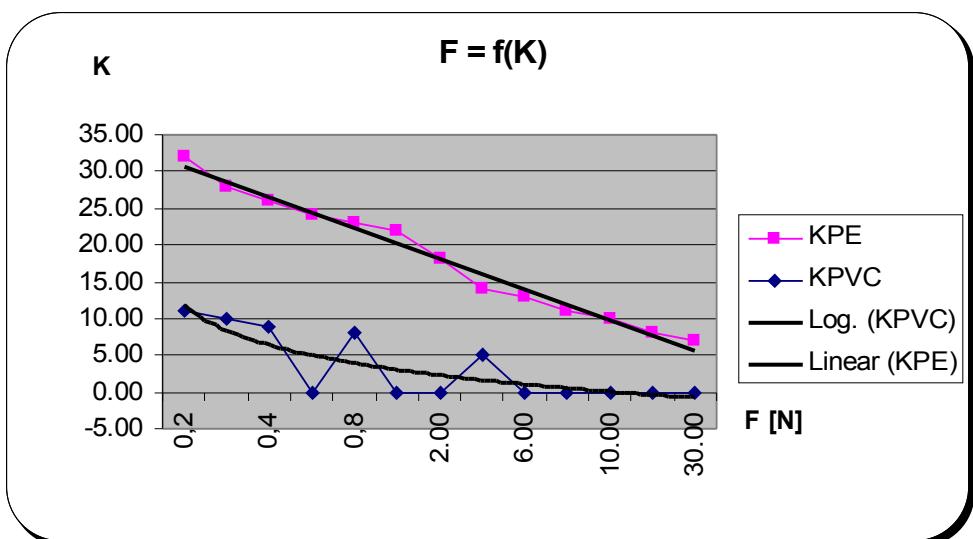
$F \cdot 10^{-3}, \text{ N}$	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1	2	4	6	8	10	20	30	
<b>K</b>	PVC	11	10	9	8,5	8	7,5	6,5	5	4,2	3,8	3,6	2,7	2,3
	PE (*)	32	28	26	24	23	22	18	14	13	11	10	8	7

(\*) 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 regresiile coeficienților  $K$  funcție de forță 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
Cablu cu centură și cablu cu ecran pe învelișul izolant	până la 3,6/6	50
	6/10	20
Cablu cu trei mantale	până 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	$U_o = 0,6 \text{ kV}$	$U_o > 0,6 \text{ kV}$
un conductor într-un cablu	25 · d	30 · d	15 · d	15 · d
mai multe conductoare într-un cablu	15 · d	25 · d	12 · d	15 · 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  $30^\circ\text{C}$ , îndoirea după şablon).

### 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;

$\sigma$  - efortul transversal de tracțiune, în  $\text{N/mm}^2$ ;

$s$  - secțiunea transversală a cablurilor sistemului de tracțiune, în  $\text{mm}^2$ .

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, clementele 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  $\text{N/mm}^2$ ;

$D$  – 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 aceleasi 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 admisibilă sunt valabile datele din tabelul A.6.1.

*Tabelul A.6.1. Stabilirea forței de tracțiune admisibilă.*

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

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;

$\mu$  - 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  $\mu$  la tragerea cablurilor

Traseul cablului	Amestecul de ungere pe cablu	$\mu$
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  $\mu$ , funcție de modul de instalare

Modul de instalare 1	Valoarea orientativă a coeficientului $\mu$ 2	Observații 3
1. Tragerea în şanțuri 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 $90^\circ$	0,2...0,4	
- cu 3 curbe de $90^\circ$	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  $(1,3 \div 1,4)$  pentru a ține seama de interacțiunea dintre cabluri.

În cazul tragerii în şanțuri 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

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

$x$  = lungimea reală;

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

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

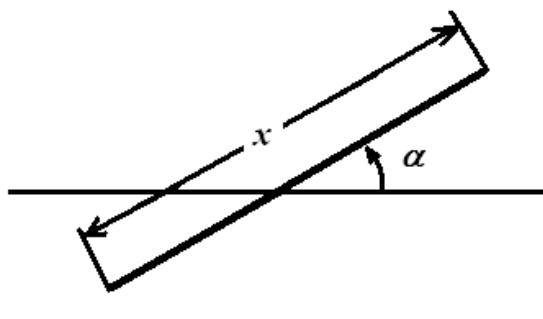


Fig. A.6. 1 Traseu drept în plan orizontal

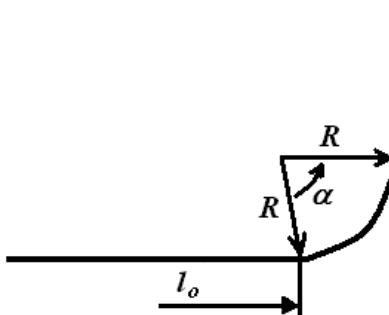


Fig. A.6.2 Traseu curbiliniu în plan orizontal

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

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

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

$\alpha$  – 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

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

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 îintrerupă 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 forță 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;

$\mu$  - 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:*

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

$\alpha$  este unghiul pantei cu orizontală.

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;

$\alpha$  - unghiul de curbură, în rad;

$R$  - raza de curbură, în m.

În cazul în care  $\mu \cdot L/R \geq 10$ , se poate neglijă 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:

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

$\sigma_{aal} = 100$ 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 impusă de furnizor sau prevăzută în tabelul A.6.2.

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

Natura solului	Rezistență termică specifică °C·cm/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 fi rezerva de apă**

Intensitatea minimă de stropire este 0,2 l/sm<sup>2</sup>, 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 m<sup>2</sup> (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 rețea 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 refuzare. 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 poală 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 exploatarii, 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 să fie 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, lăminoare, 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 deservesc 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 ventilare 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  $70^{\circ}\text{C}$ , temperatura normală a mediului înconjurător pentru pozare în aer fiind de  $30^{\circ}\text{C}$ .

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

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

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  $30 \div 35^{\circ}\text{C}$ , 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  $+ 40^{\circ}\text{C}$ .

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 algebraică 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 căldura o constituie cablurile care se încălzesc prin trecerea curentului electric.

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

Pentru cablul trifazat pierderile de putere sunt date de relația:

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

iar pentru cablul monofazat,

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

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

<i>Secțiunea</i>	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	60	70	95	120	150	185	240
	mm <sup>2</sup>														
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 curentii 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,

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

- la cablu monofazat sau curent continuu,

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

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 diverse curenți de încărcare.

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

Curent	Secțiunea conductorului, în mm <sup>2</sup>													
	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240
A	$\Delta P_{sp} = 3 \cdot r \cdot l^2$ , în W-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
100							35,25	22,62	16,08	11,31	8,07	5,94	4,71	3,75
120								32,57	23,16	16,29	11,62	8,55	6,78	5,40
140									44,33	31,52	22,17	15,82	11,64	9,23
160										41,17	28,95	20,66	15,21	12,06
180											36,64	26,15	19,25	15,26
200												32,28	23,76	18,84
220													39,05	28,75

Curent A	Secțiunea conductorului, în mm <sup>2</sup>												
	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185
$\Delta p_{sp} = 3 \cdot r \cdot I^2$ , în W-m													
5	0,57												
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 delimită incărcarea nominală a cablurilor, considerată ca fiind incărcarea 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 anclansare (**DA%**).

- pentru cablu trifazat

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

- pentru cablu monofazat sau de curent continuu

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

Pierderile de putere  $\Delta P_c$  pe cablurile de comandă, măsura și semnalizare, în mod obișnuit se neglijăză.

Când cantitatea de cabluri de comandă este foarte importantă se poate lua în considerare o pierdere de putere specifică  $\Delta p_{spc}$  de 0,001÷0,002W/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  $\Delta p_{sp}$  în W/m.

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

Curent	Sectiunea conductorului, în mm <sup>2</sup>												
	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
90						30,37	21,68	15,19	10,81	7,97	6,32	5,05	4,11
100							37,50	26,76	18,75	13,35	9,84	7,80	6,24
120								38,54	27,00	19,22	14,17	11,23	8,99
140									36,75	26,16	19,29	15,29	12,23
160										34,18	25,19	19,97	15,97
180											31,88	25,27	20,22
200											39,36	31,20	24,96
220												47,62	37,35
240													44,92
260													42,18
280													48,92
300													45,63
325													41,20
350													47,78

*Observatie:* Linia groasă inferioară delimită 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:

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

**K** - coeficient de simultaneitate, în mod ușual 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 suporti metalici de susținere (rastele) ridicând temperatura acestora, se poate considera **B** = 0,8 ÷ 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 termoenergetice 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:

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

unde  $P_{inst\ il}$  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  $6 \div 12\%$  ( $1 \div 3$  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) datorită 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 arăst 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 încălziti 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 fungingine 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, aşa 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 ( $30\div 40^{\circ}\text{C}$ ).

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  $\text{m}^2$ ;

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

$t_e$  - 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  $30^{\circ}\text{C}$ ).

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 negligează de cele mai multe ori aportul de căldură provenit din însorite la podurile (nivelele, etajele) de cabluri cu pereti 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, aşa 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. Aprecierea 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, aşa 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  $\text{m}^2$ ;

$K_s$  - 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  $\text{C}$ ;

$t_s$  - temperatura solului, în  $\text{C}$ .

Ca suprafață 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), admisându-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 freactice, 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:

- 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:

$$Q_s = S \cdot K_s \cdot (t_i - t_s) \quad [W] \quad (\text{A.9.13a})$$

unde  $S$  este suprafața pardoselii în contact cu pământul în  $m^2$ ;

$K_s$  - coeficientul de transmisie a căldurii către pământ, în  $W/m^2 \cdot ^\circ C$ , care are următoarea formă:

$$K_s = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum_{j=1}^{N_s} \frac{\delta_j}{\lambda_j} + \frac{h}{\lambda_{sol}}} \quad (\text{A.9.13b})$$

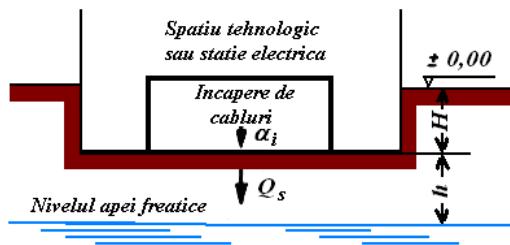


Fig. A.9.1. Încăpere de cabluri amplasată în pământ având contact cu solul numai prin pardoseală în care  $\alpha_i$  este coeficientul de transfer termic prin convecție pentru suprafețele interioare ale elementelor de construcție (în cazul nostru al pardoselii), în  $W/m^2 \cdot ^\circ C$ ;

$\lambda_j$ ... - coeficientul de conductivitate termică al materialului (în  $W/m \cdot ^\circ C$ ) din care este alcătuit stratul având grosimea  $\delta_j$  (în m);

$j$  - numărul de straturi al elementului de construcție;

$h$  - adâncimea pânzei freatiche, 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);

$\lambda_{sol} = \text{W/m} \cdot ^\circ\text{C}$ ;

$$\int_{i=1}^{N_s} \frac{\delta_i}{\lambda_i} = 0,2 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$$

pentru soluțiile constructive curente de execuție a pardoselii din beton simplu, 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  $\text{m}^2$  de pardoseală spre sol:  $q_s = 9\text{W/m}^3$ .

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  $\text{m}^2$  este aceeași (de exemplu,  $9\text{W/m}^2$ ). 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.

Ecuația de transfer termic trebuie aplicată diferit pentru tavan, pentru jumătatea superioară a pereților laterali, pentru jumătatea inferioară a pereților laterali și pentru pardoseală.

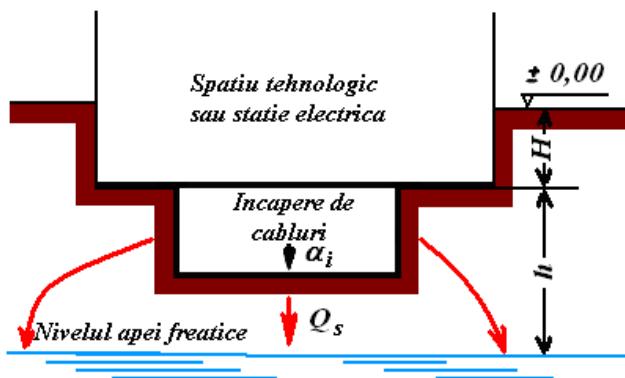


Fig. A.9.2. Încăpere de cabluri amplasată la subsol în contact cu pământul prin pardoseală și pereți

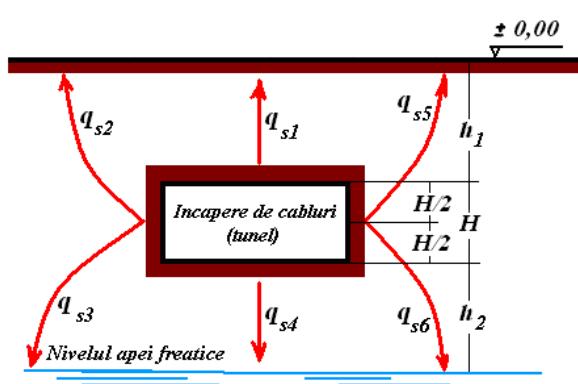


Fig. A.9.3. Încăpere de cabluri amplasată complet în pământ (tunel de cabluri)

- **pentru tavan**, coeficientul de transmisie a căldurii devine

$$K_s = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum_{i=1}^{N_s} \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{h}{\lambda_{sol}} + \frac{1}{\alpha_e}} \quad [\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}] \quad (\text{A.9.13.c})$$

unde:  $\alpha_e$  este coeficientul de transfer termic prin convecție pentru suprafața exterioară a solului. În mod ușual se adoptă (conform **SR EN ISO 6946:1998, SR EN ISO 10211-1:1998 și SR EN ISO 13370:2003**):

$\alpha_i = 8 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$  pentru fluxul termic îndreptat de jos în sus;

$\alpha_e = 11,4 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$  pentru suprafețele exterioare;

$h_I = 0,5 \text{ m}$  (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:

$$K_s = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum_{i=1}^{N_s} \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{\frac{H}{4} + h_1}{\lambda_{sol}} + \frac{1}{\alpha_e}} \quad [\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}] \quad (\text{A.9.13d})$$

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 laterală 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 laterală coeficientul de transmisie a căldurii este:

$$K_s = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum_{i=1}^{N_s} \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{\frac{H}{4} + h_2}{\lambda_{sol}}} \quad [\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}] \quad (\text{A.9.13 e})$$

Față de cazul transmiterii căldurii prin pardoseală (A.9.13), se lungește distanța de transmitere a căldurii spre apă freatică ou  $H/4$  m.

Cantitatea de căldură transmisă prin jumătatea inferioară a suprafeței pereților laterală 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):

$$Q_s = \Delta W \cdot P \cdot \Delta \theta_{med} \quad (\text{A.9.14})$$

unde:

$\Delta W$  - reprezintă pierderile de putere pe metru de canal (tunel, galerie), în  $\text{W/m}$ , 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;

$\Delta \theta_{med}$  - 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 ( $20^{\circ}\text{C}$  conform NTE 007) și temperatura de dimensionare a cablurilor ( $30$  sau  $35^{\circ}\text{C}$ ). 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 vehiculat în unitatea de timp pentru evacuarea căldurii din încăpere, reprezentând deci debitul de aer orar, este dat de relația:

$$V_o = \frac{Q}{0,31 \cdot (t_i - t_e)} \quad [m^3/h] \quad (A.9.17)$$

unde:

$Q$  este cantitatea de căldură din încăpere rezultată în unitatea de timp din bilanțul termic (relația A.9.16);

0,31 reprezintă căldura specifică a aerului în  $W \cdot h / grad \cdot m_N^3$ ; 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  $W \cdot h / grad \cdot kg$ ;  $\rho_e$  este densitatea aerului exterior introdus egală la temperatura de  $30^\circ C$  cu  $1,165 \text{ kg} / m_N^3$ :

$t_i$  - temperatura aerului din interior, care ieșe din încăperea de cabluri pe la partea superioară a acesteia, în  $^\circ C$  (temperatura care trebuie menținută în încăpere);

$t_e$  - temperatura aerului din exterior care se introduce în încăperea de cabluri, conform STAS 6648/2.

Schimbul orar de aer este:

$$v = \frac{V_o}{V} \quad \text{volume/h} \quad (A.9.18)$$

$V$  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 ( $^\circ C/m$ ) 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 ventilare 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:

$$v = 420 \cdot \sqrt{H \cdot \Delta t} \quad [m^3 / h \cdot m^2] \quad (A.9.19)$$

unde:  $v$  este volumul de aer care trece printr-un  $m^2$  de deschidere pentru ventilare într-o oră;

$H$  - distanța dintre axele deschiderilor inferioară și superioară, în m (fig. A.8.4);

$\Delta t$  - diferența dintre temperatura medie pe înălțime din încăpere și temperatura exterioară.

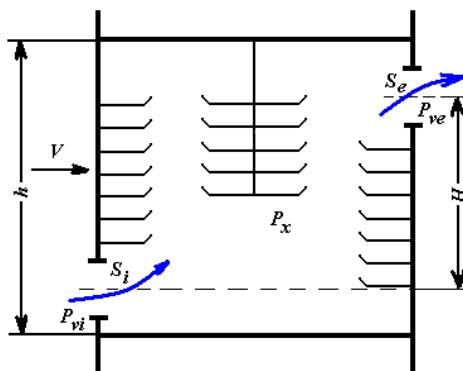


Fig. A.9.4. Ventilare naturală organizată a unei încăperi de cabluri (pod de cabluri)

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  $22 \div 28^\circ\text{C}$ , valorile mai mari fiind înregistrate în sudul țării anume:

- zona I -  $22^\circ\text{C}$ ;
- zona II -  $25^\circ\text{C}$ ;
- zona III -  $28^\circ\text{C}$ .

Rezultă că valoarea minimă care se poate lua în considerație pentru  $\Delta t$  este de cea  $7^\circ\text{C}$ .

Tinând 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  $\Delta t$  considerat în calcul poate avea valori mai mari și anume până la  $10^\circ\text{C}$ .

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:

$$S = \frac{V_o}{v} \quad [\text{m}^3] \quad (\text{A.9.20})$$

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  $S_t = S_e = S$  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 încăpere nu se poate face direct prin deschideri în pereti, 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 temperatură  $t_1$  și căreia îi corespunde greutatea specifică  $\gamma_1$  și în final temperatura  $t_2$  respectiv  $\gamma_2$ , 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 ( $40^\circ\text{C}$ ), iar  $t_2$  - temperatura exterioară ( $30^\circ\text{C}$ ).

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  $\text{m}^3/\text{h}$ ;

$S$  - secțiunea canalului în  $\text{m}^2$ .

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  $\xi_j$  este coeficientul de rezistență locală determinat de asemenea din tabelele uzuale în funcție de amenajările de la acces 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 peretele clădirii îndreptat spre vânt, iar pe pereții laterală și pe peretele opus, presiuni negative (depresiuni), în raport cu presiunea atmosferică.

Presiunea dinamică datorită vântului se exprimă prin relația

$$p_v = K \cdot \frac{v^2 \cdot \gamma}{2 \cdot g} \quad [\text{kgf/m}^2] \quad (\text{A.9.23})$$

unde:

$v$  este viteza vântului, în m/s;

$\gamma$  - greutatea specifică a aerului, în kgf/m<sup>3</sup>;

$g$  - accelerația gravitației, egală cu 9,81 m/s<sup>2</sup>;

$K$  - coeficientul aeronautic al clădirii, care depinde de forma acesteia și de vecinătăți.

În timpul verii se poate considera cu suficientă aproximare că  $\gamma = 1,2 \text{ kgf/m}^3$ , astfel încât:

$$P_v \approx K \cdot \left( \frac{v}{4} \right)^2, \quad [\text{kgf/m}^2] \text{ sau [mm coloană H}_2\text{O}] \quad (\text{A.9.24})$$

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 suprafetele în raportul  $S_s/S_i = n_1 = \frac{1}{n}$

vezi relația (A.9.21) presiunea în interiorul încăperii creată de vânt este:

$$P_x = \frac{P_{vi} + n_l^2 \cdot P_{ve}}{1 + n_l^2}, [\text{mm H}_2\text{O}] \quad (\text{A.9.26})$$

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  $\text{m}^3/\text{h}$  rezultă:

$$V_v = \mu \cdot S_s \cdot 14500 \cdot \sqrt{P_x - P_{ve}}, [\text{m}^3/\text{h}] \quad (\text{A.9.27})$$

$\mu$  este coeficientul de debit al deschiderii de ventilație, care acoperitor poate fi luat egal cu 0,65 (jaluzele de  $45^\circ$ ). Acest debit se adaugă la debitul necesar  $V_o$  calculat cu relația (A.8.17).

Cantitatea de căldură  $Q$  rămânând aceeași, ca și temperatura exteroară, 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 pereti către sol, a cărui temperatură în sezonul caid nu depășește  $20^\circ\text{C}$ . 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 suficiente 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 tunele sau galeriile subterane lungi, ventilarea datorită curentilor de aer, care se va studia atent pe bază de date statistice pentru regiunea respectivă. La distante 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 curentilor 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 eliminate 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 naturală organizată, sau 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 intervene mai ales în cazul ventilării mecanice, o constituie fiabilitatea sistemului, reprezentată prin capacitatea sa de funcționare la parametrii 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 fiecare 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, aşa 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 distrugeri 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 cit 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 încăpere trebuie evacuate cit 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 aşa 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-ceste instalații. În legătură cu agentul de stingere folosit în instalațiile de stingere speciale trebuie observat că dacă se folosește apă pulverizată, iar instalația este corect dimensionată din punct de vedere al asigurării debitului și a duratei de stropire, apă dizolvă gazele de ardere limpezind și răcind atmosfera din încăpere, aşa 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 infișiere, 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 ( $\text{CO}_2$ ).

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 intreruperii alimentării cu energie electrică;
- este asigurată posibilitatea deservirii locale pentru intreruperea sau oprirea în condiții de siguranță a utilajelor.

Aceste condiții sunt de regulă îndeplinite aşa 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 neetanșeitate și 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 naturală 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 că 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 naturală 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*

Număr de cabluri și apă pulverizată sau spumă mecanică și apă găzătoare sau fără instalații de stingere <sup>1)</sup>	Poduri de cabluri sub camerele de galerii și tuneluri de cabluri și poduri false	Galerii și tuneluri de cabluri și tuneluri de cabluri și poduri false		Observații
		fără instalații de stingere	Cu sau fără instalații de stingere	
2	3	4	5	6
nu <sup>2)</sup>	da	da	da	da
da	da	nu <sup>3)</sup>	da	nu <sup>3)</sup>

*OBSERVAȚII:*

- 1) a 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, CO<sub>2</sub>);

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, aşa 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 aşa fel încât să folosească și ca instalație de la avarie pentru evacuarea fumului și produselor de ardere. Pentru aceasta ea trebuie dimensionată în aşa 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 aşa 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 anclansarea automată a rezervei. Se vor asigura că 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 incendiul.

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 fază; 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 încăpere (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  $0,5 \div 0,7 \text{ m/min}$ .

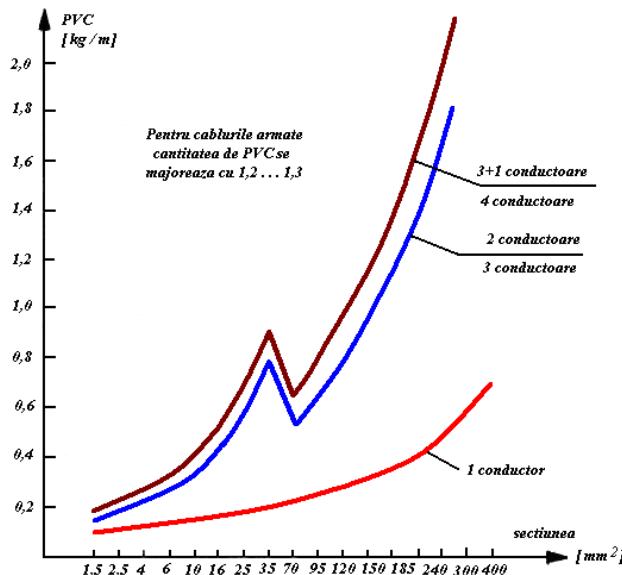


Fig. A.9.5. Cantitatea de PVC pentru cablurile de energie de joasă tensiune

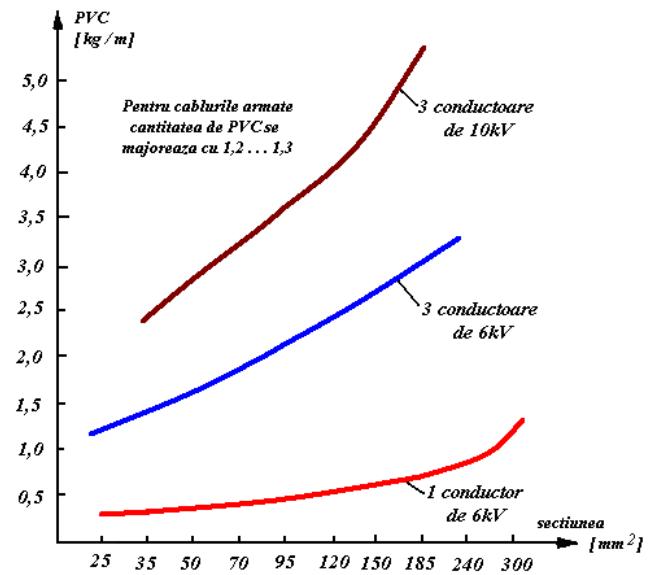


Fig. A.9.6. Cantitatea de PVC pentru cablurile de energie de 6 și 10kV

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  $\div$  8).

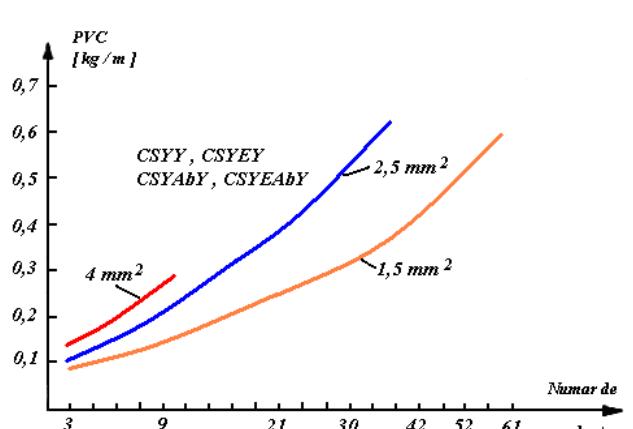


Fig. A.9.7. Cantitatea de PVC pentru cablurile de comandă și control

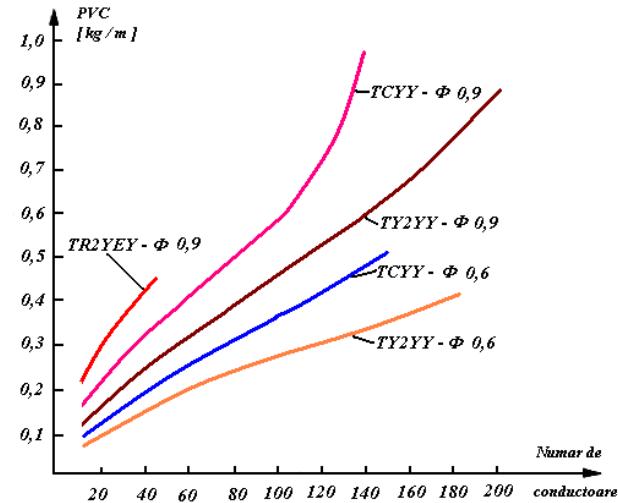


Fig. A.9.8. Cantitatea de PVC pentru cablurile telefonice

Sarcina termică reprezintă cantitatea de căldură degajată prin arderea acestei cantități de material combustibil (PVC):

$$Q_{avarie} = \frac{10}{60} \cdot G' \cdot P_i, \text{ kJ în 10 minute} \quad (\text{A.9.29})$$

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 umplutură 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:

$$V_{avarie} = \frac{Q_{avarie}}{c_p \cdot \rho_e \cdot (t_i - t_e)} \cdot \frac{60}{10}, \text{ m}^3/\text{h} \quad (\text{A.9.31})$$

Pentru  $c_p$  și  $\rho_e$  vezi explicațiile la relația (A.9.17), iar  $Q_{avarie}$  fiind calculat pentru 10 minute.

$V_{avarie}$  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,  $V_{avarie}$  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 încăpere

$$q_s = \frac{G_t \cdot P_i}{S} \text{ [kcal/m}^2\text{] sau [Wh/m}^2\text{] sau [kJ/m}^2\text{]} \quad (\text{A.9.32})$$

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  $0^\circ\text{C}$  și  $760 \text{ mm Hg}$  de  $1,639 \text{ daN/m}^3$  (față de greutatea specifică a aerului în aceeași condiții de  $1,293 \text{ daN/m}^3$ ). Gazele care trebuie evacuate sunt un amestec de acid clorhidric, aer și alte substanțe volatile, având o greutate specifică medie intermedieră 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:

$$\gamma_1 = \gamma_o \cdot \frac{273}{273 + t_1}, [\text{daN/m}^3] \quad (\text{A.9.33})$$

unde:

$\gamma_1$  este greutatea specifică în funcție de temperatura de  $0^\circ\text{C}$ , în  $\text{daN/m}^3$ ;

$\gamma_o$  - greutatea specifică în funcție de temperatura de  $0^\circ\text{C}$  și presiunea de  $700 \text{ mm Hg}$ , în  $\text{daN/m}^3$ ;

$t_1$  - 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 temperatură 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  $300^\circ\text{C}$ ; ținând seama de greutatea specifică medie a gazelor arse superioară greutății specifice a aerului la această temperatură, 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  $^\circ\text{C}$  ( $30^\circ\text{C}$ );

$t_2$  - temperatura medie de calcul din interior ( $300^\circ\text{C}$ ).

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  $1\text{m}^2$ . Pierderile de presiune cresc cu pătratul vitezei gazelor.

*Tabelul A.9.5 Pierderile de presiune în deschiderile de evacuare, în funcție de viteza gazelor.*

$\Delta p$	mm H <sub>2</sub> 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 aşa 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

$$P > \Delta P \quad (\text{A.9.35})$$

Considerând cazul limită  $P = \Delta P$ , din tabelul 5 se găsește viteza gazelor în m/s și cu relația:

$$S_m = \frac{V_{avarie}}{3600 \cdot v} [\text{m}^2] \quad (\text{A.9.36})$$

Se calculează secțiunea minimă necesară pentru deschiderile de evacuare.

În această relație,  $V_{avarie}$  este debitul de gaze calculat conform (A.8.31) în  $\text{m}^3/\text{h}$ , 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

$$S = A_p (a_o \cdot s \cdot n \cdot f \cdot h) [\text{m}^2] \quad \text{unde: } A_p \text{ este suprafața pardoselii încăperii;} \quad (\text{A.9.38})$$

*Tabelul A.9.6. Suprafața descinderilor de evacuare a gazelor fierbinți și distanța dintre ele.*

Densitatea convențională a sarcinii termice kJ/m <sup>2</sup> (kcal/m <sup>2</sup> )	kg.PVC/m <sup>2</sup>	Raportul dintre suma suprafețelor libere ale dispozitivelor (deschiderii) și aria construită a încăperii	Distanța maximă intre axele a două deschideri 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<sub>o</sub>* - 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  $\text{W/m}^2$ , *s* = 1; *n* = 0,6 ÷ 1,3 ; *f* = 1,5, *h* = 0,9 ÷ 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

$$S = K \cdot A_p \cdot \beta \cdot \frac{n}{\sqrt{H - h_{usi}}} [\text{m}^2] \quad (\text{A.9.39})$$

unde:

*A<sub>p</sub>* este suprafața pardoselii, în  $\text{m}^2$ ;

*K* - coeficient referitor la volumul produselor de ardere rezultat dintr-un kg de substanță combustibilă.

Pentru materiale solide combustibile *K* = **214 · 10<sup>5</sup>**;

*β* - raportul dintre suprafața de ardere și suprafața pardoseli: pentru materiale solide *β* = **0,3 ÷ 0,4**;

*n* - viteza de ardere a materialului combustibil pe  $\text{m}^2$  de pardoseală, în  $\text{kg/m}^2 \text{ h}$ .

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 ÷ 2% din suprafața încăperii.

Ordinul de mărime al suprafețelor determinate prin toate aceste metode este destul de diferit, dar nu depășește 1 ÷ 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 ÷ 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 ÷ 6 schimburi de aer pe oră.

Debitul pentru care se calculează instalația de ventilație de avarie pentru evacuarea fumului și gazelor va fi

$$D_{avarie} = v \cdot V \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (\text{A.9.40})$$

unde:

$v$  este numărul de schimburi de aer pe oră;

$V$  - volumul încăperii sau compartimentului de cabluri, în  $\text{m}^3$ .

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 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.

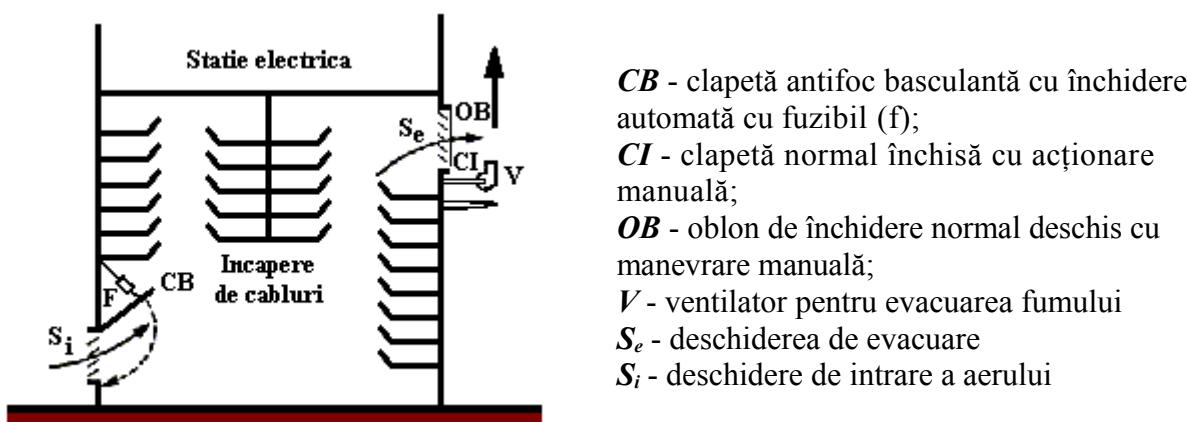


Fig. A.9.9. Ventilație de lucru natural organizată și ventilație de avarie

De găsirea soluției optime de ventilare depinde în primul rând siguranța în funcționare a obiectivelor pe care le deservesc 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.

Situată 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 situații spre exterior, este mai rar întâlnită în

practică la obiective industriale sau energetice importante. În acest caz realizarea unei ventilații naturale organizate este relativ simplă.

După stingerea incendiului se închid obloanele de la gurile 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 peretei, sau dacă se găsește la subsol are spre exterior un perete aflat însă sub nivelul solului.

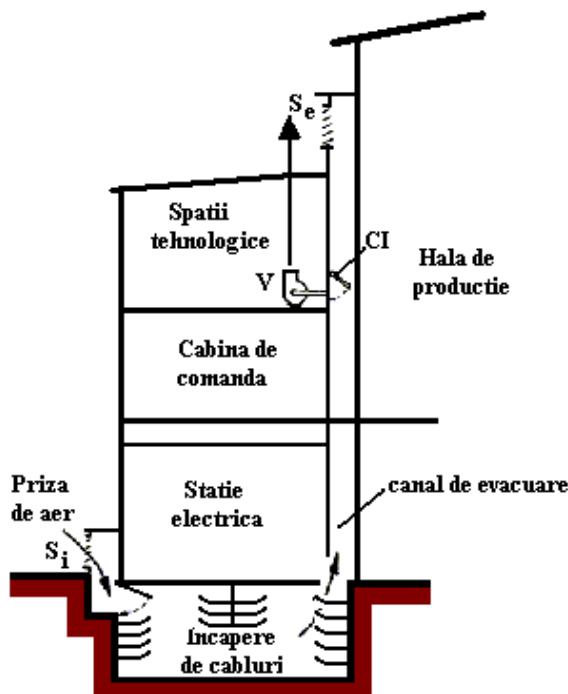
Organizarea unei ventilații naturale este dificil sau imposibil de realizat, evacuarea aerului cât și admisia lui (în cazul amplasamentului la subsol) necesitând canale lungi sau cu coturi care nu pot asigura tirajul necesar, deoarece căderile de presiune provocate de circulația aerului de-a lungul lor 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 naturală 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.

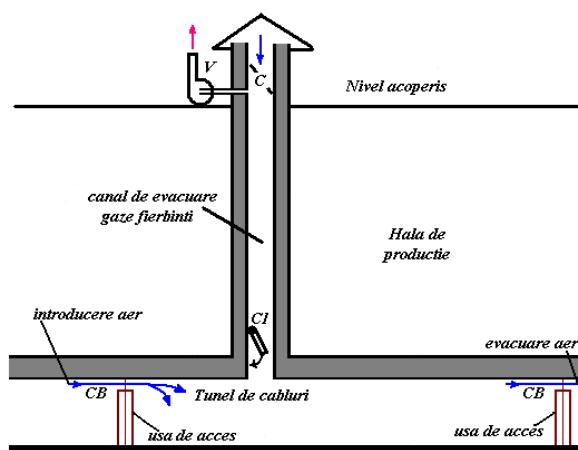


***CE*** - clapetă antifoc basculantă cu închidere automată;  
***CI*** - clapetă normal închisă cu deschidere automată;  
***V*** - ventilator de evacuare aer cald și fum  
***S<sub>e</sub>*** - deschiderea de evacuare  
***S<sub>i</sub>*** - deschidere de intrare a aerului

Fig. A.9.10. Ventilație de lucru mixtă și ventilație de avarie

În fig. A.9.10 se arată un exemplu de ventilarie 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 ventilarie cu accesele în compartimentul tunelului de cabluri.



***CB*** - clapetă basculantă antifoc cu închidere automată;  
***CI*** - clapetă normal închisă cu deschidere automată;  
***C*** - clapeta de închidere normal deschisă, manual;  
***V*** - ventilator de evacuare fum

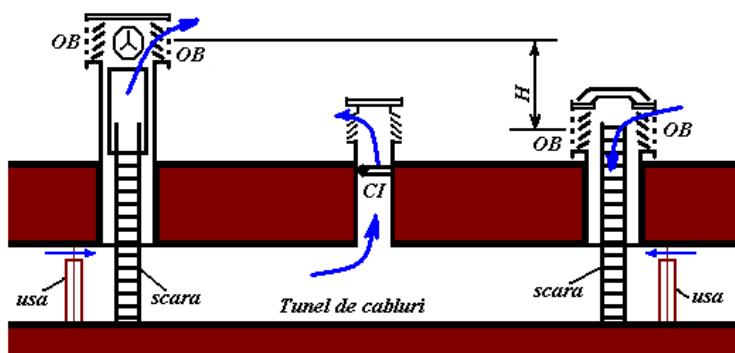
fig. A.9.11. Ventilarie unui tunel de cabluri interior

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

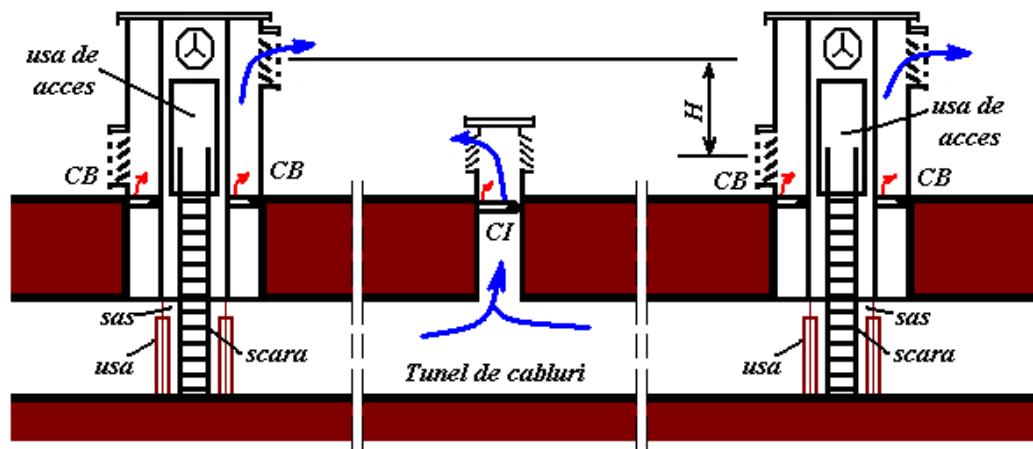
naturală a aerului cald. Introducerea aerului se face printr-o gură cu deschideri de intrare pentru aer, amenajată și ca acces spre exterior pentru evacuare, fiind prevăzută cu scară verticală și trapă metalică.

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 importanță deosebită este schițată în fig. A.9.12. Intrarea în compartimentele tunelului se face prin intermediul unui sas, prevăzut 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 vinii utilizat pentru cabluri cu tensiuni nominale $U_0 / U > 1,8 / 3$ kV
PE	Amestec izolant pe bază de polietilenă termoplastica
EPR	Amestec izolant pe bază de cauciuc etilen - propilenic sau similar (BPM sau RPOM)
XLPE	Amestec izolant pe bază de polietilenă reticulată chimic
CSP (SE <sub>1</sub> )	Amestec izolant pe bază de polietilenă clorosulfonată (Hypalon)
PCP (SE <sub>2</sub> )	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/I - 73:*

- cabluri de energie C
- conducte pentru instalații electrice fixe F
- cabluri și conducte pentru instalații electrice mobile M
- cabluri de semnalizare CS
- cabluri de comanda și control CC
- cabluri și conducte de telecomunicații T
- cabluri pentru instalații electrice pe vehicule V
- cabluri navale CN
- cabluri și conducte pentru explotări 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:

- cabluri cu izolație de hârtie impregnată, în manta de plumb;
- cabluri cu izolație de PVC, în manta de plumb;
- cabluri cu izolație și manta de PVC;
- cabluri cu izolație de polietilenă (PE) termoplastica și manta de PVC;
- cabluri cu răcire artificială cu circulație de ulei sau apă;
- 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:

- 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 solidare mecanic 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 termoplastica);

**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*;
- CYAlzY** - 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* termoplastica, 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 prezenterelor 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 frecvență 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 mărire prezintă interes numai pentru cablurile cu câmp neradial și accesori.*

$U_m$  – 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 țoale panelele 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 acele care sunt datorate defectelor sau deconectării bruse 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, unidirectionale 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 ne 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 SF<sub>6</sub>;
  - 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.) permitând 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 supozitii.
- d) Temperaturile minime, maxime și medii ale solului la adâncimea de îngropare a cablurilor.
- e) Apropierea 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 ambient.
- b. Modul de pozare (de exemplu, pozat în lungul peretilor, 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);
- transformator 110/ MT cu izolație degresivă.

Anumite considerente legate de creșterea curentului capacativ 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 rezistență sau cu șuntare temporizată a bobinelor de stingere printr-o impedanță limitatoare în cazul defectelor persistente.

#### A.12.4.4. Categorii de rețele electrice

- Categorie A:** Categorie în care defectele la pământ sunt eliminate atât de rapid, pe cât este posibil.
- Categorie 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 **categorie C**.

- Categorie C:** Această categorie cuprinde toate rețelele ce nu sunt incluse în **categorie A** sau în **categorie 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.11.1*.

#### 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 nivelul de protecție a rețelei, de impedanță 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 ( $U_m$ ).*

<b>Tensiunea nominală a cablurilor și accesoriilor</b>	<b>Tensiunea nominală a rețelei</b>	<b>Tensiunea cea mai ridicată pentru echipament</b>
$U_0$	$U$	$U_m$
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 (current continuu, current 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) influență electrică – efect al componentei electrice a câmpului liniei electrice;
- b) influență magnetică – efect al componentei magnetice a câmpului liniei electrice;
- c) influență 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

<b>Felul rețelei electrice și regimul de funcționare</b>	<b>Mărimile ce se calculează</b>	
	<b>Influențe periculoase</b>	<b>Influențe perturbatoare</b>
1	2	3
<b>1. Rețele legate la pământ</b>		
<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>		
<b>2. Rețele izolate față de pământ</b>		
<i>a. simplă punere la pământ</i>	$I_c$	$e_p, U_c$
<i>b. dublă punere la pământ</i>		
dacă $I_{pl} \leq 1,2A/kV$ sau $t_l > 10\text{min}$	$E$	-
dacă $I_{pl} \leq 1,2A/kV$ și $t_l \leq 10\text{min}$	-	-
<b>3. Rețele de tracțiune electrică</b>		
<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 capacativ - curent alternativ care rezultă din influența electrică și care trece printr-o legătură la pământ a unui circuit de telecomunicații.

$U_c$  - tensiune capacativă - 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;

$I_{pl}$  - 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 psofometrică.

2. *În cazul rețelelor electrice constituite în întregime din cabluri cu manta de plumb sau aluminiu:*

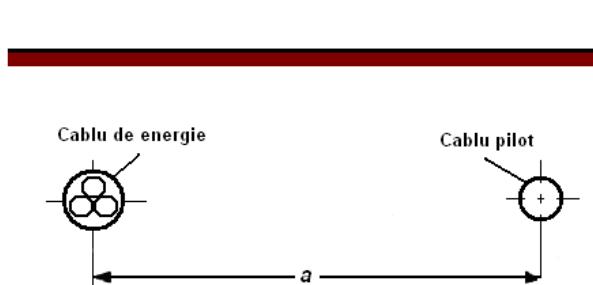
- perturbațiile nu se vor calcula;
- dacă rețeaua este izolantă față de pământ, nu se vor calcula nici influențele periculoase;
- dacă rețeaua este legată la pământ, calculul influențelor periculoase se va face numai când cablul electric și cel de telecomunicații sunt în același șanț sau canal pe o lungime 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  $I_{k1}$  considerați în calcule

Fig. A.14.1 Circulația curenților de defect

Relația de calcul pentru determinarea tensiunii induse prin cuplaj inductiv este:

$$U_L = \omega \cdot M \cdot l \cdot I_{k1} \cdot r, \text{ în V} \quad (\text{A.14.1})$$

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;

$I_{k1}$  - curentul de defect prin cablul electric (curentul inductiv) (fig. A.14.1), în kA;

$r$  - produsul factorilor de reducere, denumit și factorul de reducere rezultant.

Dacă se notează impedanța mutuală cu  $Z = \omega \cdot M$ , relația devine:

$$U_L = Z \cdot l \cdot I_{k1} \cdot r$$

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  $\rho$  este prezentată în fig. A.13.2.

Tabelul A.14. 2. Rezistivități electrice ale solului

Natura solului	Rezistivitatea solului, în $\Omega$	
	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, sisturi argiloase)	100	30 ÷ 300
Cuartite (ex. marmora, calcar carbonifer)	300	100 ÷ 1000
Ardezi argiloase și sisturi cu ardezie	1000	300 ÷ 3000
Granit	1000	$\geq 1000$
Ardezi fosile, sisturi, gneiss și roci ignee	2000	$\geq 1000$

*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.

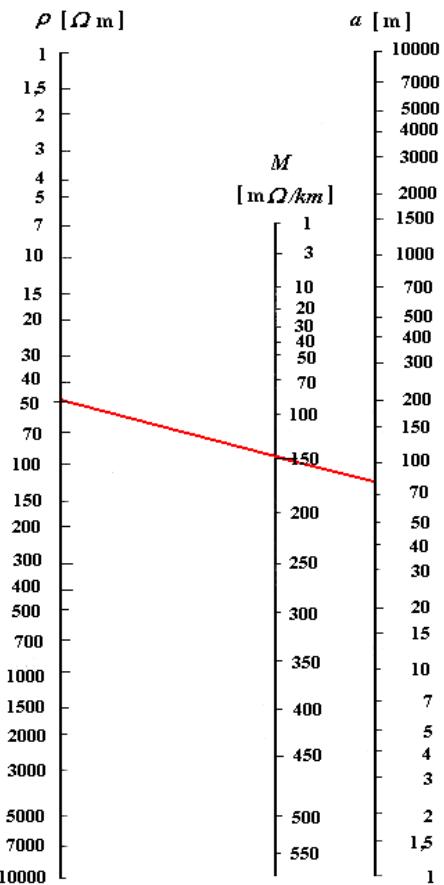


Fig. A.14.2. Determinarea inductivitatii mutuale  $M$

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 o 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 influență, 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 resultant 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  $r_t$  este expresia raportului  $I'_{KI}/I_{KI}$ .

Circuitul prin pământ este format de rezistență ohmică a solului, rezistență 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  $r_t$  este dat de formula:

$$r_t = \frac{R_M}{\sqrt{R_M^2 + (\omega \cdot L_M)^2}} \quad (\text{A.14.3})$$

unde:

$R_M$  este rezistență în cea învelișului metalic, în H/km ;  $\omega = 2\pi f = 314$  ;

$L_e$  - 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 negligează.

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:

$$r_u = \frac{R_M}{\sqrt{R_M^2 + (\omega \cdot L_E)^2}}$$

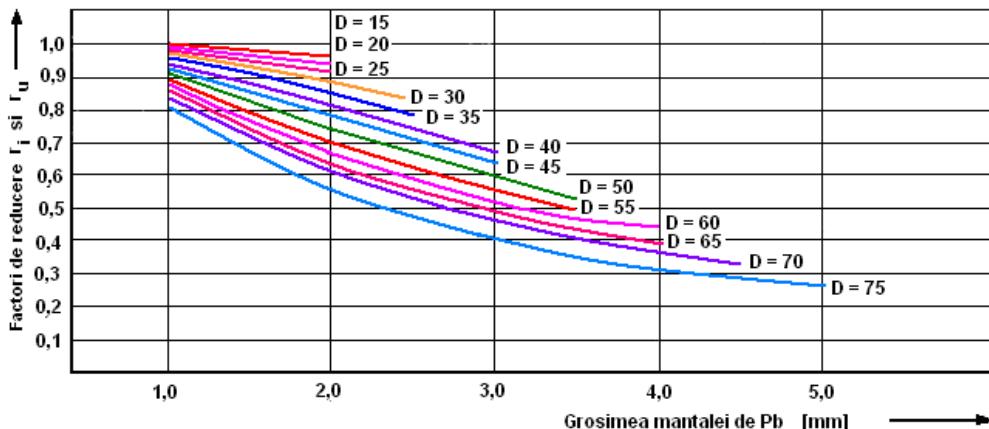


Fig. A.14.3. Factorul de reducere  $r_i$  și  $r_u$  la cabluri nearmate cu mantale de plumb

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 sărmă	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:

$$R'_M = \frac{R_M \cdot l_e + R_{e1} + R_{e2}}{l_e}, \Omega/\text{km} \quad (\text{A.14.4})$$

unde:

$R_M$  este rezistența în c.c. a mantalei metalice, în  $\Omega/\text{km}$ ;

$R_{e1}$ ,  $R_{e2}$  - rezistența de punere la pământ la capetele cablului, în  $\Omega$ ;

$l_e$  - 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:

$$E_o = \omega \cdot M \cdot I_k \cdot r_e \cdot r_x, \text{ V/km} \quad (\text{A.14.4a})$$

**Factorul de reducere  $r_E$ :** În 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:

$$r_E = \sqrt{\frac{R_3^2 + \omega^2 \cdot \left( L_3 - \frac{M_{13} \cdot M_{23}}{M_{12}} \right)^2}{R_3^2 + \omega^2 \cdot L_3^2}} \quad (\text{A.14.5})$$

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):

$M_{13}$  - inductanță mutuală între (1) și (3) pentru  $a_{13}$ , în mH/km;

$M_{23}$  - inductanță mutuală între (2) și (3) pentru  $a_{23}$ , în mH/km;

$M_{12}$  - inductanță 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).

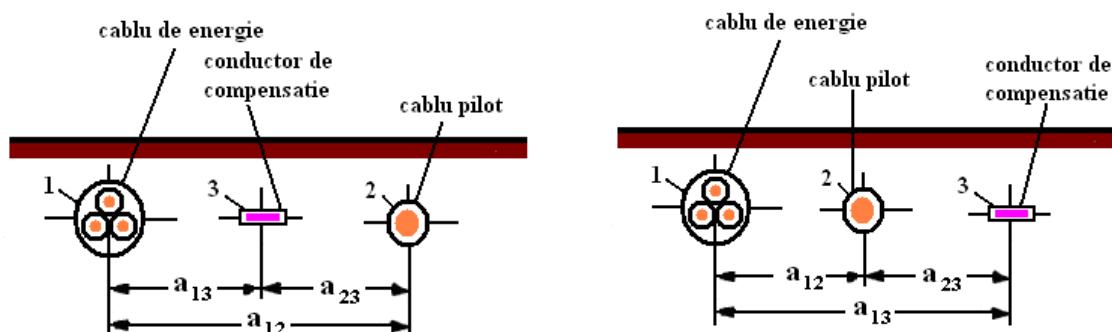
Tabelul A.14.4.

Tipul conductorului	Sectiunea	Rezistență în c.c.	$r_E$ calculat
	mm <sup>2</sup>	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  $r_E$ .

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.



a - conductor de compensație între cabluri

b - conductor de compensație lungul traseul cablurilor

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 rezistență ohmică echivalentă a conductoarelor legate în paralel la pământ (la ambele capete), în  $\Omega$ ;

$R_A$  - rezistență prizei din stația de la capătul opus defectului, în  $\Omega$ ;

$R_B$  - rezistență prizei în stația unde se consideră defectul, în  $\Omega$ .

- 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  $0,4 \div 0,8$  mm sau a unor conductoare de Cu, Al, sau oțel cu secțiunea de  $50 \div 300$   $\text{mm}^2$  Al.

Tabelul A.14.6 Valori ale factorului  $r_x$

Distanță față de conductă, în m	$r_x$ pentru $\rho$ egal cu		
	$10\Omega\text{m}$	$100\Omega\text{m}$	$1000\Omega\text{m}$
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 $\text{mm}^2$	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.

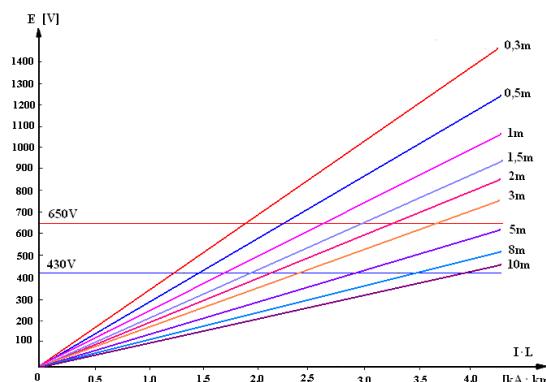


Fig. A.14.5 Nomogramă pentru determinarea tensiunii induse  $E$  funcție de momentul  $I_{sc} \cdot L$  și distanța  $a_m$  între **LES (MT)** și cablu de telecomunicații (nomogramă utilizată în cazul **tratării neutrului rețelei de MT prin rezistor și  $\rho = 1\Omega \cdot m$** )

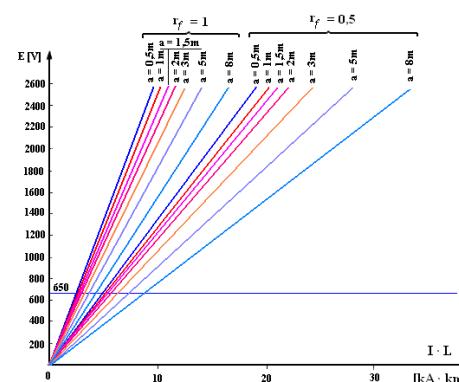


Fig. A.14.6. Nomogramă de calculul tensiunii induse longitudinale  $E$  funcție de momentul  $I \cdot L$  și distanța  $a$ , între LES-MT și cablul de telecomunicații (în cazul când **neutrul rețelei este cu neutrul izolat sau compensat, iar rezistivitatea solului este  $\rho = 1\Omega \cdot m$** )

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 neutrului acestor rețele, tratare prin rezistență și neutrul 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 oh mică. Pentru rețelele izolate față de pământ sau legate la pământ prin bobina de compensare, nu se face verificarea la influență prin cuplaj rezistiv deoarece  $I_s$ , 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 indușă 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  $\Omega$ ;

$I_p$  - partea din curentul total de defect care trece efectiv prin priza de pământ, în A;

$r_e$  - factorul de echipotențializare datorat rețelelor metalice subterane ;

$\gamma$  - 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  $\Omega/\text{km}$ ;  $R_1$  și  $R_2$  - rezistențele prizelor de pământ de la capetele cablului, în  $\Omega$ ;  $\rho$  - 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  $\Omega/\text{km}$ ;  $R_d$  - rezistența de dispersie la pământ, în  $\Omega/\text{km}$ ;  $R_1$  și  $R_2$  - rezistențele prizelor de pământ de la capete,  $R_1$  fiind stația electrică considerată, în  $\Omega$ ;  $R_d$  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:  $\rho$  este rezistivitatea solului, în  $\Omega/m$ ;  $l$  - lungimea de calcul, în m (se ia  $l = 1m$ );  $t$  - 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:

$$l_{cr} = \frac{\left[ \frac{R_1}{R_2} \cdot \left( R_1 + \sqrt{R_x \cdot R_d} \right) \right]}{R_x + R_1 \cdot \sqrt{\frac{R_x}{R_d}}}, \quad \text{în m} \quad (\text{A.14.17})$$

$R_x$  se ia în  $\Omega/m$  și  $R_d$  în  $\Omega \cdot m$ .

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  $0,5s < t_b \leq 3s$ ;

650V pentru  $0,3s < t_b \leq 0,5s$ ;

900V pentru  $t_b < 0,3s$ .

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 1 liniei electrice sunt următoarele:

**60V** - dacă circuitele din cablul pilot sunt fără separare galvanică la capete;

**0,2 ·  $U_i$**  - dacă circuitele din cablul pilot sunt prevăzute cu separare galvanică la capete, realizată cu transformator 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:  $U_r$  este tensiunea indușă 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. Măsuri 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;
- inserarea 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:

$$U_i \neq \frac{U_T}{0,85} \quad (\text{A.14.21})$$

unde:  $U_R$  - tensiunea indușă 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 - 120mm<sup>2</sup>, 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 120mm<sup>2</sup>),  $I_{adm} = 267 \text{ A}$ .

$$I'_{adm} = 2 \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot I_{adm}$$

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 120mm<sup>2</sup>),  $I_{adm} = 297 \text{ A}$ .

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)mm<sup>2</sup>. 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) mm<sup>2</sup>, deci o secțiune totală de 240 mm<sup>2</sup>.

Pentru a se realiza funcționarea la  $j_{ec}$  este necesar să se pozeze al treilea cablu **ACHPBI** cu secțiunea de 120 mm<sup>2</sup>.

Impedanța specifică a unui cablu **ACHPBI** (3x120) mm<sup>2</sup> este  $Z_0 = (0,253 + j \cdot 0,0895) \Omega/\text{km}$ .

Impedanța totală a LEC 6 kV va fi:

$$Z_L = \frac{1}{3} \cdot Z_0 \cdot l = (0,42 + j \cdot 0,15) \Omega$$

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:

$$U_1 = U_2 + \Delta U + j \cdot \delta U = 6000 + 251,24 + j \cdot 15,75 = 6251,24 + j \cdot 15,75 \approx 6,251 + j \cdot 0,0157 \text{ kV}$$

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) mm<sup>2</sup>, 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.

Coefficienții de corecție conform Anexa 1, tabelul A.1.22 sunt:

$f'_1 = 0,94$  pentru primul rând de cabluri;

$f''_1 = 0,91$  pentru al doilea rând de cabluri.

Din Anexa 1, tabelul A.1.21. rezultă  $f'_2 = 0,94$  pentru  $\theta = 35^\circ$  C.

Curenții admisibili vor fi:

$$I'_{adm} = f'_1 \cdot f'_2 \cdot I_{adm} = 0,94 \cdot 0,94 \cdot 286 = 252,7096 \text{ A};$$

$$I''_{adm} = f'_1 \cdot f''_1 \cdot I_{adm} = 0,91 \cdot 0,94 \cdot 286 = 244,6444 \text{ A}.$$

Numărul necesar de cabluri va fi:

$$n_1 = \frac{I_{n_2}}{\frac{I'_{adm} + I''_{adm}}{2}} = \frac{2 \cdot 1541}{497,354} = 6,196$$

Se aleg șapte cabluri **ACYABY** (3x150) mm<sup>2</sup> 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 jec = 1,1 A / mm<sup>2</sup>;

- 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 secțiunea de 150 mm<sup>2</sup>, 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  $n = \max(n_1, n_{ec}) = 8$  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:

$$S_{ecreal} = \frac{I_{max}}{S_{real}} = \frac{1094,76}{1200} = 0,912 \text{ A/mm}^2$$

■ **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  $\lambda = \cos\phi \approx 1$ . Elementele de calcul sunt cele din schema monofilară din fig. A.15-1.

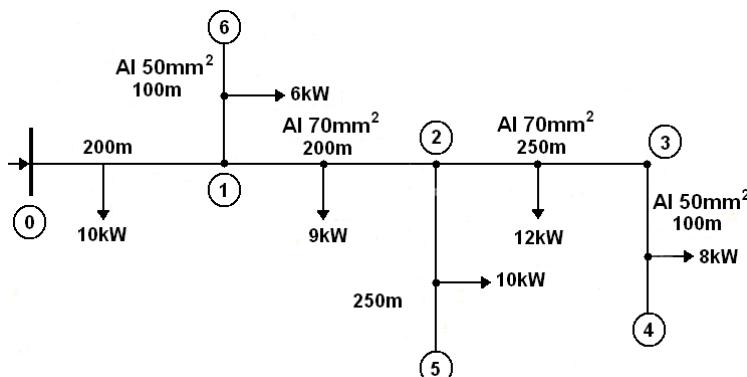
**Soluție:**

Linia electrică funcționând cu sarcină uniformă distribuită și la un  $\lambda = \cos\phi \approx 1$ , 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:

$$\Delta U_{01} = \frac{P_{u01} \cdot R_{0,70}}{U_n} \cdot \frac{I_{u01}}{2} + \frac{P_{u01} \cdot R_{0,7}}{U_n} I_{u01} = \frac{10 \cdot 0,437}{0,4} \cdot \frac{0,2}{2} + \frac{45 \cdot 0,437}{0,4} 0,2 = 10,925 \text{ V}$$

$$\Delta U_{12} = \frac{P_{u12} \cdot R_{0,70}}{U_n} \cdot \frac{I_{u12}}{2} + \frac{P_{u12} \cdot R_{0,7}}{U_n} I_{u12} = \frac{9 \cdot 0,437}{0,4} \cdot \frac{0,2}{2} + \frac{30 \cdot 0,437}{0,4} 0,2 = 7,538 \text{ V}$$

$$\Delta U_{23} = \frac{P_{u23} \cdot R_{0,70}}{U_n} \cdot \frac{I_{u23}}{2} + \frac{P_{u23} \cdot R_{0,7}}{U_n} I_{u23} = \frac{12 \cdot 0,437}{0,4} \cdot \frac{0,25}{2} + \frac{8 \cdot 0,437}{0,4} 0,25 = 3,823 \text{ V}$$



**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:

$$\Delta U_3 = 22,286 \text{ V și } \Delta u_3 \% = 5,57 \%;$$

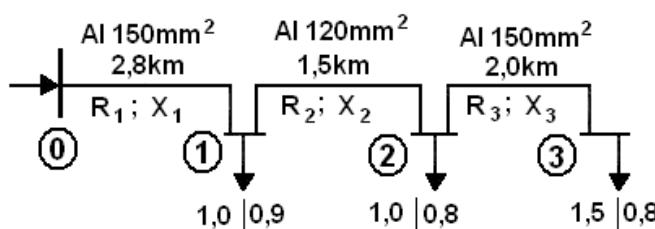
$$\Delta U_2 = 18,463 \text{ V și } \Delta u_2 \% = 4,61 \%;$$

$$\Delta U_5 = 20,272 \text{ V și } \Delta u_5 \% = 5,06 \%;$$

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 capacativ al liniei.**



**Fig. A.15-2. Date ale schemei monofilară pentru exemplul A.15-5**

### Soluție

Se determină parametrii tronsoanelor LEC 20 kV, având în vedere datele de material:

$$Z_1 = (0,202 + j \cdot 0,111) \cdot 2 = 0,404 + j \cdot 0,444 \Omega$$

$$Z_2 = (0,202 + j \cdot 0,111) \cdot 2,8 = 0,565 + j \cdot 0,31 \Omega$$

$$Z_3 = (0,253 + j \cdot 0,115) \cdot 1,5 = 0,38 + j \cdot 0,17 \Omega$$

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:

$$\Delta U = \frac{0,404 \cdot 0,9 - 0,444 \cdot 0,43}{20} + \frac{0,565 \cdot 0,8 - 0,31 \cdot 0,6}{20} + \frac{0,38 \cdot 1,2 - 0,17 \cdot 0,9}{20} =$$

$$= 0,0277 - 0,0319 - 0,0305 = 0,0901 \text{ kV} = - 90,1 \text{ V}$$

Căderile de tensiune transversale sunt:

$$\delta U = \frac{0,444 \cdot 0,9 - 0,404 \cdot 0,43}{20} + \frac{0,31 \cdot 0,8 - 0,565 \cdot 0,6}{20} + \frac{0,17 \cdot 1,2 - 0,38 \cdot 0,9}{20} =$$

$$= 0,0112 - 0,0045 - 0,0069 = - 0,0002 \text{ kV} = - 0,2 \text{ V}$$

Căderile de tensiune pe fiecare tronson al liniei vor fi:

$$\Delta U_1 = (27,7 + j \cdot 11,2) \text{ V}; \quad \Delta U_2 = (31,9 + j \cdot 4,5) \text{ V}; \quad \Delta U_3 = (30,5 + j \cdot 6,9) \text{ V};$$

Tensiunile pe barele posturilor de transformare și în punctul de alimentare având în vedere că  $U_3 = 20 \text{ kV}$ :

$$U_2 = U_3 + \Delta U_3 = 20000 + 30,5 - j \cdot 6,9 = 20030,5 - j \cdot 6,9 \text{ V};$$

$$U_1 = U_2 + \Delta U_2 = 20030,5 - j \cdot 6,9 + 31,9 - j \cdot 4,5 = 20062,4 - j \cdot 11,4 \text{ V};$$

$$U_0 = U_1 + \Delta U_1 = 20062,4 - j \cdot 11,4 + 27,7 + j \cdot 11,2 = (20090,1 - j \cdot 0,2) \text{ V}.$$

Se constată că valoarea componentei transversale a căderii de tensiune este practic neglijabilă.

**Exemplul A.15-6.** O linie de curent alternativ monofazat având  $U_{\text{nom}}=230\text{V}$ , 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  $r_0 = 0,35 \Omega/\text{km}$  și  $x_0 = 0$ ;
- b) linia este aeriană având  $r_0 = 0,35 \Omega/\text{km}$  și  $x_0 = 0,35 \Omega/\text{km}$ .

În fiecare dintre cele două cazuri, pentru consumator, se va admite că are succesiv:  $\cos\phi = 1$ ,  $\cos\phi = 0$  și  $\cos\phi = 0,8$ .

**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  $\cos\phi = 1$ :  $I = 60 \cdot 1 + j \cdot 60 \cdot 0 = 60 \text{ A}$
- pentru  $\cos\phi = 0$ :  $I = 60 \cdot 0 + j \cdot 60 \cdot 1 = -j60 \text{ A}$
- pentru  $\cos\phi = 0,8$ :  $I = 60 \cdot 0,8 + j \cdot 60 \cdot 0,6 = 48 - j36 \text{ A}$

Se calculează căderea de tensiune:

- pentru  $\cos\phi = 1$ :  $\Delta U_l = 2 \cdot R \cdot I_a = 2 \cdot 0,105 \cdot 60 = 12,6 \text{ V}$  (fig. A.15-3, b);
- pentru  $\cos\phi = 0$ :  $\Delta U_l = 2 \cdot 0,105 \cdot 0 = 0$  (fig. A.15-3, c);
- pentru  $\cos\phi = 0,8$ :  $\Delta U_l = 2 \cdot 0,105 \cdot 48 = 10,08 \text{ V}$  (fig. A.15-3, d).

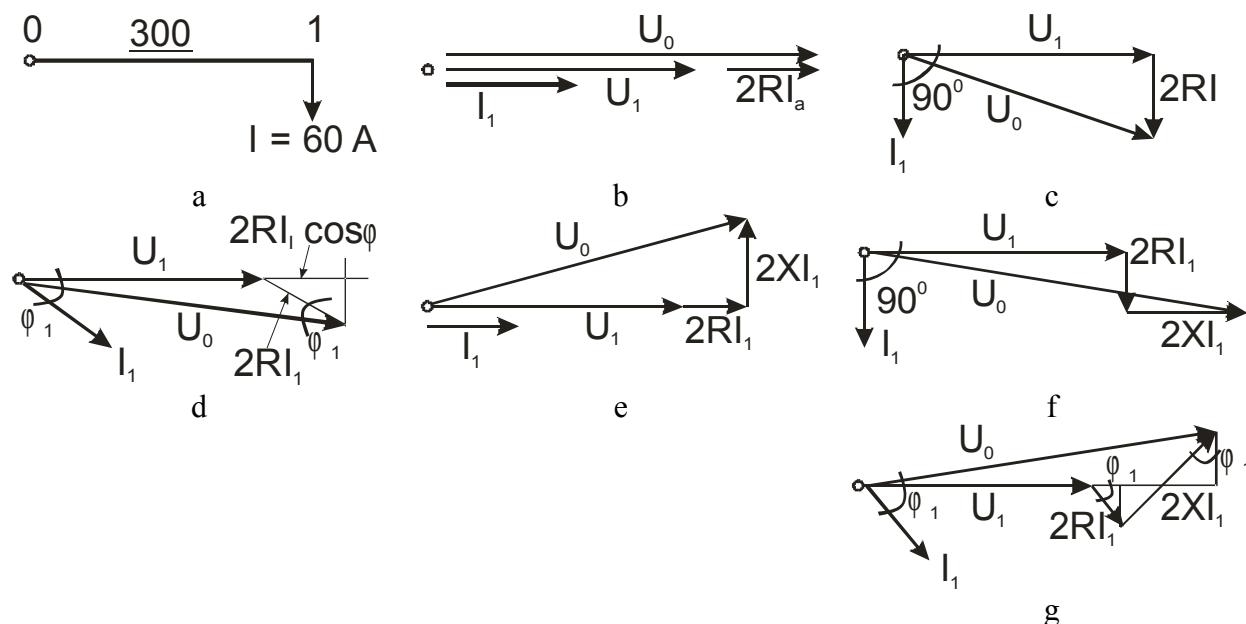
Se observă că pentru  $\cos\phi = 0$ , proiecția fazorului  $2 \cdot R \cdot I$  pe direcția lui  $U_1$  este zero. În acest caz, căderea de tensiune care a rezultat, zero, se poate verifica calculându-se  $|U_0|$  și făcându-se diferența  $|U_0| - |U_1| = \Delta U_l$

$|U_0|$  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

$$\Delta U = 2 \cdot (R \cdot I \cdot \cos\phi + X \cdot I \cdot \sin\phi)$$

- pentru  $\cos\phi = 1$ :  $\Delta U = 2 \cdot (0,105 \cdot 60 \cdot 1 + 0,105 \cdot 0) = 12,6 \text{ V}$  (fig. A.14-3, e);
- pentru  $\cos\phi = 0$ :  $\Delta U = 2 \cdot (0,105 \cdot 60 \cdot 0 + 0,105 \cdot 60 \cdot 1) = 12,6 \text{ V}$  (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 1x150mm<sup>2</sup> pozat pe orizontală la o distanță axială de  $s = 15$  cm. Currentul de scurtcircuit de soc  $i_{soc} = 16$  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  $s = 450$  mm<sup>2</sup>; 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 -  $n_{4mant Pb} = F_{R4} / F_{a mant Pb} = 160 / 50 = 3,2 \approx 4$  role;

- cabluri cu manta de aluminiu Al -  $n_{4mant Al} = F_{R4} / F_{a mant Al} = 160 / 100 = 1,6 \approx 2$  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:

$$F_1 = F_o + \mu \cdot G \cdot L = 150 + 0,15 \cdot 5,6 \cdot 290 = 394 \text{ daN};$$

$$F_2 = F_1 \cdot e^{\mu \cdot \alpha} = 394 \cdot e^{0,2 \cdot \pi / 6} = 426 \text{ daN};$$

$$F_3 = F_2 + \mu \cdot G \cdot L = 426 + 0,15 \cdot 5,6 \cdot 150 = 552 \text{ daN}.$$

$$F_4 = F_3 \cdot e^{\mu \cdot \alpha} = 552 \cdot e^{0,2 \cdot \pi / 3} = 684 \text{ daN};$$

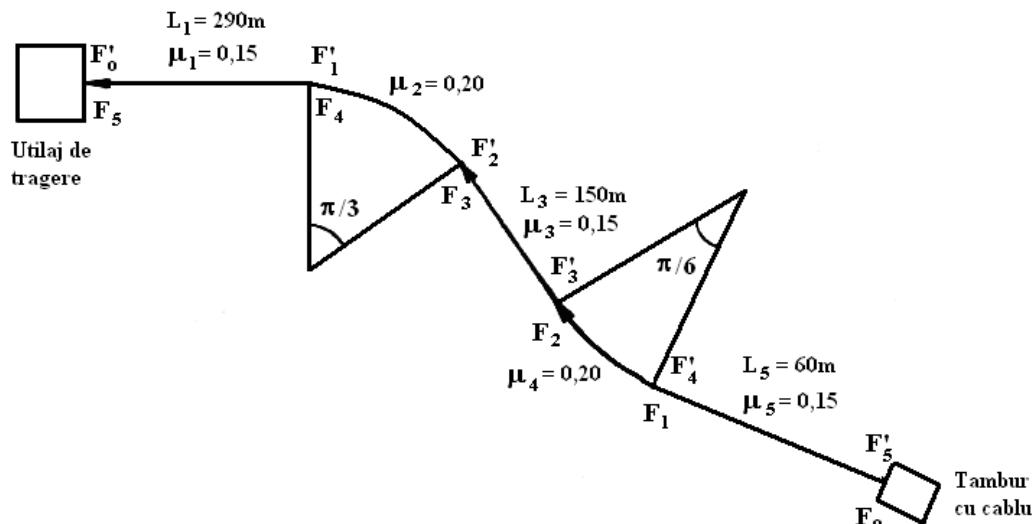
$$F_5 = F_t = F_4 + G \cdot L \cdot (\mu \cdot \cos \alpha + \sin \alpha) = 684 + 5,6 \cdot 60 \cdot (0,15 \cdot \cos \pi / 6 + \sin \pi / 6) = 896 \text{ daN};$$

$$F_{R2} = F_2 / R = F_2 / (15 \cdot D) = 426 / (15 \cdot 0,08) = 355 \text{ daN};$$

$$F_{R4} = F_4 / R = F_4 / (15 \cdot D) = 684 / (15 \cdot 0,08) = 570 \text{ daN};$$

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

$$n_{2mantPb} = F_{R2} / F_{a\ mant\ Pb} = 355 / 50 = 7,1 \approx 8 \text{ role};$$

$$n_{4mantPb} = F_{R4} / F_{a\ mant\ Pb} = 570 / 50 = 11,4 \approx 12 \text{ role};$$

cabluri cu manta de aluminiu **Al**

$$n_{2mantAl} = F_{R2} / F_{a\ mant\ Al} = 355 / 100 = 3,55 \approx 4 \text{ role};$$

$$n_{4mantAl} = F_{R4} / F_{a\ mant\ Al} = 570 / 100 = 5,7 \approx 6 \text{ role};$$

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 prevede 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:

$$\Delta W = \Delta W_n \cdot \left( \frac{I_c}{I_n} \right)^2 = 51 \cdot \left( \frac{118}{335} \right)^2 = 6,35 \text{ W/m}; \Delta W = 14 \cdot 6,35 = 89 \text{ W/m}$$

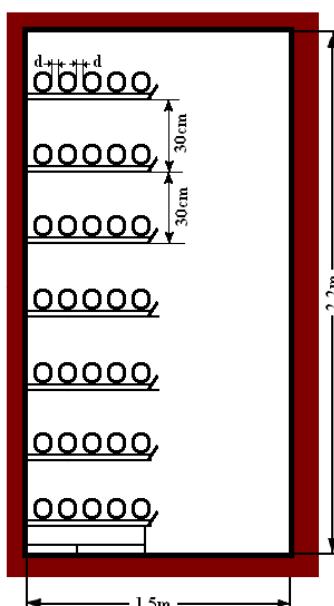
În acest fel s-au calculat pierderile, în W/m, pentru toate cablurile din tunel.

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  $12^\circ\text{C}$ . 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  $70^\circ\text{C}$ .

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
$U_o/U, [\text{kV}/\text{kV}]$	3,5/6	5,8/10	11,6/20	11,6/20
secțiunea cablului, $\text{mm}^2$	3x150	3x240	3x70	3x120
numărul cablurilor	14	8	6	7
sarcina $I, [\text{A}]$	205	240	120	170

Valori normale				
current pozare în aer, $I_{n\ aer}$ [A]	325	400	205	280
current 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 $\Delta W$ , 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  $20^{\circ}\text{C}$  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  $10^{\circ}\text{C}$ .

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 echipotențializare 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 sănț, 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 indușă prin cuplaj inductiv*

$$U_L = \omega \cdot M \cdot l \cdot I_{k1} \cdot r \quad [\text{V}],$$

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 distanță a dintre aceste conductoare, frecvență și conductivitatea solului  $\sigma$  ;

$l$  - lungimea de paralelism, în km;

$I_{k1}$  - curentul de defect prin cablul electric (curentul inductiv) (fig. A.14.1), în kA;

$r$  - produsul factorilor de reducere, denumit și factorul de reducere rezultant.

$$r = r_i \cdot r_u \cdot r_f \cdot r_E,$$

$$R_f = R_o \cdot l$$

$$r_f = \frac{R_f}{R_f + R_A + R_B},$$

$$r_E = \sqrt{\frac{R_3^2 + \left( L_3 - \frac{M_{13} - M_{23}}{M_{12}} \right)^2}{R_3^2 + (\omega \cdot L_3)^2}}$$

Dacă se cunosc valorile mărimilor din relațiile anterioare, anume:

$M = 1,5 \text{ mH/km}$ ;  $I = 4,5 \text{ km}$ ;  $I_K = 6 \text{ kA}$ ,  $R_3 = 0,68 \Omega/\text{km}$ ,  $L_3 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ H/km}$ ,  $M_{12} = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ H/km}$ ,  $M_{23} = 1,7 \cdot 10^{-3} \text{ H/km}$ ,  $M_{13} = 1,7 \cdot 10^{-3} \text{ H/km}$ ,  $R_o = 0,722 \Omega/\text{km}$ , 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 indușă rezultantă este

$$U_T = \sqrt{U_L^2 + U_R^2}$$

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:

$$U_T = \sqrt{775^2 + 0,167^2} \approx 775 \text{ V}$$

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 indușă 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:  $\rho = 0,25 \Omega/\text{m}$ .

Neutru rețelei este tratat în stație prin rezistență  $R_{TSN} = 10 \Omega$ , nulul artificial fiind creat de o bobină cu conexiunea  $Z_o$ . Scurtcircuitul monofazat are loc la postul de transformare, rezistență echivalentă a prizei de punere la pământ având valoarea de  $r_{priza} = 4 \Omega$ .

Se neglijeează rezistența de punere la pământ a stației față de valoarea lui  $r$ .

**Soluție:**

Curentul de scurtcircuit monofazat se calculează cu formula:

$$I_{K1} = \frac{3 \cdot U_{f\ nom}}{2 \cdot \underline{Z}_{1T} + \underline{Z}_{oB} + 2 \cdot \underline{Z}_{lc} + l \cdot \underline{Z}_{oc} + 3 \cdot R + 3 \cdot r}, \quad A$$

unde:

$U_{f\ nom}$  este valoarea medie a tensiunii pe fază, în V;

$\underline{Z}_{1T}$  - impedanță directă (inversă) a transformatorului, în  $\Omega$ ;

$\underline{Z}_{oB}$  - impedanță homopolară a bobinei  $Z_o$  care conform catalogului are valoarea  $(0,04 + j \cdot 1,2) \Omega$ ;

$\underline{Z}_{lc}$  - impedanță directă (inversă) a cablului, în  $\Omega/km$ ;

$\underline{Z}_{oc}$  - impedanță homopolară a cablului, în  $\Omega/km$ ;

$l$  - 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,  $r = 4\Omega$ .

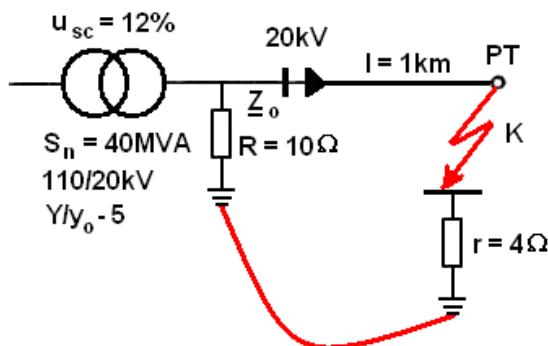


Fig. A.15-6. Schema configurației analizate.

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:

$$\underline{Z}_{lc} = \underline{Z}_{2c} = R_c + j \cdot (X_c - X_{cc}) + \frac{(X_{cE} - X_{cc})^2}{R_E + j \cdot (X_E - X_{cc})}$$

și respectiv:

$$\underline{Z}_{oc} = R_c + 3 \cdot R_p + j \cdot (X_c + X_{xp} + 2 \cdot X_{cc}) - \frac{[3 \cdot R_p + j \cdot (X_{cE} + 3 \cdot X_p + 2 \cdot X_{cc})]^2}{R_E + 3 \cdot R_p + j \cdot (X_E + 3 \cdot X_p + 2 \cdot X_{cc})}$$

unde:

$R_c, X_c$  - rezistență, respectiv reactanță proprie cu cale de întoarcere prin pământ a conductorului de fază, în  $\Omega/km$ ;

$R_p = 0,21\Omega/km$  pentru cablu  $1 \times 150mm^2$  Al;

$R_E, X_E$  - rezistență, respectiv reactanță proprie cu cale de întoarcere prin pământ a ecranului, în  $\Omega/km$ ;

$X_{cc}$  - reactanță 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  $\Omega/\text{km}$ ;

$X_{cE}$  - reactanță mutuală cu cale de întoarcere prin pământ dintre conductorul și ecranul aceleiași faze, în  $\Omega/\text{km}$ ;

$R_p$  - rezistență echivalentă a solului  $R_p = 0,0493\Omega/\text{km}$ ;

$X_p$  – reactanță echivalentă a solului  $X_p = 0,5157 + 0,1447 \cdot \lg \sqrt{\rho}$ , în  $\Omega/\text{km}$ ; ( $\rho = 100\Omega\text{m}$  - 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:

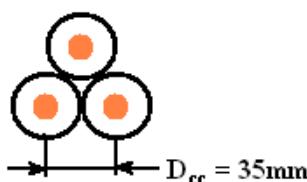


Fig. A.14-7. Dispoziția cablurilor în treflă.

$$D_{cc} = 35\text{mm} = 0,035\text{m}; D_{cE} = 2,4\text{mm} = 0,0024\text{m}; r_c = 5,82\text{mm} = 0,00582\text{m}; r_E = 14\text{mm} = 0,014\text{m}$$

$$X_c = 0,1447 \cdot \lg \frac{0,3048}{0,00582} = 0,248, \text{ în } \Omega/\text{km}$$

$$X_E = 0,1447 \cdot \lg \frac{0,3048}{0,014} = 0,194, \text{ în } \Omega/\text{km}$$

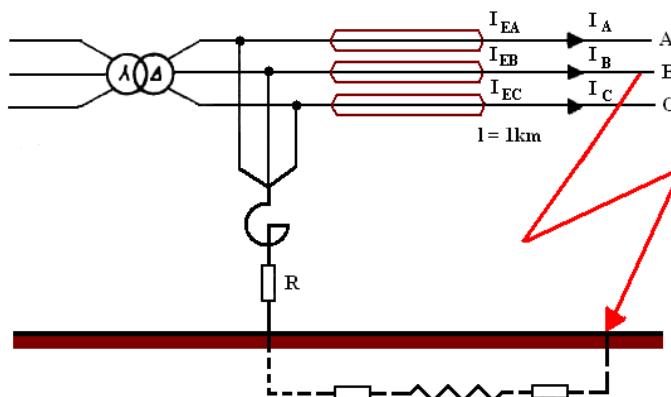
$$X_{cc} = 0,1447 \cdot \lg \frac{0,3048}{0,035} = 0,1335, \text{ în } \Omega/\text{km}$$

$$X_{cE} = 0,1447 \cdot \lg \frac{0,3048}{0,0024} = 0,388 \text{, în } \Omega/\text{km}$$

$$\text{iar: } Z_{1c} = 0,21 + j \cdot (0,248 - 0,1335) + \frac{(0,308 - 0,1335)^2}{1,16 + j \cdot (0,194 - 0,1335)} = (0,264 + j \cdot 0,112) \Omega$$

$$Z_{oc} = 0,21 + 3 \cdot 0,0493 + j \cdot (0,248 + 3 \cdot 0,67 + 2 \cdot 0,1335) - \\ - \frac{[3 \cdot 0,0493 + j \cdot (0,388 + 3 \cdot 0,67 + 2 \cdot 0,1335)]^2}{1,16 + 3 \cdot 0,0493 + j \cdot (0,194 + 3 \cdot 0,67 + 2 \cdot 0,1335)} = (1,34 + j \cdot 0,0667)$$

Calculul repartiției curentilor de scurtcircuit se face ținând cont de fig.A.14-8.



**Fig. A.14-8.** Circuitele curentilor de defect.

Mantalele fazelor cablului sunt legale la pământ la ambele capete. Curentii de sarcină pe fazele A și C se neglijăază.

Pentru circuitul de mai sus teorema a II-a a lui Kirckoff dă următoarele relații:

$$-(Z_{cc} + r) \cdot I_B + (Z_E + r) \cdot I_{EA} + (Z_{cc} + r) \cdot I_{EB} + (Z_{cc} + r) \cdot I_{EC} = 0$$

$$-(Z_{cE} + r) \cdot I_B + (Z_{cc} + r) \cdot I_{EA} + (Z_E + r) \cdot I_{EB} + (Z_{cc} + r) \cdot I_{EC} = 0$$

$$-(Z_{cc} + r) \cdot I_B + (Z_{cc} + r) \cdot I_{EA} + (Z_E + r) \cdot I_{EB} + (Z_{cc} + r) \cdot I_{EC} = 0$$

Rezolvând sistemul de ecuații rezultă curentii pe ecranele fazelor:

$$I_{EA} = I_{EC} - I_B \cdot \frac{(Z_{cc} + r) \cdot (Z_E - Z_{cE})}{(Z_E + r) \cdot (Z_E + Z_{cc} + 2 \cdot r) - 2 \cdot (Z_{cc} + r)^2}$$

$$I_{EB} = I_B \cdot \frac{(Z_{cE} + r) \cdot (Z_E + Z_{cc} + 2 \cdot r) - 2 \cdot (Z_{cc} + r)^2}{(Z_E + r) \cdot (Z_E + Z_{cc} + 2 \cdot r) - 2 \cdot (Z_{cc} + r)^2}$$

unde  $I_B = I_{K1}$ , care calculat, este:

$$I_{K1} = \frac{3 \cdot 20000}{2 \cdot j \cdot 0,06 + 0,04 + j \cdot 1,2 + 2 \cdot (0,264 + j \cdot 0,112) + 1,34 + j \cdot 0,0667 + 30 + 12} = 1370 - j \cdot 49 \text{ A și care}$$

în modul este:  $I_{K1} \approx 1370 \text{ A}$

iar impedanțele:

$$Z_{cc} = R_p + j \cdot (X_{cc} + X_p) = 0,0493 + j \cdot (0,1335 + 0,67) = 0,0493 + j \cdot 0,805 \Omega$$

$$Z_E = R_E + R_p + j \cdot (X_E + X_p) = 1,16 + 0,0493 + j \cdot (0,194 + 0,67) = 1,2093 + j \cdot 0,864 \Omega$$

$$Z_{cE} = R_p + j \cdot (X_{cE} + X_p) = 0,0493 + j \cdot (0,368 + 0,67) = 0,0493 + j \cdot 1,058 \Omega$$

Valorile curentilor  $I_{EA}$ ,  $I_{EB}$  și  $I_{EC}$  sunt:

$$\begin{aligned}
 \underline{I}_{EA} &= \underline{I}_{EC} = \underline{I}_B \cdot \frac{(4,0493 + j \cdot 0,805) \cdot (1,293 + j \cdot 0,864 - 0,0493 - j \cdot 1,058)}{(5,209 + j \cdot 0,864) \cdot (0,0493 + j \cdot 0,805 + 1,209 + j \cdot 0,864 + 8)} = \\
 &= (0,33 + j \cdot 0,071) \cdot \underline{I}_B = 0,336 \cdot 1370 = 460 \text{ A} \\
 \underline{I}_{EB} &= \underline{I}_B \cdot \frac{(4,0493 + j \cdot 0,805) \cdot (1,293 + j \cdot 0,864 + 0,0493 + j \cdot 0,805 + 8) - 2 \cdot (4,0493 + j \cdot 0,805)^2}{14,75 + j \cdot 3,7} = \\
 &= (0,214 - j \cdot 0,0705) \cdot \underline{I}_B = 0,22 \cdot 1370 = 301 \text{ A}
 \end{aligned}$$

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  $\underline{I}_p \cdot \underline{I} = 0,145 \text{ kA km}$  rezultă tensiunea  $U_L = 50\text{V}$ .

**Lista standardelor și prescripțiilor conexe**

**A. Prescripții Energetice (\*) și alte reglementări menționate în normativ**

<b>NTE, PE</b>	<b>Continut</b>
<b>NTE 001/03/00</b>	<i>Normativ privind alegerea izolației, coordonarea izolației și protecția instalațiilor electroenergetice împotriva supratensiunilor</i>
<b>NTE002/03/00</b>	<i>Normativ de încercări și măsurători pentru sistemele de protecții, comanda-control și automatizări din partea electrică a centralelor și stațiilor</i>
<b>NTE003/04/00</b>	<i>Normativ pentru construcția liniilor aeriene de energie electrică cu tensiuni peste 1000V</i>
<b>NTE 005 PE 013</b>	<i>Normativ privind metodele și elementele de calcul al siguranței în funcționare a instalațiilor energetice</i>
<b>NTE 006/06/00</b>	<i>Normativ privind metodologia de calcul al curenților de scurtcircuit în rețelele electrice cu tensiunea sub 1kV</i>
<b>NTE 401/03/00</b>	<i>Metodologie privind determinarea secțiunii economice a conductoarelor în instalații electrice de distribuție de 1 - 110 kV</i>
<b>PE 009</b>	<i>Norme de prevenire și stingere a incendiilor și norme de dotare împotriva incendiilor în unitățile din ramura energiei electrice și termice</i>
<b>PE 101</b>	<i>Normativ pentru construcția instalațiilor electrice de conexiuni și transformare cu tensiuni peste 1kV</i>
<b>PE 102</b>	<i>Normativ pentru proiectarea și executarea instalațiilor de conexiuni și distribuție cu tensiuni până la 1000V c.a. în unitățile energetice</i>
<b>PE 103</b>	<i>Instrucțiuni pentru dimensionarea și verificarea instalațiilor electroenergetice la solicitări mecanice și termice, în condițiile curenților de scurtcircuit.</i>
<b>PE 107</b>	<i>Normativ pentru proiectarea și execuția rețelelor de cabluri electrice.</i>
<b>PE 116</b>	<i>Normativ de încercări și măsurători la echipamente și instalații electrice</i>
<b>PE 118</b>	<i>Norme tehnice de proiectare și realizare a construcțiilor privind protecția la acțiunea focului</i>
<b>PE 134/1 – 2002</b>	<i>Normativ privind metodologia de calcul a curenților de scurtcircuit la instalații cu tensiune peste 1kV</i>
<b>ID17</b>	<i>Normativ pentru proiectarea, execuția, verificarea și recepționarea de instalații electrice în zone cu pericol de explozie</i>
<b>1E-Ip35/1</b>	<i>Îndrumar de proiectare pentru rețelele de medie tensiune cu neutru tratat prin rezistor. Protecția în stații și posturi de transformare</i>
<b>C 170</b>	<i>Îndrumar de proiectare pentru liniile electrice în cablu 1-20 kV. 4 volume Instrucțiuni tehnice pentru protecția elementelor din beton armat și beton (ICCPDC) precomprimat supraterane în medii agresive naturale și industriale</i>
<b>I 5</b>	<i>Normativ pentru proiectarea și executarea instalațiilor de ventilare</i>
<b>I 7</b>	<i>Normativ privind proiectarea și executarea instalațiilor electrice la consumatori cu tensiuni până la 1000V</i>
<b>I 14</b>	<i>Normativ pentru protecția contra coroziunii a construcțiilor metalice îngropate</i>
<b>I 18</b>	<i>Normativ pentru proiectarea și executarea instalațiilor interioare de telecomunicații din clădirile civile și industriale</i>
<b>M 34</b>	<i>Norme tehnice privind zonele de siguranță ale terenurilor de aeronautică, elaborate de departamentul Aviației Civile</i>
<b>P 118</b>	<i>Normativ de siguranță la foc a construcțiilor</i>

(\*) Prescripțiile Energetice menționate sunt prescripții de interes general

## B. Standarde române menționate în normativ (\*\*)

<b>STAS</b>	<b>Continut</b>
<b>STAS 297/1-88</b>	<i>Culori și indicatoare de securitate. Condiții tehnice generale</i>
<b>STAS 297/2-92</b>	<i>Culori și indicatoare de securitate. Reprezentări</i>
<b>STAS 438/1-89</b>	<i>Produse de oțel pentru armarea betonului. Oțel-beton laminat la cald. Mărci și condiții tehnice generale de calitate.</i>
<b>STAS 438/2-91</b>	<i>Produse de oțel pentru armarea betonului. Sârmă rotundă trefilată.</i>
<b>SR 438-3:1998</b>	<i>Produse de oțel pentru armarea betonului. Plase sudate.</i>
<b>STAS 832-79</b>	<i>Influențe ale instalațiilor electrice de înaltă tensiune asupra liniilor de telecomunicații. Prescripții</i>
<b>SR EN 12385-10:2004</b>	<i>Cabluri de oțel. Securitate. Partea 10: Cabluri elicoidale pentru aplicații generale în construcții</i>
<b>SR HD 621 S1:2002</b>	<i>Cabluri de distribuție de medie tensiune cu izolație de hârtie impregnată</i>
<b>STAS 2612-87</b>	<i>Protecția împotriva electrocutărilor. Limite admise.</i>
<b>SR EN 60228:2005</b>	<i>Conductoare pentru cabluri izolate</i>
<b>STAS 1478-90</b>	<i>Instalații sanitare. Alimentarea cu apă la construcții civile și industriale. Prescripții fundamentale de proiectare</i>
<b>SR EN 60071-1:2002</b>	<i>Coordonarea izolației. Partea 1: Definiții, principii și reguli</i>
<b>SR EN 60071-2:1999</b>	<i>Coordonarea izolației. Partea 2: Ghid de aplicare</i>
<b>SR 8591:1997</b>	<i>Rețele edilitare subterane. Condiții de amplasare</i>
<b>SR CEI 60888:1994</b>	<i>Sârme de oțel zincat pentru conductoare cablate</i>
<b>SR CEI 60502-1:2006</b>	<i>Cabluri de energie cu izolație extrudată și accesorioile lor pentru tensiuni nominale de la 1 kV (<math>Um = 1,2 \text{ kV}</math>) până la 30 kV (<math>Um = 36 \text{ kV}</math>). Partea 1: Cabluri pentru tensiuni nominale de 1 kV (<math>Um = 1,2 \text{ kV}</math>) și 3 kV (<math>Um = 3,6 \text{ kV}</math>)</i>
<b>SR CEI 60502-2:2006</b>	<i>Cabluri de energie cu izolație extrudată și accesorioile lor pentru tensiuni nominale de la 1 kV (<math>Um = 1,2 \text{ kV}</math>) până la 30 kV (<math>Um = 36 \text{ kV}</math>). Partea 2: Cabluri pentru tensiuni nominale de la 6 kV (<math>Um = 7,2 \text{ kV}</math>) până la 30 kV (<math>Um = 36 \text{ kV}</math>)</i>
<b>STAS 8779-86</b>	<i>Cabluri de semnalizare cu izolație și manta de PVC</i>
<b>STAS 9436/1-73</b>	<i>Cabluri și conducte electrice. Clarificare și simbolizare</i>
<b>STAS 9436/2-80</b>	<i>Cabluri și conducte electrice. Cabluri de energie de joasă și medie tensiune. Clasificare și simbolizare</i>
<b>STAS 9436/5-73</b>	<i>Cabluri și conducte electrice. Cabluri de semnalizare, comandă și control. Clasificare și simbolizare</i>
<b>STAS 9570/1-89</b>	<i>Marcarea și reperarea rețelelor de conducte și cabluri, în localități</i>
<b>SR EN 60079-10:2004</b>	<i>Aparatură electrică pentru atmosfere explozive gazoase. Partea 10: Clasificarea ariilor periculoase</i>
<b>SR EN 60079-14:2004</b>	<i>Aparatură electrică pentru atmosfere explozive gazoase. Partea 14: Instalații electrice utilizate în atmosfere periculoase (altele decât minele)</i>
<b>STAS 4068/1-82</b>	<i>Debite și volume maxime de apă. Determinarea debitelor și</i>

STAS	Continut
<b>STAS 4068/2-87</b>	<i>volumelor maxime ale cursurilor de apă</i> <i>Debite și volume maxime de apă. Probabilitățile anuale ale debitelor și volumelor maxime în condiții normale și speciale de exploatare</i>
<b>STAS 4102-85</b>	<i>Piese pentru instalații de legare la pământ de protecție</i>
<b>STAS 4273-83</b>	<i>Construcții hidrotehnice. Încadrarea în clasa de importanță.</i>
<b>SR 6290 :2004</b>	<i>Încrucișări între liniile de energie electrică și liniile de telecomunicații</i>
<b>STAS 7335 (standard pe părți)</b>	<i>Protecția contra coroziunii. Construcții metalice îngropate</i>
<b>STAS 2612-82</b>	<i>Protecția împotriva electrocutărilor. Limite admise</i>
<b>SR EN ISO 1461:2002</b>	<i>Acoperiri termice de zinc pe piese fabricate din fontă și oțel. Specificații și metode de încercare</i>
<b>SR EN 12330:2002</b>	<i>Protecție anticorosivă a metalelor. Acoperiri electrochimice de cadmiu pe fontă sau oțel</i>
<b>STAS 8074-76</b>	<i>Încrucișări între liniile de contact pentru tramvaie și troleibuze și linii electrice aeriene sau linii aeriene de telecomunicații. Prescripții</i>
<b>STAS 4002-74</b>	<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>
<b>SR EN 60947-7-1:2003</b>	<i>Aparataj de joasă tensiune. Partea 7-1: Echipamente accesori. Blocuri de joncțiune pentru conductoare de cupru</i>
<b>STAS 10101/0A-77</b>	<i>Acțiuni în construcții. Clasificarea și gruparea acțiunilor pentru construcții civile și industriale</i>
<b>STAS 10102-75</b>	<i>Construcții de beton, beton armat și beton precomprimat. Prevederi fundamentale pentru calculul și alcătuirea elementelor</i>
<b>STAS 10107/0-90</b>	<i>Construcții civile și industriale. Calculul și alcătuirea elementelor structurale din beton, beton armat și beton precomprimat.</i>
<b>STAS 10128-86</b>	<i>Protecția contra coroziunii a construcțiilor supraterane din oțel. Clasificarea mediilor agresive.</i>
<b>STAS 10166/1-77</b>	<i>Protecția contra coroziunii a construcțiilor din oțel supraterane. Pregătirea mecanică a suprafețelor.</i>
<b>STAS 10702/1-83</b>	<i>Protecția contra coroziunii a construcțiilor din oțel, supraterane. Acoperiri protectoare. Condiții tehnice generale.</i>
<b>STAS E 10702/2-80</b>	<i>Protecția contra coroziunii a construcțiilor din oțel, supraterane. Acoperiri protectoare pentru construcții situate în medii neagresive, slab agresive și cu agresivitate medie.</i>
<b>SR EN 61140:2002 + A1:2007</b>	<i>Protecție împotriva şocurilor electrice. Aspecte comune în instalații și echipamente electrice</i>
<b>SR HD 637 S1:2004</b>	<i>Instalații electrice cu tensiuni nominale mai mari de 1kV în curent</i>

STAS	Continut
	<i>alternativ</i>
<b>SR HD 384.5.523 S2:2001</b>	<i>Instalații electrice în construcții. Partea 5: Alegerea și instalarea echipamentelor electrice. Secțiunea 523: Curenți admisibili în sisteme de pozare</i>
<b>SR HD 60364 (standard pe părți)</b>	<i>Instalații electrice în construcții</i>
<b>SR HD 516 S2:2002</b>	<i>Ghid de utilizare a cablurilor de joasă tensiune armonizate</i>
<b>SR EN 50160:2007</b>	<i>Caracteristici ale tensiunii în rețelele electrice publice</i>
<b>SR EN 60909-3:2004</b>	<i>Curenți de scurtcircuit în rețelele electrice trifazate de curent alternativ. Partea 3: Curenți în cazul unei duble puneri monofazate la pământ și curenți parțiali de scurtcircuit prin pământ</i>
<b>SR CEI 60050-826:2006</b>	<i>Vocabular Electrotehnic Internațional. Partea 826: Instalații electrice</i>
<b>SR CEI 60050 (461) +A1:1996 + A2:2005</b>	<i>Vocabular electrotehnic internațional. Capitolul 461: Cabluri electrice</i>
<b>SR EN 60332 -1-1:2005</b>	<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>
<b>SR EN 60332 -2-1:2005</b>	<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>
<b>SR EN 50266 (standard pe părți)</b>	<i>Metode comune de încercare a cablurilor supuse la foc. Încercare de rezistență la propagarea verticală a flăcării pe conductoare sau cabluri în mânunchi în poziție verticală</i>
<b>SR CEI 60183+A1:1999</b>	<i>Ghid pentru alegerea cablurilor de înalță tensiune</i>
<b>SR EN ISO 6946:1998 + A1:2004</b>	<i>Părți și elemente de construcție. Rezistența termică și transmitanța termică. Metodă de calcul</i>
<b>SR EN ISO 10211-1:1998</b>	<i>Punți termice în construcții. Fluxuri termice și temperaturi superficiale. Partea 1: Metode generale de calcul</i>
<b>SR EN ISO 13370:2003</b>	<i>Performanța termică a clădirilor. Transferul termic prin sol. Metode de calcul</i>
<b>SR ISO 181:1998</b>	<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 minime 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

Denumire	Continut
<b>DIN 57298/VDE0298</b>	<i>Verwendung von Kabel und isolierten Leitungen für Starkstromanlagen</i>
<b>Teil 1/11.82</b>	<i>Allgemeines für Kabel mit Nennspannungen <math>U_o/U</math> bis 18/30 kV</i>
<b>Teil 2/11.79</b>	<i>Empfohlene Werte für Strombelastbarkeit von Kabel mit Nennspannungen <math>U_o/U</math> bis 18/30 kV</i>
<b>CEI 60055-1:2005</b>	<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 their accessories</i>
<b>CEI 60055-2:1981</b>	<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>
<b>CEI 60331 (standard pe părți)</b>	<i>Tests for electric cables under fire conditions - Circuit integrity</i>
<b>CEI 60287 (standard pe părți)</b>	<i>Electric cables - Calculation of the current rating</i>
<b>SIEMENS</b>	<i>Kabel und Leitungen für Starkstrom. Von Lothar Heinhold 3. Überarbeitete Auflage 1969</i>
<b>ABB</b>	<i>Schaltanlagen 10., neubearbeitete Auflage. Cornelsen Verlag, Berlin, 1999</i>
<b>N.F.C.</b>	<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 régime permanent (facteur de charge 100%)*. Recommandation de la Commission Electrotechnique Internationale (C.E.I.), Publication 287, 1969, Bureau de la C.E.I., Genève.
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, C.A. *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. Comission Electrotechnique Internationale. *Calcul de courant admissible dans la cablu en régime permanent (facteur de charge 100%)*. Suisse, Genève 1969 avec modification No. 1 avril 1971, modification No. 2 avril 1972.
13. Jocteur, R., Osly, M. *Recherche et développement en France dans le domaine des câbles haut tension isolés au polyéthylène 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., Poeată, 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 curentilor maxim admisibili ai liniilor electrice aeriene*. Studiul I.S.P.E., 1957.
18. Boțan, N., Poeată, A., Constantinescu, E. *Rețele electrice. Calculul electric*. Editura tehnică. București, 1960.
19. Iacobescu, Gh. și alții. *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. Baciu, A., Laszlo, T. *Exploatarea și repararea rețelelor electrice*. București, Editura tehnică, 1969.
23. Militaru, P., Petre, N. *Considerații 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 sunt Schmelzpunkt.* Z. tehn. Physik, 1959.
25. Avramescu, A. *Încăzirea la scurtcircuit a conductorilor de aluminiu.* în: Studii și cercetări energetice, nr. 3, 1953.
26. Avramescu, A. *Încălzirea adiabatică a conductorilor de cupru, aluminiu și argint.* În 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 secțiile de subîngineri.* 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 romanesc, 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 conductorilor.* 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.