

# MATERIALE ȘI APARATE UTILIZATE ÎN INSTALAȚIILE ELECTRICE DE JOASĂ TENSIUNE

## 1. Probleme generale

Rețelele electrice (de alimentare sau distribuție) cuprind: conducte, cabluri, aparate electrice de comutație și protecție, precum și echipamente de distribuție. În alegerea acestora pentru executarea instalațiilor electrice la consumator trebuie ținut cont de caracteristicile mediului ambiant, de pericolul de incendiu sau explozii, de pericolul de electrocutare etc.

## 2. Materiale conductoare în instalațiile electrice de joasă tensiune

Distribuția energiei electrice la consumator se face prin intermediul conductelor (Anexa X.1) și cablurilor (Anexa X.2) a căror conductoare sunt din cupru, aluminiu, oțel-aluminiu sau oțel. Secțiunea transversală a unei căi de curent poate fi circulară sau profilată, fiind constituită din una sau mai multe conducte neizolate (răsucite sau toronate în acest caz).

Cuprul este un material mai scump (Chile este cel mai mare producător mondial, în care 60.000 de lucrători în industria de profil dau cca. 80% din PIB-ul țării) și de aceea se recomandă să fie folosit doar în cazuri bine justificate precum:

- circuite amplasate în medii cu pericol de incendii sau explozii
- mediu corosiv pentru Al sau oțel
- instalații de protecție prin legare la pământ sau la nul
- circuitele secundare de comandă, semnalizare, măsură, automatizare
- la clădirile aglomerate, spitale, edificii ce adăpostesc valori naționale, clădiri din zona litoralului
- la receptoarele vitale (ascensoare, pompe de incendiu sau evacuare, iluminat de siguranță, avertizare incendii etc.)

Scala de secțiuni normalizate a conductoarelor electrice este: 0.75, 1, 1.5, 2.5, 4, 6, 10, 16, 25, 35, 50, 70, 95, 120, 150, 185, 240, 300, 400 [mm<sup>2</sup>].

În funcție de necesități, conductoarele electrice se acoperă cu unul sau mai multe straturi cu rol de izolator electric, protecție mecanică, protecție față de agenții mediului ambiant etc. Marcarea se face cu următoarele culori:

- verde/galben alternativ – pentru nulul de protecție
- alb sau cenușiu deschis – nulul de lucru
- diverse alte culori (de preferință negru, albastru închis și maro) pentru conductoarele de fază.

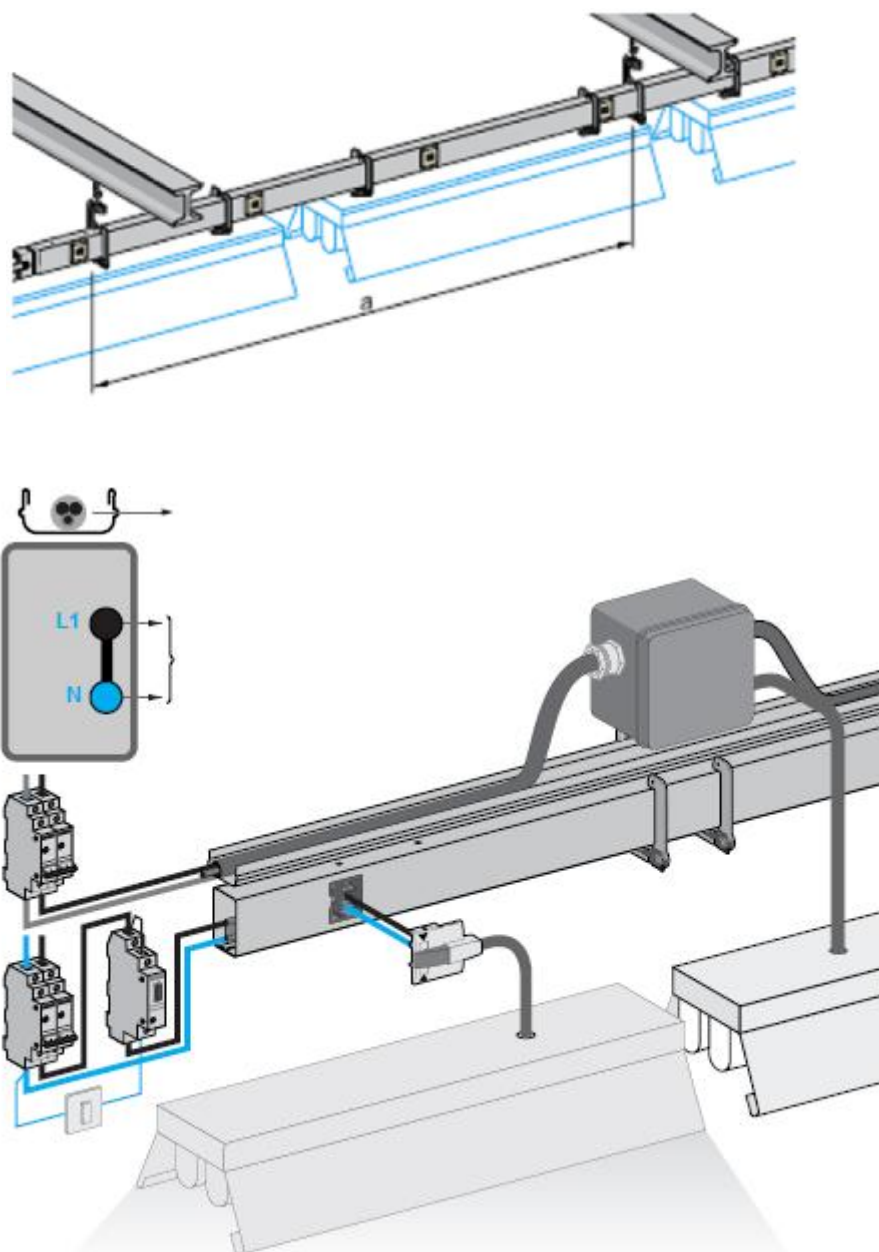
După tipul constructiv materialelor conductoare se clasifică în: conducte neizolate, respectiv conducte izolate (conductori) și cabluri. Conductele pot fi cu destinație specială (pentru ascensoare, instalații navale, miniere, de prospecțiuni geologice) pentru autovehicule etc. La rândul lor, în funcție de destinație cablurile se împart în: cabluri de energie, cabluri de comandă și cabluri de semnalizare.

### 2.1 Conducte neizolate

Conductele neizolate sunt alcătuite din unul sau mai multe conductoare neizolate (căi de curent) din cupru, aluminiu, oțel-aluminiu sau oțel. Când sunt sub formă de toron (fire răsucite) partea centrală a conductei (miezul) este o funie de oțel, iar căile de curent propriu-zise sunt din cupru sau aluminiu. Aceste conducte se utilizează sub formă de funie la construcția liniilor electrice aeriene (LEA) de transport și distribuție a energiei electrice, iar sub formă de conducte masive, special profilate, la liniile de contact ale transportului urban și interurban.

Barele neizolate cu secțiune dreptunghiulară din cupru sau aluminiu se folosesc drept căi de curent pentru curenții intensi, drept bare colectoare în tablourile de distribuție sau canale de bare protejate/capsulate, în general prefabricate. Barele în execuție deschisă (neprotejată) se pot monta la peste 3 m înălțime sau în zone protejate sau inaccesibile personalului necalificat.

Acest sistem de distribuție a energiei electrice, denumit DISBAR (distribuție cu bare), are ca avantaje: mecanizarea lucrărilor de montaj, elasticitatea rețelei de distribuție, fiabilitatea crescută în exploatare, posibilitatea amplasării corpurilor de iluminat pe tronsoanele sistemului de bare. Sistemul DISBAR nu se utilizează în încăperile cu pericol de explozie, în halele cu degajări de praf sau vapori corosivi, precum și în mediile cu umidități relative de peste 80 %.



Codificarea conductelor neizolate se face prin scrierea simbolului materialului de construcție, urmat de o cifră sau grup de cifre prin care se specifică diametrul sau parametrii secțiunii transversale.

Exemple : OL-50A – conductă rotundă, tip funie, din oțel zincat cu secțiunea de  $50 \text{ mm}^2$ ,  
 varianta constructivă A ( precizează rezistența minimă de rupere ) ;  
 Cu 15x3 - conductă dreptunghiulară, tip bară, de lățime 15 mm și grosime 3 mm.

## 2.2 Conducte izolate

Conductele izolate sunt constituite din una sau mai multe căi de curent (răsucite) ce au o izolație comună, cu sau fără înveliș de protecție. Materialul conductor (cupru sau aluminiu) are diverse grade de tărie (moale,  $\frac{1}{2}$  tare, tare), iar izolația poate fi din cauciuc (natural, siliconic, butilic), policlorură de vinil (PVC) sau hârtie uleiată. Învelișul protector poate fi un strat de PVC sau o împletitură din fire textile (bumbac) impregnată sau nu cu bitum. În cazul conductelor cu izolație din PVC rezistente la intemperii, în masa plastică se înglobează aditivi speciali care, prin diminuarea efectului distructiv al radiației solare ultraviolete și al variațiilor de temperatură, mărește durata de viață a izolației.

Constructiv, distingem *conducte izolate rigide* destinate instalațiilor electrice fixe și *conducte izolate flexibile* (din cupru multifilar moale) pentru alimentarea receptoarelor mobile sau a acelor supuse la șocuri și vibrații. În această ultimă categorie se includ și *cordoanele electrice* constituite din 2-3 conductoare izolate prevăzute cu o manta comună din cauciuc sau PVC.

Conductele izolate servesc la alimentarea cu energie electrică a unei game largi de receptoare

industriale sau casnice și, pentru evitarea deteriorărilor mecanice, se montează în tuburi de protecție metalice sau din PVC. În cazul suporturilor incombustibili se poate renunța la tuburile de protecție dacă montajul este de tip ST (sub tencuială) și realizat cu *conducte punte*, cunoscute sub denumirea comercială de conducte INTENC.

Codificarea conductelor izolate se face prin simboluri literare cărora li se atașează un număr ce reprezintă aria secțiunii transversale a căii de curent.

La *conductele izolate rigide* semnificația literelor din simbol, citite de la stânga la dreapta, este următoarea: F – instalație fixă și material conductor cupru dacă nu este precedată de altă literă; S – izolație specială; A – armătură de sârmă (în interiorul simbolului) sau material conductor aluminiu (ca prima literă a simbolului); Y – izolație din PVC sau manta din PVC dacă simbolul se repetă, P – execuție tip punte, I – înveliș rezistent la intemperii, C – izolație sau manta din cauciuc, dacă apare explicit în simbol.

Exemple: *F750-4* - conductă din cupru cu izolație de cauciuc, de secțiune  $4 \text{ mm}^2$  (fig.9.1-a)

*FA1000-6* - conductă din cupru cu izolație din cauciuc, armată, pentru tensiuni până la 1000V cu secțiune  $6 \text{ mm}^2$  (fig.9.1-b)

*AFCI 16* - conductă din Al cu izolație din cauciuc, rezistentă la intemperii, cu secțiune  $16 \text{ mm}^2$  (fig.9.1-c)

*AFPYYS 2x2,5* - conductă de aluminiu tip punte, cu izolație și manta din PVC, în execuție specială, prevăzute cu două conductoare cu secțiunea de  $2,5 \text{ mm}^2$  (fig.9.1-d).

*Conductele electrice flexibile* au simbolizări similare, cu precizarea că în structura acestora mai apar literele: *f* - flexibil, *ff* - foarte flexibil, *s* - suspendare, *ci* - corp de iluminat, *i* - împletitură textilă impregnată, *p* - execuție plată.

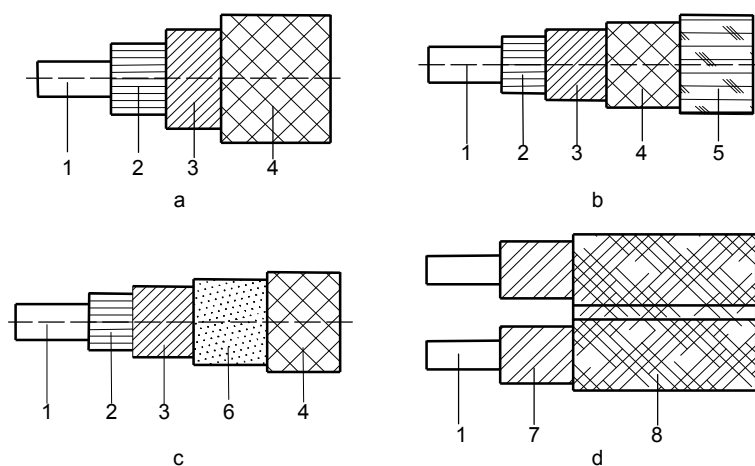
Exemple: *FSff 1,5* - conductă din cupru cu izolație de cauciuc, în execuție specială, foarte flexibilă, cu secțiunea de  $1,5 \text{ mm}^2$ ;

*FYci 0,75* - conductă din cupru cu izolație din PVC pentru corpuri de iluminat, cu secțiunea de  $0,75 \text{ mm}^2$ ;

*Cordoanele electrice* au în structura simbolului litere cu următoarea semnificație:

M - instalație mobilă, când este prima literă din simbol, C - izolație din cauciuc, Y - izolație din PVC sau manta din PVC când simbolul se repetă, U - execuție ușoară, M - execuție mijlocie, când este interiorul simbolului, T - tresă textilă, D - pentru difuzor, r - cordon rotund, p - cordon plat, U - rezistent la ulei (ca ultimă literă).

Exemple: *MYMr 2x2,5* - cordon cu izolație și manta de PVC, în execuție mijlocie, de formă rotundă, prevăzut cu două conducte de cupru multifilar, de secțiune  $2,5 \text{ mm}^2$ ;



**Fig.9.1** Conducte izolate rigide

a – F750 4; b – FA1000 6; c – AFCI 16; d – AFPYYS 2x2,5

1 – material conductor, 2 – izolație cauciuc, 3 – pânză cauciucată, 4 – tresă textilă impregnată, 5 – tresă metalică, 6 – hârtie, 7 – izolație PVC, 8 – manta PVC

*MCUpT 2x1,5* - cordon cu izolație de cauciuc în execuție ușoară plată, cu tresă textilă, cu două conducte de cupru multifilar, de secțiune de  $1,5 \text{ mm}^2$

### 2.3 Cabluri electrice

Cablurile electrice sunt constituite din una sau mai multe căi de curent, rigide sau flexibile, izolate și prevăzute cu o manta etanșă peste care se aplică unul sau mai multe învelișuri protectoare. Izolația conductoarelor este din cauciuc, hârtie impregnată sau PVC, iar mantaua din plumb sau material plastic. Peste manta, în cazul cablurilor armate, se prevede un înveliș rezistent la șocuri mecanice constituit din bandă sau sârmă (rotundă, plată) de oțel, protejat împotriva coroziunii printr-un strat de PVC sau o

împletitură de iută impregnată cu bitum. După domeniul de utilizare distingem cabluri de energie, de telemăsură, de telefonie, de semnalizare și control etc.

**Cablurile de energie** sau **fortă** sunt constituite din 1...4 conductoare de secțiune circulară (până la 16 mm<sup>2</sup>), sau sector circular (peste 16 mm<sup>2</sup>) plină sau toronată (se răsucesc mai multe conducte neizolate pentru aceeași cale de curent) și prezintă următoarele caracteristici electrice principale:

- tensiunea nominală  $U_n$  a unui cablu este valoarea eficace a tensiunii între faze în curent alternativ sau între conductoarele de lucru în curent continuu, pentru care s-a dimensionat izolația căilor de curent. Orientativ, rigiditatea dielectrică a hârtiei uscate de cablu este de 8...10 kV/mm, iar cea a policlorurii de vinil de 25...50 kV/mm.

- temperatura maximă admisibilă de lucru a unui cablu –  $\theta_{ad}$  – reprezintă valoarea maximă a acestui parametru în regim de durată și în condițiile precizate de producător, pentru care s-a dimensionat izolația căilor de curent. Această temperatură este dată de suma dintre temperatura mediului ambiant  $\theta_o$  și temperatura  $\theta_s$  generată de sarcină prin efect Joule-Lenz, adică  $\theta_{ad} = \theta_o + \theta_s$ .

- încărcarea maximă admisibilă de durată  $I_{ad}$  la o temperatură dată a mediului ambiant este sarcina maximă, în amperi, pe care o poate transporta un conductor al cablului fără a depăși temperatura maximă admisibilă de lucru;

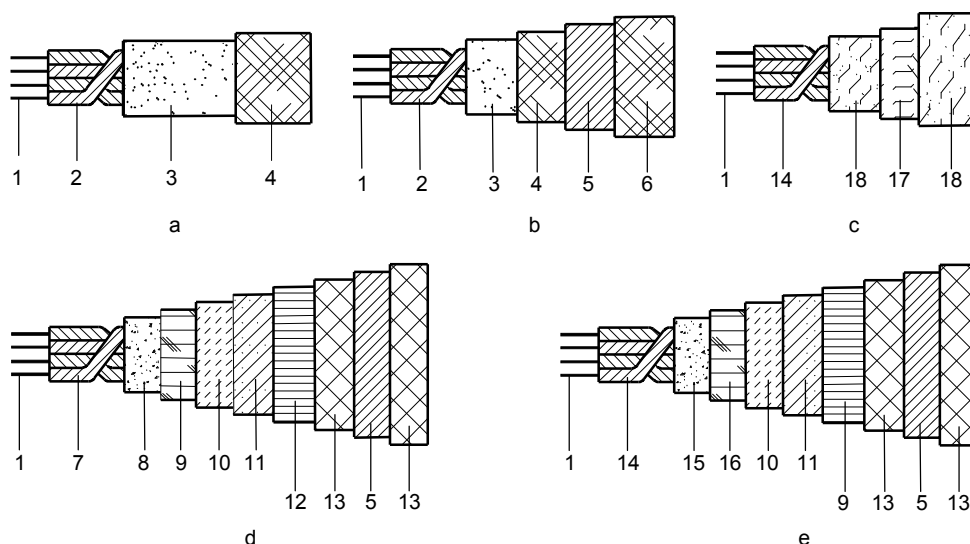
- sarcina tip IFE pentru cablurile pozate în pământ corespunde unei funcționări de cel mult 10ore/zi la sarcina maximă admisă în condițiile de pozare și minimum 10 ore/zi cu 60 % din intensitatea maximă admisă. Intensitățile maxime  $I_{ad}$  ale curenților în regim permanent pentru cablurile pozate în pământ sunt egale cu 75 % din sarcina tip IFE (Întreprinderea Furnizoare de Energie).

Conductoarele acestor cabluri sunt din aluminiu sau cupru (rigid, flexibil), cu izolație de hârtie, cauciuc sau PVC, iar mantaua din plumb sau policlorură de vinil. Peste manta, în cazul cablurilor armate, se prevăd benzi din oțel (plate, rotunde) în unul sau două straturi, acoperite sau nu cu învelișuri protectoare (iută, sisol, PVC).

Cablurile pentru circuite secundare se execută cu un număr mare de conductoare de cupru (2...61) cu secțiunea de 1,5...6 mm<sup>2</sup>, izolația fiind din hârtie sau PVC, iar mantaua din plumb sau mase plastice. Se prevăd cu învelișuri protectoare la șocuri mecanice și acțiunea chimică a mediului.

În interiorul clădirilor, cablurile se montează în aer pe pereți, sub planșee, în subsoluri tehnice, în tunele și canale de cabluri, în tuburi de protecție etc. În exteriorul clădirilor montarea se face în șanțuri săpate în pământ, cablul fiind pozat pe un strat de nisip și protejat prin cărămizi. În cazul subtraversării căilor de comunicații (șosele, căi ferate) sau al zonelor cu șocuri mecanice, cablul se protejează în țevi de oțel sau tuburi de beton. La montajul îngropat se folosesc numai cabluri armate.

Codificarea cablurilor de energie și a similelor acestora se face prin simboluri literare cărora li se atașează un număr prin care se precizează numărul căilor de curent și secțiunea normalizată a conductei neizolate. De precizat că la secțiuni ale conductoarelor de fază ce depășesc 16 mm<sup>2</sup>, conductorul de nul va



**Fig.9.2** Cabluri de energie

a – CYY 4x2,5; b – ACYYBY 3x25+16; c – MCG 4x10; d – CHPBI 4x6; e – ACPBI 4x16.  
1 – material conductor; 2 – izolație PVC; 3 – material umplutură PVC; 4 – manta PVC; 5 – armătură din benzi de oțel; 6 – manta exterioară din PVC; 7 – izolație hârtie impregnată; 8 – umplutură hârtie impregnată; 9 – înfășurare comună de hârtie impregnată; 10 – manta de plumb; 11 – strat de masă izolanță; 12 – strat de hârtie impregnată; 13 – sfoară de cânepă impregnată cu bitum; 14 – izolație cauciuc și înfășurare de pânză cauciucată; 15 – împletitură fire textile; 16 – pânză impregnată; 17 – bandă pânză cauciucată; 18 – manta cauciuc.

avea 50 % din secțiunea celei de fază, dar valoare standardizată.

Semnificația literelor din simbolul unui cablu, citite de la stânga la dreapta, este :

- *cabluri de energie*: C – cablu de energie din cupru, A – material conductor aluminiu, când este prima literă; H – izolație din hârtie; Y – izolație din PVC sau manta de PVC dacă este precedată de aceeași literă, respectiv înveliș anticorosiv la finele simbolului; P – manta din plumb; Ab – armătură din sârmă rotundă; B – armătură din bandă; I – înveliș protector din iută impregnată cu bitum;

- *cabluri pentru circuite secundare*: CC – cablu de control; CS – cablu de semnalizare, centralizare și blocare; E – ecranat, M – execuție mijlocie; Y, H, I, Ab, B – aceleași semnificații ca mai sus;

- *cabluri flexibile*: M – pentru receptoare mobile (ca prima literă) sau execuție medie în interiorul simbolului; C – izolație de cauciuc; G – execuție grea; U – rezistent la ulei; Y – izolație sau manta din PVC; I – înveliș protector din cauciuc.

Exemple: CYY 4x2,5 – cablu de energie pentru instalații fixe, cu izolație și manta din PVC, cu patru conductoare din cupru de 2,5 mm<sup>2</sup> fiecare (fig.9.2-a)

ACYBY 3x25+16 – cablu de energie pentru instalații fixe, cu izolație și manta din PVC, prevăzut cu înveliș rezistent la șocuri mecanice din bandă de oțel și protejat la coroziune cu un strat de PVC, cu patru conductoare de aluminiu, secțiunea conductorului de fază 25 mm<sup>2</sup> și a celei de nul de 16 mm<sup>2</sup> (fig.9.2-b);

MCG 4x10 – cablu de energie pentru instalații mobile, cu izolație și manta din cauciuc, execuție grea, cu patru conductoare de cupru multifilar, fiecare cu secțiunea de 6 mm<sup>2</sup> (fig.9.2-c);

CHPBI 4x16 – cablu de energie pentru instalații fixe, cu izolație de hârtie și manta de plumb, prevăzut cu bandă metalică și strat de iută impregnată, cu patru conductoare de cupru de 16 mm<sup>2</sup> fiecare (fig.9.2-d);

ACPBI 4x6 – cablu de energie pentru instalații fixe, cu izolație de cauciuc, manta de plumb și înveliș din bandă de oțel, protejat cu iută impregnată, cu patru conductoare de aluminiu cu secțiunea de 6 mm<sup>2</sup> (fig.9.2-e);

CCHP 14x1,5 – cablu de control cu izolație de hârtie și manta de plumb, prevăzut cu 14 conductoare de cupru a 1,5 mm<sup>2</sup> fiecare;

CSYEMAbY 30x1,37 – cablu de semnalizare cu izolație și manta de PVC, ecranat, în execuție mijlocie, cu înveliș protector din sârmă rotundă, prevăzut la exterior cu un strat anticorosiv din PVC, echipat cu 30 conductoare de cupru cu diametrul de 1,37 mm.

## 2. 4 Factori care determină alegerea secțiunii conductoarelor

Alegerea secțiunii conductoarelor se face funcție de:

- *solicitarea termică*, datorată trecerii curentului electric și care poate pune în pericol durata de viață a conductelor, a izolației sau a elementelor auxiliare
- *căderea de tensiune admisibilă în rețea*, pentru sarcini de lungă sau scurtă durată
- *solicitările electromecanice*, datorate curenților de scurtcircuit
- *nivelul maxim al impedanței* care asigură funcționarea protecției în caz de scurtcircuit sau a protecției prin legare la nul împotriva electrocutării

### 2.4.1 Solicitarea termică a conductoarelor

Trecerea curentului electric prin conductoare determină încălzirea acestora prin efect Joule-Lenz. Temperatura conductorului va depinde de intensitatea curentului care îl parcurge, de rezistivitatea materialului din care este alcătuit și de eficiența transmiterii căldurii către mediul ambiant, prin izolație.

a) Regimul staționar (de lungă durată)

Conform legii conservării energiei într-un interval de timp  $dt$  se poate scrie:

$$R \cdot I^2 \cdot dt = m \cdot c \cdot d\theta + \alpha_g \cdot S \cdot \theta \cdot dt$$

unde  $\theta = T - T_{med}$  este supraîncălzirea conductei față de mediul ambiant,  $\alpha_g$  este coeficientul global de transmisie termică prin conducție și convecție (radiația se neglijează la temperaturi sub 500°C), iar S este suprafața de schimb de căldură cu mediul exterior.

Prin rezolvarea ecuației diferențiale se stabilește legătura dintre curentul maxim admisibil  $I_{ad}$  prin conductor și secțiunea acestuia, s :

$$I_{ad} = \sqrt{\frac{1}{\rho} \cdot \pi \cdot s^{3/2} \cdot \alpha_g \cdot (\theta_{ad} - \theta_{med})}$$

unde  $\rho$  este rezistivitatea, iar  $\theta_{ad}$  și  $\theta_{med}$  sunt temperaturile relative ale conductorului și respectiv a mediului ambiant ales ca referință.

Normativul I7 / 2004 redă legătura  $I_{ad}=f(s)$  sub formă tabelară, în condiții de referință, pentru secțiunile normalizate ale conductelor și cablurilor.

Observații

- i) La creșterea secțiunii, suprafața de cedare a căldurii crește dar nu la fel de mult, ceea ce conduce practic la o scădere a densității de curent admisibile. Atunci, uneori este utilă înlocuirea unui cablu de secțiune mare cu două de secțiune mai mică legate în paralel (se obține atât o economie de material, cât și condiții de montaj mai ușoare)
- ii) Deoarece rezistivitatea cuprului este mai mică decât a aluminiului, pentru o aceeași secțiune,  $I_{adCu} > I_{adAl}$
- iii) Dacă conductele electrice se pozează într-un mediu cu o temperatură diferită de temperatura mediului de referință (uzual 25°C), atunci se determină o valoare corectată a curentului maxim admisibil:

$$I'_{ad} = I_{ad} \sqrt{\frac{\theta_{ad} - \theta'_{med}}{\theta_{ad} - \theta_{med}}}$$

În cazul cablurilor electrice, pentru a ține cont de condițiile de pozare, încărcarea maximă se stabilește cu relația:

$$I'_{ad} = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot I_{ad}$$

în care:

- $k_1$  este un coeficient de corecție pentru pozarea în grup a mai multor cabluri,
- $k_2$  este un coeficient de corecție pentru pozarea într-un mediu ambiant cu altă temperatură decât cea de referință,
- $k_3$  este un coeficient de corecție pentru montarea în aer, atunci când  $I_{ad}$  corespunde unui cablu montat în pământ

#### b) Regimul intermitent

De multe ori receptoarele funcționează ciclic, durata unui ciclu  $t_c$  fiind compusă dintr-un timp de funcționare  $t_f$  și unul de pauză  $t_p$ , adică

$$t_c = t_f + t_p$$

Raportul  $t_f / t_c$  este cunoscut sub denumirea de *durată de conectare, DC*.

Într-un regim intermitent, temperatura conductoarelor variază încontinuu, crescând în timpul funcționării și scăzând pe durata pauzelor. Dacă  $\theta_f$  ar fi temperatura finală atunci când receptorul ar funcționa fără oprire, se poate demonstra că temperatura conductei după un număr oarecare de cicli este:

$$\theta_{f-i} \approx \theta_f \cdot DC$$

Deoarece  $DC < 1$ , temperatura finală în cazul regimului intermitent va fi mai mică decât în cazul regimului de lungă durată. De aceea, pentru regimul intermitent se poate admite un curent (intermitent) mai mare prin conducte, care ar conduce la aceeași temperatură finală  $\theta_{ad}$ . Coeficientul de supraîncărcare în acest caz se poate scrie:

$$k_{s-i}^2 = \frac{\theta_{f-i}}{\theta_f} \approx \frac{1}{DC}$$

iar curentul maxim în regim intermitent va fi:

$$I_{ad-i} = k_{s-i} \cdot I_{ad}$$

#### Observație:

Normativul **I7/2004** recomandă, pentru regimuri intermitente caracterizate prin  $t_c \geq 10 \text{ min}$  și respectiv prin  $t_f \leq 4 \text{ min}$ , adoptarea unui coeficient de corecție calculat cu formula

$$k_{s-i} = \frac{0,875}{\sqrt{DA}}$$

dacă secțiunile conductoarelor din aluminiu sunt  $> 10 \text{ mm}^2$ , iar a conductoarelor din cupru  $> 6 \text{ mm}^2$ .

#### c) Regimul de scurtă durată

Poate apare datorită unor scurtcircuite, al unor porniri grele etc și se caracterizează printr-o disipare de energie mare în conductor, într-un interval de timp scurt, urmat de un timp suficient de lung de răcire până la temperatura mediului ambiant. În acest regim, timpul de încălzire fiind suficient de mic, se poate neglija transmiterea căldurii către mediu și deci, toată puterea disipată se regăsește în creșterea temperaturii conductei:

$$R \cdot I^2 \cdot dt = m \cdot c \cdot d\theta$$

Totodată, temperatura admisibilă în regim de scurtă durată este cu mult superioară celei în regim staționar de lungă durată

$$\theta_{f-sd} \gg \theta_{ad}$$

Deoarece determinarea temperaturii  $\theta_{f\_sd}$  este dificilă, stabilitatea termică în caz de scurtcircuit se apreciază prin condiția:

$$I_{sc} \leq I_t \sqrt{\frac{t}{t_{sc}}}$$

unde  $I_{sc}$  este curentul de scurtcircuit stabilizat,  $I_t$  este curentul de stabilitate termică la scurtcircuit, furnizat de producător pentru valori standard (de regulă 10sec, 5 sec sau 1sec) ale timpului  $t_{sc}$  de acționare al echipamentelor de protecție la scurtcircuit (siguranțe fuzibile sau relee electromagnetice).

### 3. Tuburi și țevi de protecție

Conductele izolate folosite în instalațiile electrice interioare se protejează împotriva loviturilor mecanice, prafului, umezelii sau acțiunii corosive a mediului prin introducerea în tuburi de protecție. Acestea se confecționează din tablă de oțel sau policlorură de vinil și se pozează aparent, pe tencuială (montaj PT) sau îngropat, sub tencuială (montaj ST), pe suporti incombustibili și la distanță față de sursele de căldură. Din punct de vedere constructiv se realizează tuburi de protecție cu manta rigidă și tuburi de protecție cu manta flexibilă.

*Tuburile de protecție cu manta rigidă* prezintă următoarele tipodimensiuni:

- o IPY – tub izolat ușor protejat din policlorură de vinil utilizat numai în montaj ST în încăperi de categoria  $U_0$ ,  $U_1$  (cu umiditate scăzută) pe trasee neexpuse loviturilor mecanice. Dacă zona traversată de tub poate suferi șocuri mecanice, atunci acesta se protejează cu un strat de 1-2 cm de mortar de ciment.

- o IPEY – tub izolat de protecție etanș, rezistent la șocuri mecanice. Se recomandă în toate încăperile fără pericol de incendiu sau explozie, atât în montaj PT, cât și ST.

Tuburile din PVC lucrează în medii a căror temperatură poate fi  $-25...40^{\circ}\text{C}$ , dar la montare temperatura mediului ambiant trebuie să fie de minimum  $+5^{\circ}\text{C}$ .

- o PEL – tub de protecție etanș, lăcuit, confecționat din tablă de oțel laminată la rece, îmbinată prin sudură pe generatoare și acoperită la interior și exterior cu un lac anticorrosiv. Asigură o bună protecție mecanică și o etanșeitate ridicată, îmbinările dintre tuburi se realizează în mufe filetate (varianta PEL - A) sau nefiletată (varianta PEL – B), dar lipite. Se utilizează în montaj permanent sau îngropat în încăperi: normale, cu pericol de incendiu sau explozie, cu umiditate ridicată, în zone expuse la șocuri mecanice și oriunde mediul nu conduce la coroziunea oțelului.

- o TO – țeavă ușoară de protecție din oțel, sudată pe generatoare, recomandată la protecția conductelor sau cablurilor când sunt necesare tuburi de protecție cu diametrul de peste 36 mm. Se recomandă pentru aceleași încăperi ca și tuburile PEL, în montaj aparent sau îngropat.

- o PVC-1, PVC-U – țeavă de protecție din policlorură de vinil varianta 1, respectiv execuție ușoară, recomandată în aceleași condiții ca și tuburile IPEY, dar la diametre mai mari de 36 mm.

*Tuburile de protecție cu manta flexibilă*, utilizate la montarea conductelor pe trasee sinuoase sau supuse la vibrații, prezintă următoarele variante constructive:

- o IPF – tub izolat ușor protejat flexibil, realizat din bandă de oțel plumbuită, înfășurată în elice, și prevăzut cu o căptușeală izolantă din bandă de hârtie impregnată (două înfășurări în elice). Se utilizează în încăperi de categoria  $U_0$ ,  $U_1$  pentru racordări sau trasee cu multe curbe, în montaj aparent sau îngropat, precum și în instalațiile electrice de utilaj. Dacă materialul de construcție este policlorură de vinil, simbolul tubului devine IPFY;

- o IPFR – tub izolat protejat flexibil cu rezistență mecanică, confecționat din două fâșii de tablă de oțel plumbuită, înfășurate în elice, prevăzut la interior cu un singur strat de hârtie izolantă. Se utilizează în aceleași condiții ca și tuburile IPF, când este necesară o protecție mecanică mărită;

- o PFR – tub de protecție flexibil cu rezistență mecanică, realizat din două fâșii de tablă de oțel plumbuită, dispuse în elice, între care se interpune o bandă din hârtie impregnată. Se utilizează în medii umede dar necorosive pentru învelișul metalic, pe trasee cu solicitări mecanice de până la  $30\text{ N/cm}^2$ .

Alegerea diametrelor tuburilor de protecție se face în funcție de tipul, secțiunea și numărul conductelor izolate din același tub, respectiv de tipul cablului protejat și secțiunea conductoarelor sale.

### 4. Tablouri de distribuție

Din punct de vedere constructiv tablourile de distribuție pot fi :

- tablouri deschise neprotejate la atingeri directe, la pătrunderea corpurilor străine mari ( $\Phi < 50\text{ mm}$ ) și a picăturilor de apă condensate. Se utilizează în încăperi uscate ( $U_0$ ) unde are acces numai personal autorizat. În această clasă se includ tablourile pe plăci izolante din marmură, textolit, pertinax, STALMAR (material compozit electroizolant), precum și cele pe plăci sau cadre metalice independente.

Tablourile pe stelaje metalice (deschise sau cu acces prin spate) se confecționează din tablă de oțel decapată, grosime 2,5 mm, și se recomandă pentru instalațiile de forță cu tensiuni până la 500 V și curenți de 1500 A.

- tablouri închise cu o protecție limitată împotriva atingerilor directe și a pătrunderii corpurilor străine ( $\Phi < 2,5\text{mm}$ ), sunt protejate împotriva picăturilor de apă ce cad sub un unghi mai mic de  $45^{\circ}$  față de verticală. Se montează în încăperi cu destinație specială sau în spații productive caracterizate prin: temperatură  $+15...20^{\circ}\text{C}$ , umiditate relativă 60 %, fără agenți corosivi sau pericol de explozie. Din această categorie fac parte tablourile pe plăci izolante sau metalice, respectiv pe cadre metalice, ce sunt închise în



nișe sau dulapuri. În ultimul caz tabloul este alcătuit din unul sau mai multe panouri tip modul, organizate pe sosiri (compartimente cu uși rabatabile) și plecări (compartimente cu sertare debroșabile).

- tablouri capsulate care asigură o protecție totală împotriva atingerilor directe, a pătrunderii corpurilor străine cu  $\Phi < 1$  mm și a picăturilor de apă ce cad din orice direcție. Se recomandă pentru medii umede, cu vapori corosivi, fără pericol de incendiu sau explozie. Se obțin prin asamblarea unor capsulate, tipizate pe mărimi și conținut, confecționate prin turnare (din fontă, silumin), presare (din PVC), ambutisare sau sudare (din tablă de oțel marca OL 38). Fiecare tipodimensiune are o destinație unică, de exemplu cutie de bare, de siguranțe, de întrerupător etc.

Materialele utilizate la confecționarea tablourilor de distribuție trebuie să fie incombustibile, cu rezistență mecanică bună, nehigroscopice, cu preț de cost acceptabil, cum ar fi:

- plăci de marmură și STALMAR, cu grosimi de 20 sau 30 mm, recomandate pentru tablouri deschise sau închise, montate în încăperi uscate, fără pericol de incendiu sau explozie;

- plăci de textolit sau pertinax montate pe suporturi incombustibile, care se recomandă pentru: tablouri de comandă și semnalizare cu maximum 6 A pe circuit (grosimea minimă a materialului 6 mm), tablouri de distribuție cu cel mult 25 A pe circuit (grosimea minimă a plăcii 10 mm), elemente separatoare electroizolante etc.

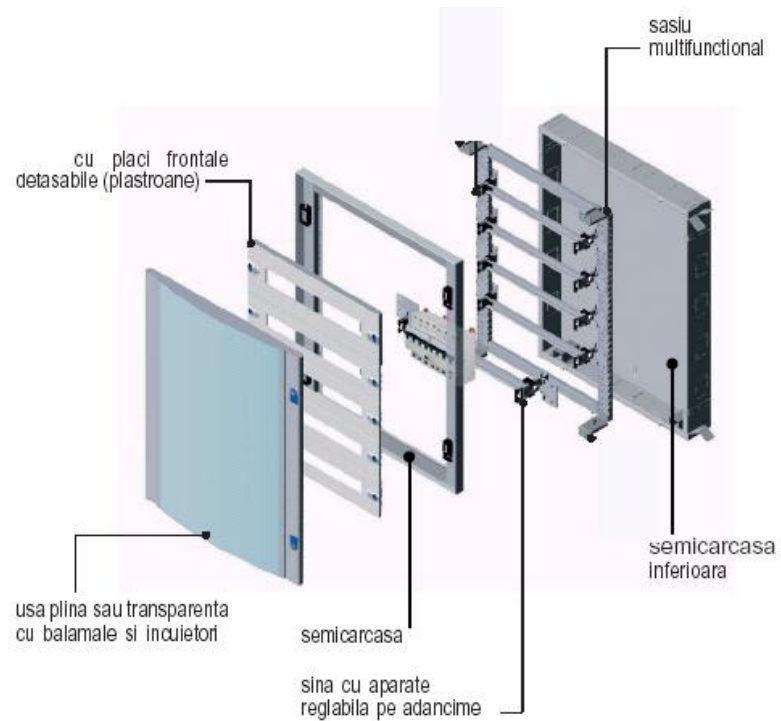
- tablă de oțel pentru carcase de protecție, fontă turnată pentru suporturi ;

- materiale sintetice termoplaste pentru carcase de protecție, izolatoare și suporturi (se ține cont de rezistența la eforturile mecanice și variațiile de temperatură ce pot apare în interiorul tabloului la funcționarea normală și în regim de avarie).

Alegerea conductoarelor, barelor și aparatelor din componența unui tablou se face pe baza condițiilor de funcționare normală și la scurtcircuit. Dacă ultimele condiții nu pot fi îndeplinite, se prevăd mijloace speciale de protecție (siguranțe cu mare putere de rupere, întrerupătoare automate) ce nu permit depășirea curentului limită în aparatura utilizată. La selectarea materialelor și aparatelor se vor avea în vedere particularitățile de exploatare (poziție de montaj, realizare conexiuni, degajări de căldură în regim normal de lucru și de avarie), precum și condițiile de mediu în care se pozează și utilizează tabloul de distribuție.

Schemele de conexiuni ale tablourilor de distribuție trebuie să fie simple și clare și să permită manevre rapide, lipsite de pericol. Pentru depanare este obligatorie dispunerea schemei electrice monofilare a tabloului pe partea interioară a ușii de acces.

Circuitele de alimentare (întrările) se echipează cu întrerupătoare manuale sau automate, iar dacă funcționarea în paralel a două sau mai multe surse este interzisă, în schemele de conectare se vor prevedea interblocaje mecanice sau electrice. Toate instalațiile de conexiuni și distribuție vor fi dotate cu separatoare de lucru manuale, pentru a evidenția clar starea circuitului ÎNCHIS sau DESCHIS.



## MATERIALE CONDUCTOARE PENTRU INSTALAȚII ELECTRICE DE JOASĂ TENSIUNE

Denumire material	Simbol
<b>Conducte neizolate</b>	
Conductă tip funie din cupru, aluminiu, oțel-aluminiu sau oțel	Cu, Al, OL-Al, OL
Conductă tip bară: circulară, tubulară, dreptunghiulară din cupru, aluminiu sau oțel	Cu , Al , OL
<b>Conducte izolate pentru instalații fixe</b>	
Conductă de cupru/aluminiu cu izolație de cauciuc	F750, AF750
Conductă de cupru cu izolație de cauciuc flexibilă și foarte flexibilă	Ff750, Fff750
Conductă de cupru cu izolație de cauciuc și tresă textilă impregnată/neimpregnată pentru <i>cdi</i>	Fci, Fcip, Fcii, Fcipi
Idem, cu fir de rezistență mecanică pentru suspendarea <i>cdi</i>	Fs
Conductă de cupru normală /flexibilă cu izolație de cauciuc și umplutură de fire textile, armată	FA1000;FAf1000
Conductă de cupru normală /flexibilă cu izolație și manta de cauciuc, armată	FAC1000, FACf1000
Conductă de cupru/aluminiu cu izolație și manta din cauciuc, rezistentă la intemperii	FCI1000, AFCI1000
Conductă de cupru/aluminiu cu izolație de hârtie, rezistentă la intemperii	FI1000, AFI1000
Conductă de cupru/aluminiu cu izolație de PVC	FY, AFY
Conductă de cupru cu izolație de PVC flexibilă și foarte flexibilă	FYf, FYff
Conductă de cupru/aluminiu cu izolație de PVC rezistentă la intemperii	FYI, AFYI
Conductă de cupru normală, flexibilă sau foarte flexibilă cu izolație de cauciuc, execuție specială	FS, FSf, FSff
Conductă punte cu conductoare de cupru/aluminiu cu izolație și manta de cauciuc	FPCC, AFPCC
Conductă punte cu conductoare de cupru/aluminiu cu izolație de cauciuc și manta de PVC	FPCY, AFPCY
Idem, cu izolație de PVC și manta de cauciuc	FPYC, AFPYC
Idem, cu izolație și manta de PVC	FPYY, AFPYY
Conductă punte cu conductoare de aluminiu cu izolație și manta de PVC, execuție specială	AFPYYs
<b>Conducte izolate pentru instalații mobile</b>	
Șnur cu izolație și manta din cauciuc	M250
Cordon cu izolație și manta din cauciuc	Mr250 ,Mp250
Cordon cu izolație și manta de cauciuc, execuție ușoară	MCU, MCU <sub>p</sub>
Idem, cu tresă textilă neimpregnată	MCUT, MCU <sub>p</sub> T
Cordon cu izolație și manta de cauciuc, execuție mijlocie	MCM, MCMI, MCMU, MCM <sub>p</sub>
Idem, cu tresă textilă neimpregnată	MCMT, MCM <sub>p</sub> T
Cordon cu izolație de PVC , în execuție plată	MY <sub>p</sub>

Cordon cu izolație și manta de PVC, execuție ușoară	MYU, MYUp
Idem, execuție mijlocie	MYM, MYMp
Idem, execuție grea	MYG
Cordon cu izolație de PVC, foarte flexibil	MYff
Cordon cu izolație din PVC pentru difuzor	MDY
Cablu cu izolație și manta dublă de cauciuc, execuție grea	MCG, MCGI, MCG-U
<b>Cabluri de energie</b>	
Cablu cu conductoare de cupru/aluminiu și izolație hârtie, în manta de plumb	CHP, ACHP
Idem, cu armatură din benzi de oțel	CHPB, ACHPB
Idem, cu înveliș protector din iută impregnată cu bitum	CHPBI, ACHPBI
Cablu cu conductoare de cupru/aluminiu și izolație din cauciuc, în manta de plumb	CP, ACP
Idem, cu înveliș protector din iută impregnată cu bitum	CPI, ACPI
Idem, cu armatură metalică	CPB, ACPB
Idem, cu armatură metalică și înveliș protector din iută impregnată cu bitum	CPBI, ACPBI
Cablu cu conductoare de cupru/aluminiu și izolație de PVC, în manta de plumb	CYP, ACYP
Idem, cu înveliș protector din PVC	CYPY, ACYPY
Idem, cu armatură din benzi de oțel și înveliș protector din PVC	CYPAbY, ACYPAbY
Cablu cu conductoare de cupru/aluminiu cu izolație și manta de PVC	CYY, ACYY
Idem, cu armatură din bandă de oțel	CYYB, ACYYB
Idem, cu armatură din bandă de oțel și înveliș protector din iută impregnată cu bitum	CYYBI, ACYYBI
Idem, cu armatură din benzi de oțel și înveliș protector din PVC	CYAbY, ACYAbY
<b>Cabluri pentru circuite secundare</b>	
Cablu de comandă și control cu izolație de hârtie în manta de plumb	CCHP
Idem, cu înveliș protector din iută impregnată cu bitum	CCHPI
Idem, cu armatură din bandă de oțel	CCHPB
Idem, cu armatură din bandă de oțel și înveliș protector din iută impregnată cu bitum	CCHPBI
Cablu de semnalizare cu izolație de hârtie în manta de plumb	CSHP
Idem, cu înveliș protector din iută impregnată cu bitum	CSHPI
Idem, cu armatură din bandă de oțel	CSHPB
Idem, cu armatură din bandă de oțel și înveliș protector din iută impregnată cu bitum	CSHPBI
Cablu de semnalizare cu izolație și manta de PVC	CSYY
Idem, cu armatură din bandă de oțel	CSYYB
Idem, cu armatură din bandă de oțel și înveliș protector din iută impregnată cu bitum	CSYYBI
Cablu de semnalizare cu izolație și manta de PVC, ecranat	CSYEY
Idem, cu armatură din benzi de oțel și înveliș protector de PVC	CSYEAbY, CSYEArY
Cablu de semnalizare cu izolație și manta de PVC, armat, cu înveliș protector de PVC	CSYAbY, CSYArY

Înveliș protector de PVC	
Cablu de măsură și control, cu izolație și manta de PVC	CMYY
Idem, cu armatură din bandă de oțel	CMYYB
Idem, cu armatură din bandă de oțel și înveliș protector din iută impregnată cu bitum	CMYYBI

#### **Simboluri pentru conducte izolate - instalații fixe**

F - instalație fixă, A - aluminiu (la începutul simbolului) sau armatură cu sârmă rotundă, Y - izolație (a doua literă) sau manta din PVC (în interiorul simbolului); I - înveliș rezistent la intemperii sau acțiuni chimice; P - punte, S - execuție specială (cu manta de PVC îngroșată), ci – corp de iluminat (tresă textilă neimpregnată), s - suspendare (se renunță la grupul ci), i - tresă textilă impregnată cu bitum, p - execuție plată, f - flexibil, ff - foarte flexibil.

#### **Simboluri pentru conducte izolate - instalații mobile**

M - instalație mobilă (la începutul simbolului) sau execuție mijlocie (în interiorul simbolului), C - manta de cauciuc, Y - izolație (a doua literă) sau manta de PVC (în interiorul simbolului), U - execuție ușoară (în interiorul simbolului) sau rezistent la ulei (ultima literă), G - execuție grea, T - tresă textilă neimpregnată, I - rezistent la intemperii sau acțiuni chimice, D - difuzor, p - execuție plată, r - execuție rotundă, ff – foarte flexibil.

#### **Simboluri pentru cabluri de energie și circuite secundare**

C - cablu de energie, A - aluminiu (la începutul simbolului), H - izolație de hârtie impregnată, Y - izolație (a doua literă), manta (în interiorul simbolului) sau înveliș protector (ultima literă), din PVC, P - manta de plumb, B - armatură din bandă de oțel, Ab - armatură din bandă de oțel, Ar - armatură din sârmă rotundă de oțel, I - înveliș protector (iută, sisol), îmbibat cu bitum, E - ecran din folie de aluminiu sau hârtie metalizată, CC - cablu de comandă și control, CS - cablu de semnalizare, CM - cablu de măsură.

## CARACTERISTICILE PRINCIPALE ALE CONDUCTOARELOR ȘI CABLURILOR ELECTRICE

**Conductele cu izolație de cauciuc** se obțin prin dispunerea unui strat de cauciuc peste conductorul de cupru sau aluminiu. La exterior se prevede o împletitură (tresă) textilă impregnată cu un amestec bituminos al cărui punct de înmuiere este de peste +57°C. Tensiunea nominală este de 750V, iar secțiunile normalizate sunt: 0.75 ... 400 mm<sup>2</sup> pentru F750; 0.75...150 mm<sup>2</sup> pentru Ff750 și Fff750, respectiv 2.5... 400 mm<sup>2</sup> pentru AF750. Aceste conducte se montează în tuburi de protecție.

**Conductele de cupru cu izolație de cauciuc și împletitură textilă**, destinate corpurilor de iluminat (cdi), se recomandă la conectarea duliilor la rețea și suspendarea cdi. Se realizează cu 1...3 conductoare cu secțiune de 0.75 mm<sup>2</sup>, pentru o tensiune de 750 V.

**Conductele cu izolație din policlorură de vinil FY și AFY** înlocuiesc conductele F750 și AF750, având aceleași secțiuni standardizate. Se montează în tuburi de protecție la temperaturi de -5...+35°C și se exploatează în medii cu temperaturi de -20...+40°C.

**Conductele punte cu manta și izolație din PVC** se execută cu 2...3 conductoare de 1...4 mm<sup>2</sup> pentru tensiunea maximă de 750V. Se montează fără tub de protecție în încăperi de categoria U<sub>0</sub>, U<sub>1</sub>, EE, C, D, E îngropate în tencuială sau amplasate în golurile elementelor prefabricate; sub pardoseală, peste planșee incombustibile, în izolația teraselor, dar în toate cazurile protejate cu mortar de ciment împotriva deteriorărilor mecanice. Excepție fac conductele cu izolație întărită AFPYYS ce se pot monta fără a fi protejate cu mortar de ciment. Conductele tip AFPYYS-2x4Al+1x2.5Cu, cu două conductoare de aluminiu și unul de cupru, sunt destinate alimentării prizelor monofazate cu contact de protecție. Temperatura minimă la montare este de -10°C, iar cea a conductorului în exploatare trebuie să se găsească în plaja -30...+70°C.

**Cordoanele cu izolație și manta de cauciuc** se realizează cu: 2...5 conductoare cu secțiunea de 0.75...4 mm<sup>2</sup> pentru tensiunea nominală de 380V în cazul execuției ușoare și cu 2...7 cm conductoare cu secțiunea de 0.75...6 mm<sup>2</sup> pentru tensiunea nominală de 500V, în cazul execuției mijlocii. Temperatura maximă admisibilă a conductorului de cupru nu trebuie să depășească +60°C.

**Cablurile cu izolație și manta de cauciuc în execuție grea** se recomandă pentru trasee supuse la șocuri și lovituri mecanice frecvente. Se execută cu 1...7 conductoare de secțiune 1.5...240 mm<sup>2</sup>, pentru o tensiune de 750V. În funcționarea de durată, temperatura conductorului va fi de cel mult +60°C.

**Cordoanele cu izolație și manta de PVC** sunt utilizate la tensiuni maxime de 380V pentru execuția ușoară, 660V în cazul execuției medii, 750V la execuția grea și au 2...4 conductoare de 0.35...4 mm<sup>2</sup>. Temperatura mediului ambiant trebuie să fie de +5...+60°C pentru cordoanele în execuție ușoară și -10...+60°C pentru celelalte execuții. Manipularea acestor materiale se face la temperaturi de peste +5°C, iar temperatura maximă a conductelor în exploatare normală va fi de +70°C.

**Cablurile cu izolație de hârtie impregnată în manta de plumb** se execută cu 1...4 conductoare, cu secțiuni de 2.5...500 mm<sup>2</sup> și pentru tensiuni până la 1000V inclusiv. Se pot monta aparent (pe poduri și rastele de cable, în tunele și canale de cabluri, pe pereți) sau îngropat (în pardoseala sau pereți), în ultimul caz protejate în țevi de oțel, în încăperi de categoria U<sub>3</sub>, P, K, EE. Se interzice utilizarea cablurilor nearmate în zone cu pericol de lovituri mecanice sau pe trasee ce implică un contact direct cu var și ciment, sau unde pot apare eforturi de tracțiune în timpul montării și exploatarei.

**Cablurile cu izolație de cauciuc și manta de plumb** pot avea 1...4 conductoare cu secțiunea de 1...240 mm<sup>2</sup>, fiind utilizate în aceleași condiții ca mai sus.

**Cablurile cu izolație de PVC în manta de plumb și înveliș protector de PVC** se execută cu 1...4 conductoare cu secțiuni de 1.5...400 mm<sup>2</sup>, pentru o tensiune maximă de 1000V. Se folosesc în aceleași condiții ca și cablurile cu izolație de hârtie în manta de plumb, precum și în medii cu agenți corozivi pentru plumb, dar nu și pentru învelișul exterior din PVC. Dacă traseele utilizate sunt expuse acțiunii razelor solare, cablul va avea înveliș rezistent la intemperii. În exploatare se admit temperaturi de -30...+60°C pe manta și +70°C pe conductor.

**Cablurile cu izolație și manta de PVC** au 1...4 conductoare cu secțiunea de 1.5 ... 400 mm<sup>2</sup>, tensiunea maximă de lucru fiind de 1000V. Se recomandă pentru încăperi de categoria U<sub>0</sub>, U<sub>1</sub>, U<sub>2</sub>, U<sub>3</sub>, P, K, EE, în medii fără agenți corozivi pentru mantaua de PVC și fără a fi supuse la eforturi mari de tracțiune.

**Cablurile de comandă și control cu izolație de hârtie în manta de plumb** se execută pentru secțiunea nominală de 500V și au 4...37 conductoare de cupru cu secțiunea de 1.5 sau 2.5 mm<sup>2</sup>.

**Cablurile de semnalizare cu izolație de hârtie în manta de plumb** au tensiunea nominală de 400V și sunt prevăzute cu 2...61 conductoare de cupru cu diametrul de 1 sau 1.27 mm. Cablurile similare cu **izolație și manta de PVC** pot avea 3...61 conductoare de 0.75...1.5 mm<sup>2</sup>, 3...37 conductoare de 2.5 mm<sup>2</sup> sau 3...7 conductoare de 6 mm<sup>2</sup>, cu tensiunea maximă de lucru 500V. Limitele de temperatură recomandate: +5°C la montaj, -30...+60°C în exploatare, +70°C pe conductor.

**Cablurile de măsură și comandă cu izolație de PVC** se execută pentru tensiunea nominală de 500V, au un număr de 4...42 conductoare de cupru cu secțiunea de 1.5 sau 2.5 mm<sup>2</sup> și sunt prevăzute cu o înfășurare de hârtie ce substituie masa de umplutură din PVC.