

ELEMENTE CONSTRUCTIVE ALE LINIILOR ELECTRICE ÎN CABLU - LEC

1. Obiectivele lucrării

Liniile electrice în cablu (LEC) au căpătat o largă extindere, în special în rețelele de distribuție publică din marile aglomerări urbane și în incinta societăților industriale. În cea mai mare parte, liniile în cablu se construiesc prin instalarea cablurilor direct în pământ. Există însă multe situații când cablurile se montează în tuneluri, canale, în construcții supraterane etc.

Cablurile se construiesc cu conductoare izolate între ele și izolate față de pământ, așezate în învelișuri de protecție față de mediul exterior.

În funcție de destinația lor, cablurile se pot clasifica astfel:

- ❖ cabluri de energie (de forță);
- ❖ cabluri de telecomunicații;
- ❖ cabluri pentru instalații de semnalizare, comandă, control etc.

Obiectul lucrării de față îl formează cablurile de energie sau de forță. În cadrul lucrării se vor studia următoarele aspecte principale:

- ✓ principalele elemente constructive ale cablurilor;
- ✓ materialele folosite la realizarea cablurilor;
- ✓ diverse tipuri constructive de cabluri;
- ✓ accesorii folosite la construcția liniilor în cablu:
 - manșoane;
 - cutii terminale;
 - cleme;
 - papuci.

2. Considerații de ordin teoretic

2.1. Principalele elemente constructive ale cablurilor

În construcția unui cablu de energie se deosebesc următoarele componente:

- ▣ conductoarele;
- ▣ izolația;
- ▣ mantaua sau cămașa;
- ▣ învelișuri exterioare de protecție.

2.1.1. Conductoarele

Cablurile de forță se construiesc cu 1, 2, 3 și 4 conductoare, confecționate din cupru electrolitic sau aluminiu moale. În prezent, cablurile din aluminiu sunt mai răspândite. Cablurile cu conductoare de cupru au o utilizare mai restrânsă, reglementată de normativele în vigoare.

Conductoarele alcătuiesc partea activă a cablului. Constructiv, ele pot fi monofilare sau multifilare.

Conductoarele monofilare sau masive s-au utilizat la început numai la cabluri din cupru, de secțiuni mici, până la 25 mm^2 . Ulterior s-au construit și cabluri cu conductor masiv de aluminiu, în domeniul tensiunilor de 1-10 kV, obținându-se reducerea considerabilă a secțiunii totale a cablului.

Conductoarele multifilare sau funie se întâlnesc cel mai des, prezentând avantajul unui montaj mai bun, prin curbarea mai ușoară a cablului și, în același timp, al micșorării efectului pelicular.

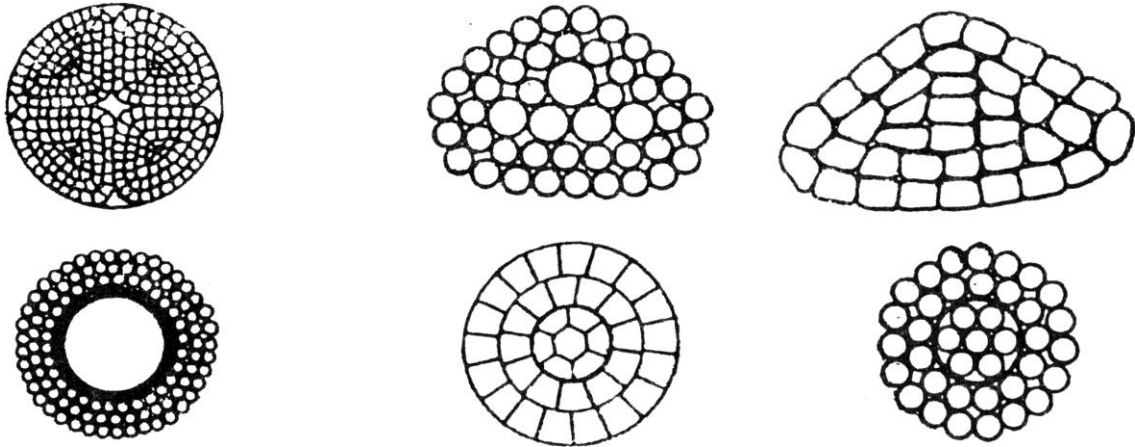


Figura 1. Secțiuni transversale prin diferite tipuri de conductoare

În mod obișnuit, conductoarele sunt de formă circulară, de sector, ovală sau tubulară, conform reprezentării din Figura 1, astfel:

- forma rotundă este întâlnită mai mult la tensiuni de peste 10 kV, fiind mai favorabilă solicitărilor electrice;
- forma de sector este întâlnită mai des la cablurile de 1 kV, având avantajul utilizării mai bune a spațiului și deci a micșorării dimensiunilor cablurilor;
- forma ovală este indicată pentru solicitări dielectrice mari, fiind utilizată la cabluri de 24-35 kV;
- forma tubulară utilizată la tensiuni de peste 35 kV se realizează prin dispunerea în spirală, în jurul unui canal central, a conductorului format din fire sau benzi plate;

2.1.2. Izolația conductorului

Izolația conductorului este stratul sau straturile de material izolant cu care sunt învelite conductoarele. Tipurile uzuale de izolație sunt hârtia impregnată cu materiale izolante și izolația sintetică (uscată).

Izolația din hârtie impregnată este construită din benzi de hârtie, înfășurate în elice în jurul conductorului. După uscare în vid, hârtia este impregnată cu un material izolant.

Cablurile cu izolație din hârtie impregnată prezintă următoarele caracteristici:

- performanțe dielectrice foarte bune;
- posibilitatea de a funcționa în regim permanent la o temperatură de 65 °C, la nivelul conductorului, ca urmare a rezistenței bune la îmbătrânire a izolației în funcție de temperatură și a utilizării, pentru impregnare, a unor materiale nemigratoare.

Principalul dezavantaj al izolației din hârtie impregnată este necesitatea de a fi ferită de umiditate. Această condiție impune construirea unei mantale metalice de protecție a izolației, care mărește dimensiunile, greutatea și prețul cablului.

Mantaua asigură însă, în același timp, și o bună protecție împotriva agenților termici din sol și preia curenții de scurtcircuit monofazat. Este, însă, necesară protecția mantalei metalice din punct de vedere mecanic, precum și al coroziunii.

Cablurile cu izolație din hârtie impregnată au fost, o perioadă lungă de timp, cele mai utilizate în rețelele electrice, la toate nivelele de tensiune.

Izolația sintetică (uscată) cuprinde două tipuri principale:

- Materiale termo-plastice (policlorura de vinil – PVC și polietilena - PE), la care temperatura poate provoca variații ireversibile ale plasticității.
- Elastomeri (polietilenă reticulată, cauciuc etilen-propilen etc) care prezintă un larg domeniu de elasticitate. La aceste materiale, după extrudare, se aplică o operație de vulcanizare sau de reticulare, care constă în stabilirea, în anumite condiții de temperatură sau cu ajutorul unor agenți chimici speciali, a unor legături transversale ireversibile între molecule.

Cablurile cu izolație sintetică (uscată) prezintă următoarele avantaje:

- Posibilitatea de a fi montate pe trasee denivelate sau în plan vertical, fără să fie necesare măsuri speciale a migrării materialului izolant de impregnare.
- Materialele sintetice sunt mai puțin sensibile la acțiunea umidității.
- Accesoriile (cutii terminale și manșoanele de joncțiune) sunt mai simple și mai ușor de executat.

2.1.3. Mantaua

Mantaua constituie elementul de separare a cablului, care asigură etanșarea completă a părții active a acestuia, pe care trebuie să o protejeze împotriva umezelii și a agenților chimici externi. Mantaua trebuie să fie rezistentă atât la agenți fizici, cât și din punct de vedere mecanic, să fie destul de maleabilă, pentru a suporta solicitările inerente din timpul montajului și, în același timp, să asigure o bună conductibilitate termică.

Prezența oricărei fisuri sau a porilor în manta conduce la pătrunderea umidității în interiorul cablului, și deci la alterarea izolației, producându-se practic avarierea cablului prin străpungerea acestuia. Mantaua cablurilor de energie se execută, de regulă, din:

- plumb;
- aluminiu;
- materiale plastice.

Mantaua de plumb este foarte răspândită în construcția cablurilor de energie, până la tensiuni foarte înalte. Plumbul are anumite calități care determină prelucrarea lui relativ ușoară, plasticitate ridicată, alungire mare, punct de topire scăzut. De asemenea, este rezistent la agenți chimici și prezintă o bună conductibilitate termică.

Dintre dezavantajele utilizării plumbului în scopul realizării mantalei cablurilor, se pot menționa următoarele:

- Greutate specifică ridicată.
- Rezistență scăzută la tracțiune, tensiune și vibrații, datorită structurii sale cristaline. Utilizarea aliajelor pe bază de plumb a condus, însă, la o sensibilă îmbunătățire a comportării lui la vibrații.

Conform normelor, utilizarea cablurilor de energie cu manta de plumb este admisă numai în locurile în care aceasta nu este atacată de agenții chimici din acel mediu. În caz contrar, utilizarea se realizează cu prevederea unor măsuri suplimentare, cum ar fi introducerea cablurilor în tuburi, canale, tunele etc.

Mantaua de aluminiu este folosită cu bune rezultate, în prezent, la cablurile de energie cu tensiuni de până la 110 kV. Ca material pentru realizarea mantalei, aluminiu a fost introdus mult mai târziu decât plumbul. Aluminiul are proprietăți mecanice superioare plumbului, având rezistență mecanică de șase ori mai mare și greutate specifică de patru ori mai mică decât acesta. Are, însă, dezavantajul că este mai puțin rezistent la coroziune. Din acest motiv, mantaua de aluminiu se acoperă, de obicei, cu un înveliș protector din policlorură de vinil.

În cazul cablurilor de energie de joasă tensiune, mantaua de aluminiu prezintă și avantajul că poate fi folosită drept conductor de nul, aluminiul având o conductibilitate electrică de opt ori mai mare în raport cu plumbul.

Mantaua de mase plastice se folosește, pe scară tot mai largă, la construcția cablurilor de energie, la tensiuni de 1÷35 kV. Execuția și exploatarea mantalelor din materiale plastice sunt mai simple decât în cazul mantalelor etanșe executate din metal, plumb sau aluminiu. Policlorura de vinil a căpătat cea mai largă utilizare în acest scop, fiind, însă, folosită și polietilena.

Există multe situații în care, la cablurile de energie, atât izolația conductoarelor, cât și mantaua sunt executate din material plastic, dar se fabrică și cabluri izolate cu hârtie impregnată și cu manta din policlorură de vinil, precum și cabluri izolate cu policlorură de vinil, având manta de plumb.

De menționat faptul că, de multe ori, mantaua de material plastic se folosește în combinație cu o manta de aluminiu sau de plumb, ambele mantale completându-se, în scopul realizării unei protecții etanșe a părții active a cablului. În țara noastră, a fost normalizată fabricarea cablurilor de energie cu izolație și manta din policlorură de vinil. În unele țări, pentru cablurile de energie cu tensiunea de 1÷15 kV și izolație de cauciuc, mantaua se execută din neopren (policloropren).

2.1.4. Ecranul

Ecranul este învelișul metalic aplicat peste un conductor izolat sau peste un ansamblu de conductoare izolate, cu scopul principal de a elimina sau atenua simțitor acțiunea câmpurilor electrice sau magnetice străine asupra curentului electric care trece prin conductor, respectiv prin conductoare și invers.

La cablurile de energie, prezența ecranelor metalice urmărește, de fapt, următoarele scopuri:

- ❖ crearea unei suprafețe echipotențiale în jurul izolației și dirijarea, în acest fel, a câmpului electric;
- ❖ reducerea efectelor inductoare ale câmpurilor electrostatice externe și interne;
- ❖ asigurarea unei căi de trecere a curenților capacitivi sau a curenților de defect la pământ;
- ❖ asigurarea protecției persoanelor și a materialelor, în cazul perforării cablurilor, prin corpuri conductoare exterioare.

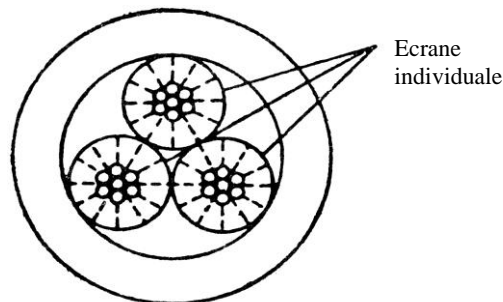


Figura 2 Repartiția, la un moment dat, a liniilor de forță la un cablu cu câmp radial

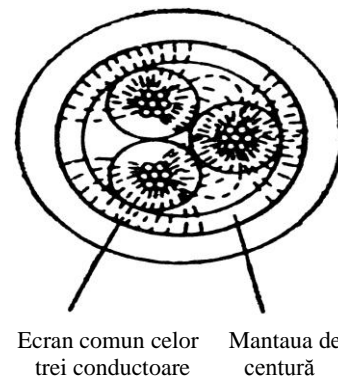


Figura 3 Repartiția, la un moment dat, a liniilor de forță la un cablu cu câmp neradial

După modul de dispunere a ecranelor și repartizării câmpului electric în regim trifazat, se disting cabluri cu câmp radial (Figura 2) și cabluri cu câmp neradial (Figura 3).

Atunci când ecranul înconjoară ansamblul conductoarelor, cablul de energie este cu câmp neradial. În această situație, dacă conductoarele sunt străbătute de un curent polifazat, câmpul electric într-un punct oarecare al izolației este permanent variabil atât ca mărime, cât și ca direcție. Câmpul electric prezintă o componentă tangențială neglijabilă, rigiditatea dielectrică fiind mai mică în această direcție, reprezentând circa 10% din rigiditatea dielectrică pe direcție radială.

Liniile de forță tangențiale ale câmpului electric determină apariția unor descărcări locale (ionizări), care în timp conduc la deteriorarea izolației. Din acest motiv, tensiunea de utilizare a unor astfel de cabluri cu câmp neradial este limitată la valori care depind de natura izolației, de regulă, până la 10 kV.

2.1.5. Învelișul cablului

Învelișul cablului este constituit din ansamblul straturilor destinate realizării unei forme determinate a cablului și de a asigura protecția contra degradărilor exterioare. Învelișul cablurilor poate fi format din:

- materialul de umplură între conductoarele izolate, pentru obținerea unei geometrii determinate a cablului, de regulă, circulară;
- învelișul de etanșeizare, denumit și manta de etanșeizare, care asigură protecția izolației împotriva umidității sau a agenților corozivi și se realizează din materiale sintetice sau metalice;
- armătura constituită din benzi metalice înfășurate, împletitură din sârmă sau sârmă înfășurată, ce asigură o protecție mecanică suplimentară;
- învelișul exterior, denumit și manta exterioară, realizat, în general, din materiale sintetice și care asigură protecția chimică și mecanică a cablurilor.

2.2. Clasificarea cablurilor electrice

Cablurile electrice pot fi clasificate după următoarele criterii: utilizare, tip constructiv, comportare la foc.

Clasificarea cablurilor după utilizare le împarte pe acestea în următoarele categorii:

- *cablul de energie*, denumit și cablu de forță, este cablul de înaltă tensiune (110-220 kV), medie tensiune (6-35 kV) sau de joasă tensiune (sub 1 kV) și este folosit în circuitele primare ale instalațiilor de producere, transport, distribuție și utilizare a energiei electrice, în curent alternativ sau curent continuu;

- *cablul pentru comandă și control* este cablul folosit în instalațiile de comandă, măsură, semnalizare, protecție și automatizare, având tensiuni de serviciu mai mici de 400 V;
- *cablul pentru telecomandă* este cablul folosit în instalațiile de telesemnalizări, telemăsură, telecomenzi și teleprotecție, având tensiuni de serviciu sub 60 V.

Clasificarea cablurilor după tipul constructiv le împarte pe acestea în două categorii:

- *cablul monopolar* este cablul format dintr-un conductor izolat și învelișul de protecție exterior;
- *cablul multipolar (multiconductor)* este cablul format din mai multe conductoare izolate distinct electric și solidare mecanic, precum și învelișul de protecție exterior.

După modul de comportare la foc, cablurile se pot clasifica în următoarele categorii:

- *cablu fără întârziere în propagarea flăcării;*
- *cablu cu întârziere la propagarea flăcării;*
- *cablu cu întârziere mărită la propagarea flăcării;*
- *cablu rezistent la foc.*

2.3. Caracteristicile electrice și termice ale cablurilor de energie

Tensiunea nominală se exprimă prin ansamblul valorilor U_0/U , în care U_0 reprezintă tensiunea nominală, valoare efectivă, între un conductor și învelișul metalic al cablului sau pământ; U reprezintă tensiunea nominală, la valoare efectivă, între două conductoare ale cablului:

$$U = \sqrt{3}U_0 - \text{în curent alternativ trifazat};$$

$$U = U_0 - \text{în curent alternativ monofazat sau în curent continuu.}$$

Curentul maxim admisibil de durată al cablurilor, la o anumită temperatură a mediului exterior, este sarcina maximă pe care o pot suporta conductoarele cablului, fără a se depăși temperatura maximă admisibilă de lucru, în regim de durată.

Temperatura maximă a conductoarelor în regim permanent este valoarea maximă în conductor rezultată prin însumarea temperaturii mediului exterior și a supratemperaturii datorită trecerii curentului electric.

Temperatura maximă a conductorului în condiții de scurtcircuit este temperatura cea mai ridicată a conductoarelor ce se poate admite după un scurtcircuit având o durată maximă de 5 secunde.

2.4. Tipuri constructive de cabluri de energie

Există, în prezent, o mare varietate constructivă de cabluri de energie. Cablurile de energie care se construiesc în țară și se folosesc, de regulă, în instalațiile electroenergetice sunt pentru tensiunile de 1- 10 kV, cu izolație din PVC sau hârtie impregnată și de 20 kV, cu izolație din polietilenă reticulată.

La definirea tipului de cablu este necesar a se specifica, în mod obligatoriu: simbolul, secțiunea nominală a conductorului, tensiunea nominală U_0/U sau U și numărul de conductoare.

Pentru cablurile fabricate în țară, simbolurile sunt formate din litere dispuse într-o ordine stabilită, care semnifică principalele elemente constructive ale cablului, după cum urmează:

- începutul simbolului este format din litera C (pentru cabluri de cupru) sau grupul de litere AC (pentru cabluri din aluminiu);
- următoarea literă specifică tipul izolației:
 - H – pentru izolație de hârtie;
 - Y – pentru izolație de PVC.
- urmează o literă asociată mantalei:
 - P – manta de plumb;
 - Y – manta din PVC;
 - A – manta din aluminiu.
- a patra sau a cincea literă indică existența armăturii metalice: B sau Ab;
- următoarea literă I se adaugă dacă există învelișuri exterioare de protecție;
- ultima literă Y indică izolația sau mantaua de PVC, respectiv 2Y - izolația sau mantaua din polietilenă normală.

2.4.1. Cabluri cu izolație din hârtie impregnată

- ***Cabluri de energie cu izolație din hârtie impregnată, în manta de plumb, pentru tensiunea nominală U_0/U de 0,6/1 kV***

Cablurile respective sunt cabluri de energie, cu conductoare de cupru sau aluminiu, cu izolație de plumb, armate, destinate pentru transportul, distribuția și utilizarea energiei electrice în instalații fixe, pentru tensiunea nominală de 0,6/1 kV. Modul constructiv al acestor cabluri este indicat în Figura 4, iar principalele lor caracteristici în Anexa 1.

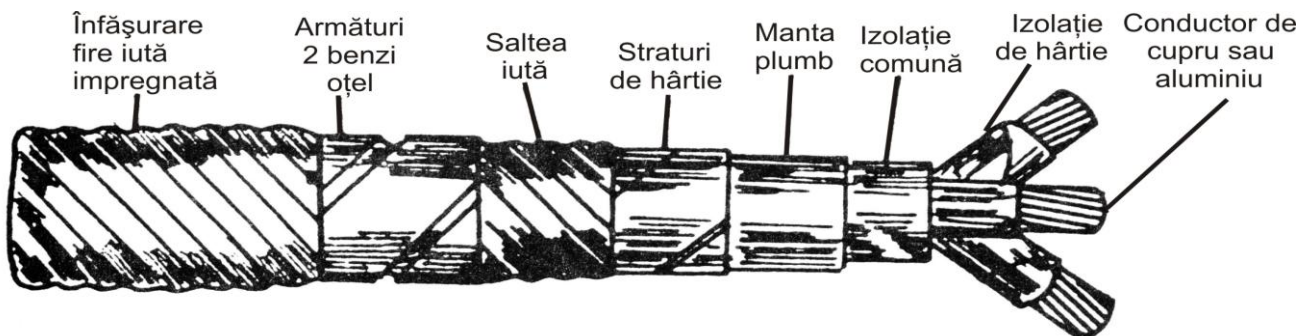


Figura 4. Cablu CHPBI, respectiv ACHPBI

- ***Cabluri de energie cu izolație din hârtie impregnată, în manta de plumb, pentru tensiunea nominală $U=10$ kV***

Cablurile respective sunt cabluri de energie, cu conductor de cupru sau aluminiu, cu izolație de hârtie și manta de plumb, armate și nearmate, destinate pentru transportul, distribuția și utilizarea energiei electrice în instalații fixe, pentru tensiunea nominală $U=10$ kV. Construcția acestor cabluri este asemănătoare cu cea indicată în Figura 4.

2.4.2. Cablu cu izolație din mase plastice

- **Cabluri de energie cu izolație și manta din PVC, cu ecran de sârmă de aluminiu, pentru tensiunea nominală 0,6/1 kV**

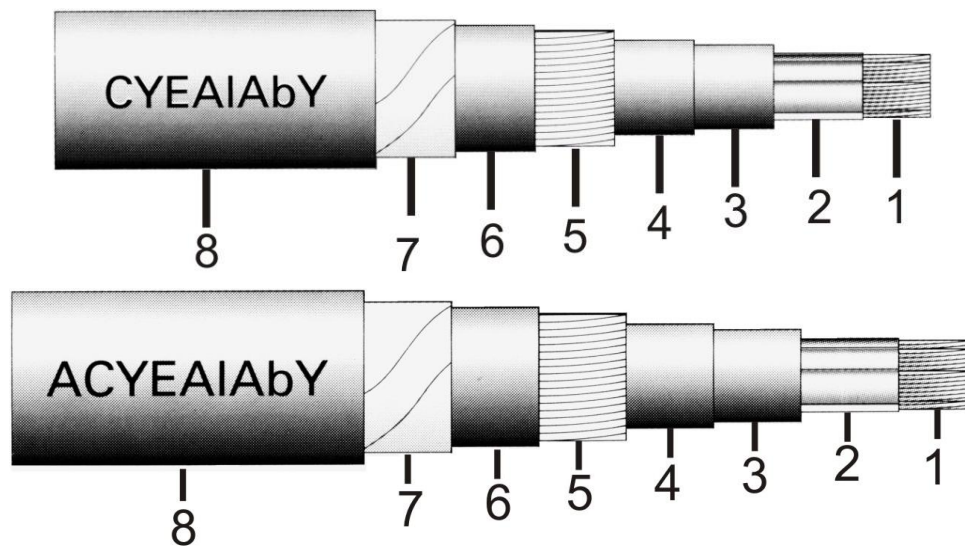


Figura 5. Cablu CYEAIAbY, respectiv ACYEAIAbY

1-conductor de cupru rotund unifilar (clasa1) sau rotund multifilar (clasa2), respectiv conductor din aluminiu rotund unifilar (clasa 1); 2- izolație din PVC; 3-înveliș comun; 4-manta interioară din PVC; 5- ecran din sârmă de aluminiu; 6- strat separator; 7- armătură din bandă de oțel; 8- manta exterioară din PVC.

Cablurile respective sunt cabluri de energie, cu conductor de cupru sau de aluminiu, cu izolație din PVC, ecran din sârmă de aluminiu, armătură din bandă de oțel și manta exterioară din PVC, destinate pentru distribuția și utilizarea energiei electrice în instalații fixe, pentru tensiunea nominală de 1 kV. Modul constructiv al acestor cabluri este redat în Figura 5.

Aceste cabluri sunt destinate pentru distribuția energiei electrice în instalații fixe, cu limitarea perturbațiilor electrice pe care le generează față de alte instalații electrice de curenți slabi, dar și cu reducerea influențelor față de câmpurile electromagnetice.

- **Cabluri electrice cu conductor concentric din aluminiu sau cupru pentru bransamente monofazate**

Aceste cabluri sunt destinate realizării bransamentelor monofazate, modul lor constructiv fiind prezentat în Figura 6.

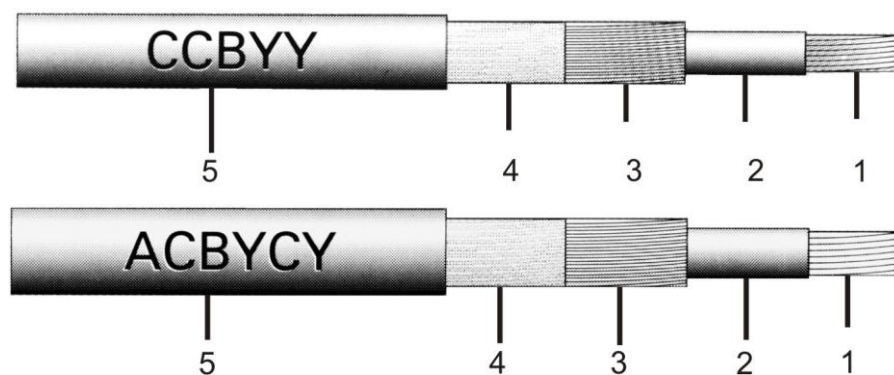


Figura 6. Cablu ACBYCY, respectiv CCBYY

1- conductor de fază din aluminiu rotund multifilar (clasa 2), respectiv din cupru rotund multifilar (clasa 2);
2- izolație din PVC; 3- conductor de nul din aluminiu, respectiv cupru; 4- strat separator;
5- manta exterioară din PVC.

- **Cabluri de energie din aluminiu sau cupru, de joasă tensiune – 0,6/1 (1,2) kV, ecranate**

Aceste cabluri de energie sunt utilizate în rețelele de distribuție de joasă tensiune, în curent alternativ sau continuu, acolo unde nu este necesară protecția mecanică a cablului în timpul instalării și funcționării. În Figura 7 este prezentat modul constructiv al acestor tipuri de cabluri, având simbolul SZAMKAM.

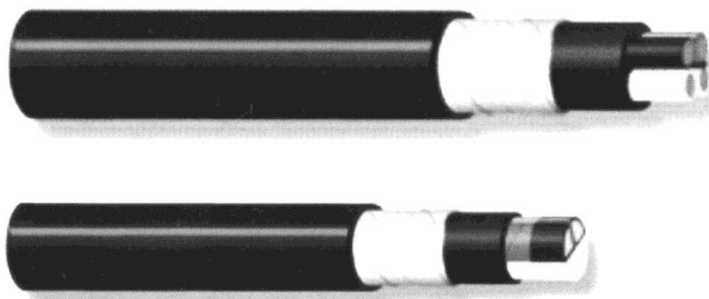


Figura 7 Cabluri SZAMKAM

Din punct de vedere constructiv, cablurile SZAMKAM sunt realizate din următoarele tipuri de conductoare: unifilar rotund (RE), multifilar compactizat rotund (RM), unifilar de tip sector (SU) și multifilar compactizat de tip sector (SM). Izolația este realizată din policlorură de vinil, iar învelișul intern/umpluturi din extrudat sau din benzi nemetalice aplicate elicoidal. Cablurile sunt ecranate folosind benzi metalice din aluminiu, aplicate elicoidal. În ceea ce privește mantaua exterioară, aceasta este realizată din policlorură de vinil de culoare neagră.

- **Cabluri cu conductoare din cupru sau aluminiu, armate, la joasă tensiune – 0,6/1 (1,2) kV**

Aceste cabluri de energie sunt utilizate în rețelele de distribuție de joasă tensiune, în curent alternativ sau continuu, acolo unde nu este necesară protecția mecanică a cablului în timpul instalării și funcționării. În Figura 8 este prezentat modul constructiv al acestor tipuri de cabluri, având simbolul CYAbY.

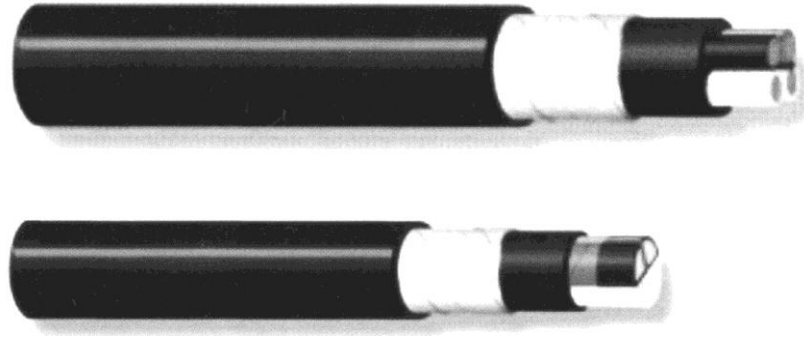


Figura 8 *Cabluri CYAbY*

Din punct de vedere constructiv, cablurile CYAbY sunt realizate din următoarele tipuri de conductoare: unifilar rotund (RE) și multifilar compactizat rotund (RM). Izolația este realizată din policlorură de vinil, iar învelișul intern/umpluturi din extrudat sau din benzi nemetalice aplicate elicoidal. Pentru armăturile cablurilor se folosesc fie benzi metalice din oțel laminat la rece/cald, în cazul cablurilor multiconductoare, fie aluminiu sau aliaje de aluminiu, pentru cablurile monoconductoare. Mantaua exterioară este executată din policlorură de vinil, de culoare neagră. De asemenea, se produce și o altă variantă a acestui tip de cabluri, cu simbolul CYAbY-F, reprezentând cabluri cu întârziere mărită la propagarea flăcării.

Cablurile descrise anterior sunt printre cele mai utilizate cabluri de energie la realizarea instalațiilor de distribuție a energiei electrice. Acestea pot fi pozate în pământ (protejat), tuburi, canale, aer liber, beton și apă. În condiții normale de exploatare, temperatura maximă a conductorului este de 70°C, iar în regim de scurtcircuit, cu durate mai mici de 5s, pentru secțiuni mai mici sau egale cu 300 mm², temperatura maximă admisă pe conductor este de 160°C. Raza minimă de curbură la pozare este 12xD_c, pentru conductoare multifilare, respectiv 15xD_c, pentru conductoare monofilare.

- ***Cabluri de energie de aluminiu sau cupru cu izolație din polietilenă reticulată și manta din PVC pentru tensiuni nominale $U_0/U=12/20$ kV, $U_m=24$ kV***

Aceste cabluri sunt destinate distribuției energiei electrice în instalații fixe, pentru tensiuni nominale $U_0/U=12/20$ kV și $U_m=24$ kV, la 50 Hz. Modul lor constructiv este prezentat în Figura 9.

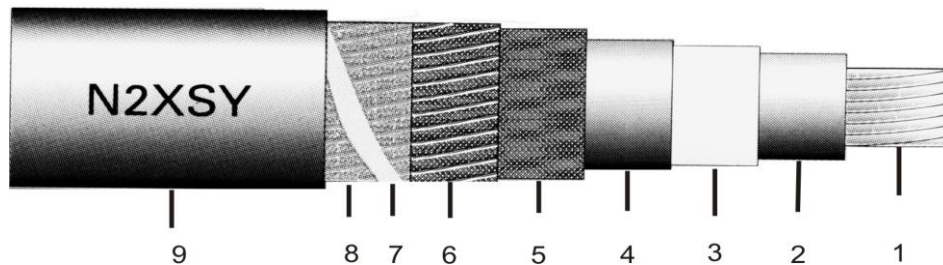


Figura 9. *Cablu N2XSY, respectiv NA2XSY*

- 1-conductor de cupru, respectiv de aluminiu; 2- strat semiconductor interior; 3- izolație din polietilenă reticulată; 4- strat semiconductor exterior; 5- bandă semiconductoare; 6- ecran din sârmă de cupru; 7- contraspiră din bandă de cupru; 8- strat separator; 9- manta din PVC.***

- **Cabluri de energie din cupru sau aluminiu cu izolație din polietilenă reticulată și manta din PVC pentru tensiuni nominale $U_0/U=12/20$ kV, $U_m=24$ kV, cu barieră longitudinală împotriva propagării apei**

Aceste cabluri sunt destinate pentru transportul și distribuția energiei electrice în instalații fixe, pentru tensiuni nominale $U_0/U=12/20$ kV și $U_m=24$ kV, la 50 Hz. Modul lor constructiv este prezentat în Figura 10.

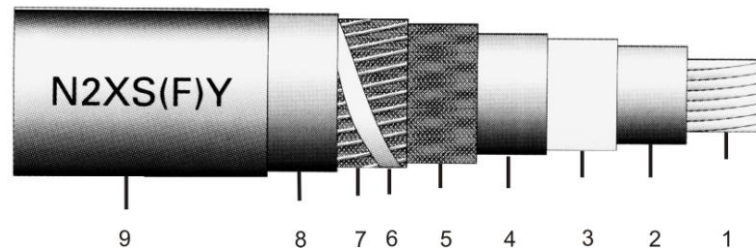


Figura 10. Cablu N2XS(F)Y, respectiv NA2XS(F)Y

1-conductor de cupru, respectiv aluminiu; 2- strat semiconductor interior; 3- izolație din polietilenă reticulată; 4- strat semiconductor exterior; 5- bandă semiconductoare cu barieră la propagarea apei; 6- ecran din sârmă de cupru; 7- contraspiră din bandă de cupru; 8- bandă semiconductoare cu barieră la propagarea apei; 9- manta din PVC.

- **Cabluri de medie tensiune monofazate cu conductoare din aluminiu sau cupru, izolate cu XLPE, pentru tensiunea nominală 6/10 kV, având protecție longitudinală și transversală la pătrunderea apei**

Aceste cabluri de energie de medie tensiune, monofazate, sunt utilizate în instalațiile industriale, precum și în centralele electrice, atunci când sunt pozate în interior sau în țevi, neavând întârziere la propagarea flăcării. În Figura 11 este prezentat modul constructiv al acestor tipuri de cabluri, având simbolul A2XS(FL)2Y.

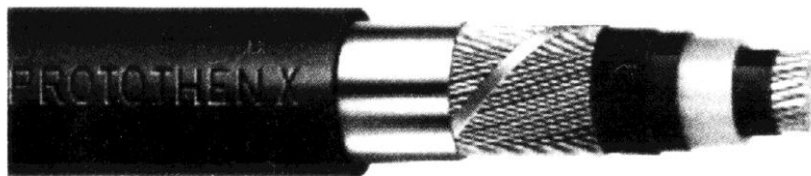


Figura 11 Cablu A2XS(FL)2Y

Constructiv, cablurile de tip A2XS(FL)2Y sunt realizate din următoarele tipuri de conductoare și anume unifilar rotund (RE), respectiv multifilar compactizat rotund (RM). De asemenea, există un strat semiconductor interior, realizat din elastomer extrudat, care este lipit ferm de materialul izolator. Izolația cablului este realizată din polietilenă reticulată (XLPE) extrudată. La exterior, se află un strat semiconductor din elastomer extrudat, lipit ferm sau ușor jupuibil de materialul izolator, la care se adaugă un strat de protecție contra umezelii și a susținerii ecranului, realizat din benzi semiconductoare gonflabile ce se aplică elicoidal sau longitudinal, cu suprapunere. Cablurile sunt

ecranate folosind fire de cupru aplicate elicoidal, precum și o contraspîră din bandă de cupru, folosită pentru strângere. Împotriva umezelii este prevăzut un strat de protecție din benzi de aluminiu cu copolimer de polietilenă (PE), aplicate cu suprapunere și lipite ferm de mantaua exterioară. În ceea ce privește mantaua exterioară, aceasta este realizată din polietilenă de culoare neagră.

- **Cabluri de energie de cupru sau aluminiu cu izolație din polietilenă reticulată și manta din polietilenă pentru tensiuni nominale $U_0/U=12/20$, $U_m=24$ kV, cu barieră longitudinală și transversală împotriva propagării apei**

Cablurile respective sunt destinate pentru transportul și distribuția energiei electrice în instalații fixe, pentru tensiuni nominale $U_0/U=12/20$ kV și $U_m=24$ kV, la 50 Hz. Modul lor constructiv este prezentat în Figura 12.

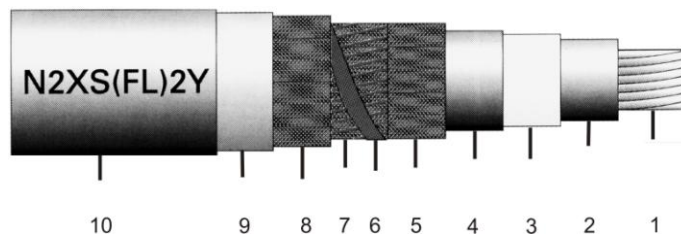


Figura 12. Cablu N2XS(FL)2Y, respectiv NA2XS(FL)2Y

1- conductor de cupru, respectiv aluminiu; 2- strat semiconductor interior; 3- izolație din polietilenă reticulată; 4- strat semiconductor exterior; 5- bandă semiconductoare cu barieră la propagarea apei; 6- ecran din sîrmă de cupru; 7- contraspîră din bandă de cupru; 8- bandă cu barieră la propagarea apei; 9- strat separator din folie de aluminiu; 10- manta din polietilenă

2.5. Accesorii folosite la construcția liniilor în cablu

Construcția unei linii electrice în cablu presupune, în afara operațiilor de pozare a cablurilor, executarea înnădirilor și a racordurilor terminale. Se folosesc, în acest scop, manșoane și cutii terminale (cap terminal). Aceste accesorii trebuie să îndeplinească o serie de condiții generale:

- să nu existe diferențe din punct de vedere electric și mecanic în ceea ce privește cablul pe care sunt folosite;
- să asigure protecția cablurilor electrice împotriva pătrunderii umezelii, precum și a altor substanțe cu acțiune nocivă sau corozivă din mediul exterior;
- să reziste la tensiunile de încercare prescrise pentru cablurile electrice la care sunt folosite.

2.5.1. Manșoane

Manșoanele reprezintă o construcție izolanță, etanșă, care servește la îmbinarea a două sau mai multe porțiuni de cabluri. Cele mai răspândite sunt manșoanele de legătură sau de joncțiune, care realizează joncțiunea tronsoanelor de cablu de pe același traseu. De asemenea, la liniile electrice în cablu de joasă și medie tensiune se folosesc și manșoane de derivație și anume:

- *derivație în T* – accesoriu care asigură racordarea în derivație a unui cablu la o linie principală (cablul principal), axele celor două cabluri fiind aproximativ perpendiculare;
- *derivație în Y* – accesoriu ce asigură racordarea în derivație a unui cablu la un cablu principal, axele celor două cabluri fiind aproximativ paralele;
- *derivație dublă* – accesoriu care asigură racordarea a două cabluri de derivație la o linie principală (cablu principal), unde axele cablurilor sunt, în general, aproximativ paralele.

Un alt tip de manșoane folosite la liniile electrice în cablu îl reprezintă manșoanele de stopare, care au rolul de a împiedica, în cazul cablurilor cu izolație impregnată, deplasarea masei de impregnare fluide pe porțiunile denivelate, ce depășesc prescripțiile pentru cablul respectiv.

Manșoanele folosite la liniile electrice în cablu trebuie să asigure:

- continuitatea perfectă a conductoarelor din cabluri;
- continuitatea electrică a mantalei metalice și etanșeitățile mantalei de plumb sau aluminiu;
- continuitatea electrică a benzilor metalice de armare și a ecranelor metalice;
- nivelul de izolație;
- protecție mecanică similară cu cea a cablului.

Manșoanele de legătură și derivație erau realizate, până nu de mult, din carcase de fontă, formate din două jumătăți asamblate prin șuruburi.

În Figura 13 se prezintă o joncțiune de legătură cu manșon din fontă, pentru un cablu de joasă tensiune, iar în Figura 14 – un manșon de derivație din fontă.

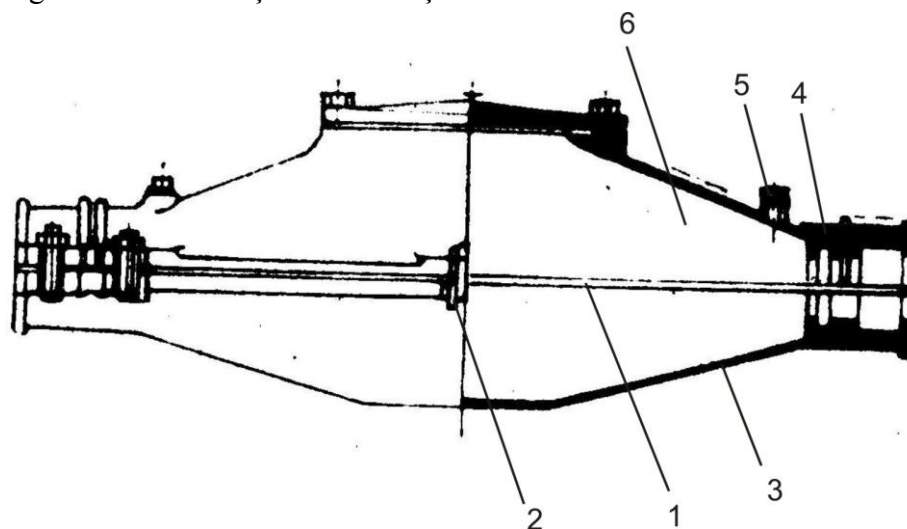


Figura 13 Manșon de legătură din fontă pentru un cablu de joasă tensiune
1 – conductor; 2 – distanțor; 3 – carcasă de fontă; 4 – armătură metalică;
5 – șurub de legare la pământ; 6 – masă de turnare

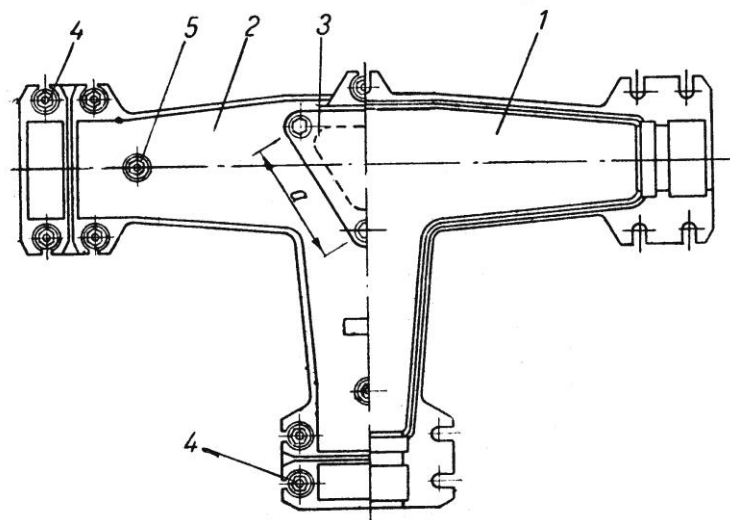


Figura 14 Manșon de derivație din fontă

**1 – carcasă inferioară; 2 – carcasă superioară; 3 – capac; 4 – brățară de prindere a cablului;
5 – șurub de legare la pământ**

]Pentru manșoanele de fontă folosite în trecut la înădirea cablurilor de joasă tensiune, fișele tehnologice prevedeau parcurgerea următoarelor faze principale de execuție:

- Înlăturarea straturilor de protecție și a izolației conductoarelor la locul de îmbinare.
- Executarea legăturii între conductoare, operație ce se efectuează prin lipire în cleme de legătură.
- Refacerea izolației conductoarelor. La joasă tensiune, această operație nu este necesară deoarece masa de umplură din interiorul manșonului asigură o izolație suficientă. Unele tehnologii prevăd totuși înfășurarea individuală și comună a conductoarelor în zona clemelor de racord, prin folosirea unor straturi de hârtie impregnată.
- Montarea manșonului exterior de protecție are loc după terminarea operațiilor în interiorul jumătății inferioare a manșonului. Se strâng cele două jumătăți ale manșonului cu șuruburi, se asigură continuitatea învelișurilor metalice prin legarea lor împreună, în exteriorul manșonului, cu conductoarele de punere la pământ. Se toarnă apoi masă neagră bituminoasă încălzită la $110\div 115^{\circ}\text{C}$, după ce mai întâi corpul manșonului a fost încălzit cu flacără de benzină la $50\div 60^{\circ}\text{C}$.

Joncțiunile de derivație de joasă tensiune necesită faze de execuție similare, cu unele particularități, după cum cablul principal este secționat sau nu la locul de îmbinare cu cablul de derivație.

Execuția manșoanelor de legătură la cablurile de medie tensiune se execută, în linii mari, parcurgând aceleași faze tehnologice prezentate anterior, dar se adaugă o serie de operații și elemente constructive noi. Astfel, deosebirile esențiale la executarea manșoanelor la cablurile de $6\div 20\text{ kV}$ față de cele de 1 kV sunt următoarele:

- Refacerea izolației conductoarelor la o grosime sporită față de izolația inițială.
- Introducerea în manșonul de fontă a unui manșon interior din tablă laminată de plumb, format din două jumătăți. Acest manșon interior se aplică peste conductoarele îmbinate și reizolate, iar în interiorul manșonului de plumb se toarnă masă izolantă de calitate superioară (masă galbenă). Între manșonul interior de plumb și cel exterior de fontă se toarnă masă neagră.

În cazul cablurilor de energie cu tensiuni de 25÷35 kV, cu trei mantale, este necesar să se execute, pentru fiecare fază, un manșon interior de plumb, apoi se montează manșonul de fontă peste cele trei manșoane de plumb. Din cauza greutateii mari a manșoanelor de fontă și implicit a consumului ridicat de metal folosit la realizarea acestora, de-a lungul timpului, s-au dezvoltat noi procedee de manșonare odată cu progresele realizate de chimia polimerilor sintetici, urmărind înlocuirea fontei cu materiale mai ieftine și mai ușoare. Sunt cunoscute, în acest sens, procedee de manșonare prin folosirea benzilor adezive, a cauciucului și a rășinilor sintetice turnate la locul de montaj.

Manșonarea cu ajutorul benzilor a cablurilor de energie se realizează folosind benzi adezive, unele din aceste benzi având calități dielectrice înalte, iar altele oferă o oarecare protecție mecanică. La noi în țară, drept bandă electroizolantă este utilizată o folie subțire de polietilenă, pe care este aplicat un strat adeziv. De asemenea, se mai folosește, în acest scop, un cauciuc autofuzionant, care se prezintă tot sub formă de bandă. Acesta are marele avantaj că, atunci când este aplicat sub tracțiune puternică, umple complet toate spațiile din apropierea conductorului, nepermițând, în felul acesta, să rămână interstiții de aer care se pot ioniza ulterior. În Figura 15 este reprezentată o secțiune printr-un manșon pe un cablu monopolar executat din cauciuc autofuzionant.

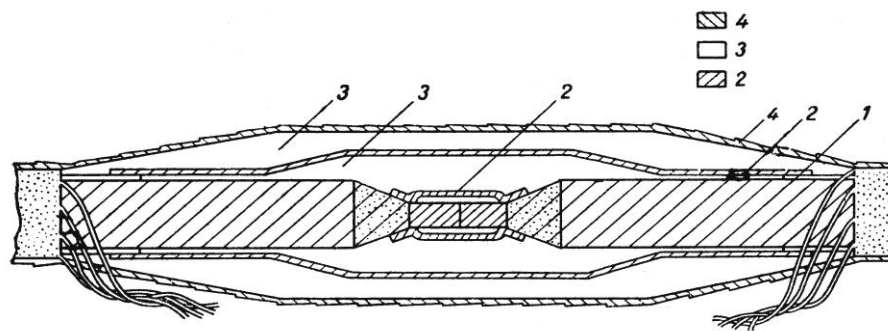


Figura 15 Manșon pe cablu monopolar executat cu cauciuc autofuzionant
1- izolație originală; 2 – straturi semiconductoare; 3 – izolație de cauciuc autofuzionant; 4 – protecție exterioră din bandă PVC

În scopul realizării unui astfel de manșon, se parcurg următoarele faze: desfacerea capetelor de cabluri; înnădirea conductoarelor prin lipire, sudare sau presare la rece; refacerea stratului izolant prin înfășurarea clemei și a conductorului cu bandă electroizolantă adezivă până când grosimea izolației astfel refăcute reprezintă 1,5÷2 ori grosimea izolației de fabrică; la capete, izolația se termină sub formă de con, în vederea evitării modificărilor bruște de dielectric.

La cablurile de energie de 10 kV cu câmp radial, care au straturi semiconductoare atât direct pe conductor, cât și peste izolația fiecărei faze, este necesar să se refacă și aceste straturi semiconductoare, folosind, în acest scop, o bandă din pânză impregnată cu grafit coloidal. De asemenea, deasupra stratului semiconductor se reface ecranul din bandă de cupru, cu asigurarea legăturilor electrice, pentru ca respectivul cablu să rămână cu câmp radial și pe porțiunea de îmbinare.

Cablurile de energie cu tensiunea de 20 kV au izolația din mase plastice și anume polietilenă, polietilenă reticulată sau cauciuc silionic. Aceste cabluri sunt, de regulă, cu câmp radial, având ecran deasupra fiecărei faze. Tehnologia de execuție, cu ajutorul benzilor, a manșoanelor de 20 kV este asemănătoare cu cea folosită la manșoanele de 10 kV, cu diferența că grosimile de reizolare sunt mai mari, crescând, de asemenea, distanța dintre conductor și ecran, de-a lungul izolației conductorului, precum și lungimea totală a manșonului. O secțiune printr-un astfel de manșon monofazat de 20 kV este prezentată în Figura 16.

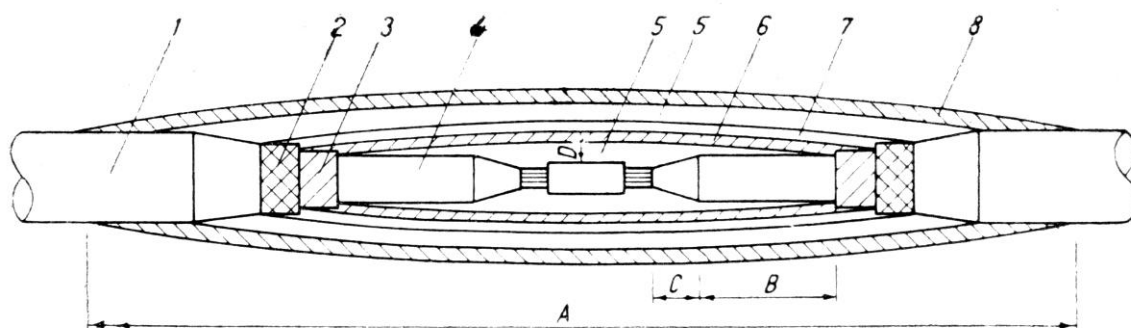


Figura 16 Manșon pentru un cablu de energie monofazat de 20 kV
1 – mantaua exterioară; 2 – ecran metalic; 3 – strat semiconductor; 4 – izolație; 5 – cauciuc autofuzionant; 6 – bandă semiconductoare; 7 – bandaje cu țesătură de cupru; 8 – țesătură de poliester impregnată cu rășină epoxidică

La realizarea acestor manșoane, o atenție specială trebuie acordată execuției, în sensul că în spațiul de reizolare să nu existe murdărie sau incluziuni de aer, iar trecerile să fie line. Manșonul reprezentat în Figura 16 este prevăzut cu un ecran metalic dintr-o țesătură subțire de cupru, iar protecția mecanică exterioară se constituie dintr-o țesătură impregnată cu rășină epoxidică, cu întărire la rece. În felul acesta, manșonul este suficient de rezistent pentru a putea fi pozat în locuri fără solicitări mecanice foarte mari.

Manșonare cu rășini de turnare. Tehnica executării îmbinărilor la cablurile de energie a suferit modificări importante odată cu dezvoltarea chimiei polimerilor sintetici și apariția maselor plastice. Pe baza cercetărilor efectuate, dintre produsele chimiei polimerilor sintetici, care s-au dovedit corespunzătoare executării îmbinărilor de cabluri electrice, au fost rășinile de turnare, împărțite în două categorii și anume: rășini epoxidice și rășini poliesterice.

În scopul realizării manșoanelor de legătură, cea mai largă răspândire o prezintă rășinile epoxidice, produse din dioxifenilpropan și epiclorhidrină. Din cele două componente, combinate în

diverse proporții, se obține o gamă variată de rășini, de la cele lichide până la cele aproape solide, având diferite greutate moleculare, temperaturi de topire și conținut de grupe epoxidice. Rășinile epoxidice fac parte din clasa materialelor termoplastice, principala lor proprietate, folosită la îmbinarea cablurilor de energie, fiind aceea că în combinații cu anumite substanțe (amine, acizi mono sau dicarboxilici, melamine etc.) suferă fenomene de polimerizare, întărindu-se definitiv și devenind, în felul acesta, duroplaste. Dintre alte avantaje oferite de rășinile epoxidice mai pot fi amintite următoarele:

- proprietăți superioare altor rășini și anume: adeziune ridicată, contracție minimă, stabilitate termică, rezistență la umiditate;
- înalte calități electrice, fiind un izolant ideal care, odată turnat și întărit, formează o masă compactă etanșă, împotriva agenților exteriori, având o bună rezistență mecanică;
- folosite în stare lichidă, rășinile epoxidice pot fi introduse în manșoanele de îmbinare a cablurilor ori prin turnare liberă, ori prin injectare sub presiune.

În ceea ce privește produsul finit care se introduce în manșonul de legătură, acesta se obține prin amestecarea rășinilor epoxidice cu o substanță de polimerizare, denumită agent întăritor. Aportul unei cantități de căldură din exterior favorizează întărirea rășinii turnate, micșorând practic durata de întărire.

Pentru realizarea manșoanelor folosind rășini epoxidice, au fost utilizate următoarele procedee:

- turnarea rășinii în jurul îmbinării conductoarelor, într-o formă tip anvelopă;
- introducerea rășinii prin injectare sub presiune într-un manșon realizat dintr-o țesătură înfășurată;
- realizarea unei izolații stratificate din rășină epoxidică și țesătură.

2.5.2. Cutii terminale

Cutiile terminale se montează la capetele liniilor electrice în cablu și permit conectarea cablurilor de energie la bornele aparatelor și mașinilor, la barele stațiilor și posturilor de transformare, având rolul de a asigura condițiile necesare de izolare, protecție împotriva umezelii și poluării și etanșarea capetelor cablurilor de energie.

În trecut, cutiile terminale se executau din fontă, tablă de oțel sau plumb, iar în prezent se realizează fie folosind rășini epoxidice, fie prin utilizarea tuburilor termocontractabile. Particularitățile constructive ale cutiilor terminale depind de tipul acestora (interior sau exterior), de locul de montaj, precum și de tensiunea și izolația cablului. Cele mai folosite tipuri de cutii terminale în practică sunt următoarele:

- *Cutii terminale cilindrice de interior, din fontă, pentru cabluri armate, cu izolație de hârtie – 1 kV*, folosite la instalațiile interioare, cum ar fi:
 - posturi de transformare;

- puncte de aprindere pentru iluminatul public și la nișele de abonat etc.
- *Cutii terminale de plumb, de interior – 1kV*, utilizate exclusiv în stațiile și posturile de transformare, în locuri ferite de umezeală și lovituri mecanice, la cablurile de energie cu manta de plumb, izolație de hârtie, armate sau nearmate.
- *Cutii terminale de fontă, de exterior – 1 kV*, folosite, în special, la terminarea unui cablu de energie armat și la legarea acestuia cu o linie electrică aeriană.
- *Cutii terminale din plumb – 10 kV, pentru interior*, utilizate în cazul cablurilor cu manta de plumb, armate și nearmate, cu izolație de hârtie și tensiunea de 10 kV, fiind folosite exclusiv în stațiile și posturile de transformare, precum și în locurile ferite de umezeală și lovituri mecanice.
- *Cutii terminale de fontă pentru exterior*, folosite, de regulă, în instalațiile exterioare, pentru cabluri de energie cu izolație și manta din policlorură de vinil, care pot fi armate sau nearmate.
- *Capete terminale din rășină sintetică pentru cablu monofazat și trifazat – 20 kV*. Aceste capete terminale (uscate) sunt de tip interior sau de tip exterior, fiind folosite numai în cazul cablurilor cu izolație și manta de policlorură de vinil sau de polietilenă.

În Figurile 17 ÷ 23 sunt prezentate câteva tipuri uzuale de cutii terminale de interior și de exterior, precum și principalele lor părți componente.

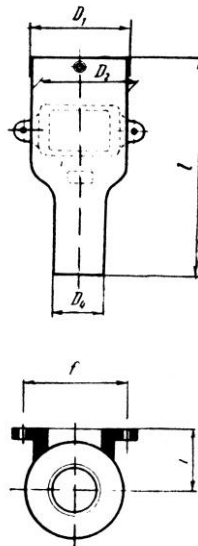


Figura 17 *Cutie terminală cilindrică de interior, din fontă – 1 kV*

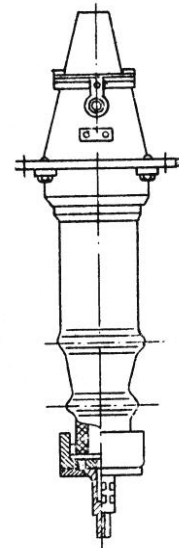


Figura 18 *Cutie terminală monofazată pentru interior, de 20 kV*

Cutiile terminale se montează la capetele liniilor în cablu și permit conectarea cablurilor la barele aparatelor și mașinilor, la barele stațiilor și posturilor de transformare sau la liniile electrice aeriene, având rolul de a asigura condițiile necesare de izolare și etanșare a capetelor cablurilor.

Particularitățile constructive depind, în mare măsură, de locul de montaj, de tensiunea și izolația cablului. Cutiile terminale se executau în trecut din fontă, tablă de oțel sau plumb, iar în prezent se realizează din materiale sintetice și anume tuburi termocontractabile.

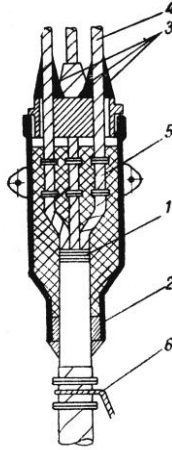


Figura 19 Cutie terminală din fontă, de interior (1kV)

- 1 – matisarea izolației comune;
- 2 – etanșarea cutiei la bază;
- 3 – etanșarea ieșirii fazelor;
- 4 – protejarea conductoarelor cu bandă lăcuită;
- 5 – porțiune dezizolată pentru etanșare;
- 6 – conductor de punere la pământ.

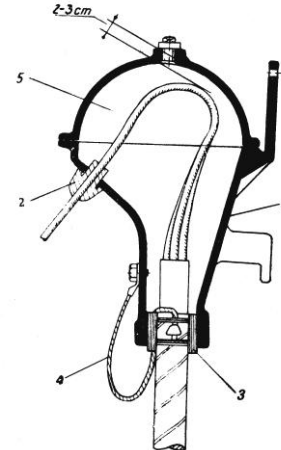


Figura 20 Cutie terminală din fontă, de exterior (1kV)

- 1 – corpul de fontă;
- 2 – izolatoare de trecere;
- 3 – etanșarea cu carton asfaltat;
- 4 – conductor de punere la pământ;
- 5 – masă bituminoasă.

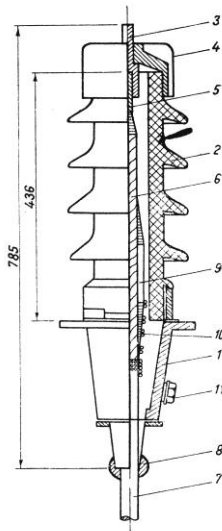


Figura 21 Cutie terminală din fontă, de exterior

- 1 – corpul de fontă; 2 – izolator;
- 3 – bornă de racord; 4 – capac;
- 5 – conductor; 6 – izolația conductorului;
- 7 – manta de plumb; 8 – lipitură;
- 9 – izolație întărită;
- 10 – terminația ecranului;
- 11 – șurub de punere la pământ

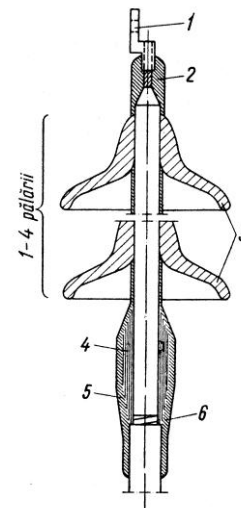


Figura 22 Cap terminal monopolar de 10 kV

- 1 – papuc;
- 2 – etanșare cu bandă adezivă;
- 3 – pălării de protecție;
- 4 – întărirea izolației;
- 5 – terminarea ecranului;
- 6 – protecție cu bandă adezivă

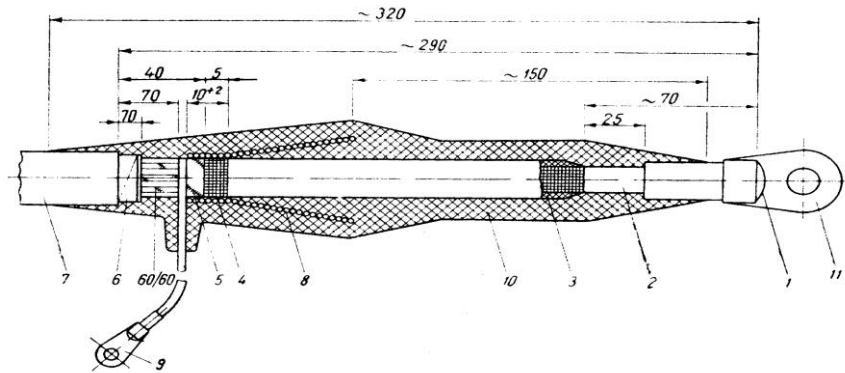


Figura 23 Cutie terminală din rășină pentru cablu de 10 kV, cu izolație din mase plastice
 1 – papuc; 2 – conductor; 3 – izolație; 4 – strat semiconductor; 5 – ecran din bandă de aluminiu;
 6 – înfășurare de protecție a ecranului; 7 – manta exterioară; 8 – pâlnie de dirijare a potențialului;
 9 – papuc de punere la pământ; 10 – izolație și etanșare din rășină.

La montarea cutiilor terminale se respectă, în general, aceleași reguli tehnologice ca și la manșoanele de înădădire, cu adaptări determinate de tipul cutiei terminale.

Capetele conductoarelor care ies din cutiile terminale se prevăd, în cele mai multe cazuri, cu *papuci de cablu*, care permit efectuarea legăturilor la bornele aparatelor. Papucii de cablu sunt de diferite forme și dimensiuni, turnați sau ștanțați (Figura 24) și se montează la capetele conductoarelor cablurilor prin lipire, sudare sau presare.

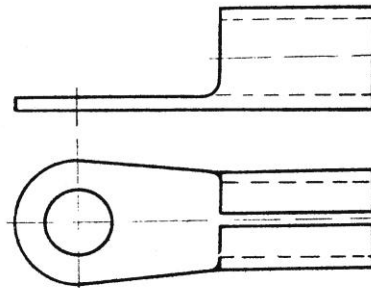


Figura 24 Papuc ștanțat din cupru, pentru montare prin lipire

Pentru cablurile de energie cu izolație de mase plastice, cutiile terminale au o execuție mai simplă, deoarece aceste cabluri, neavând masă de impregnare, nu ridică probleme deosebite în ceea ce privește etanșitatea.

Protejarea izolației la capătul terminal se execută cu bandă din policlorură de vinil, la cablurile de joasă tensiune, iar la cablurile de energie 6÷10 kV, se folosește bandă adezivă izolantă. La cablurile de energie cu tensiunea de 20 kV și izolație de mase plastice, cutiile terminale sunt monofazate, confecționate fie din rășini sintetice, fie utilizând tuburile termocontractabile.

3. Modul de desfășurare a lucrării

- Se vor recunoaște tipurile de materiale folosite la realizarea diferitelor elemente ale cablurilor, cu principalele lor proprietăți mecanice și fizice.
- Studenții vor identifica tipurile constructive de cablu de joasă, medie și înaltă tensiune, după eșantioanele de cablu existente în colecția laboratorului de T.D.E.E.
- Se vor executa schițe cu secțiuni transversale pentru câteva eșantioane de cablu existente în laborator și se va indica modul lor de simbolizare.

Bibliografie

1. **Georgescu Gh.**, *Sisteme de distribuție a energiei electrice*, Editura Politehniun, Iași, 2007.
2. **Georgescu Gh., Neagu B.**, *Proiectarea și exploatarea asistată de calculator a sistemelor publice de repartiție și distribuție a energiei electrice*, vol. 1, partea I-a, Editura Fundației Academice AXIS, Iași, 2010.
3. **Georgescu Gh.**, *Transportul și distribuția energiei electrice. Lucrări practice de laborator*, Editura Politehniun, Iași, 2005.
4. **Georgescu Gh.**, *Transportul și distribuția energiei electrice. Produse software specializate*, Editura Politehniun, Iași, 2005.
5. **Georgescu Gh., Neagu B.**, *Aspects regarding the improvement of supply quality in public electricity distribution systems*, Buletinul Institutului Politehnic din Iași, Tomul XVI(XXVII), fasc. 3, 2010.
6. **Georgescu Gh.**, *Sisteme de distribuție a energiei electrice*, vol. 1, partea a II-a, Editura Politehniun, Iași, 2007.
7. **Georgescu Gh., Rădășanu D.**, *Transportul și distribuția energiei electrice*, vol. 1, Editura “Gh. Asachi”, Iași, 2000.
8. *** **PE 104/93** *Normativ pentru construcția liniilor aeriene de energie electrică cu tensiuni peste 1000 V*, ICEMENERG, București, 1993.
9. *** **PE 106/2003**, *Normativ pentru proiectarea și executarea liniilor electrice aeriene de joasă tensiune*, S.C.ELECTRICA S.A., București, 2003.
10. *** **I – 7/2002**, *Normativ privind proiectarea și exploatarea instalațiilor electrice cu tensiuni până la 1000 V c.a. și 1500 V c.c.*, ICEMENERG, București, 2002.
11. *** **PE 132/2003** *Normativ de proiectare a rețelelor electrice de distribuție publică*, S.C. ELECTRICA S.A., București, 2003.