

CLEME ȘI ARMĂTURI FOLOSITE LA LINIILE ELECTRICE AERIENE

1. Obiectivele lucrării

La construcția liniilor electrice aeriene, una din problemele principale o constituie realizarea legăturilor între conductoarele și izolatoarele liniilor, precum și între două sau mai multe conductoare ale acestora. La liniile electrice aeriene, se folosesc, în acest scop, o serie de elemente constructive, a căror prezentare, pe cale descriptivă, este greoaie.

Din acest motiv, prin această lucrare de laborator, se urmărește însușirea de către studenți, prin vizualizare directă, a unor elemente constructive și anume a clemelor și armăturilor. Studenții trebuie să recunoască aceste elemente utilizate la construcția liniilor electrice aeriene și, totodată, să deprindă modul de asociere a diferitelor elemente între ele.

2. Considerații de ordin teoretic

2.1. Cleme și armături folosite la liniile electrice aeriene

La construcția liniilor electrice aeriene, una din problemele principale o constituie realizarea legăturilor electrice, mecanice sau mixte, între conductoarele și izolatoarele liniilor, precum și între două sau mai multe conductoare ale acestora.

Clemele sunt piese sau dispozitive care se găsesc în contact direct cu calea de curent, deci cu conductoarele active sau de protecție și asigură legătura electrică, mecanică sau mixtă (electrică și mecanică) între conductoare sau între acestea și izolatoarele liniilor electrice aeriene.

Armăturile sunt piese sau dispozitive cu ajutorul cărora se assemblează și se montează conductoarele izolate sau neizolate, izolatoarele și alte accesorii ale liniilor electrice.

Armăturile și clemele trebuie să realizeze o prindere simplă a conductoarelor și izolatoarelor, deoarece o fixare sau o înădărire necorespunzătoare a acestora poate conduce la întreruperea funcționării liniei, prin căderea unei faze la pământ și chiar la accidente. Din aceste motive, armăturile și clemele folosite la construcția liniilor electrice aeriene trebuie realizate și montate cu o deosebită atenție, iar la execuția lor este necesară verificarea fiecărei piese în parte, atât în ceea ce privește calitățile mecanice, cât și cele electrice, conform normelor și standardelor în vigoare.

2.1.1. Armături

În funcție de rolul pe care îl îndeplinesc, armăturile se împart în următoarele categorii:

- armături pentru fixarea izolatoarelor suport, de joasă și medie tensiune, pe stâlpi sau pe clădiri;

- armături pentru realizarea lanțurilor de izolatoare și fixarea lor pe stâlpi;
- armături speciale și accesorii pentru conductoare active;
- armături pentru conductoare de protecție.

2.1.1.1. Armături pentru fixarea izolatoarelor suport, de joasă și medie tensiune, pe stâlpi sau pe clădiri

Izolatoarele suport se fixează pe stâlpii liniilor electrice sau pe clădiri prin intermediul unor piese, denumite *suporturi*, care, conform formei constructive, pot fi *curbe* sau *drepte*. Suporturile au rolul de a fixa și a menține izolatoarele în poziția prevăzută. Aceste suporturi sunt executate din oțel și sunt protejate împotriva coroziunii prin zincare.

Suporturile curbe sunt folosite pentru liniile electrice de joasă tensiune, precum și pentru cele de medie tensiune (6-20kV) montate pe stâlpi simpli de lemn sau de beton armat.

La liniile electrice realizate pe stâlpi de lemn, se folosesc două tipuri de suporturi curbe:

- tipul A din oțel rotund cu diametrul de 25mm, având tracțiunile admisibile pe orizontală de 75 și 85daN, iar pe verticală de 60 și 65daN;
- tipul B din oțel rotund cu diametrul de 30mm, având tracțiunile admisibile pe orizontală de 130 și 150daN, iar pe verticală de 105 și 115daN.

Cele două tipuri de suporturi curbe se execută în două variante, pentru fixare cu piuliță și pentru fixare prin înșurubare. Dacă izolatoarele se fixează și în zidărie, atunci suportul curb al izolatorului prezintă o formă specială de lingură, la capătul porțiunii de fixare (Figura 1).

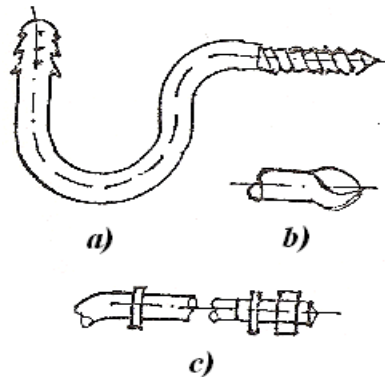


Figura 1 Suporturi curbe pentru linii electrice aeriene de joasă tensiune
a - pentru lemn; b - pentru zidărie; c - pentru beton.

Suporturile drepte sunt folosite la liniile electrice de joasă și medie tensiune pentru fixarea izolatoarelor suport pe consolele metalice ale stâlpilor. Acestea sunt utilizate la stâlpii de întindere din lemn sau din beton armat ai liniilor de joasă sau medie tensiune (6-20kV), iar la liniile de 20kV și la stâlpii de susținere (Figura2).

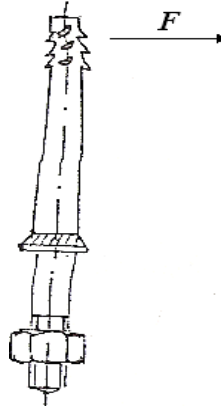


Figura 2 Suport drept pentru console metalice

În cazul liniilor electrice de medie tensiune, se construiesc și se utilizează două tipuri de suporturi drepte și anume:

- tip A de formă cilindrică, având tracțiunile maxime admisibile la vârf pe orizontală de 100 și 250daN;
- tip B de formă conică, cu tracțiunile maxime admisibile la vârf pe orizontală de 300, 600 și 1000daN.

Suporturile drepte sunt folosite la liniile electrice aeriene de joasă și medie tensiune pentru fixarea izolatoarelor suport pe consolele metalice ale stâlpilor. Acestea sunt utilizate la stâlpii de întindere din lemn sau din beton armat ai liniilor de joasă sau medie tensiune ($6 \div 20kV$), la liniile electrice aeriene de $20 kV$ și la stâlpii de susținere, pe baza celor prezentate în Figura 2.

În cazul liniilor electrice aeriene de medie tensiune, se construiesc și se utilizează două tipuri de suporturi drepte și anume:

- tip A de formă cilindrică, având tracțiunile maxime admisibile la vârf pe orizontală de 100 și 250 daN;
- tip B de formă conică, cu tracțiunile maxime admisibile la vârf pe orizontală de 300, 600 și 1000 daN.

La liniile electrice aeriene de joasă tensiune realizate cu conductoare torsadate, pentru fixarea acestora pe clădiri (zidărie) sau pe stâlpi, se folosesc o serie de accesorii (armături).

Părțile componente ale ansamblurilor de fixare ale liniilor electrice pe fațadele clădirilor și anume, armătură de susținere pe zid, cui de fixare pe zid și inel pentru bransament încastat în zid sunt reprezentate, în detaliu, în Figurile 3, 4 și 5. Acestea sunt executate din oțel și sunt protejate contra coroziunii prin zincare.

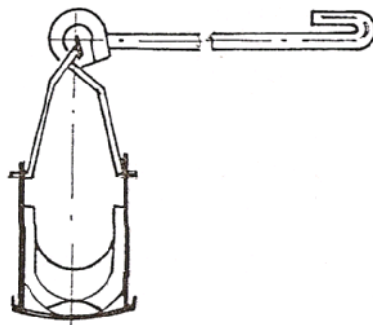


Figura 3 *Părțile componente ale unei armături de susținere pe zid.*

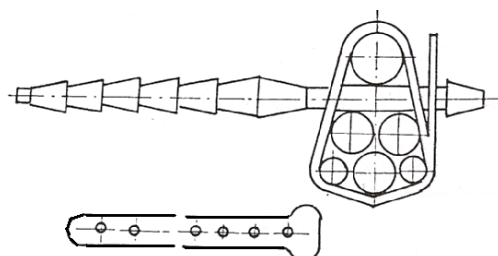


Figura 4 *Cui de fixare pe zid pentru conductoare torsadate de joasă tensiune*

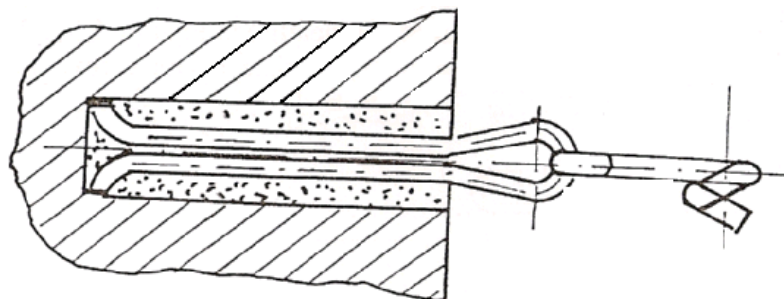


Figura 5 *Inel pentru bransament încastrat în zid*

În scopul realizării constructive a liniilor electrice aeriene de distribuție de joasă tensiune, echipate cu conductoare torsadate, în continuare, sunt prezentate, sub formă grafică, diferite tipuri de legături și anume:

- legătură de susținere în colț;
- legătură de înnădire;
- legătură de derivație în cutie de derivație de rețea;
- legătură de derivație fără cutie de derivație de rețea;
- legătură de susținere pe fațadele clădirilor;
- legătură de susținere cu schimbare de nivel pe fațadele clădirilor (armătură de susținere pe zid);
- legătură de întindere pe fațadele clădirilor;

- legătură de derivație pe fațadele clădirilor;
- fasciculul pozat;
- trecerea fasciculului de conductoare peste obstacole;
- legătura de susținere în aliniament (detalii de legare la pământ);
- înnădirea conductoarelor.

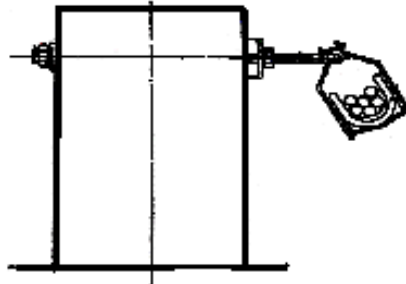


Figura 6 *Legătură de susținere în colț*

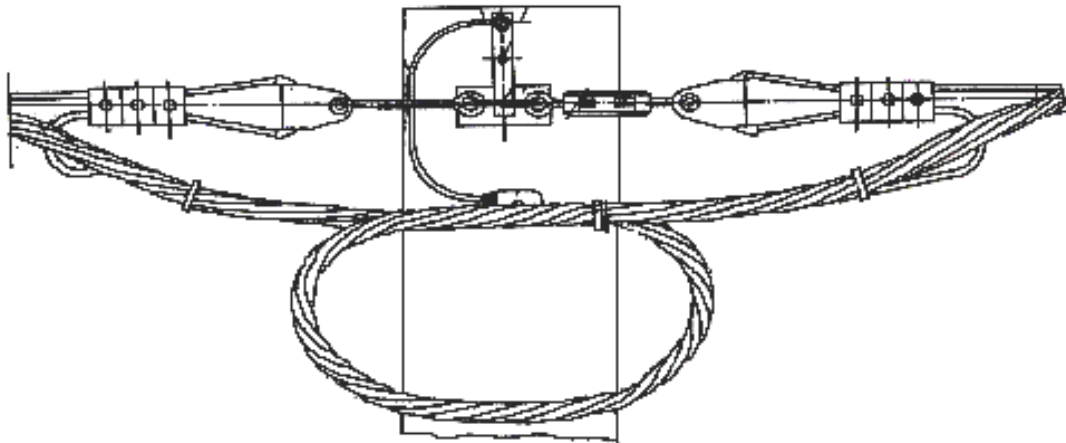


Figura 7 *Legătură de întindere*

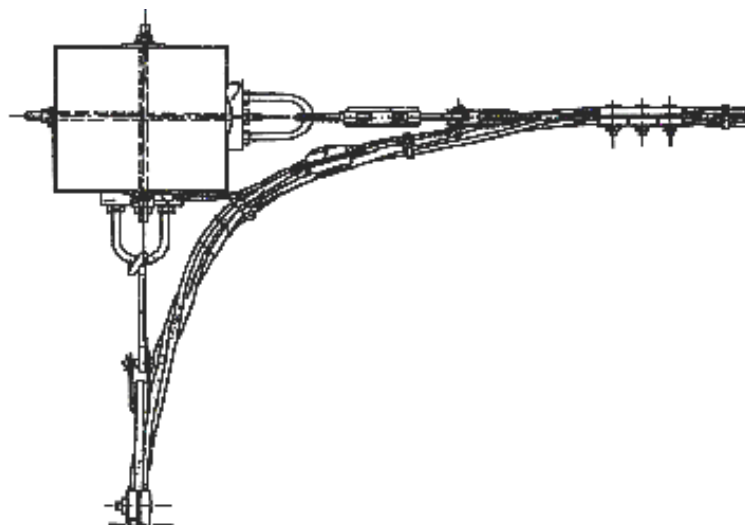


Figura 8 *Legătură de derivație*

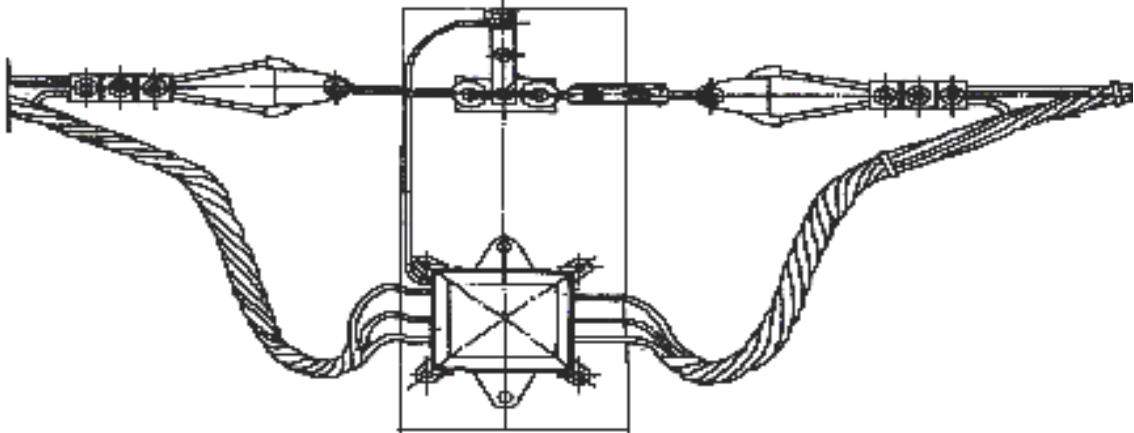


Figura 9 *Legătură de derivație cu cutie de derivație de rețea*

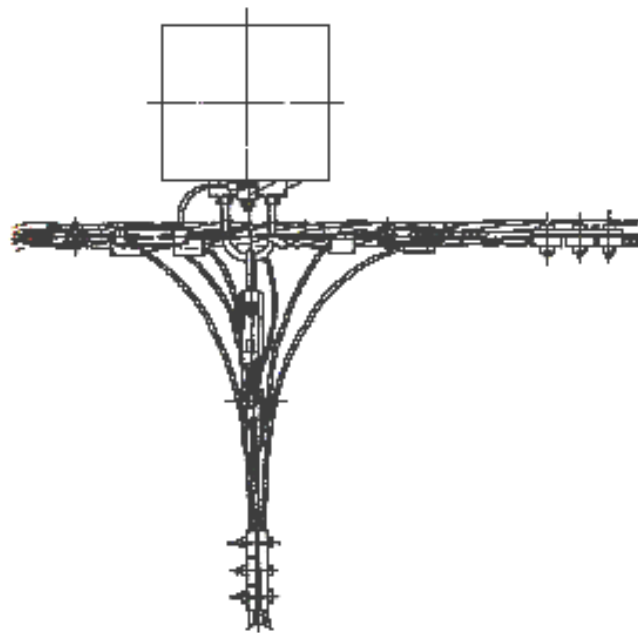


Figura 10 *Legătură de derivație fără cutie de derivație de rețea*

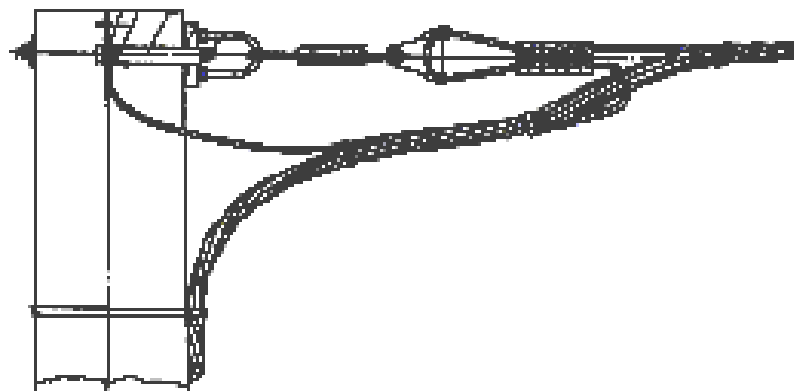


Figura 11 *Legătură de întindere*

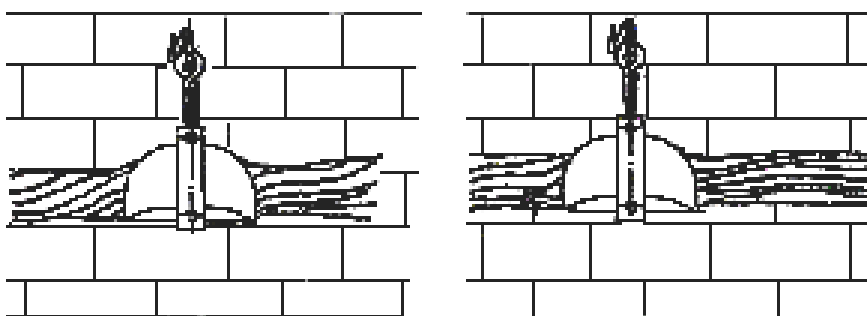


Figura 12 Legătură de susținere pe fațadele clădirilor

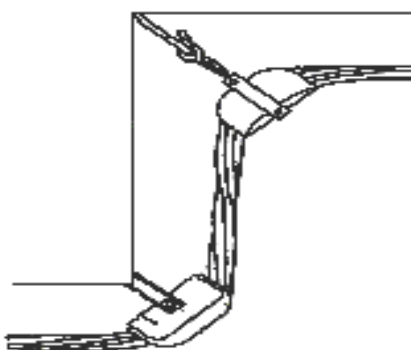


Figura 13 Legătură de susținere cu armătură de susținere pe zid și armătură de susținere în colț

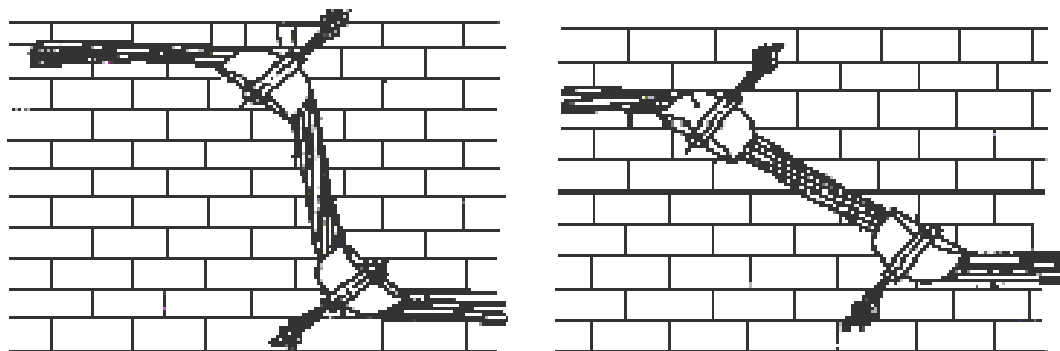


Figura 14 Legătură de susținere cu schimbare de nivel, pe fațadele clădirilor



Figura 15 Fascicul pozat

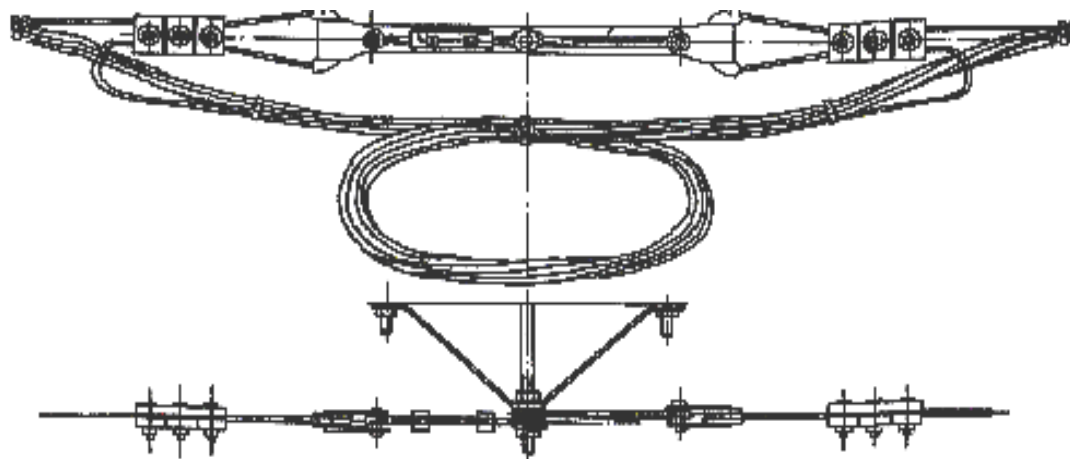


Figura 16 Legătură de întindere pe fațadele clădirilor

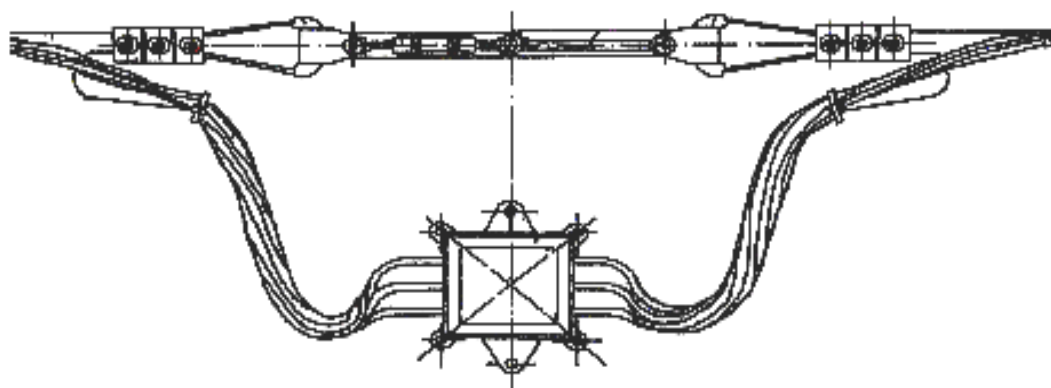


Figura 17 Legătură de derivație pe fațadele clădirilor cu cutie de derivație

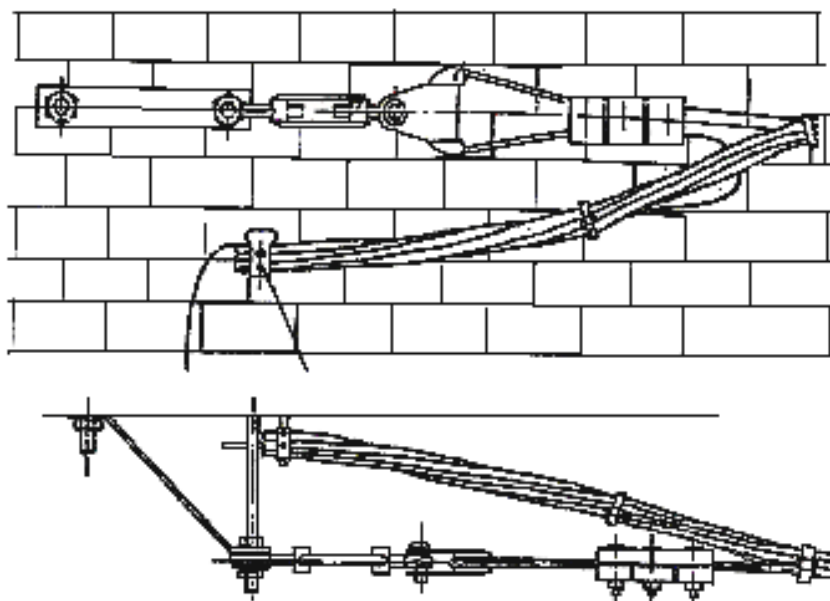


Figura 18 Legătură de întindere pe fațadele clădirilor fără cutie de derivație

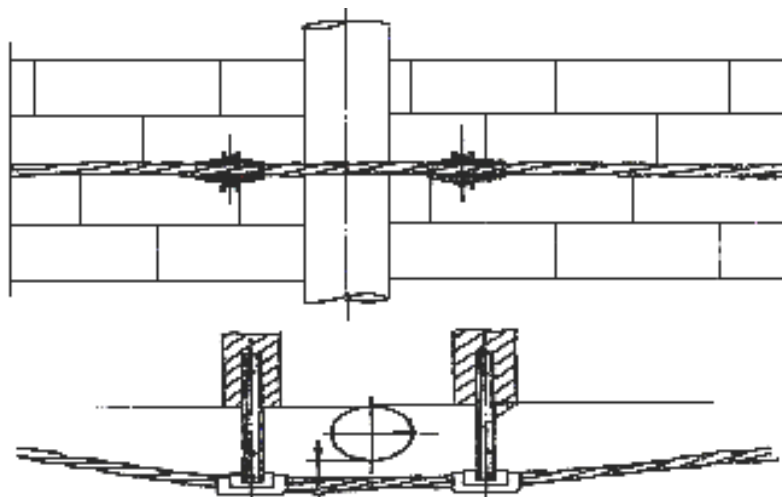


Figura 19 *Trecerea fasciculului peste obstacole*

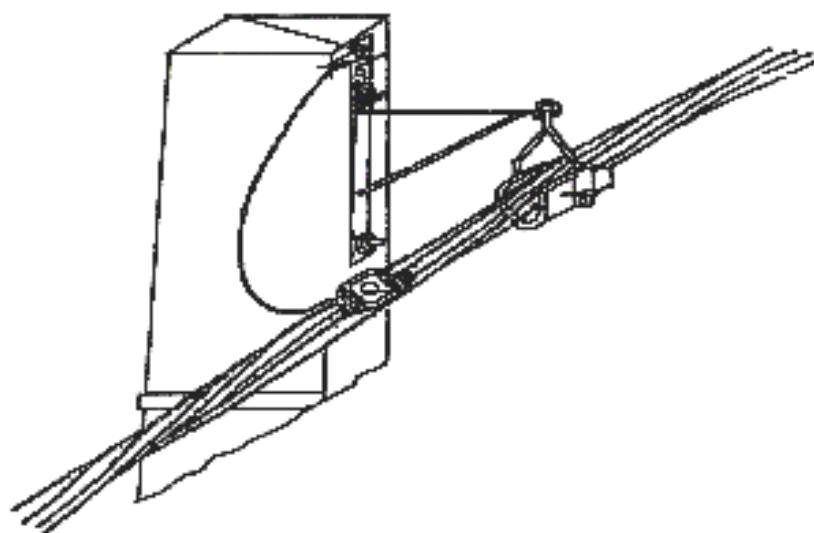


Figura 20 *Legătură de susținere în aliniament*

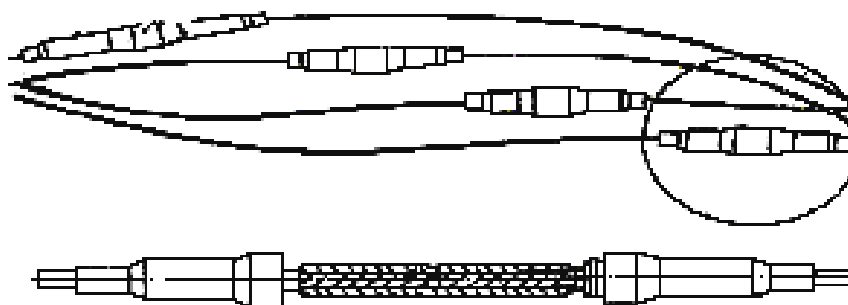


Figura 21 *Înnădirea conductoarelor*

2.1.1.2. Armături pentru realizarea lanțurilor de izolatoare și fixarea lor pe stâlpi

Izolatoarele de suspensie sunt asamblate sub formă de lanțuri, conform tensiunii de serviciu a liniei electrice. Lanțurile sunt constituite, de regulă, din același tip de izolatoare.

Cel mai des folosit sistem de îmbinare a izolatoarelor este cel cu tijă și nucă, asigurat printr-o siguranță de formă specială, denumită piesă flexibilă de siguranță (Figura 22). Aceasta se montează în cavitatea nucilor din capa izolatoarelor, a nucilor cu ochi și a clemelor de suspensie. Siguranțele se construiesc din bandă de oțel laminat la rece, zincată electrolic.

Prinderea izolatoarelor de tip tijă terminate prin nuci, unul de altul, se realizează fie cu cleme de susținere, fie cu cleme de tracțiune, prin intermediul unei tije cu două capete (Figura 23).

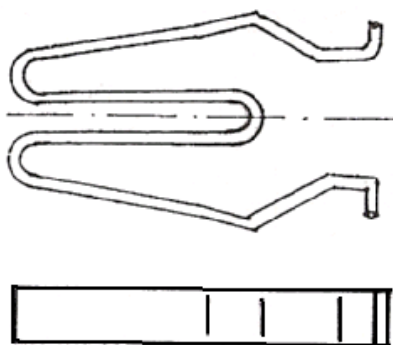


Figura 22. Piesă flexibilă de siguranță

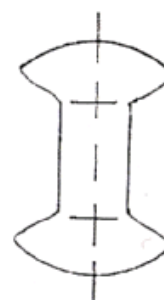


Figura 23. Tijă cu două capete

Lanțurile de izolatoare se ansamblează și se fixează pe consolele stâlpilor cu ajutorul armăturilor de fixare, care asigură și rezistența lor mecanică. Principalele armături folosite la fixarea lanțurilor de izolatoare sunt următoarele:

- cârlige pentru lanțurile de izolatoare;
- ochiuri de suspensie;
- nuci cu ochi;
- juguri.

Cârligele servesc pentru fixarea lanțurilor de izolatoare de consolele stâlpilor, având forme, dimensiuni și caracteristici mecanice diferite (Figura 24) în funcție de tipul consolei și al solicitărilor la care trebuie să facă față. Ele sunt realizate din oțel și sunt protejate, contra coroziunii, prin zincare la cald.

Ochiurile de suspensie sunt folosite pentru prinderea lanțurilor de izolatoare de cârlige și trebuie să facă față eforturilor maxime care iau naștere în conductoarele liniei. Acestea se execută în mai multe variante constructive și anume:

- tip OSs-ochi de suspensie simplu;
- tip OSd-ochi de suspensie dublu;

- tip OSDb-ochi de suspensie dublu din oțel lat;
- tip OSdn-ochi de suspensie drept, cu gaură pentru armătura de protecție;
- tip OSr-ochi de suspensie răsucit, cu gaură pentru armătura de protecție.

Ochiurile de suspensie se execută din oțel, în trei variante – *T12*, *T16* și *T20*, pentru sarcinile de rupere de 120, 160 și 200 kN, protecția lor contra coroziunii realizându-se prin zincare la cald.

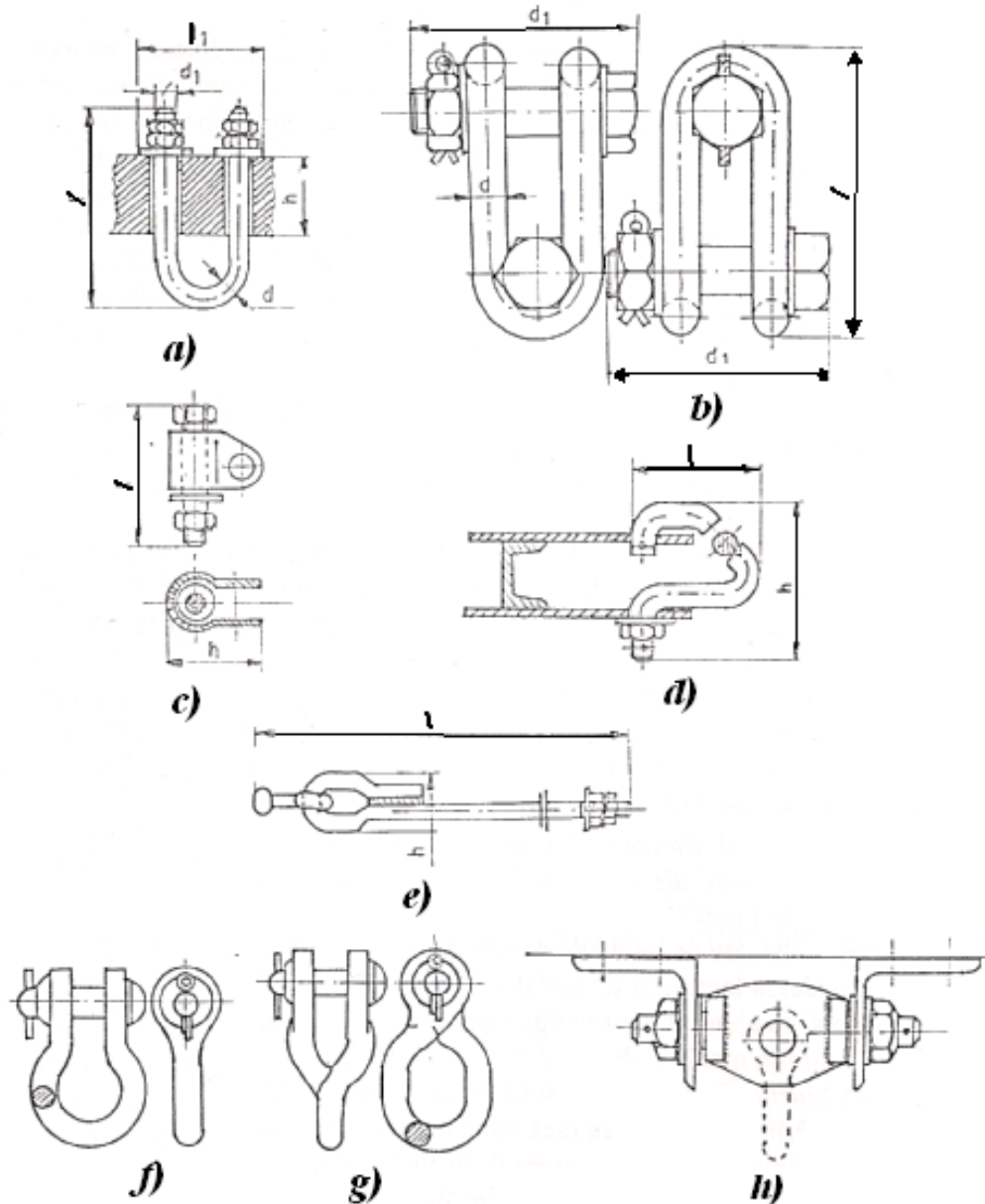


Figura 24. Cârlige pentru suspendarea lanțurilor de izolatoare
a- tip A pentru lanțuri de susținere; b-tip CAL; c-tip B; d-tip S; e-tip O pentru traverse din beton armat;
f- verigă dreaptă; g-verigă răsucită; h-prinderea verigii drepte la consola metalică

Ochiul de suspensie simplu servește la prinderea lanțului de izolatoare de cârligul consolei, în situația când nu se prevăd armături de protecție. Atunci când se impune montarea unor astfel de armături, se folosește un ochi de tip OSdr sau OSr, în funcție de direcția ce se dorește a se asigura armăturii față de conductoare.

Ochiurile de suspensie duble se folosesc la lanțurile de izolatoare duble, pentru fixarea jugului superior de cârligul consolei (traversei) sau pentru prinderea clemei de întindere de jugul inferior.

În Figura 25 sunt reprezentate cele cinci tipuri constructive de ochiuri de suspensie folosite la realizarea LEA.

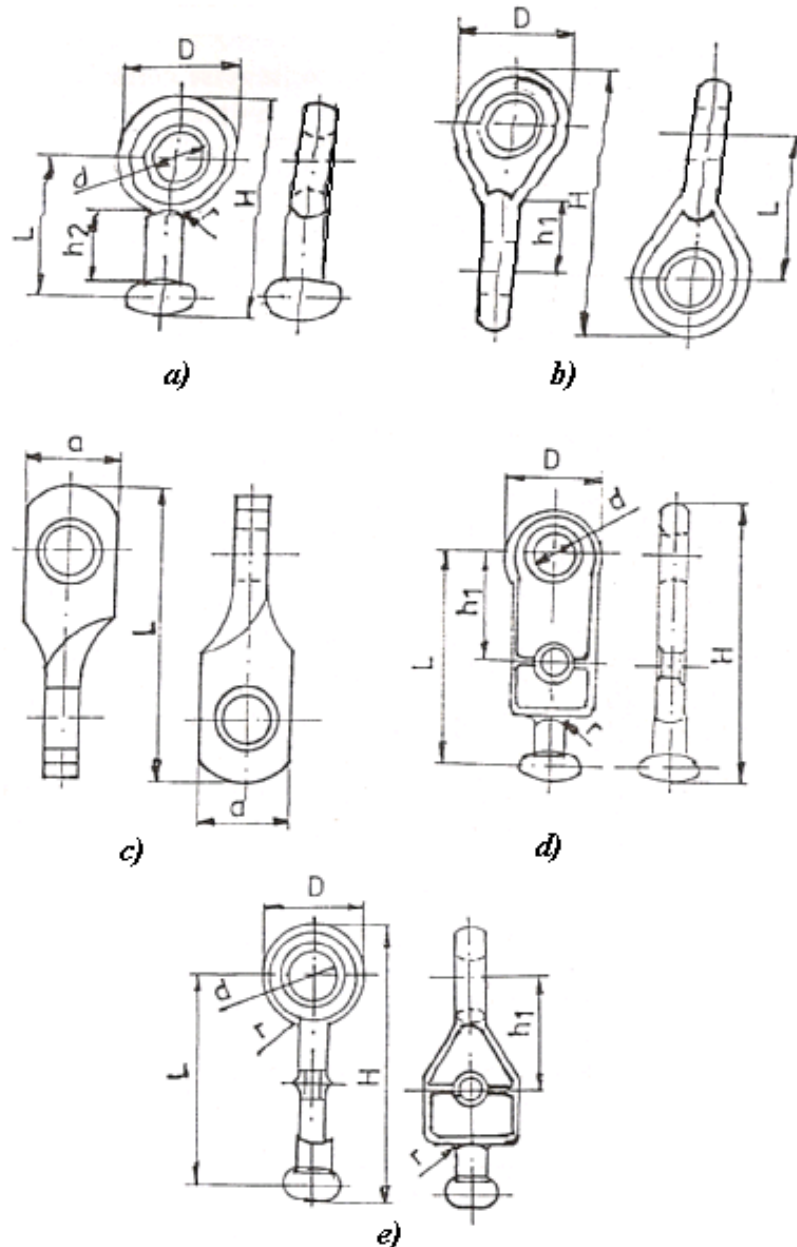


Figura 25. Ochiuri de suspensie
a-simplu (OSs); b-dublu (OSd); c-dublu, din oțel lat (OSdb); d-drept, cu gaură pentru armătura de protecție (OSdr); e-răsucit, cu gaură pentru armătura de protecție (OSr)

Nucile cu ochi, reprezentate în Figura 26, servesc pentru prinderea lanțurilor de izolatoare de juguri și de unele cleme de susținere sau de tracțiune. Acestea se fabrică în două tipuri constructive:

- nucă cu ochi drept (NOd);
- nucă cu ochi răsucit (NOr).

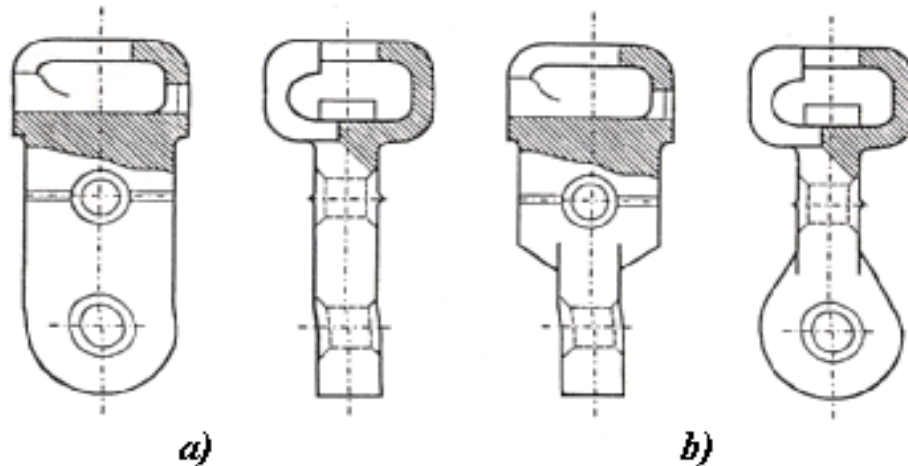


Figura 26. Nucile cu ochi. (a-cu ochi drept; b-cu ochi răsucit)

Jugurile sunt folosite la stâlpii de susținere și de întindere cu suspen-sie dublă, pentru menținerea unei distanțe anumite între lanțurile de izolatoare, precum și pentru repartiția uniformă a sarcinii mecanice între cele două lanțuri. În Figura 27 este reprezentat un jug pentru armături de suspensie.

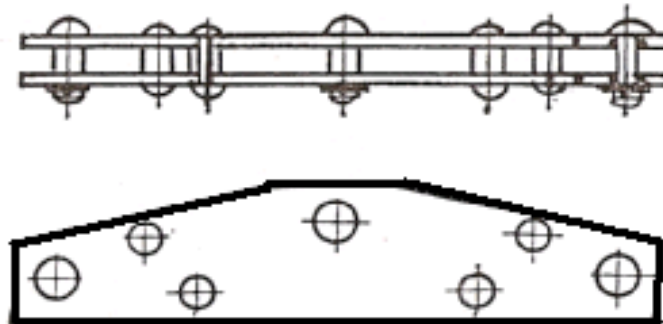


Figura 27. Jug pentru armături de suspensie

2.1.1.3. Armături speciale și accesorii pentru conductoare active

Din această categorie fac parte următoarele armături și accesorii:

- armături de protecție contra arcului electric;
- piese speciale (piese de distanțare);
- armături antivibratoare;
- accesorii.

Armăturile de protecție contra arcului electric se montează la cele două capete ale lanțului de izolatoare și au rolul de a îndepărta, de pe suprafața izolatoarelor, arcul care se poate produce prin descărcări între conductoare și părțile legate la pământ. În felul acesta, lanțurile de izolatoare și conductoarele liniei sunt ferite de deteriorări datorită solicitărilor termice. De asemenea, aceste armături influențează, în mod favorabil, distribuția tensiunii de-a lungul lanțului de izolatoare. Armăturile de protecție, cel mai des utilizate, sunt:

- ◆ coarnele de protecție;
- ◆ coarnele de protecție în cruce;
- ◆ inelele de protecție.

Sunt folosite, de asemenea, și soluții mixte, cum ar fi, de exemplu, coarne la capătul de sus al lanțului și inele la cel de jos.

Coarnele de protecție sunt folosite, de regulă, pentru protejarea lanțurilor de izolatoare la LEA de tensiuni mai mici de 110kV și, uneori, chiar și la 110 kV. Acestea pot fi superioare sau inferioare, care, la rândul lor, sunt simple, pentru lanțurile de întindere, sau duble, pentru lanțurile de susținere.

Coarnele de protecție în cruce sunt întrebuințate, în general, pentru protejarea lanțurilor de izolatoare la LEA cu tensiuni cuprinse între 110 ÷ 150kV. Lanțurile de izolatoare de susținere ale LEA sunt prevăzute cu coarne în cruce duble, de tipul celor reprezentate în Figura 28, în timp ce la lanțurile de întindere, se montează coarne în cruce simplă.

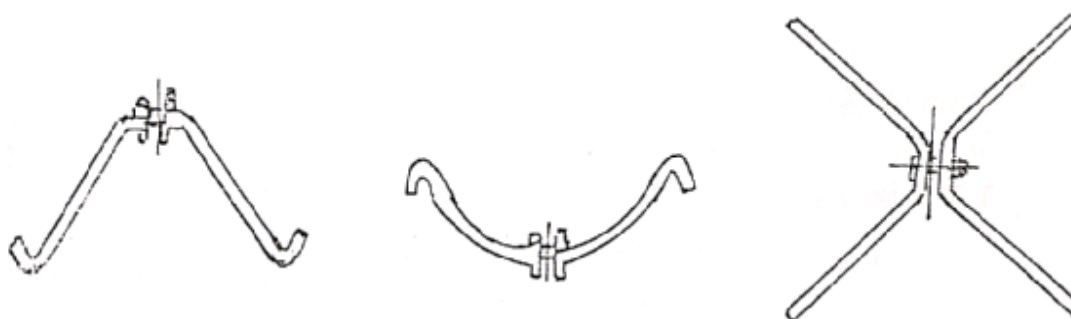


Figura 28. Coarne de protecție duble în cruce

Inelele de protecție sau inelele de gardă servesc la protecția lanțurilor de izolatoare ale LEA cu tensiuni cuprinse între 150 ÷ 400kV. Acestea se execută din țevă, din tablă presată sau din oțel rotund. Pentru a se adapta la forma izolatoarelor, inelele superioare sunt diferite de cele inferioare.

La lanțurile de izolatoare de susținere simple ale LEA, se montează, de regulă, inele închise, având un diametru de 650mm. În cazul lanțurilor duble de susținere sau întindere, se folosesc inele de protecție 3/4, iar pentru lanțurile de întindere triple sau cvadruple, se utilizează inele de protecție 2/4.

Pentru LEA cu tensiuni nominale de 220 ÷ 400kV, datorită rolului egalizator asupra tensiunilor de-a lungul lanțurilor de izolatoare, utilizarea armăturilor de protecție contra arcului electric este obligatorie.

În Figura 29 sunt reprezentate câteva variante constructive de inele de protecție, iar în Figura 30 sunt prezentate diferite tipuri de lanțuri de izolatoare echipate cu armături de protecție.

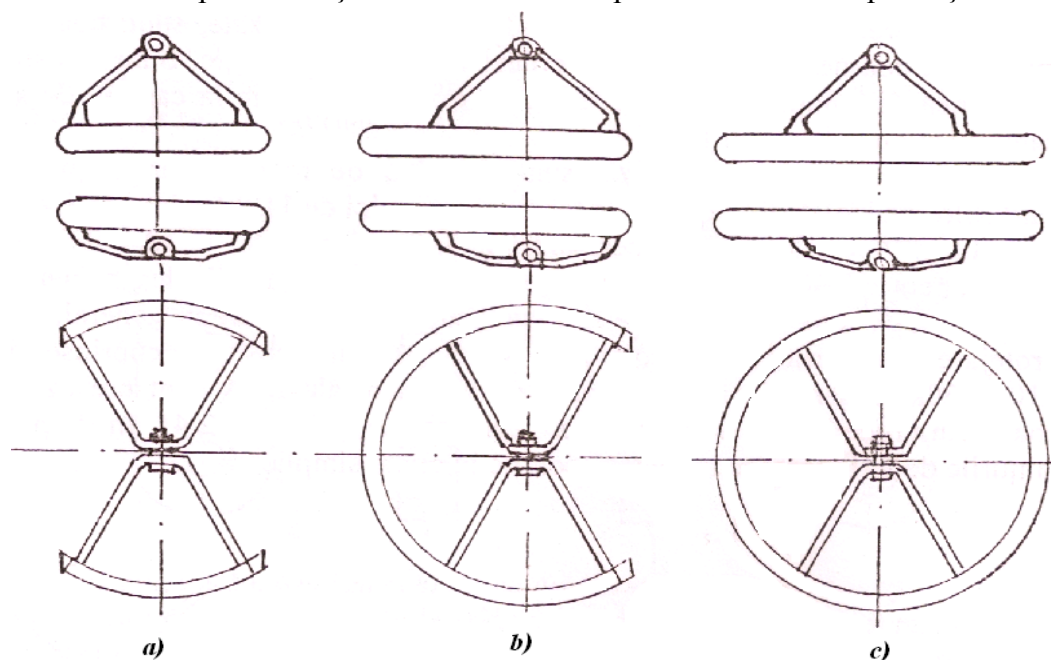


Figura 29. Inele de protecție. (a-2/4; b-3/4; c –închise)

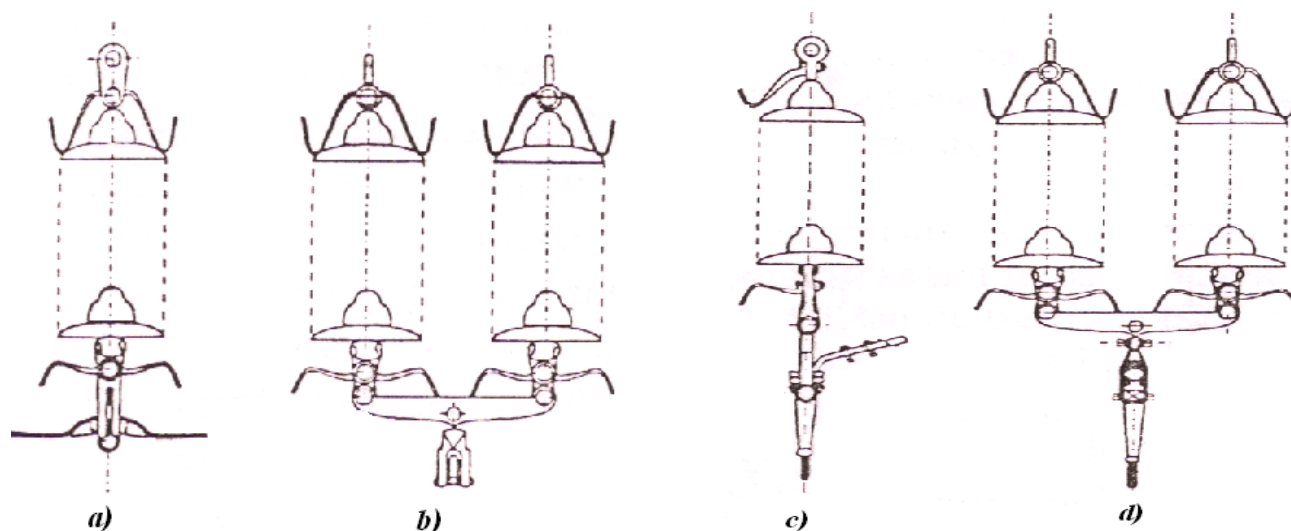


Figura 30. Lanțuri de izolatoare cu armături de protecție : a-simple de susținere; b-duble de susținere, cu legătură dublă la consolă; c-simplu de întindere; d-dublu de întindere

Piesele speciale sau de distanțare au rolul de a regulariza anumite situații speciale care apar la montarea izolatoarelor, precum și a conductoarelor, în special cu privire la realizarea corectă a lanțurilor de izolatoare la liniile electrice aeriene. O astfel de piesă de distanțare sau armătură se folosește la lanțurile duble de colț, pentru a păstra paralelismul lanțurilor de izolatoare și, totodată, ca jugul să rămână perpendicular pe conductor. În Figura 31 este reprezentată prinderea la consolă a lanțurilor duble de izolatoare de colț prin intermediul unei piese de distanțare.

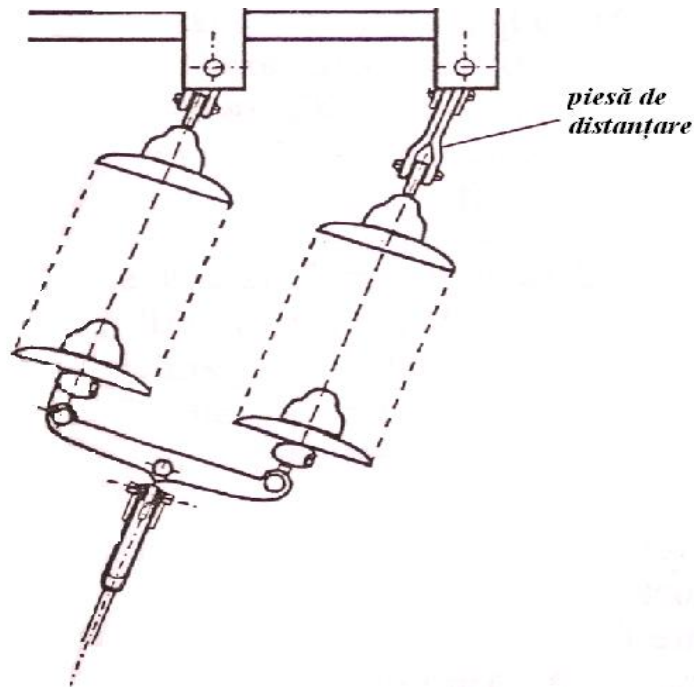


Figura 31 Prinderea la consolă a lanțurilor duble de izolatoare de colț prin piesă de distanțare

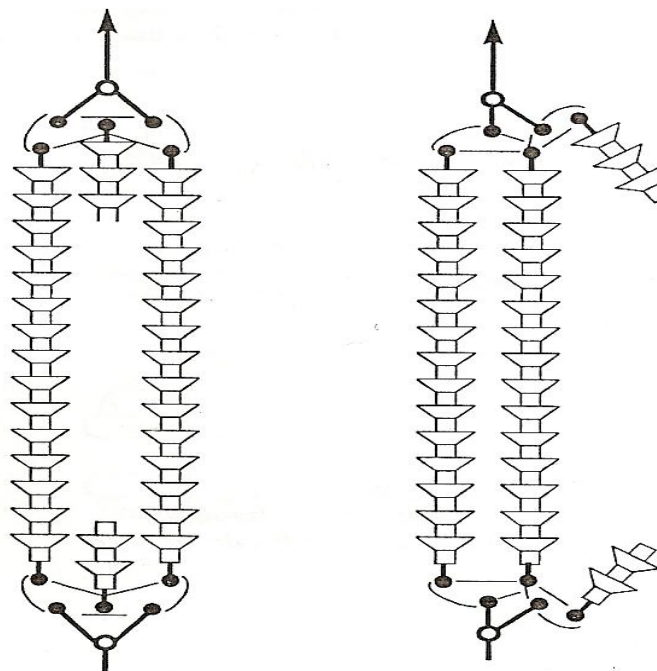


Figura 32. Lanțuri de întindere cu grad mare de siguranță folosite la construcția liniilor electrice aeriene

Pentru realizarea lanțurilor de întindere cu un grad mare de siguranță, folosite la traversările de râuri, căi ferate etc. de către liniile electrice aeriene, se utilizează un echipament de siguranță format

din trei lanțuri de izolatoare în paralel, realizat cu piese speciale, conform celor reprezentate în mod sintetic în Figura 32. În acest caz, se are în vedere posibilitatea ruperii unuia dintre cele trei lanțuri de izolatoare, situație când rămân în funcțiune normală două lanțuri de izolatoare.

Armăturile antivibratoare se folosesc în vederea micșorării efectelor vibrațiilor mecanice care apar în conductoarele liniilor electrice aeriene. Vibrațiile sunt oscilații periodice verticale provocate de vânt, care formează, pe lungimea deschiderii, o serie de unde staționare, de amplitudine mică. Amplitudinea acestor vibrații crește odată cu deschiderea între stâlpi și cu tracțiunea în conductor. Frecvența vibrațiilor depinde de diametrul conductoarelor și variază, în limite largi, odată cu schimbarea vitezei vântului. De obicei, frecvența acestor vibrații este cuprinsă între $10 \div 15\text{Hz}$, iar undele au lungimi de $1 \div 20\text{m}$, în funcție de caracteristicile conductorului, de frecvența vibrațiilor și de amplitudinea maximă.

Întărirea conductoarelor poate fi realizată prin montarea de garnituri elastice antivibratoare sau prin înfășurarea lor cu o bandă metalică din același material. Acest procedeu de protecție este folosit atât la clemele de susținere, cât și la clemele de tracțiune. Un alt procedeu eficace de întărire a conductorului îl constituie montarea vergelelor de armare, dar în această variantă, este necesară utilizarea unor cleme de susținere de dimensiuni mai mari. Rezultate bune în exploatarea liniilor electrice aeriene se obțin cu ajutorul spiralei antivibratoare din material plastic (Figura 33), care poate fi montată pe orice linie echipată cu conductoare din oțel-aluminiu, cu secțiuni de până la 120mm^2 .

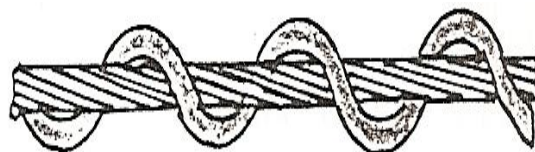


Figura 33. *Spirală antivibratoare*

În cazul procedeelor active, de combatere a vibrațiilor, principiul de bază este acela că, la apariția vibrațiilor, amortizorul provoacă în conductor eforturi decalate față de mișcarea conductorului, care acționează contra eforturilor care au provocat oscilația. Amortizorul intră în funcțiune numai o dată cu apariția vibrațiilor, provocând o oscilație remanentă nepericuloasă, a cărei amplitudine, la locul de montare a amortizorului, nu depășește $0,1 \div 0,2\text{mm}$. Cele mai bune rezultate în exploatare s-au obținut cu următoarele tipuri de amortizoare:

- cu mișcare de translație, cu resort sau cu greutate dispuse orizontal;
- cu mișcare de torsiune;
- prin șoc;
- bretele amortizoare.

Dintre acestea, cel mai folosit în țara noastră este **amortizorul stockbridge**, reprezentat în Figura 34.

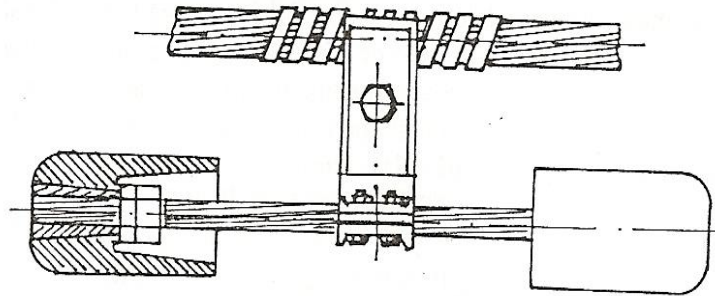


Figura 34. Amortizor stockbridge

Amortizorul stockbridge formează un sistem elastic compus dintr-o bucată de conductor din oțel flexibil, cu două greutateți de fontă la capete. Mijlocul conductorului flexibil este prins de conductorul de fază al liniei electrice aeriene cu ajutorul unei cleme. Pentru deschideri între stâlpi de până la 360 m, se montează câte un amortizor la fiecare capăt al deschiderii, iar pentru deschideri mai mari, de 360 ÷ 660 m, sunt necesare câte două astfel de amortizoare, la fiecare capăt al liniei.

În scopul combaterii vibrațiilor eoliene, precum și a celor datorate galopării conductoarelor, în alte țări din lume se folosesc, cu rezultate bune, *bretelele antivibratoare*. Acestea au rolul de a opri sau zăvorî banda de frecvențe de unde staționare care se propagă pe linie.

Accesorile folosite în deschiderile dintre stâlpii liniilor electrice aeriene sunt următoarele:

- clemă de legătură mecanică și electrică;
- distanțiere sau cleme de distanțare pentru conductoare fasciculare;
- contragreutăți.

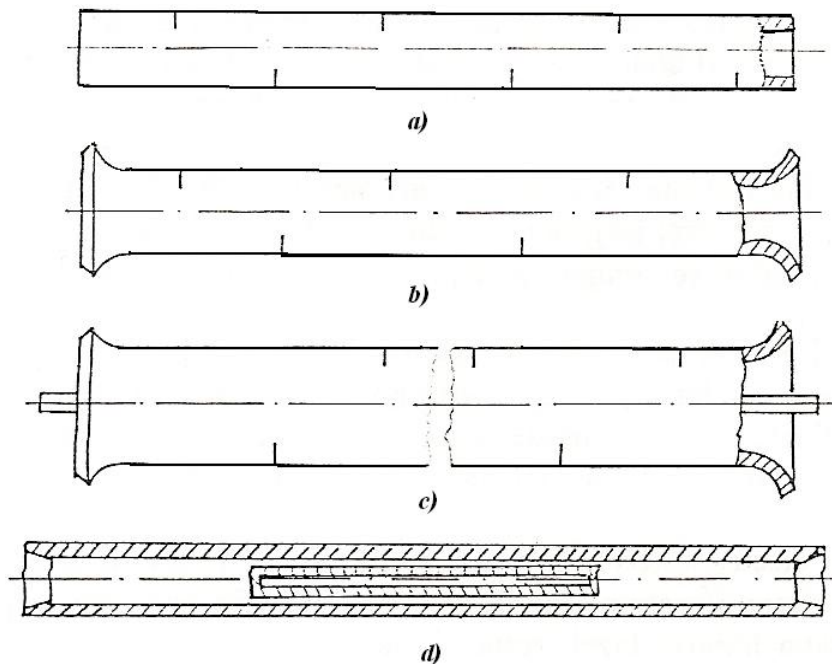


Figura 35 Clemă de legătură mecanică și electrică

a - clemă cu creștături pentru conductoare din cupru (C-Cu); b - clemă cu creștături pentru conductoare din aluminiu (C-Al) sau oțel (C-OL); c - clemă cu creștături pe conductoare din aluminiu-oțel (C-Al-OL); d - clemă de înădăire prin presare (IP)

Clemele de legătură mecanică și electrică au rolul de a înnădi conductorul în deschiderile dintre stâlpi. Aceste cleme trebuie să prezinte calități mecanice și electrice ridicate, deoarece un contact electric executat defectuos conduce la încălzirea inadmisibilă a clemei și a conductorului în clemă, provocând, în cele din urmă, ruperea conductorului. Rezistența electrică a legăturii realizate printr-o astfel de clemă nu trebuie să fie mai mare decât rezistența unui conductor având aceeași lungime și fiind confecționat din același material. Totodată, la trecerea, prin conductoarele înnădite prin clemă, a unui curent egal cu cel maxim admisibil, temperatura clemei nu trebuie să depășească temperatura conductorului din porțiunea continuă. Din punct de vedere mecanic, aceste cleme trebuie să asigure strângerea conductoarelor astfel încât smulgerea acestora din legătură să nu poată fi posibilă la solicitări mai mici decât valoarea de 90% din sarcina de rupere a clemei.

Clemele de legătură mecanică și electrică sau clemele de înnădire pot fi cu creștături de tipul celor reprezentate în Figurile 35 a, b, c și prin presare conform celor reprezentate în Figura 35d.

Dimensiunile clemelor de înnădire sunt dictate de conductoarele pe care le fixează. Astfel, în Tabelul 1 sunt prezentate secțiunile conductoarelor liniilor elec-trice aeriene pentru care se folosește fiecare tip de clemă prezentate în Figura 35.

Domenii de folosire pentru clemele de legătură mecanică și electrică

Tabelul 1

Clema	Conductorul la care se folosește	
	Material	[mm ²]
C – Cu	cupru	10 – 120
C – Al	aluminu	16 – 240
C - OL	oțel	16 – 150
C – OL – Al	aluminu-oțel	25 – 240
IP	aluminu-oțel	70 - 670

Clemele cu creștături se confecționează din țevă, din același material cu ultimul strat al conductorului funie pe care îl fixează. Pentru conductoarele din aluminu sau aluminu-oțel, clemele se realizează cu margini rotunjite. În cazul conductoarelor din aluminu-oțel, se introduce o bandă de aluminu, pe toată lungimea clemei, înainte de executarea creștăturilor. Clemele de înnădire prin presare folosite, în general, pentru conductoarele active din aluminu-oțel, de secțiuni mari, se compun practic din manșoane separate, unul pentru inima de oțel și altul pentru straturile exterioare de aluminu. Fixarea acestor manșoane pe conductoare se realizează prin laminare.

La liniile electrice aeriene de înaltă și foarte înaltă tensiune, pentru creșterea capacității de transport a liniei și pentru evitarea apariției fenomenului corona, fazele liniei sunt echipate cu mai multe conductoare pe fază și anume conductoare fasciculare. Utilizarea conductoarelor fasciculare și deci menținerea avantajului acestora de a prezenta, la suprafața aparentă a fasciculului, o intensitate a câmpului electric inferioară celei care s-ar obține prin utilizarea unui conductor unic, cu aceeași secțiune totală, este posibilă atâta timp cât se poate conserva configurația impusă fazei, respectiv pozițiile relative ale conductoarelor care compun fasciculul. În scopul evitării atingerii conductoarelor din același fascicul și deteriorării suprafeței lor, liniile electrice aeriene echipate cu conductoare

fasciculare sunt prevăzute, în deschiderea dintre stâlpi, cu niște piese speciale, denumite *distanțiere*. Acestea sunt alcătuite, în general, din cleme de prindere a conductoarelor din fascicul și dintr-un cadru central pe care se fixează. Fixarea la cadrul central a clemelor de prindere a conductoarelor din fascicul s-a făcut inițial în mod rigid, iar apoi prin articulație mecanică.

Soluțiile constructive ale distanțierelor, din punct de vedere al mișcărilor conductoarelor din fasciculul pe care se fixează, sunt următoarele:

- *Distanțierele cu rotație liberă*, reprezentate în Figura 36 a, au cleme de legătură care permit o rotație absolut liberă a unui conductor în raport cu celălalt, dar nu permit mișcări de translație longitudinale decât în mod limitat. Legătura elastică dintre cleme este realizată printr-un conductor din aluminiu și oțel, cu secțiunea de 150 mm^2 .
- *Distanțierele cu rotație limitată*, reprezentate în Figura 36 b, au tija elastică executată dintr-un conductor din aluminiu și oțel, ca și în cazul precedent, dar rotația clemelor este limitată într-un con de 60° . Din acest motiv, conductoarele nu se pot torsiona nelimitat, unul în raport cu celălalt și mișcările de translație longitudinale ale conductoarelor sunt limitate la circa 20cm.
- *Distanțierele cu resort*, reprezentate în Figura 36 c, nu prezintă articulații sau rotule pe care să se rotească clemele conductorului. În acest caz, deplasările sunt asigurate de tija elastică constituită dintr-un resort de secțiune circulară.
- *Distanțierele cu tijă rigidă*, reprezentate în Figura 36 d, au tija constituită dintr-un material ușor, iar clemele de legătură se prind prin articulații ce permit o deplasare limitată a conductorului.

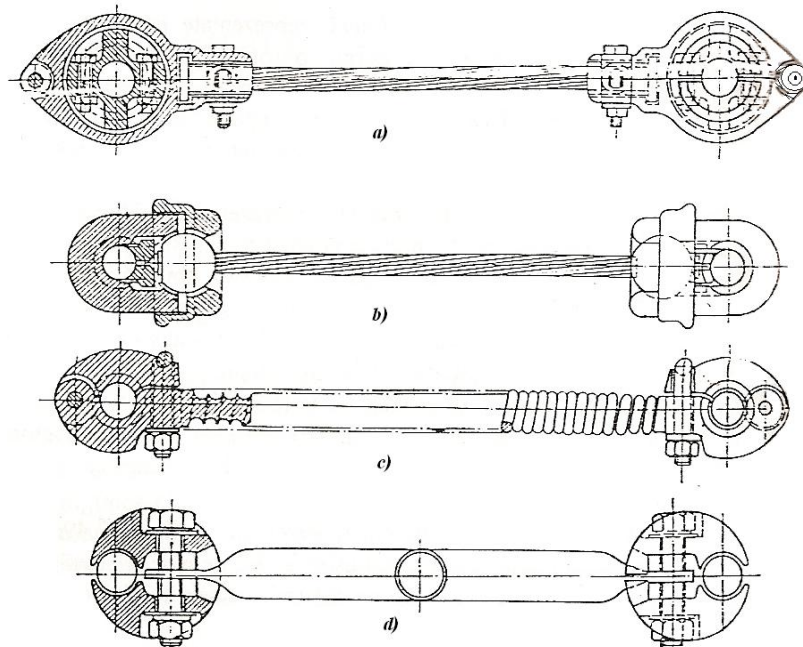


Figura 36. Tipuri constructive de distanțiere pentru liniile electrice aeriene echipate cu două conductoare pe fază

- *Distanțierele cu lamelă elastică*, reprezentate în Figura 37, sunt obținute, practic, din distanțierele cu tijă rigidă, prin înlocuirea tije rigide cu o lamelă elastică.

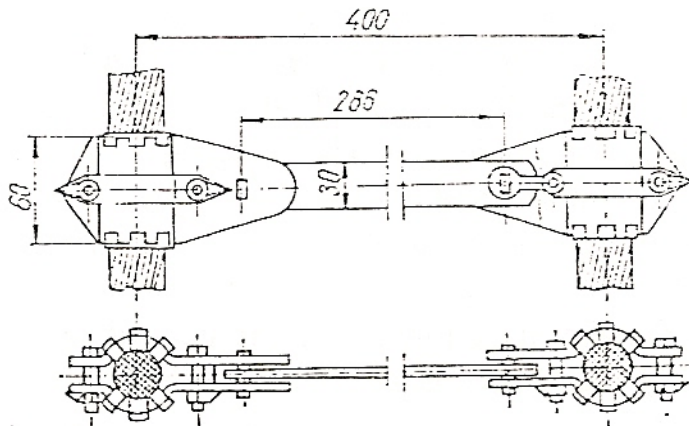


Figura 37 Distanțier cu lamelă elastică utilizat la o linie electrică aeriană echipată cu două conductoare pe fază

- *Distanțierele cu inel flexibil* au clemele de legătură unite printr-un inel elastic, fiind reprezentate în Figura 38. Acest tip de distanțier poate fi folosit și la liniile electrice aeriene echipate cu trei sau patru conductoare pe fază, având avantajul că permit orice fel de deplasare a clemelor. Inelul flexibil poate servi, într-o oarecare măsură, și ca amortizor, din cauza flexibilității lui mari.

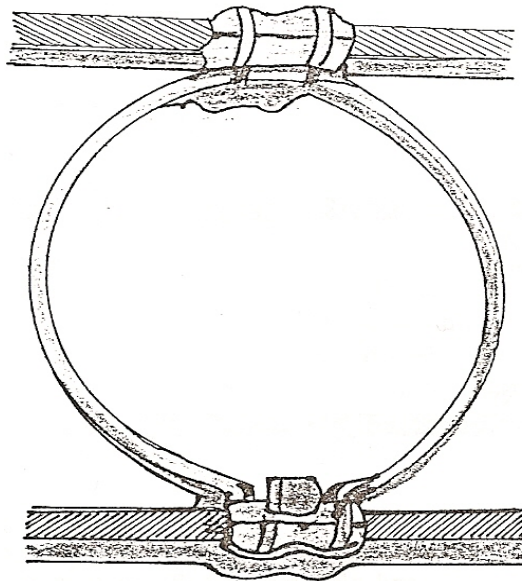


Figura 38 Distanțier cu inel flexibil

- *Distanțierele flexibile cu și fără clemă de legătură*, reprezentate în Figurile 39 a și b, sunt asemănătoare cu tipul precedent de distanțier, cu deosebirea că fixarea se execută prin folosirea unui cordon cu cleme sau prin împletirea cadrului flexibil peste conductor.

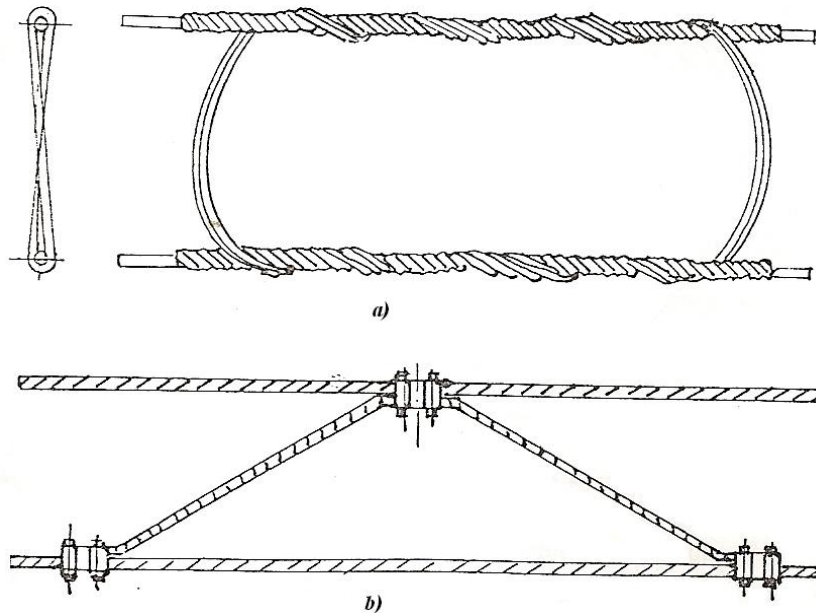


Figura 39 Distanțiere flexibile
(a - cu cordon cu cleme; b - cu împletirea cadrului flexibil peste conductor)

Contragreutățile servesc la menținerea, în poziție normală, a lanțurilor de susținere, atunci când, din cauza denivelărilor terenului, lanțurile sunt solicitate la ridicare. Contragreutatea se prinde de clema de susținere a lanțului, care trebuie menținută în poziție normală. Aceste piese sunt prezentate în Figura 40 și conțin un număr variabil de discuri din fontă zincată, fiecare disc având circa 50 daN.

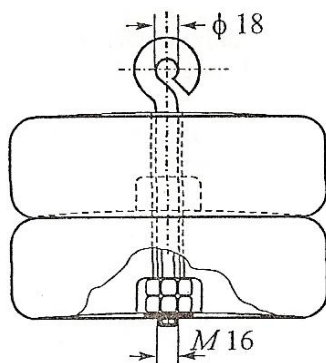


Figura 40 Contragreutate din discuri de fontă

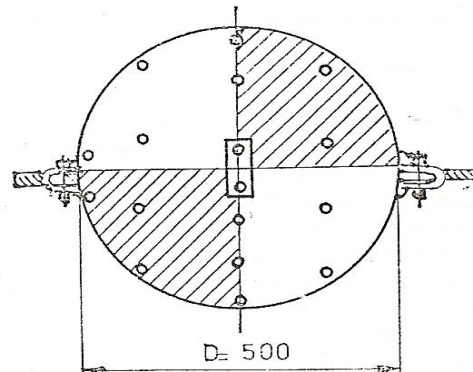


Figura 41. Baliză sferică (BS)

Balizele sferice (BS) se utilizează la semnalizarea, pe timp de zi, a prezenței liniilor electrice aeriene de înaltă tensiune. Semnalizarea se realizează pentru avioane și elicoptere sau vapoare, atunci când linia electrică aeriană de înaltă tensiune traversează râuri navigabile. Aceste balize se confecționează din material plastic armat cu fibră de sticlă și se montează pe firul de gardă al liniilor electrice aeriene, având culoarea alb și roșu. Pentru exemplificare, în Figura 41 este reprezentată o astfel de baliză sferică, iar în Tabelul 2 sunt prezentate dimensiunile și caracteristicile acestor balize.

Caracteristicile și dimensiunile balizelor sferice (BS)

Tabelul 2

Nr. crt.	Tip produs	Tipul de conductor	Diametrul conductorului	Masa [kg]
1	BS 500 / 70	OL 70	10,50	4,50 – 4,90
2	BS 500 / 95	OL 95	12,50	4,50 – 4,90
3	BS 500 / 120	OL 120	14,00	4,50 – 4,90
4	BS 500 / 150	OL 150	15,80	4,50 – 4,90
5	BS 500 / 185	OL 185	17,50	4,50 – 4,90
6	BS 500 / 228	OL 228	20,00	4,50 – 4,90
7	BS 500 / 95-55	OLAL 95/55	16,00	4,50 – 4,90
8	BS 500 / 160-95	OLAL 160/95	20,75	4,50 – 4,90
9	BS 500 / 185	OLAL 185	19,20	4,50 – 4,90
10	BS 500 / 240	OLAL 240	21,70	4,50 – 4,90
11	BS 500 / 300	OLAL 300	24,20	4,50 – 4,90
12	BS 500 / 450	OLAL 450	29,25	4,50 – 4,90
13	BS 500 / 600	OLAL 600	36,00	4,50 – 4,90
14	BS 500 / 3 No.6	3 No.6 AWG	8,86	4,50 – 4,90
15	BS 500 / 50	OL 50	9,00	4,50 – 4,90

2.1.1.4. Armături pentru conductoarele de protecție

Fixarea conductoarelor de protecție din oțel pe stâlpii liniilor electrice aeriene se realizează printr-o legătură rigidă sau oscilantă, cu ajutorul unor cleme speciale. Strângerea conductorului în clemă trebuie să asigure atât un bun contact electric, cât și o siguranță mecanică. Pe stâlpii metalici ai liniilor electrice aeriene, odată cu fixarea în clemă, este asigurat și contactul electric al conductorului cu masa stâlpului. La stâlpii din beton, legătura electrică se realizează cu ajutorul unui conductor suplimentar, care leagă conductorul de protecție la armătura stâlpului, iar la stâlpii de lemn, conductorul de protecție se leagă direct la priza de pământ.

Clema de prindere a conductorului de protecție la stâlpii de susținere se fixează pe vârful stâlpului, prin patru buloane. Conform experienței acumulate, s-a constatat că, prin utilizarea clemelor de susținere rigide, conductorul de protecție poate fi serios deteriorat, ca urmare a vibrațiilor. Pentru a se evita acest fenomen, se folosesc cleme de susținere oscilante, tip CSP, conductorul fiind prins, în acest caz, în patul oscilant al clemei, cu ajutorul a două bride, conform celor reprezentate în Figura 42.

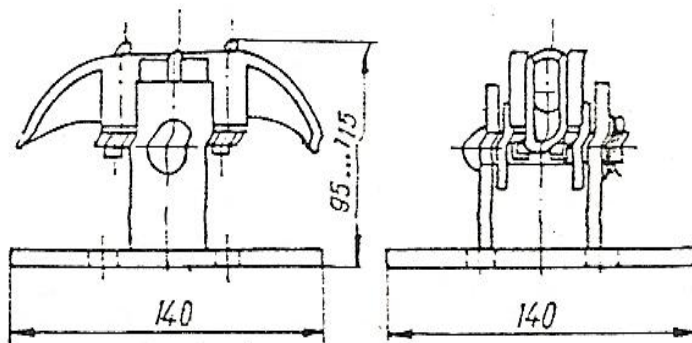


Figura 42. Clemă oscilantă de susținere pentru conductoare de protecție (CSP)

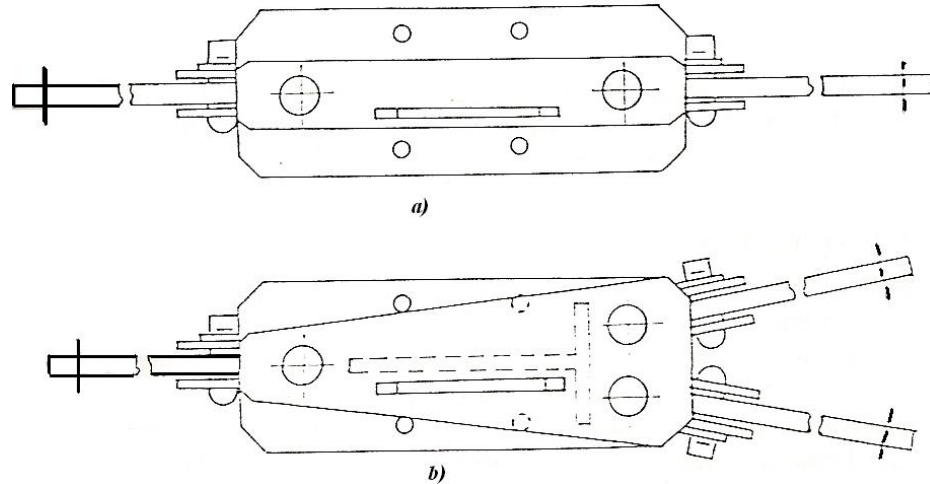


Figura 43. Clemă de tracțiune pentru conductoare de protecție. (a-clemă tip TP1 pentru conductoare din oțel; b- modul de fixare a clemei)

În cazul stâlpilor speciali, folosiți la liniile electrice aeriene de medie tensiune, pentru secțiuni mai mari ($35 \div 95\text{mm}^2$) ale conductorului de protecție din oțel, prinderea, fără izolatoare, a acestuia, se realizează cu o clemă de tracțiune tip TP1, reprezentată în Figura 43a. Modul de realizare a prinderii conductorului de protecție, în acest caz, este reprezentat în Figura 43b.

2.1.2. Cleme folosite la realizarea liniilor electrice aeriene

Modul de fixare a conductoarelor liniilor electrice aeriene pe izolatoarele liniilor este funcție de tipul izolatorului folosit, care poate fi suport sau de suspensie. În cazul izolatoarelor suport, conductorul se fixează direct pe izolator, prin intermediul unei legături auxiliare, realizată din sârmă sau cu bridă. În cazul lanțurilor de izolatoare, conductorul este prins de ultimul izolator din lanț, prin intermediul unei piese metalice, denumită clemă de susținere sau de tracțiune.

Legătura dintre conductor și izolator, atât în cazul izolatoarelor suport, cât și în cazul lanțurilor de izolatoare, depinde de tipul stâlpului, care poate fi de susținere sau de întindere. În cazul stâlpilor de susținere, conductorul este prins de izolator fără a fi întrerupt și, în această situație, conductorul transmite izolatorului numai eforturile verticale, datorate greutateii proprii și a chiciurei, precum și eforturile orizontale pe conductor, datorate presiunii vântului. În aceste condiții, în funcționare normală, eforturile de tracțiune longitudinale ale conductorului nu sunt transmise izolatorului. La stâlpii de întindere, conductorul este întrerupt și prins de izolator și, în felul acesta, transmite izolatorului atât eforturile verticale, datorate greutateii proprii, a chiciurei, cât și cele orizontale, datorate presiunii vântului, precum și eforturile longitudinale de tracțiune care iau naștere în conductor.

La stâlpii de susținere, legătura dintre conductoare și izolatoare poate fi executată în așa fel încât, la ruperea unui conductor, în clemele adiacente ruperii, conductorul să se desprindă sau să alunece în lăcașul de fixare. În situațiile în care linia electrică aeriană traversează o zonă locuită, nu

este permisă desprinderea conductorului adiacent unei rupei. De asemenea, utilizarea clemelor de susținere oscilante, cu declanșare cu sau fără rolă de alunecare și a celor alunecătoare nu este permisă pe porțiunile în care linia străbate porțiuni greu accesibile (bălți, lunci inundabile, terenuri foarte accidentate etc.). Dacă linia străbate zone locuite, precum și la traversări de drumuri, căi ferate, poduri, șosele naționale, râuri navigabile, legătura dintre conductor și izolator se execută cu siguranță mărită. Astfel, la stâlpii cu izolatoare suport, conductorul aceleași faze este prins de două izolatoare, iar la stâlpii echipați cu lanțuri de izolatoare, se folosesc lanțuri multiple.

2.1.2.1. Cleme pentru fixarea conductoarelor pe izolatoarele suport

Fixarea conductoarelor pe izolatoarele suport care echipează stâlpii de susținere se realizează cu legături normale sau cu legături de siguranță. La legăturile normale, conductorul este fixat, în partea dinspre stâlp, pe gâtul unui singur izolator, ca în Figura 44. Pentru anumite tipuri de izolatoare suport, conductorul este așezat într-un locaș special prevăzut pe partea superioară a izolatorului, conform celor reprezentate în Figura 45.

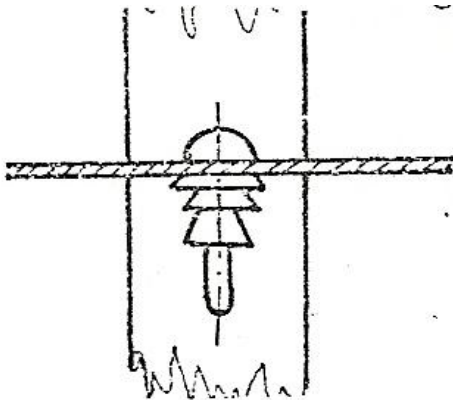


Figura 44 Legătura normală a conductorului la un izolator suport

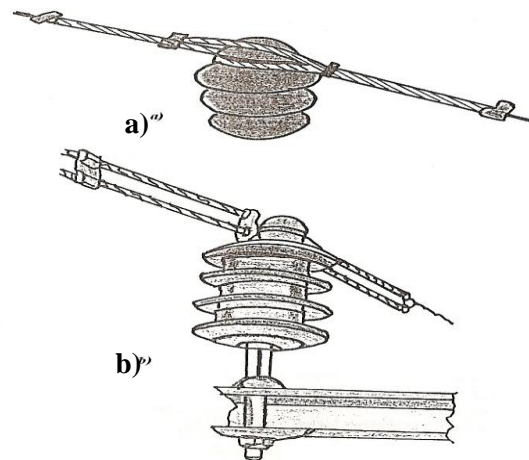


Figura 45 Legătura normală a conductorului la izolatoarele suport, cu fixare superioară (a-legătură pe orizontală; b-legătură pe verticală)

În vederea realizării legăturii dintre izolatoarele suport și conductoare, se utilizează, fie niște sârme speciale, fie niște bride, ca a celor reprezentate în Figura 46.

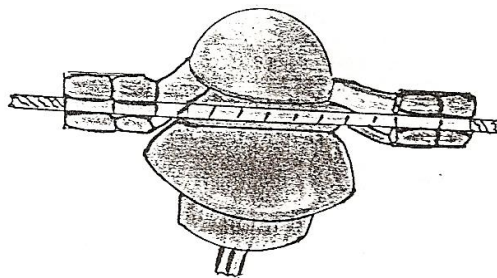


Figura 46 Legarea conductorului prin bride

În cazul liniilor electrice aeriene realizate cu conductoare de cupru, legătura se execută direct, pe conductor. Conductoarele de aluminiu trebuie însă protejate prin bandajarea lor cu o bandă lată de aluminiu, în locurile unde se execută legătura de prindere.

La noi în țară se folosesc, în mod curent, următoarele legături pentru fixarea conductoarelor pe izolatoarele suport:

- ❖ *legătură simplă în cruce* – pentru liniile electrice de distribuție care străbat zone nelocuite, prezintă deschideri mai mici de 50m și sunt echipate cu conductoare ale căror secțiuni sunt mai mici de 70mm²;
- ❖ *legătură dublă în cruce* – pentru liniile electrice aeriene care trebuie să prezinte o siguranță mărită, precum și pentru orice fel de linii electrice care prezintă deschideri între stâlpi mai mari de 50m.

Legătura de siguranță pentru stâlpii de susținere poate fi executată fie pe același izolator, ca în Figura 47, fie pe un izolator suplimentar, conform celor prezentate în Figura 48.

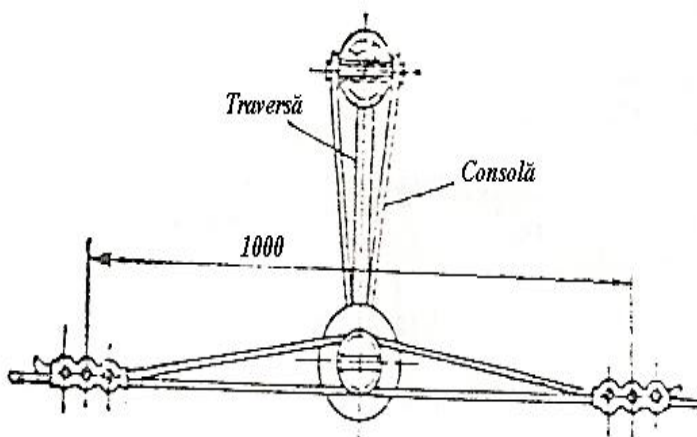


Figura 47 Legătură de siguranță la stâlpi de susținere, cu un izolator

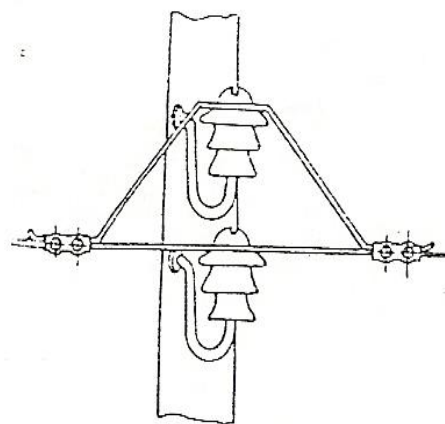


Figura 48 Legătură de siguranță la stâlpi de susținere, cu două izolatoare în plan vertical

Pentru legătura de siguranță pe un singur izolator, conductorul liniei se prinde pe partea opusă stâlpului, legătura de siguranță fiind în interior, iar conductorul de siguranță se fixează de conductorul liniei cu ajutorul a două cleme de legătură electrică și mecanică. Legătura de siguranță folosind un izolator suplimentar se poate executa cu izolatoare situate pe o singură consolă în plan orizontal, la liniile electrice aeriene de medie tensiune cu tensiunea nominală de 20 kV sau cu izolatoare suprapuse în plan vertical, la liniile electrice aeriene realizate cu suporturi curbe. Legătura de siguranță în funcționare normală nu trebuie să preia tracțiunea conductorului.

Fixarea conductoarelor la izolatoarele suport care echipează stâlpii de întindere de colț sau terminali se realizează cu legături normale sau cu legături de siguranță. La legăturile normale, conductorul este prins de gâtul unui izolator printr-un ochi format de funia conductorului și fixat, fie cu un bandaj de sârmă, ca în Figura 49, fie cu o clemă cu creștături, conform Figurii 50.

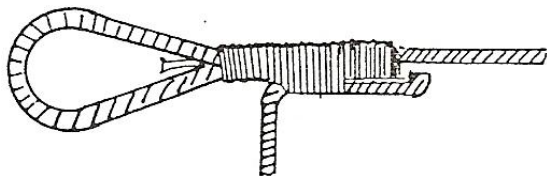


Figura 49 Fixarea conductorului la izolatoarele suport ale stâlpilor de întindere folosind bandaj de sârmă

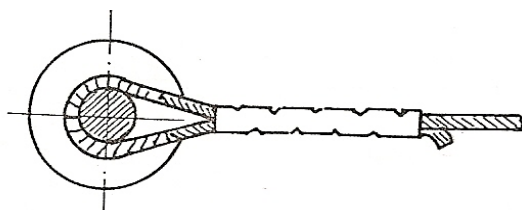


Figura 50 Fixarea conductorului la izolatoarele suport ale stâlpilor de întindere folosind clemă cu creștături

Legătura electrică între două izolatoare de pe aceeași fază se realizează prin unirea celor două capete libere, prin intermediul unei clemă de legătură electrică, denumită clemă de blocare, confecționată din aluminiu, având simbolul *CB*, conform celor prezentate în Figura 51.

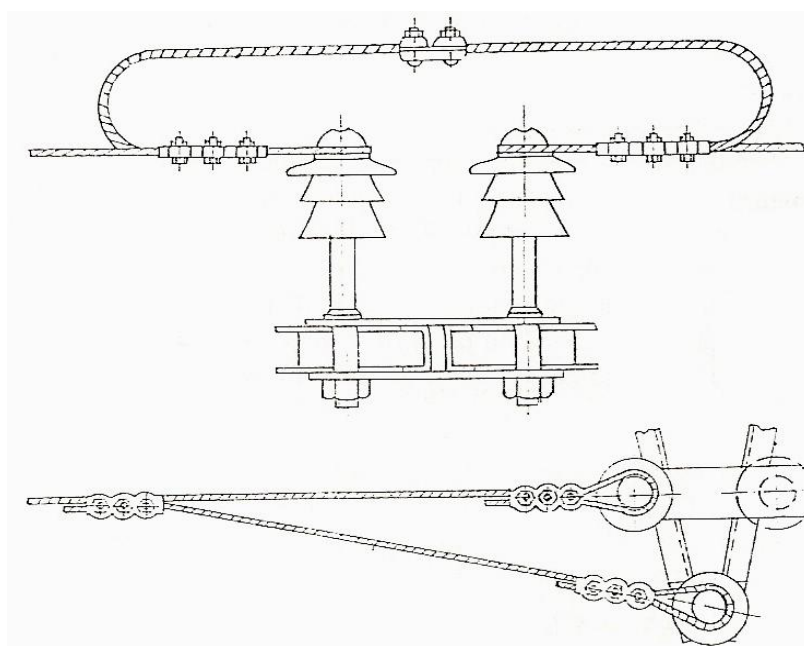


Figura 51 Legătură normală la stâlpii de întindere echipați cu izolatoare suport

La stâlpii terminali, legăturile se realizează în același mod ca și în cazul stâlpilor de întindere. Pentru stâlpii de colț simpli, legăturile realizate pot fi normale sau de siguranță.

La stâlpii de întindere sau terminali, legătura de siguranță se realizează cu ajutorul unui izolator suplimentar, ca în Figura 52. Legăturile normale sunt executate ca și în cazul stâlpilor de susținere, conductorul fiind atașat izolatorului, în exteriorul unghiului de colț.

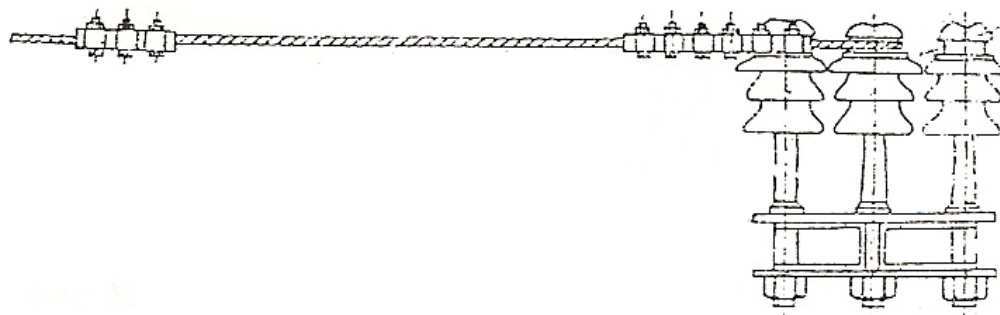


Figura 52 Legătură de siguranță la stâlpii de întindere echipați cu izolatoare suport

Clemele de legătură electrică sunt folosite pentru asigurarea continuității anumitor circuite în cazul stâlpilor speciali ai liniilor electrice sau la realizarea circuitelor primare din stațiile electrice. În acest caz, pentru realizarea legăturii electrice, se folosesc următoarele tipuri de cleme: **cleme cu plăci de contact; cleme universale.**

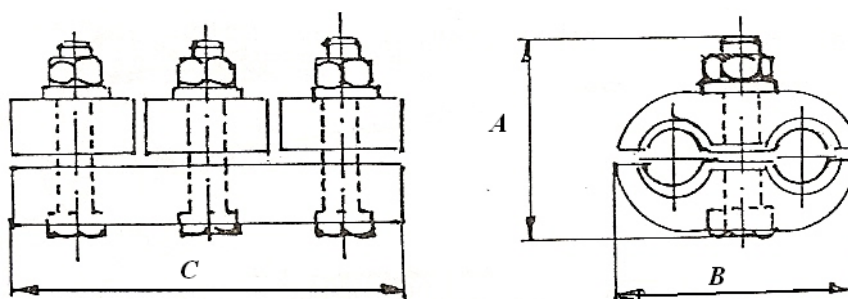


Figura 53. Clemă de legătură electrică cu plăci de contact și cu trei capace (LEPC2)

Clemele de legătură electrică cu plăci de contact sunt folosite la LEA cu tensiuni mai mari de 1kV, pentru realizarea legăturilor electrice între două conductoare cu secțiuni egale și confecționate din același material. Aceste cleme se compun dintr-un corp și două, trei sau patru capace, iar între corpul de bază și capace se găsesc plăcile de contact. În Figura 53 este reprezentată o clemă de legătură electrică cu plăci de contact, cu trei capace, tip LEPC2, iar în tabelele din Anexa 1 sunt indicate domeniile de folosire și dimensiunile acestor cleme.

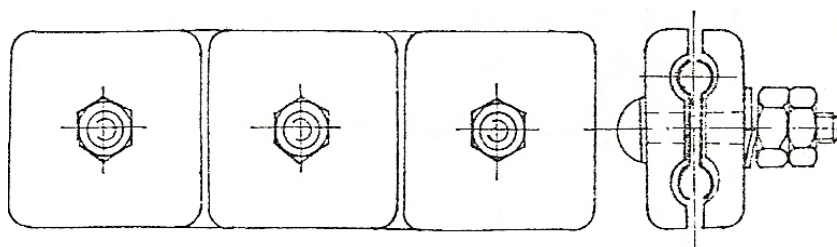


Figura 54 Clemă universală pentru conductoare de tip OL-Al

Clemele universale sunt folosite pentru efectuarea legăturilor electrice la conductoarele liniilor electrice aeriene cu tensiuni de până la 1 kV. Aceste cleme pot face legătura între două conductoare din același metal, având aceeași secțiune sau secțiuni diferite și se confecționează din același material,

ca și conductoarele. Clemele folosite în cazul conductoarelor din aluminiu sau oțel-aluminiu, cu secțiuni de până la 90 mm^2 , sunt prevăzute cu trei buloane și se realizează în două variante constructive și anume:

- **tip A** – cu profile egale, pentru legarea a două conductoare de aceeași secțiune (Figura 54);
- **tip B** – cu profile neegale, pentru legarea a două conductoare cu secțiuni diferite.

2.1.2.2. Cleme pentru fixarea conductoarelor la lanțurile de izolatoare

Conductoarele liniilor electrice aeriene se fixează la lanțurile de izolatoare ale liniilor cu ajutorul unor cleme. Acestea sunt în contact nemijlocit cu conductoarele și, din acest motiv, clemele trebuie să îndeplinească o serie de condiții mecanice și electrice.

În funcție de rolul pe care îl îndeplinesc, clemele se împart în două mari categorii:

- ◆ **cleme de susținere**, unde conductorul activ sau cel de protecție este montat în clemă fie simplu, fie protejat;
- ◆ **cleme de tracțiune, întindere și reparare** a conductorului activ și a celui de protecție.

Clemele de susținere asigură fixarea conductoarelor la lanțurile de susținere care echipează liniile electrice aeriene și suportă, în întregime, sarcina verticală a conductorului, fără însă să-i poată împiedica, cu totul, alunecarea în lungul liniei, atunci când apare o diferență de tensiune mecanică între două deschideri adiacente. Printr-o dozare corespunzătoare a strângerii conductorului în clemă, se poate fixa o valoare limită a efortului în așa fel încât conductorul să nu se deplaseze. Clemele de susținere trebuie să reducă la minim efectele vibrațiilor asupra conductoarelor active sau de protecție și să prezinte o suprafață de contact suficientă pentru a evita deteriorarea datorită curenților de defect.

La rândul lor, clemele de susținere pot fi grupate în felul următor:

- cleme prevăzute cu o articulație deasupra conductorului, la care pivotul este situat deasupra planului orizontal al axei conductorului, conform celor reprezentate în Figura 55 a);
- cleme prevăzute cu o articulație dublă sau triplă în planul axei conductorului, ca în Figura 55 b);
- cleme prevăzute cu o articulație sub axa conductorului, de tipul celei reprezentate în Figura 55 c).

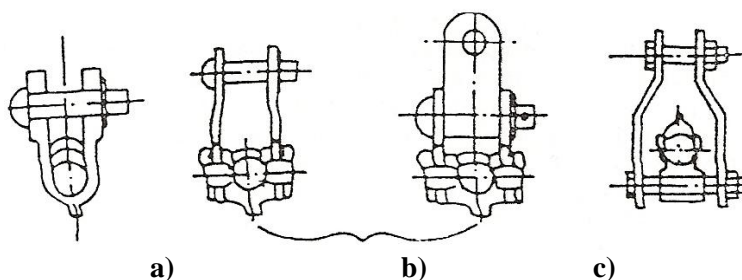


Figura 55 Tipuri de cleme de susținere

Dintre tipurile de cleme menționate anterior, se poate opta pentru una din următoarele variante:

- ◆ cleme standard, la care sarcina de alunecare a conductorului activ sau a conductorului de protecție nu este inferioară unei sarcini de alunecare minimă specifică;
- ◆ cleme cu alunecare controlată, la care sarcina de alunecare a conductorului se situează între două valori diferite impuse.

În cele ce urmează, se prezintă diferite tipuri de cleme de susținere utilizate la construcția liniilor electrice aeriene.

Cleme de susținere oscilante fără declanșare. O astfel de clemă, cu părțile ei componente, este reprezentată în Figura 56.

În punctele în care pot apărea vibrații mecanice deosebit de puternice și unde sunt utilizate armături de protecție grele, este necesară utilizarea **clemei de susținere oscilante cu furcă dublă**, precum cea reprezentată în Figura 57, cu părțile ei componente.

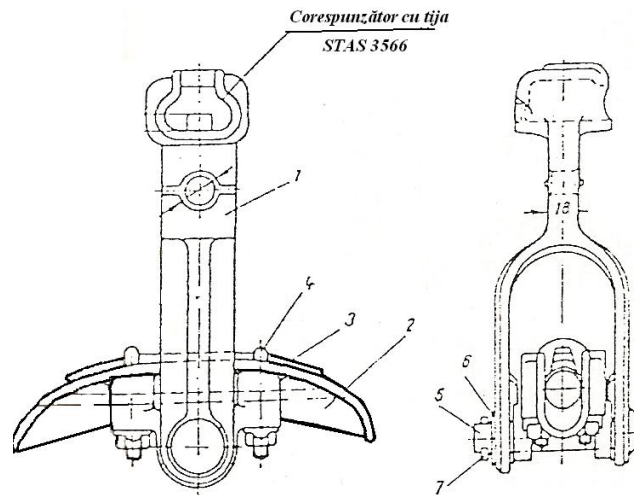


Figura 56 Clemă de susținere oscilantă fără declanșare tip SOL: 1-suportul clemei; 2-patul clemei; 3-piesă de strângere; 4-bride; 5-bolț cu cap semirotond; 6-rondelă; 7-cui spintecat

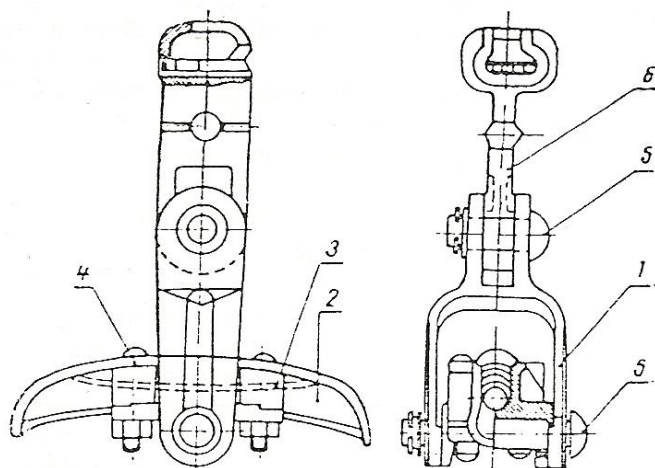


Figura 57 Clemă de susținere oscilantă cu furcă dublă: 1-suportul clemei format furcă dublă; 2-patul clemei; 3-piesă de strângere; 4-bride; 5-bolț cu cap semirotond; 6-nucă ochi drept

Folosind acest tip de clemă, legătura la lanțul de izolatoare se realizează prin intermediul unei nuci, pe care se montează armăturile de protecție. În felul acesta, cleva nu este îngreunată și se poate mișca liber, permițând astfel oscilațiile conductorului.

Clemele de susținere oscilante fără declanșare, pentru conductorul de protecție (Figura 58), sunt executate din fontă maleabilă pentru tipul SOF și fontă maleabilă și aliaj de aluminiu pentru tipul SOFA. Clemele tip SOF se utilizează pentru conductoarele de protecție din oțel, iar cele de tip SOFA pentru conductoarele de protecție din oțel-aluminiu sau aliaje de aluminiu.

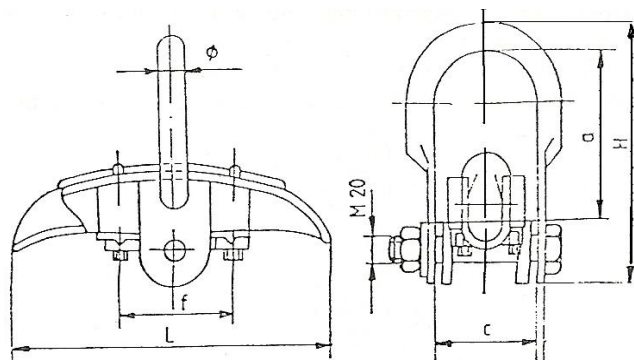


Figura 58 Clemă de susținere oscilantă tip SOF și SOFA fără declanșare, pentru conductor de protecție

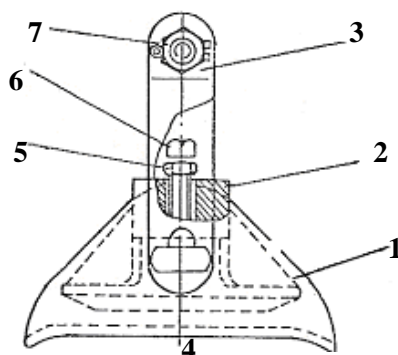


Figura 59 Clemă de susținere cu tracțiune limitată tip STIL
1-corpul clemei; 2-bac; 3-braț; 4-colțar; 5-șurub de strângere; 6-piuliță;
7-șurub pentru prindere; 8-piuliță; 9-șplint

Clemele de susținere cu tracțiune limitată tip STIL sunt folosite la LEA de înaltă și foarte înaltă tensiune, pentru susținerea conductoarelor active din oțel-aluminiu, cu secțiuni cuprinse între $35 \div 680 \text{mm}^2$ și diametre de $8,1 \div 36 \text{mm}$. În cazul depășirii sarcinii de tracțiune prescrisă, pentru conductorul de un anumit diametru, acesta alunecă în clemă și descarcă, în felul acesta, stâlpul. Sarcina de rupere verticală, funcție de secțiunea conductorului, variază între 2000 și 14000daN. Sarcina de tracțiune la alunecare este limitată, funcție de efectul de strângere a șurubului pentru prindere, precum și de suprafața de reazem a conductorului pe clemă și variază între 50 și 1000daN. Pentru a realiza o valoare exactă a presiunii, la montaj se folosesc chei nanometrice. Corpul clemei și

bacul de strângere sunt realizate din aliaj de aluminiu, evitându-se, în felul acesta, închiderea circuitului magnetic în jurul conductorului și unele pierderi electrice. Aceste cleme de susținere cu tracțiune limitată nu lasă să cadă conductorul la pământ, alunecarea având loc numai până când efortul în conductor scade sub efortul de alunecare, pentru care a fost reglată strângerea. În Figura 59 este reprezentată o astfel de clemă, cu părțile ei componente.

Clema de susținere din aliaj de aluminiu tip CSA este tot o clemă cu tracțiune limitată, de tipul celei prezentate în Figura 60. Acest tip de clemă permite conductorului să alunece la o anumită valoare a diferenței de tracțiune, ce poate apărea între deschideri adiacente. Clema are avantajul că elimină eforturile prea mari la care sunt supuse conductoarele prin strângerea necontrolată în clemele de susținere obișnuite. Aceasta necesită un reglaj prealabil la furnizor, funcție de natura, construcția și diametrul conductorului. Caracteristicile acestor cleme tip CSA sunt prezentate în Anexa 1.

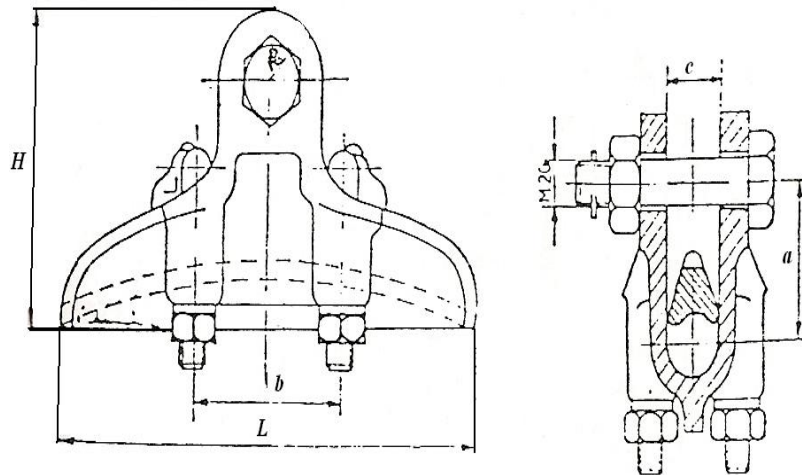


Figura 60 Clemă de susținere din aliaj de aluminiu tip CSA

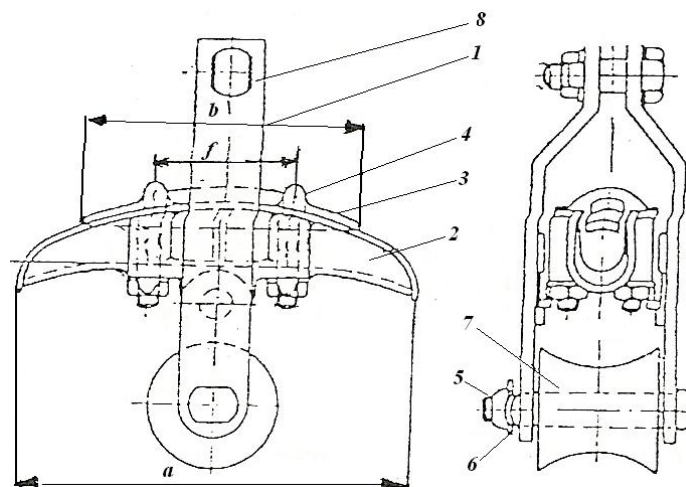


Figura 61 Clemă de susținere oscilantă cu declanșare și rolă de alunecare tip SOLD: 1-suportul clemei; 2-patul clemei; 3-piesă de strângere; 4-bride; 5-bolț cu cap semirodund; 6-cui spintecat; 7-rolă de alunecare; 8-șurub special cu piuliță de siguranță

Clemele de susținere oscilante cu declanșare și rolă de alunecare sunt folosite în scopul obținerii unei reduceri a greutateii stâlpilor de susținere, prin micșorarea efortului la care aceștia trebuie să reziste în cazul ruperii unui conductor. La ruperea unui conductor, lanțul de izolatoare se înclină în direcția tracțiunii și, la un unghi de 40-50°, clema declanșează, conductorul cade și alunecă pe bolț sau pe rolă, eliberând, în felul acesta, stâlpul de efort. Astfel, stâlpul trebuie să reziste în sensul liniei numai la efortul de declanșare a clemei. Dezavantajul acestei cleme constă în aceea că, la ruperea conductorului, acesta cade la pământ pe tot panoul. Acest dezavantaj este eliminat prin montarea pe conductor a unor limitatori care evită căderea conductorului pe pământ, la declanșarea clemei. În Figura 61 este reprezentată o clemă de susținere oscilantă cu declanșare și rolă de alunecare tip SOLD.

Clemele de alunecare tip CA sunt utilizate la LEA de 20kV pentru prinderea conductoarelor de izolatoare, la stâlpii de susținere (Figura 62). Aceste cleme se execută din aliaj de aluminiu și oțel protejat prin zincare sau numai din aliaj de aluminiu. Se pot utiliza și la LEA de joasă tensiune, realizate cu conductoare neizolate, pentru prinderea conductorului de nul la consola mecanică a stâlpului, conform celor reprezentate în Figura 63.

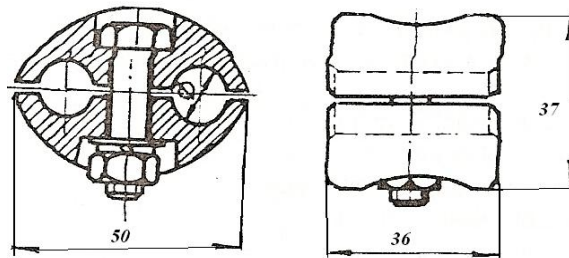


Figura 62 Clemă de alunecare tip CA

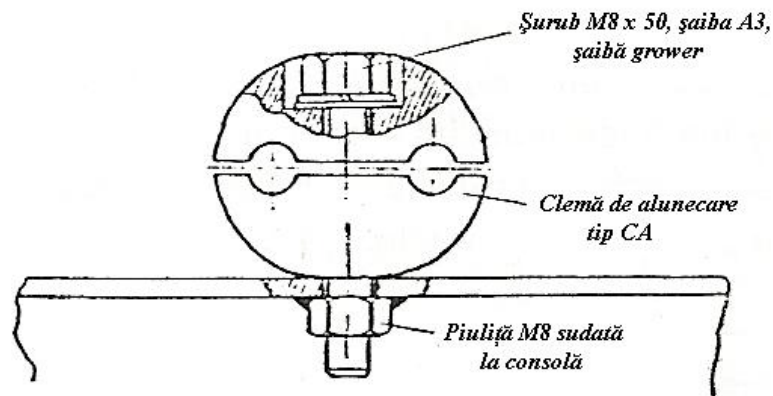


Figura 63 Clemă de alunecare tip CA utilizată pentru realizarea legăturii între conductorul de nul al unei rețele electrice de joasă tensiune, cu conductoare neizolate și consola metalică a stâlpilor

Clemele de tracțiune sunt destinate întinderii, înnădirii și reparării conductoarelor active și a celor de protecție, putând fi grupate, din punct de vedere constructiv, astfel:

- cleme de înnădire prin presare;
- cleme cu blocaj conic;

- cleme cu buloane sau cu bolțuri;
- cleme elicoidale performante;
- cleme montate cu ajutorul unei încărcături explozive.

Clemele destinate îmbinării conductoarelor executate din două materiale diferite trebuie să evite coroziunea bimetalică.

Clemele cu creștături din aluminiu sunt utilizate la înădirea conductoarelor neizolate de joasă tensiune din aluminiu (Figura 64).

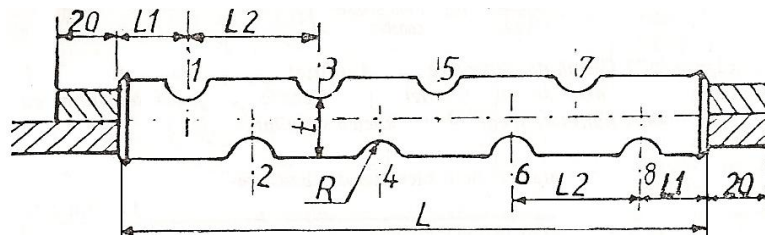


Figura 64 Clemă de înădire a conductoarelor din aluminiu utilizată la liniile electrice de joasă tensiune cu conductoare neizolate

Clemele cu creștături confecționate din aliaj de aluminiu sunt utilizate la înădirea conductoarelor, la liniile electrice aeriene cu tensiuni de 6 ÷ 110kV. În Figura 65 este reprezentată o astfel de clemă cu creștături.

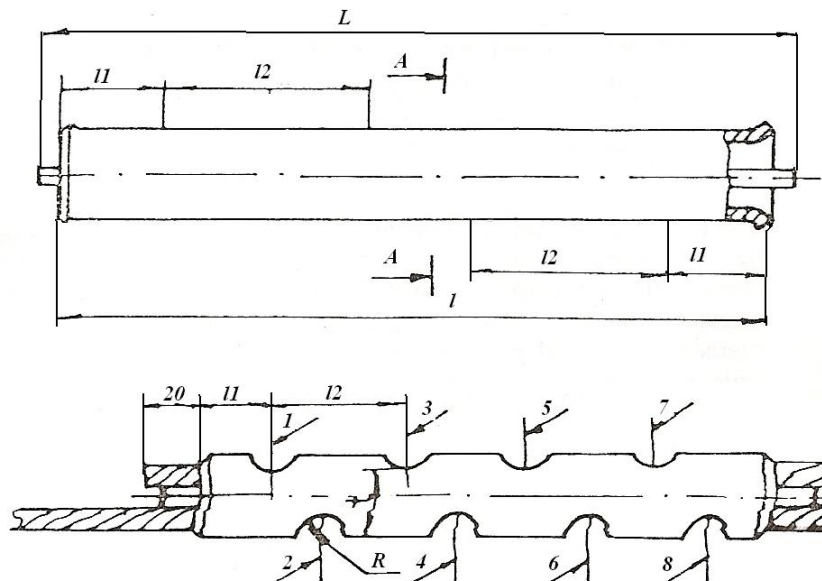


Figura 65 Clemă cu creștături din aliaj de aluminiu pentru conductoare din OL-Al.

Clemele de tracțiune prin presare cu derivație tip TPD sunt folosite pentru conductoare din oțel-aluminiu. Aceste cleme fixează conductorul prin presarea lui în corpul de aluminiu al clemei. În partea mijlocie a corpului clemei, în porțiunea în care nu se presează, sunt executate șanțuri inelare. Pe

șanțuri sunt îmbrăcate strâns două bacuri intermediare din oțel, peste care se introduce, odată cu conductorul, un manșon conic, peste care se așează butucul prevăzut cu două brațe laterale, de care se prind brațele de legătură. Clemele de tracțiune prin presare sunt folosite pentru conductoare din oțel-aluminiu, cu secțiuni cuprinse între 150mm^2 și 700mm^2 .

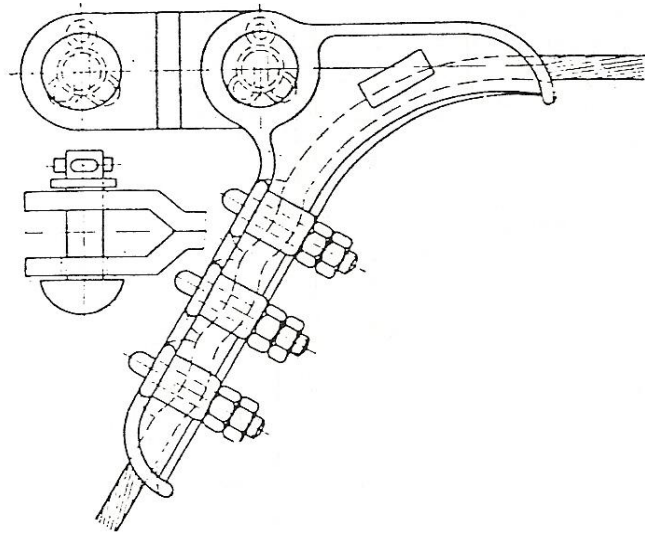


Figura 66. Clemă de tracțiune cu bride

Clemele de tracțiune cu bride (Figura 66) realizează fixarea conductoarelor cu ajutorul unor bride. Presiunea conductorului pe partea posterioară a clemei este proporțională cu tracțiunea și invers proporțională cu raza de curbură a piesei cu bride. Prin frecare, conductorul transmite clemei tensiunea sa mecanică, aceste cleme fiind folosite pentru tracțiuni în conductor de până la 3000daN . Corpul clemei este realizat din fontă maleabilă, iar bridele din oțel.

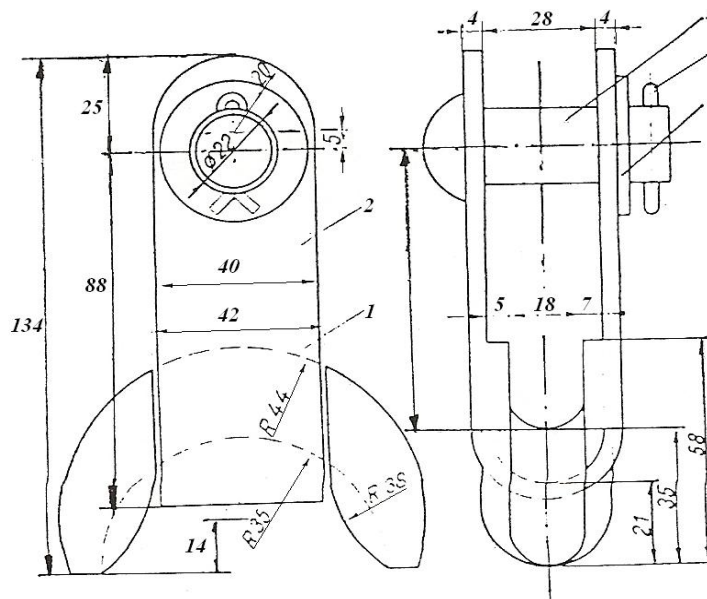


Figura 67 Clemă de tracțiune cu potcoavă
1-potcoavă; 2-furcă; 3-bolț; 4-șaiță; 5-cui spintecat

Clemele de tracțiune potcovite în furci de tipul celor prezentate în Figura 67, servesc la prinderea conductoarelor din oțel și oțel-aluminiu, cu secțiuni de până la 120mm^2 , pentru liniile electrice aeriene de medie tensiune. Clema funcționează montată împreună cu clema cu creștături pentru prinderea conductoarelor pe clemă, în cazul conductoarelor al căror efort de rupere nu depășește 3500 daN .

Cleme de tracțiune cu con tip TC (Figura 68) sunt folosite pentru fixarea conductoarelor liniilor din oțel sau oțel-aluminiu, cu secțiuni care nu depășesc 300mm^2 , fiind de tipul cu prindere totală a conductorului.

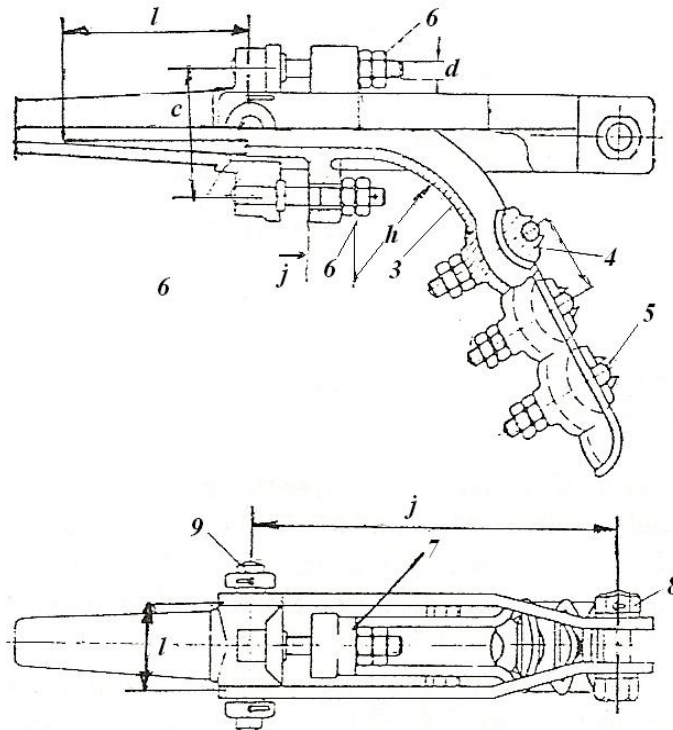


Figura 68 Clemă de tracțiune cu con tip TC

1-corpul clemei; 2-con de strângere din aluminiu; 3-piesă de asigurare a strângerii; 4-bac din fontă maleabilă; 5-bridă cu două piulițe de strângere; 6-prezon cu două piulițe; 7-braț de legătură din oțel; 8-bolț cu piuliță specială și cui spintecat; 9-piuliță specială

Cleme de tracțiune prin presare tip Tp.Al sunt folosite la întinderea conductoarelor active de oțel-aluminiu, cu secțiune de 400mm^2 sau 450mm^2 (Figura 69).

Clema de tracțiune fixează conductorul prin apăsarea lui în corpul de aluminiu al clemei. Corpul de aluminiu, în partea de mijloc, care nu se presează, este prevăzut cu niște caneluri inelare. Peste acestea, sunt îmbrăcate strâns două segmente inelare din oțel, peste care se introduce, o dată cu conductorul, o piesă cilindrică prevăzută cu două brațe laterale, de care se prind brațele de legătură. La montaj, conductorul se trage prin țeava de aluminiu astfel, ca porțiunea mai scurtă să se afle în direcția de tras a conductorului. Clema se îndoaie cu ajutorul unui dispozitiv special și se laminează apoi ambele capete ale clemei, de la mijloc către extremități, în primul rând, spre deschidere.

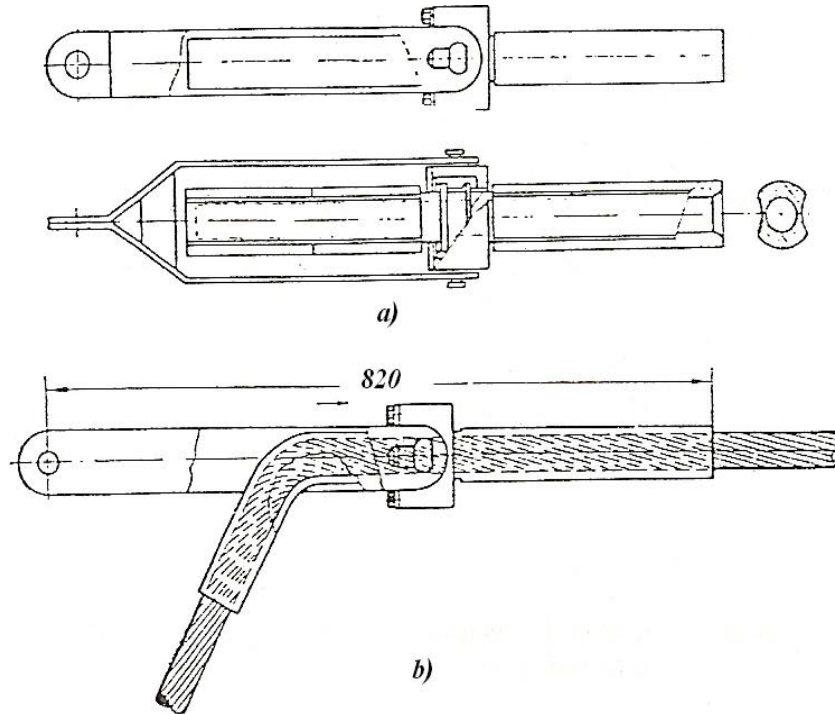


Figura 69 Clemă de tracțiune prin presare: a-înainte de montare; b-după montare pe conductor.

Clemele de tracțiune prin presare, cu prinderea separată a inimii de oțel au caracteristic faptul că efortul de tracțiune din conductor este transmis lanțului de izolatoare prin intermediul inimii de oțel, prinsă prin presare într-o piesă de strângere executată din oțel moale, după ce a fost îndepărtată, în prealabil, mantaua de aluminiu. La capătul bolțului de oțel, este înșurubat ochiul de suspensie al clemei. Piesa de strângere din oțel și mantaua de aluminiu a conductorului sunt unite prin presarea unei țevi de aluminiu curbate, care le îmbracă pe amândouă. Tot prin presare, la partea dinspre cordon a țevii, este fixată o bucată de conductor de oțel-aluminiu, care face legătura cu clemă de tracțiune din panoul adiacent. În Figura 70 este reprezentată o clemă de tracțiune prin presare, cu prinderea separată a inimii de oțel.

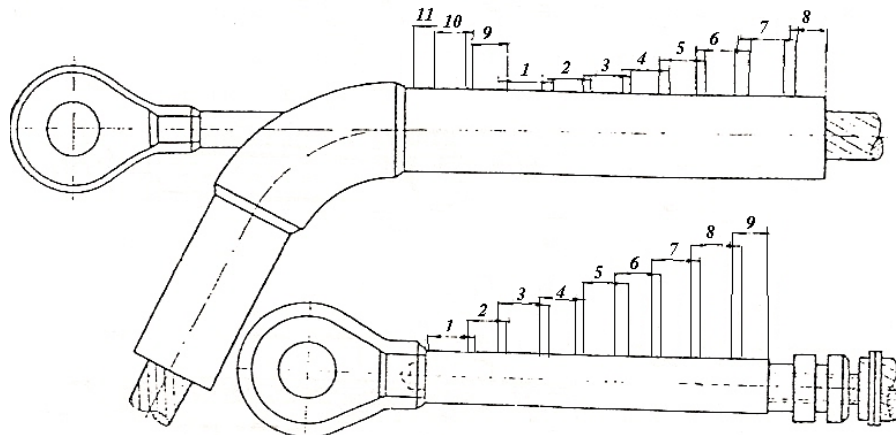


Figura 70 Clemă de tracțiune prin presare, cu prinderea separată a inimii de oțel

Clemele de tracțiune prin laminare tip Mafral (Figura 71) sunt bazate pe același principiu ca și clemele descrise anterior, cu deosebirea că, la acest tip de cleme, prinderea se execută prin laminare, iar cordonul de legătură dintre panouri este dintr-o bucată și prevăzut la capete cu papuci laminați, prinși la clemă cu șuruburi.

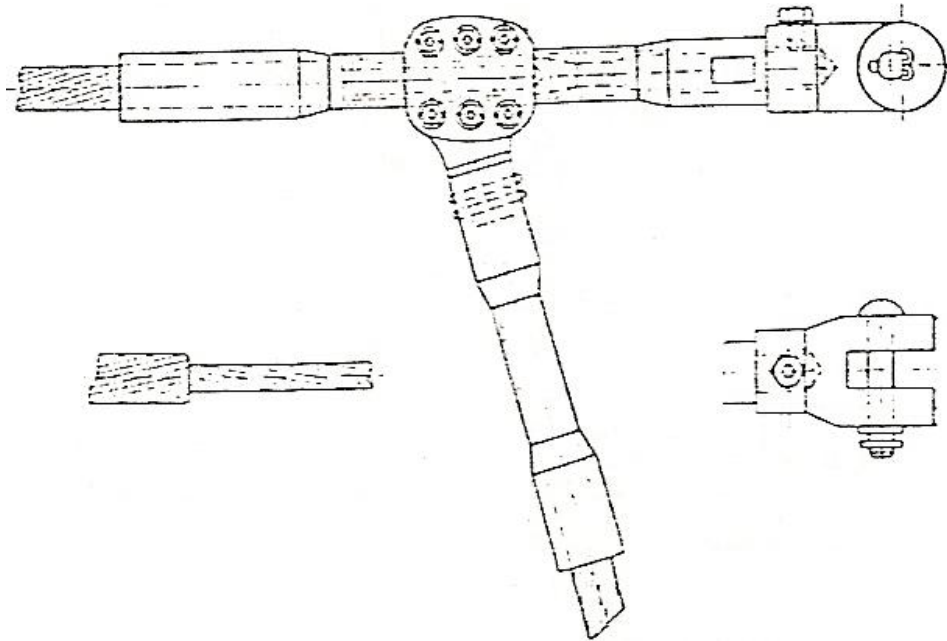


Figura 71 Clemă de tracțiune prin laminare top Mafral

Manșoanele de separare (Figura 72) sunt executate din două părți, din aliaj de aluminiu și se utilizează la separarea conductoarelor de oțel-aluminiu, la care firele funiei de aluminiu sunt rupte, ca urmare a unor scurtcircuite apărute între conductoarele de fază. Cele două părți ale manșonului se fixează peste conductorului deteriorat, după care se presează.

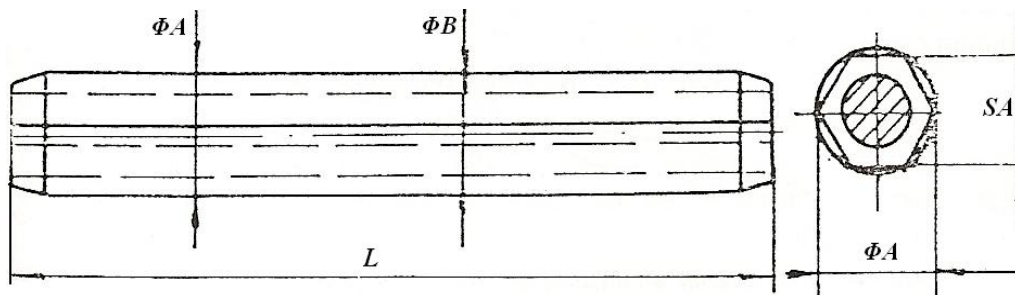


Figura 72 Manșon de separare

Clemele de întindere rețea tip CIR 750 sunt utilizate la întinderea conductoarelor de joasă tensiune izolate, pentru LEA de joasă tensiune. Aceste cleme servesc la întinderea conductoarelor tip TYIR 50mm^2 OL-Al+ $3\times(35 \div 70)\text{mm}^2$ Al+ $2\times 16(35)\text{mm}^2$ Al, fixând conductorul purtător din oțel-

aluminiu, cu ajutorul unei cleme de fixare din oțel, ca în Figura 73. Cu ajutorul întinzătorului sau a unui prelungitor, clema se prinde, prin intermediul unei brățări, de stâlpul de întindere sau de zidul unei clădiri, în situația când rețeaua este pozată pe o clădire.

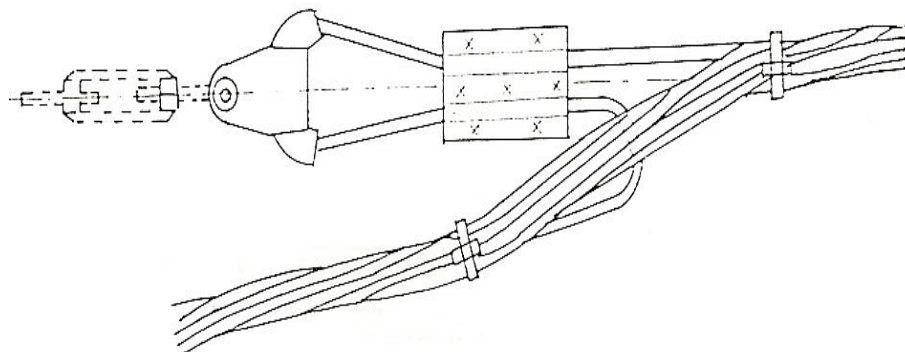


Figura 73 Clemă de întindere rețea tip CIR 750 (1-clemă tip potcoviță; 2-clemă fixare din oțel a nului purtător; 3-brățară pentru fascicul;4-conductor de nul purtător; 5-fasciculul de conductoare; 6-conductor de nul purtător din oțel-aluminiu; 7-întinzător)

3. Modul de desfășurare a lucrării.

- Studenții vor identifica toate tipurile de armături și cleme existente în colecția laboratorului de Transportul și distribuția energiei electrice și modul lor de simbolizare, precum și destinația lor.
- Studenții vor identifica destinația pentru toate tipurile de armături și cleme existente în colecția laboratorului de Transportul și distribuția energiei electrice.
- Se vor asocia diferite tipuri de cleme și armături necesare alcătuirii și prinderii lanțurilor de izolatoare și a conductoarelor liniilor electrice aeriene.

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., Varvara V., Neagu B.**, *Possibilities of Survey and Shape the Consumption from the Electric Energy Distribution Systems* Bul. Inst. Polit Iasi, Tom LIV (LVIII) fasc.3, 2008, pp.139- 146.

6. **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.
7. **Georgescu Gh.**, *Sisteme de distribuție a energiei electrice*, vol. 1, partea a II-a, Editura Politehnicum, Iași, 2007.
8. **Georgescu Gh., Rădășanu D.**, *Transportul și distribuția energiei electrice*, vol. 1, Editura “Gh. Asachi”, Iași, 2000.
9. *** **PE 104/93** *Normativ pentru construcția liniilor aeriene de energie electrică cu tensiuni peste 1000 V*, ICEMENERG, București, 1993.
10. *** **PE 106/2003**, *Normativ pentru proiectarea și executarea liniilor electrice aeriene de joasă tensiune*, S.C.ELECTRICA S.A., București, 2003.
11. *** **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.
12. *** **PE 132/2003** *Normativ de proiectare a rețelelor electrice de distribuție publică*, S.C. ELECTRICA S.A., București, 2003.