

## ANALIZA ASISTATĂ DE CALCULATOR PRIVIND CALCULUL MECANIC AL CONDUCTOARELOR ACTIVE ALE LINIILOR ELECTRICE AERIENE

### 1. Introducere

Scopul calculului mecanic constă atât în stabilirea întinderii conductoarelor, care trebuie realizată în așa fel încât să reziste la suprasarcinile ce pot apărea în exploatare, în condiții de solicitare maximă, cât și în verificarea poziției conductoarelor pentru diferite situații ale forțelor exterioare, care acționează asupra acestora.

La calculul întinderii conductoarelor, este necesar să se stabilească relații între deschiderea dintre stâlpi, forțele exterioare care acționează asupra LEA, forma geometrică pe care o ocupă conductoarele sub influența acestor forțe și eforturile interne ce apar în conductoare. Odată stabilită forma geometrică a conductorului în deschidere, respectiv a săgeților în fiecare punct al acestuia și a valorii săgeții maxime, se crează posibilitatea verificării distanțelor minime admisibile ale conductorului față de celelalte conductoare ale LEA, precum și față de elementele stâlpului legate la pământ sau față de diferite obstacole pe care le traversează ori de care se apropie traseul LEA.

Cunoașterea săgeții conductoarelor și a distanțelor minime admisibile față de sol sau față de obstacolele pe care le traversează linia permite determinarea înălțimii și a coronamentului stâlpilor folosiți la construcția LEA.

Conform informațiilor din literatura de specialitate și a normelor din țara noastră, la calculul mecanic al LEA se utilizează, în mod curent, o serie de noțiuni și mărimi, cum ar fi: secțiunea reală și nominală a unui conductor funie, sarcina de rupere calculată, sarcina de rupere minimă, rezistența de rupere calculată, rezistența de rupere minimă, tracțiunea în conductor, tracțiunea orizontală în conductor, deschiderea reală, deschiderea nominală, deschiderea virtuală, deschiderea la încărcări de vânt, deschiderea la încărcări verticale, denivelarea, săgeata unui conductor într-un anumit punct, aliniamentul, panoul de întindere, încrucișarea LEA, traversarea și subtraversarea, apropierea LEA, porțiuni speciale de traseu, culoarul unei LEA, regimul normal de funcționare și de avarie al unei LEA, rezistența mecanică normată și sarcina mecanică normată, rezistența și sarcina mecanică de calcul, încărcările normate și de calcul. Reprezentarea grafică a unora dintre noțiunile enumerate anterior este redată, în mod sugestiv, în Figura 1.

O linie electrică aeriană trebuie să facă față condițiilor climato-meteorologice din zonele sau regiunile pe care le străbate. Aceste condiții trebuie cunoscute de către proiectant, deoarece influențează în mod esențial calculul mecanic al LEA.

În procesul de proiectare și construcție al LEA, trebuie să se țină seama de intensitatea și frecvența de manifestare a principalilor factori climato-meteorologici, cum ar fi: temperatura aerului, viteza vântului, depunerile de chiciură. Ținând seama de aceste aspecte, teritoriul țării noastre a fost împărțit în cinci zone meteorologice (A, B, C, D, E), care diferă din punct de vedere al intensității și al frecvenței de manifestare a principalilor factori climato-meteorologici. În Figura 2 este reprezentată zonarea teritoriului țării noastre, cu delimitarea celor cinci zone, după criterii climato-meteorologice.

Pentru determinarea *încărcărilor normate*, la calculul mecanic al LEA se vor considera condițiile prevăzute de norme pentru fiecare zonă meteorologică, privind presiunea vântului, grosimea stratului de chiciură și valorile temperaturii aerului.

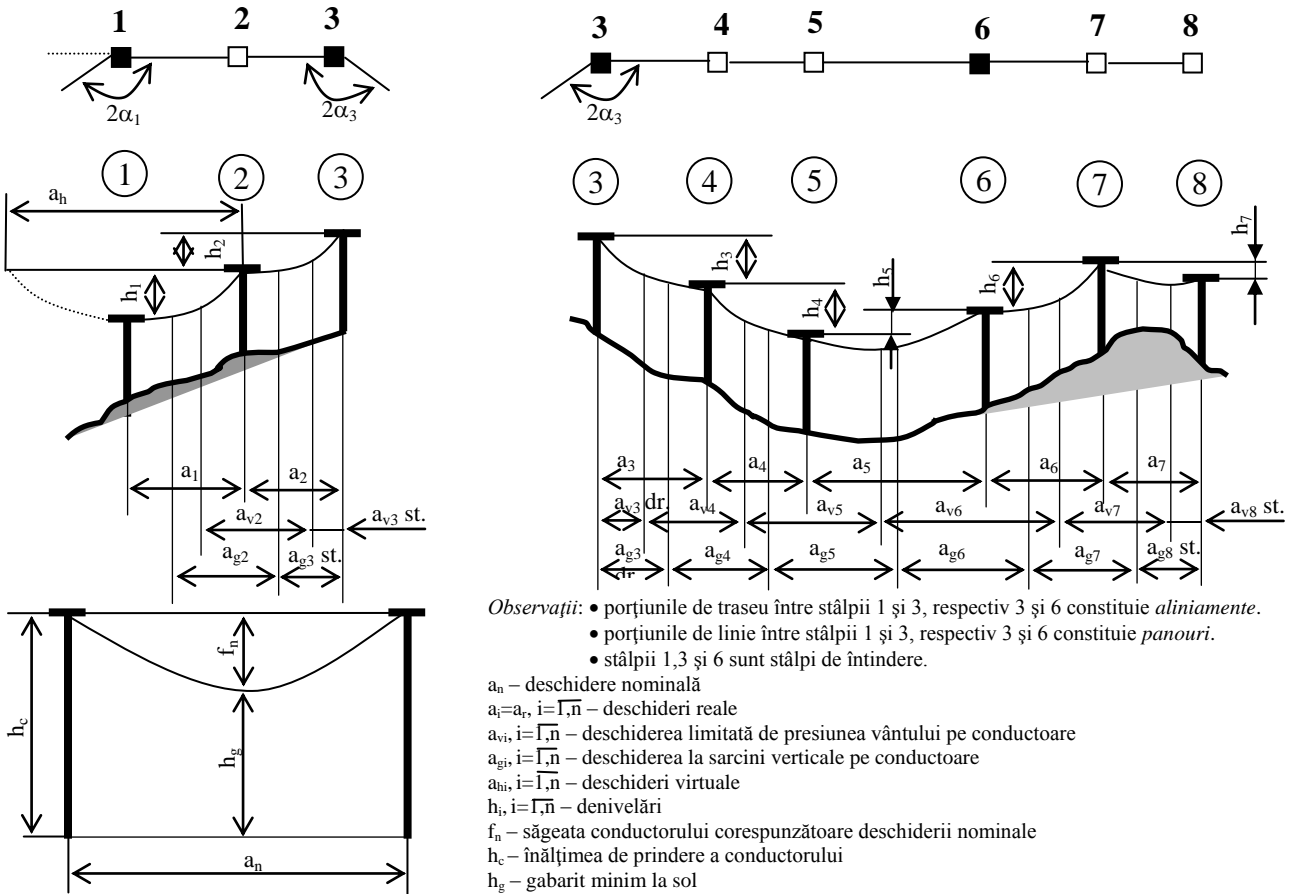


Figura 1 Mărimi și noțiuni utilizate la calculul mecanic al LEA



Figura 2 Delimitarea zonelor teritoriale din țara noastră după criterii climato-meteorologice

## 2. Calculul mecanic al conductoarelor active ale LEA

La construcția LEA cu tensiuni nominale mai mari de 1000 V, fiecare fază este echipată fie cu un singur conductor, fie printr-un ansamblu de două sau mai multe conductoare, denumite conductoare fasciculare. Conductoarele active de fază ale liniei sunt cele care asigură transportul și distribuția energiei electrice.

Pe lângă caracteristicile electrice ridicate, conductoarele active ale liniilor electrice trebuie să aibă și o rezistență mecanică mare, deoarece ruperea acestora poate conduce la deteriorarea stâlpilor. Din acest motiv, costul conductoarelor este relativ ridicat, reprezentând, de exemplu, 30-50% din costul integral al unei LEA. Este evident că alegerea tipului de conductor, stabilirea întinderii și montarea acestuia trebuie să fie efectuate cu multă atenție.

În procesul de dimensionare a conductoarelor liniilor electrice trebuie să se țină seama de comportarea materialului din care sunt executate, atât la sarcini statice, cât și dinamice, de lungă sau de scurtă durată. Totodată, este necesar să se aibă în vedere influența încălzirii conductoarelor datorită trecerii curentului electric, prin efect termic sau Joule-Lentz, asupra caracteristicilor mecanice ale acestora, respectiv asupra rezistenței statice de durată a materialului. În plus, este nevoie să se țină seama de influența corozivă a atmosferei din zonele sau regiunile pe care le străbate LEA (apropierea de zone puternic industrializate, de malul mării etc).

### 2.1 Ipoteze de calcul

Calculul mecanic al conductoarelor LEA, în vederea determinării tracțiunilor și a săgeților, se efectuează, în general, după *metoda la stări limită*, conform căreia rezistențele de calcul sunt stabilite în procente din rezistența de rupere calculată pentru conductor, notată cu  $\sigma_{rc}$ , care reprezintă raportul între valoarea sarcinii de rupere calculată și rezistența reală a conductorului.

Prin procesul de calcul se urmărește, în principal, ca valorile rezistențelor mecanice de calcul să nu fie depășite cu mai mult de 5% în punctele de prindere ale conductorului în cleme, pentru diferite stări de funcționare. Rezistența mecanică de calcul reprezintă raportul dintre valoarea rezistenței mecanice normate și coeficientul de siguranță al materialului sau al elementului constructiv respectiv.

*Coeficientul de siguranță* pentru conductoarele active și de protecție este definit ca raportul dintre rezistența de rupere instantanee a unui fir component al conductorului și rezistența admisibilă în punctul cel mai de jos al acestuia.

Conform literaturii de specialitate și a normelor din țara noastră, la calculul mecanic și la dimensionarea elementelor componente ale LEA, folosind *metoda la stări limită*, se iau în considerație următoarele *stări critice*:

- *starea de solicitare maximă*, apărută în ipoteza de încărcare - temperatura de formare a chiciurei, vânt simultan cu chiciură și depuneri de chiciură pe elementele componente ale liniei – pentru care valoarea maximă a rezistenței de calcul trebuie să fie de 67% din rezistența de rupere calculată ( $\sigma_{rc}$ );
- *starea de temperatură minimă* – temperatura minimă, în absența vântului și a chiciurii – pentru care valoarea maximă a rezistenței de calcul trebuie să fie de 44% din rezistența de rupere calculată ( $\sigma_{rc}$ );
- *starea de solicitare de fiecare zi*, corespunzătoare temperaturii medii, fără vânt și fără chiciură, pentru care valoarea maximă a rezistenței de calcul trebuie să fie 18% din rezistența de rupere calculată ( $\sigma_{rc}$ ).

În vederea stabilirii săgeților maxime ale conductoarelor, se analizează următoarele ipoteze de încărcare:

- temperatura maximă, în absența vântului și a chiciurii;
- temperatura de formare a chiciurii și depuneri de chiciură pe elementele componente ale liniei, fără vânt.

În ce privește săgețile de montaj și finale, acestea se calculează folosind valorile normate ale încărcărilor și tracțiunilor determinate în funcție de valoarea maximă a rezistenței de calcul, plecând de la încărcările de calcul corespunzătoare stărilor critice pentru conductor.

## 2.2 Determinarea încărcărilor specifice din punct de vedere mecanic

Elementele constructive ale LEA sunt supuse, pe de o parte, acțiunii sarcinilor exterioare, datorate chiciurii și vântului, iar pe de altă parte, greutateii proprii a conductoarelor. Forțele care acționează pe unitatea de lungime a conductorului (m) și pe unitatea de suprafață ( $\text{mm}^2$ ) poartă denumirea de *încărcări specifice unitare* și se notează, de regulă, cu  $\gamma$ , fiind măsurate în  $\text{daN/m} \cdot \text{mm}^2$ .

### 2.2.1 Stabilirea încărcărilor unitare normate datorate maselor proprii, depunerilor de chiciură și acțiunii vântului

*Încărcările unitare normate* se notează, de regulă, cu  $g_{(n)}$ , fiind măsurate în  $\text{daN/m}$ , iar la determinarea lor se ține seama de greutatea proprie a conductorului activ, precum și de condițiile climatice corespunzătoare zonelor pe care le străbate linia. La calculul mecanic al conductoarelor sunt definite următoarele încărcări unitare normate:

$g_{(1,n)}$  – încărcarea unitară normată datorată greutateii proprii a conductorului; acțiunea ei este verticală, iar modulul se determină cu următoarea relație:

$$g_{(1,n)} = G_c \cdot 10^{-3} \quad [\text{daN/m}] \quad (1)$$

în care  $G_c$  reprezintă greutatea conductorului, în  $\text{daN/km}$ .

Încărcarea datorată greutateii proprii acționează asupra conductoarelor și stâlpilor, în toate situațiile.

$g_{(2,n)}$  – încărcarea unitară normată datorată depunerilor de chiciură; acțiunea ei este verticală, iar modulul se determină cu următoarea relație:

$$g_{(2,n)} = \pi \cdot b \cdot (b + d_c) \cdot \gamma_{ch} \cdot 10^{-3} \quad [\text{daN/m}] \quad (2)$$

unde:  $b$  – grosimea stratului de chiciură, în mm;  $d_c$  – diametrul conductorului, în mm;  $\gamma_{ch}$  – greutatea specifică a chiciurii, în  $\text{daN/dm}^3$ .

Această încărcare acționează asupra conductoarelor și stâlpilor numai simultan cu încărcarea  $g_{(1,n)}$ .

$g_{(3,n)}$  – încărcarea unitară normată cumulată datorată greutateii conductorului acoperit cu chiciură; această încărcare rezultantă datorată greutateii proprii a conductorului și a stratului de chiciură acționează tot vertical, iar modulul ei se determină cu relația:

$$g_{(3,n)} = g_{(1,n)} + g_{(2,n)} \quad [\text{daN/m}] \quad (3)$$

$g_{(4,n)}$  – încărcarea unitară normată datorată acțiunii vântului asupra conductorului neacoperit cu chiciură; această încărcare acționează în centrul secțiunii conductorului, după o direcție orizontală, iar modulul se determină cu relația:

$$g_{(4,n)} = C_{tc} \cdot \beta_c \cdot p_{v \max} \cdot d_c \cdot 10^{-3} \quad [\text{daN/m}] \quad (4)$$

în care:  $\beta_c$  – coeficientul de rafală și neuniformitate al vitezei vântului;  $C_{tc}$  – coeficientul de rezistență frontală sau aerodinamic al conductorului;  $p_{v \max}$  – presiunea dinamică de bază în cazul

conductorului neacoperit cu chiciură, determinată, în funcție de viteza vântului  $V$ , în m/s, determinată cu ajutorul relației (5):

$$p_{vmax} = \frac{V^2}{16,3} \quad [\text{daN/m}^2] \quad (5)$$

$g_{(5,n)}$  – încărcarea unitară normată datorată acțiunii vântului asupra conductorului acoperit cu chiciură în regim normal de funcționare; această încărcare acționează în centrul secțiunii conductorului, după o direcție orizontală, iar modulul se determină cu relația:

$$g_{(5,n)} = C_{tc} \cdot \beta_c \cdot p_{vch} \cdot (d_c + 2b) \cdot 10^{-3} \quad [\text{daN/m}] \quad (6)$$

unde:  $p_{vch}$  reprezintă presiunea dinamică de bază în cazul conductorului acoperit cu chiciură, determinată, în funcție de viteza vântului  $V$ , în m/s, cu ajutorul relației (5).

$g_{(8,n)}$  – încărcarea unitară normată datorată acțiunii vântului asupra conductorului acoperit cu chiciură, în regim de avarie; această încărcare acționează în centrul secțiunii conductorului, după o direcție orizontală, iar modulul se determină cu relația:

$$g_{(8,n)} = \frac{\gamma_a}{\gamma_n} \cdot C_{tc} \cdot \beta_c \cdot p_{vch} \cdot (d_c + 2b) \cdot 10^{-3} \quad [\text{daN/m}] \quad (7)$$

unde  $\gamma_a$ ,  $\gamma_n$  reprezintă coeficienții parțiali de siguranță, pentru LEA cu tensiunea nominală de 20-110 kV.

$g_{(6,n)}$  – încărcarea unitară normată rezultată ca urmare a greutății conductorului și a presiunii vântului, în absența chiciurii:

$$g_{(6,n)} = \sqrt{g_{(1,n)}^2 + g_{(4,n)}^2} \quad [\text{daN/m}] \quad (8)$$

$g_{(7,n)}$  – încărcarea unitară normată rezultată ca urmare a greutății conductorului și a presiunii vântului, în prezența chiciurii, pentru regim normal de funcționare:

$$g_{(7,n)} = \sqrt{g_{(3,n)}^2 + g_{(5,n)}^2} \quad [\text{daN/m}] \quad (9)$$

$g_{(9,n)}$  – încărcarea unitară normată rezultată ca urmare a greutății conductorului și a presiunii vântului, în prezența chiciurii, pentru regim de avarie:

$$g_{(9,n)} = \sqrt{g_{(3,n)}^2 + g_{(8,n)}^2} \quad [\text{daN/m}] \quad (10)$$

### 2.2.2 Stabilirea încărcărilor unitare de calcul datorate maselor proprii, depunerilor de chiciură și acțiunii vântului

*Încărcările unitare de calcul* se determină, conform normelor din țara noastră, prin înmulțirea încărcărilor unitare normate, prezentate în paragraful anterior, cu valorile coeficienților de siguranță, corespunzătorii fiecărei zone meteorologice, pentru încărcări permanente sau variabile. Aceste încărcări unitare de calcul sunt notate cu  $g_{(c)}$ , fiind măsurate în daN/m.

$g_{(1,c)}$  – încărcarea unitară de calcul datorată greutății proprii a conductorului:

$$g_{(1,c)} = 1,1 \cdot G_c \cdot 10^{-3} \quad [\text{daN/m}] \quad (11)$$

$g_{(2,c)}$  – încărcarea unitară de calcul datorată depunerilor de chiciură:

$$g_{(2,c)} = 1,8 \cdot \pi \cdot b \cdot (b + d_c) \cdot \gamma_{ch} \cdot 10^{-3} \quad [\text{daN/m}] \quad (12)$$

$g_{(3,c)}$  – încărcarea unitară de calcul cumulată datorată greutății conductorului acoperit cu chiciură:

$$g_{(3,c)} = g_{(1,c)} + g_{(2,c)} \quad [\text{daN/m}] \quad (13)$$

$g_{(4,c)}$  – încărcarea unitară de calcul datorată acțiunii vântului asupra conductorului neacoperit cu chiciură:

$$g_{(4,c)} = \gamma_n \cdot C_{tc} \cdot \beta_c \cdot p_{vmax} \cdot d_c \cdot 10^{-3} \quad [\text{daN/m}] \quad (14)$$

unde  $\gamma_n$  reprezintă coeficientul parțial de siguranță;

$g_{(5,c)}$  – încărcarea unitară de calcul datorată acțiunii vântului asupra conductorului acoperit cu chiciură, în cazul încărcărilor permanente:

$$g_{(5,c)} = \gamma_n \cdot C_{tc} \cdot \beta_c \cdot p_{vch} \cdot (d_c + 2b) \cdot 10^{-3} \quad [\text{daN/m}] \quad (15)$$

$g_{(8,c)}$  – încărcarea unitară de calcul datorată acțiunii vântului asupra conductorului acoperit cu chiciură, în regim de avarie:

$$g_{(8,n)} = \gamma_a \cdot C_{tc} \cdot \beta_c \cdot p_{vch} \cdot (d_c + 2b) \cdot 10^{-3} \quad [\text{daN/m}] \quad (16)$$

unde  $\gamma_a$  reprezintă coeficientul parțial de siguranță, corespunzător încărcărilor variabile;

$g_{(6,c)}$  – încărcarea unitară de calcul rezultată ca urmare a greutateii conductorului și a presiunii vântului, în absența chiciurii:

$$g_{(6,c)} = \sqrt{g_{(1,c)}^2 + g_{(4,c)}^2} \quad [\text{daN/m}] \quad (17)$$

$g_{(7,c)}$  – încărcarea unitară de calcul rezultată ca urmare a greutateii conductorului și a presiunii vântului, în prezența chiciurii, pentru regimurile normale de funcționare:

$$g_{(7,c)} = \sqrt{g_{(3,c)}^2 + g_{(5,c)}^2} \quad [\text{daN/m}] \quad (18)$$

$g_{(9,c)}$  – încărcarea unitară de calcul rezultată ca urmare a greutateii conductorului și a presiunii vântului, în prezența chiciurii, pentru regim de avarie:

$$g_{(9,c)} = \sqrt{g_{(3,c)}^2 + g_{(8,c)}^2} \quad [\text{daN/m}] \quad (19)$$

### 2.2.3 Stabilirea încărcărilor specifice normate și de calcul

Forțele care acționează pe unitatea de lungime a conductorului (m) și pe unitatea de suprafață ( $\text{mm}^2$ ) poartă denumirea de *încărcări specifice*, fiind notate cu  $\gamma$  și se măsoară în  $\text{daN/m} \cdot \text{mm}^2$ . Încărcările specifice normate și de calcul se obțin din încărcările unitare normate și de calcul, prezentate în paragrafele precedente, prin împărțire la secțiunea reală a conductorului echivalent (Tabelul 1). În situația utilizării conductoarelor bimetalice din oțel-aluminiu, secțiunea reală a conductorului echivalent  $S_c$  este de forma:

$$S_c = S_{Al} + S_{OL} \quad (\text{mm}^2) \quad (20)$$

în care:  $S_{Al}$  – secțiunea părții de aluminiu;  $S_{OL}$  – secțiunea părții de oțel.

**Relații pentru determinarea încărcărilor specifice normate și de calcul**

**Tabelul 1**

<b>Încărcări specifice [<math>\text{daN/m} \cdot \text{mm}^2</math>]</b>	
<b>Normate</b>	<b>De calcul</b>
$\gamma_{(1,n)} = g_{(1,n)} / S_c$	$\gamma_{(1,c)} = g_{(1,c)} / S_c$
$\gamma_{(2,n)} = g_{(2,n)} / S_c$	$\gamma_{(2,c)} = g_{(2,c)} / S_c$
$\gamma_{(3,n)} = g_{(3,n)} / S_c$	$\gamma_{(3,c)} = g_{(3,c)} / S_c$
$\gamma_{(4,n)} = g_{(4,n)} / S_c$	$\gamma_{(4,c)} = g_{(4,c)} / S_c$
$\gamma_{(5,n)} = g_{(5,n)} / S_c$	$\gamma_{(5,c)} = g_{(5,c)} / S_c$
$\gamma_{(6,n)} = g_{(6,n)} / S_c$	$\gamma_{(6,c)} = g_{(6,c)} / S_c$
$\gamma_{(7,n)} = g_{(7,n)} / S_c$	$\gamma_{(7,c)} = g_{(7,c)} / S_c$
$\gamma_{(8,n)} = g_{(8,n)} / S_c$	$\gamma_{(8,c)} = g_{(8,c)} / S_c$
$\gamma_{(9,n)} = g_{(9,n)} / S_c$	$\gamma_{(9,c)} = g_{(9,c)} / S_c$

### 2.3 Caracteristicile fizico-mecanice ale conductoarelor LEA

Pentru calculul mecanic al LEA sunt precizate în normative valorile diferitelor mărimi mecanice ale materialelor din care sunt realizate conductoarele și anume: *modulul de elasticitate*  $E$  [daN/mm<sup>2</sup>], *coeficientul de dilatare liniară*  $\alpha$  [1/°C] și *rezistența de rupere la întindere*  $\sigma_r$  [daN/mm<sup>2</sup>]. Aceste valori sunt date pentru aluminiu, alcoro (aliaj de aluminiu), oțel și pot fi folosite direct în procesul de proiectare la calculul mecanic al LEA echipate cu conductoare active monometalice. Pe baza celor prezentate în § 2.1, pentru diferite stări luate în considerație la calculul mecanic, relația de determinare a rezistenței maxime în conductoare este de forma:

$$\sigma_{max\ adm} = K \cdot \sigma_{rc} \quad [\text{daN/mm}^2] \quad (21)$$

unde :  $\sigma_{max\ adm}$  – rezistența maximă admisibilă în conductor, în daN/mm<sup>2</sup>;  $\sigma_{rc}$  – rezistența de rupere a întregului conductor, în daN/mm<sup>2</sup>;  $K$  – coeficient de proporționalitate corespunzător diferitelor stări (starea de solicitare maximă, starea de temperatură minimă și starea de solicitare de fiecare zi), în %.

În cazul LEA cu tensiuni nominale mai mari de 110 kV, conductoarele folosite sunt exclusiv de tip bimetalic din oțel-aluminiu sau oțel-aliaje de aluminiu. Din acest motiv, în cele ce urmează, se prezintă relațiile de calcul pentru mărimile mecanice echivalente  $E_c$  și  $\alpha_c$ , raportate la întregul conductor, adoptând ipoteza că din cauza forțelor de frecare este împiedicată deplasarea relativă a celor două metale, conductorul lucrând unitar:

$$E_{ech} = E_c = \frac{E_{Al} \cdot S_{Al} + E_{OL} \cdot S_{OL}}{S_c} \quad [\text{daN/mm}^2] \quad (22)$$

unde:  $E_{Al}$  – modulul de elasticitate al firelor de aluminiu, în daN/mm<sup>2</sup>;  $E_{OL}$  – modulul de elasticitate al firelor de oțel, în daN/mm<sup>2</sup>.

$$\alpha_{ech} = \alpha_c = \frac{\alpha_{Al} \cdot E_{Al} \cdot S_{Al} + \alpha_{OL} \cdot E_{OL} \cdot S_{OL}}{E_{Al} \cdot S_{Al} + E_{OL} \cdot S_{OL}} \quad [1/^\circ\text{C}] \quad (23)$$

unde:  $\alpha_{AL}$  – coeficientul de dilatare liniară a aluminiului, în 1/°C;  $\alpha_{OL}$  – coeficientul de dilatare liniară a oțelului, în 1/°C.

Pentru conductoarele bimetalice din OL-Al, prin adoptarea ipotezei că cele două materiale nu se pot deplasa liber din cauza forțelor de frecare, conductorul echivalent va lucra unitar, cu observația că, în cazul acestor conductoare bimetalice, trebuie să se țină seama și de eforturile interne care iau naștere din cauza variațiilor de temperatură.

Având în vedere aceste aspecte, eforturile unitare totale în mantaua de aluminiu și în inima de oțel a conductorului bimetalic din OL-Al sunt de forma:

$$\sigma_{Al_t} = \sigma_{Al} + \sigma_{Al_\theta} = \sigma \cdot \frac{E_{Al}}{E_c} - (\alpha_{Al} - \alpha_c) \cdot (\theta - \theta_f) \quad (24)$$

$$\sigma_{OL_t} = \sigma_{OL} + \sigma_{OL_\theta} = \sigma \cdot \frac{E_{OL}}{E_c} + (\alpha_c - \alpha_{OL}) \cdot (\theta - \theta_f) \quad (25)$$

Din analiza eforturilor unitare totale date de expresiile (24) și (25) se observă că  $\sigma_{OL_t} \gg \sigma_{Al_t}$  și din această cauză, la calculul mecanic al conductoarelor bimetalice din oțel-aluminiu, se va lucra exclusiv cu  $\sigma_{adm_{Al}}$ , acesta fiind materialul cel mai slab al funiei. Dacă mantaua de aluminiu rezistă ( $\sigma < \sigma_{adm_{Al}}$ ), nu există nici un pericol de rupere a inimii de oțel.

Conform acestor observații, dimensionarea din punct de vedere mecanic a conductoarelor LEA, construite din OL-Al, se realizează având în vedere aluminiul, care se apropie cel mai repede de

efortul admisibil. În aceste condiții, pentru conductorul echivalent, efortul admisibil  $\sigma_{adm}$  rezultă practic din relația (24), considerând  $\sigma = \sigma_{adm}$ :

$$\sigma_{adm} = \frac{E_c}{E_{Al}} \cdot \left[ \sigma_{adm_{Al}} + E_{Al} \cdot (\alpha_{Al} - \alpha_c) \cdot (\theta - \theta_f) \right] \quad [\text{daN/mm}^2] \quad (26)$$

Din analiza relației (26) rezultă că efortul admisibil al conductorului bimetalic din OL-Al este funcție de temperatura mediului exterior. Situațiile cele mai defavorabile apar atunci când temperaturile mediului exterior  $\theta$  sunt mai mici decât temperatura de fabricație a conductorului  $\theta_f$  și în felul acesta, al doilea termen din relația (26) devine negativ, iar  $\sigma_{adm}$  se micșorează.

### 2.3.4 Ecuația conductorului în deschidere

Conductoarele active și de protecție ale LEA sunt, de fapt, niște fire întinse și fixate la câte doi stâlpi succesivi, în puncte situate la distanță mare unul de altul. Această distanță dintre stâlpi poartă denumirea de *deschidere* și se notează, de regulă, cu  $a$ .

Stabilirea ecuației geometrice a unui conductor activ al unei LEA, uniform încărcat, se poate realiza prin neglijarea rigidității materialului, conductorul fiind echivalent cu un fir flexibil și inextensibil. În aceste ipoteze și considerând conductorul suspendat și întins între două puncte A și B situate la aceeași înălțime, conform celor reprezentate în Figura 3, ecuația conductorului în deschidere este de forma:

$$y = \frac{\sigma_0}{\gamma_t} ch \left( \frac{\gamma_t}{\sigma_0} x + C_1 \right) + C_2 \quad (27)$$

unde:  $\sigma_0$  - efortul unitar în conductor, în punctul în care tangenta la curbă este paralelă cu axa absciselor, în daN/mm<sup>2</sup>;  $\gamma_t$  - încărcarea totală specifică corespunzătoare greutateii proprii și forțelor exterioare care acționează asupra conductorului, în daN/m·mm<sup>2</sup>;  $c_1, c_2$  - constante de integrare.

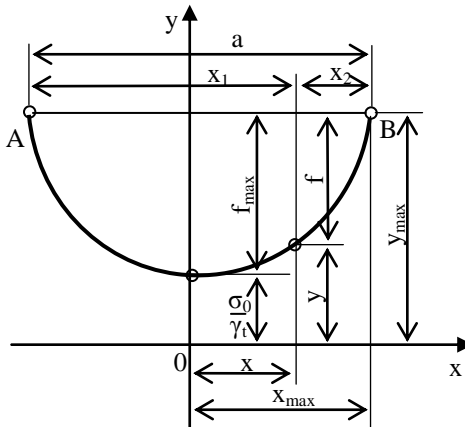


Figura 3 Conductor activ al LEA, cu puncte de suspensie la același nivel

Dacă axa ordonatelor trece prin punctul de minim al curbei, se observă că pentru  $x=0$ ,  $y = \sigma_0/\gamma_t$ , iar  $dy/dx = y' = 0$ . Prin folosirea acestor condiții în expresiile derivatelor de ordinul întâi și doi,  $y'$ , respectiv  $y''$ , se determină valorile celor două constante de integrare și anume  $C_1=0$  și  $C_2=0$ . În această situație, ecuația conductorului în deschidere se reduce la forma:

$$y = \frac{\sigma_0}{\gamma_t} \cdot ch \frac{\gamma_t}{\sigma_0} x$$



sau (28)

$$y = \frac{\sigma_0}{2 \cdot \gamma_t} \left( e^{\frac{\gamma_t x}{\sigma_0}} + e^{-\frac{\gamma_t x}{\sigma_0}} \right)$$

care reprezintă curba numită *catenoidă* sau *lănțișor*, fiind reprezentată grafic în Figura 3. Dacă se înlocuiește pe  $x$  cu  $-x$  în ecuația catenoidelor (lănțișorului), aceasta nu se schimbă, deci este simetrică în raport cu axa  $OY$ . Efortul în conductor, într-un punct oarecare  $M$  al catenoidelor (lănțișorului), este dat de relația:

$$T = T_H \sqrt{1 + y'^2} = T_H \sqrt{1 + sh^2 \frac{\gamma_t}{\sigma_0} x_M} = T_H \cdot ch \frac{\gamma_t}{\sigma_0} x_M \quad (29)$$

unde  $T_H$  reprezintă componenta orizontală a efortului care apare în conductor.

Dacă în relația (29) se ține seama de ecuația (28), rezultă următoarea formă pentru efortul  $T$  din conductor:

$$T = g_t y_M \quad [\text{daN}] \quad (30)$$

Prin urmare, efortul  $T$  din conductor este proporțional cu ordonata catenoidelor, fiind practic egal cu greutatea unui segment din conductor, a cărui lungime este egală cu ordonata punctului curent  $M$ .

Deoarece raportul  $\sigma_0/\gamma_t$  are valori mari pentru deschiderile folosite în mod curent la LEA, prin dezvoltarea în serie a funcției hiperbolice din expresia (28) și neglijând termenii de ordin superior ( $\gamma_t/\sigma_0 \ll 1$ ), se obține ecuația unei parabole, de forma:

$$y = \frac{\sigma_0}{\gamma_t} + \frac{\gamma_t^2}{2\sigma_0^2} x^2 \quad (31)$$

Dacă se adoptă notația  $Y = y - \sigma_0/\gamma_t$ , rezultă:

$$Y = \frac{\gamma_t}{2\sigma_0} x^2 \quad (32)$$

care este ecuația unei parabole ce trece prin originea axelor.

În ce privește eroarea relativă procentuală  $\varepsilon(\%)$ , care se comite prin utilizarea, în calcul, a ecuației unei parabole în locul ecuației catenoidelor (lănțișorului), ambele trecând prin originea axelor de coordonate, aceasta este de forma:

$$\varepsilon = \frac{\frac{1}{4!} \left( \frac{\gamma_t}{\sigma_0} x \right)^4 + \frac{1}{6!} \left( \frac{\gamma_t}{\sigma_0} x \right)^6 + \dots}{\frac{1}{2} \left( \frac{\gamma_t}{\sigma_0} x \right)^2} \cdot 100 \quad [\%] \quad (33)$$

Analiza expresiei erorii (33) comportă următoarele observații:

- Pentru deschideri mici între stâlpi, sub 400 m, în cazul conductoarelor LEA solicitate de propria lor greutate, precum și în cazul suprasarcinilor (chiciură, vânt), eroarea relativă procentuală este mai mică de 5%.
- La deschideri de peste 400 m, eroarea procentuală relativă atinge valoarea de 5% și crește foarte repede cu deschiderea dintre stâlpi.

Din aceste motive, se recomandă ca, la calculul mecanic, ecuația parabolei să nu fie utilizată pentru conductoarele LEA cu deschideri mai mari de 400 m.

### 2.3.5. Calculul săgeții și al lungimii conductorului activ

După stabilirea formei conductorului în deschiderile dintre stâlpi, la calculul mecanic al conductoarelor este necesar să se determine săgețile în fiecare punct al acestora și valoarea săgeții maxime. În felul acesta, se crează posibilitatea verificării distanțelor minime admisibile ale conductoarelor față de celelalte conductoare ale LEA, precum și față de elementele stâlpilor legate la pământ sau față de diferite obstacole pe care le traversează ori de care se apropie traseul LEA.

Pentru un conductor activ al unei LEA cu punctele de suspensie situate la același nivel și deschiderea dintre stâlpi  $a$  (Figura 3), săgeata acestuia într-un punct de abscisă  $x$  este dată de relația:

$$f = y_{max} - y \quad (34)$$

Folosind ecuația lăntșorului pentru  $x = a/2$ , rezultă valoarea maximă a ordonatei, de forma:

$$y_{max} = \frac{\sigma_0}{\gamma_t} \left( ch \frac{\gamma_t}{\sigma_0} \frac{a}{2} - 1 \right) \quad (35)$$

iar săgeata conductorului, conform relației (34), este:

$$f = \frac{\sigma_0}{\gamma_t} \left( ch \frac{\gamma_t}{\sigma_0} \frac{a}{2} - ch \frac{\gamma_t}{\sigma_0} x \right)$$

sau

$$f = 2 \frac{\sigma_0}{\gamma_t} \cdot sh \left( \frac{\gamma_t}{\sigma_0} \frac{x_1}{2} \right) \cdot sh \left( \frac{\gamma_t}{\sigma_0} \frac{x_2}{2} \right) \quad [m] \quad (36)$$

unde:  $x_1 = a/2 + x$  și  $x_2 = a/2 - x$

Săgeata maximă se obține la mijlocul deschiderii ( $x_1 = x_2 = a/2$ ) și are următoarea formă:

$$f_{max} = 2 \frac{\sigma_0}{\gamma_t} \cdot sh^2 \left( \frac{\gamma_t \cdot a}{4\sigma_0} \right) \quad [m] \quad (37)$$

Funcțiile hiperbolice din relația (36) pot fi dezvoltate în serie, iar pentru valori mici, subunitare, ale argumentului ( $\gamma_t \cdot a / 4\sigma_0 \ll 1$ ), se pot considera numai primii doi termeni din fiecare dezvoltare, obținându-se expresia:

$$f = \frac{\gamma_t}{\sigma_0} \frac{x_1 \cdot x_2}{2} \left( 1 + \frac{\gamma_t^2}{\sigma_0^2} \frac{x_1^2 + x_2^2}{24} \right)$$

În aceste condiții, săgeata maximă se obține pentru  $x_1 = x_2 = a/2$  și are forma următoare:

$$f_{max} = \frac{\gamma_t \cdot a^2}{8\sigma_0} \left( 1 + \frac{\gamma_t^2 \cdot a^2}{48\sigma_0^2} \right) \quad [m] \quad (38)$$

Pentru deschideri mai mici de 400 m, poate fi neglijat termenul  $\gamma_t \cdot a^2 / 48\sigma_0^2$  din relația (38), obținându-se o formă simplificată pentru calculul săgeții maxime. Aceeași formă se obține dacă, pentru conductor, se folosește ecuația parabolei (32):

$$f_{pmax} = \frac{\gamma_t \cdot a^2}{8\sigma_0} \quad [m] \quad (39)$$

În cazul unor deschideri mari, de peste 400 m, pentru creșterea preciziei la determinarea săgeții maxime, este necesar să se considere un număr cât mai mare de termeni din dezvoltarea serie a funcției hiperbolice și anume:

$$f_{max} = \frac{\gamma_t \cdot a^2}{8\sigma_0} \left( 1 + \frac{\gamma_t^2 \cdot a^2}{48\sigma_0^2} + \dots \right) \quad (40)$$

Prin considerarea relației (39) și notând săgeata specifică  $\varphi_0 = f_{p_{max}} / a = \gamma_t \cdot a / 8\sigma_0$ , expresia (40) capătă forma:

$$f_{max} = f_{p_{max}} \left( 1 + \frac{4}{3} \varphi_0^2 + \dots \right) \quad (41)$$

Din analiza săgeții obținute prin dezvoltarea în serie a curbei lănișorului (relația 41) și pe baza ecuației parabolei (relația 32), rezultă următoarea relație:

$$f_{max} = f_{p_{max}} \left( 1 + \frac{4}{3} \varphi_0^2 + \dots \right) = f_{p_{max}} (1 + K) \quad (42)$$

unde  $K$  reprezintă un factor de corecție în funcție de valoarea săgeții specifice.

Curba lănișorului pentru un conductor activ al unei LEA, într-o deschidere  $a$ , cu punctele de suspensie situate la același nivel, este simetrică în raport cu axa ordonatelor (Figura 3). În aceste condiții, lungimea arcului de lănișor se determină astfel:

$$L_0 = 2 \int_0^{\frac{a}{2}} \sqrt{1 + Y'^2} dx = 2 \int_0^{\frac{a}{2}} \sqrt{1 + sh^2 \frac{\gamma_t}{\sigma_0} x dx} = 2 \int_0^{\frac{a}{2}} ch \frac{\gamma_t}{\sigma_0} x dx = 2 \frac{\sigma_0}{\gamma_t} sh \frac{\gamma_t \cdot a}{2\sigma_0} \quad (43)$$

Prin dezvoltarea în serie a funcției hiperbolice din relația (43) rezultă:

$$L_0 = 2 \frac{\sigma_0}{\gamma_t} \left[ \frac{\gamma_t \cdot a}{2\sigma_0} + \frac{1}{3!} \left( \frac{\gamma_t \cdot a}{2\sigma_0} \right)^3 + \dots \right] \quad (44)$$

iar prin neglijarea termenilor de ordin superior, se obține, pentru lungimea conductorului în deschidere, următoarea expresie:

$$L_0 \cong a \left( 1 + \gamma_t^2 \cdot a^2 / 24\sigma_0^2 \right) = a \left( 1 + 8/3 \cdot \varphi_0^2 \right) \quad (45)$$

unde  $\varphi_0 = f_{max} / a$  reprezintă săgeata specifică.

În cazul unei deschideri denivelate, lungimea conductorului întins între punctele  $A$  și  $B$  se determină astfel:

$$L = \int_{x_A}^{x_B} \sqrt{1 + y'^2} dx = \frac{\sigma_0}{\gamma_t} \left[ sh \frac{\gamma_t}{\sigma_0} x_B - sh \frac{\gamma_t}{\sigma_0} x_A \right]$$

sau

$$L = 2 \frac{\sigma_0}{\gamma_t} ch \frac{\gamma_t x_c}{2\sigma_0} sh \frac{\gamma_t a}{2\sigma_0} \quad (46)$$

Raportul dintre lungimea unui conductor  $L$  într-o deschidere denivelată (relația 46) și lungimea  $L_0$  a conductorului într-o deschidere cu punctele de suspensie la același nivel (relația 43), în ipoteza că în ambele situații curbele geometrice satisfac ecuația lănișorului, având aceiași parametri  $\sigma_0/\gamma_t$  și cele două deschideri sunt egale, este de forma:

$$L/L_0 = ch(\gamma_t x_c / 2\sigma_0) \quad (47)$$

Dacă se ține seama de relația:

$$\frac{1}{\cos \varphi} = \sqrt{1 + tg^2 \varphi} = \sqrt{1 + sh^2 \frac{\gamma_t x_c}{2\sigma_0}} = ch \frac{\gamma_t x_c}{2\sigma_0}$$

raportul celor două lungimi se poate scrie în felul următor:

$$\frac{L}{L_0} = \frac{l}{\cos \varphi} \cong \frac{l}{\cos \Psi} \quad (48)$$

în care:  $\varphi$  – unghiul format de tangenta la curba denivelată în punctul de abscisă  $x_c/2$  cu direcția pozitivă a axei absciselor;  $\Psi$  – unghiul format de dreapta  $AB$ , care trece prin cele două puncte de suspensie, cu direcția pozitivă a axei absciselor.

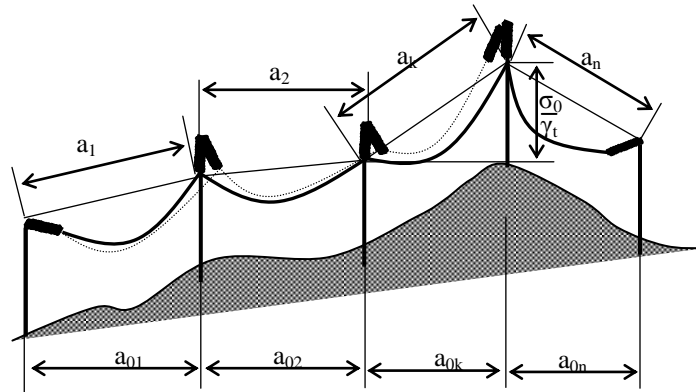
Lungimea conductorului într-o deschidere denivelată, conform relației (48), poate fi scrisă sub forma următoare:

$$L = L_0 \frac{l}{\cos \varphi} \cong L_0 \frac{l}{\cos \Psi} \quad (49)$$

Din analiza relațiilor (43), (46) și ținând seama de diferența dintre ordonatele punctelor de suspensie B și A ( $h=y_B - y_A$ ), rezultă că între lungimile conductoarelor, în cele două situații analizate, se poate scrie expresia:

$$L^2 = L_0^2 + h^2 \quad (50)$$

unde  $h$  reprezintă denivelarea dintre stâlpii A și B ai deschiderii.



**Figura 4 Panou delimitat de doi stâlpi de întindere, cu deschideri inegale și denivelate**

Atunci când deschiderile cuprinse într-un panou, delimitat de doi stâlpi de întindere, sunt inegale și denivelate, ca în Figura 4, iar variațiile parametrilor mediului exterior sunt aceleași în toate deschiderile panoului, lungimea reală a conductorului în panou se determină cu expresia:

$$L = \sum_{k=1}^n a_k \left( 1 + \frac{\gamma_t^2 a_k^2}{24 \sigma_0^2} \right) \cdot \frac{l}{\cos \varphi_k} \quad (51)$$

## 2.6 Ecuația de stare a conductorului

Pentru un conductor întins într-o deschidere, la o anumită stare a mediului exterior, se pune problema predeterminării eforturilor și a săgeților care iau naștere în conductor atunci când mediul exterior își schimbă starea și anume: grosimea stratului de chiciură, presiunea vântului, temperatura. Acest proces de predeterminare a eforturilor și a săgeților maxime interesează, în special, pentru condițiile meteorologice impuse de normele privind calculul mecanic.

Trebuie remarcat faptul că la calculul mecanic al conductoarelor, se adoptă drept condiții inițiale tocmai eforturile maxime admisibile pe care va fi necesar să le suporte conductoarele, în condițiile cele mai defavorabile impuse de norme, precum și determinarea eforturilor și săgeților cu

care trebuie să fie montate acestea, astfel încât în timpul funcționării, indiferent de starea mediului exterior, eforturile în conductoare și săgețile acestora să nu fie depășite.

Conductoarele LEA fiind considerate fixe în punctele de suspensie, în momentul schimbării stării mediului exterior și anume a valorii forțelor exterioare, care acționează asupra acestora, în ele se produc variații ale lungimii, care determină variația eforturilor interne, adică:

- la creșterea forțelor exterioare (chiciură și vânt), temperatura mediului exterior rămânând constantă, se produc alungirea conductoarelor și creșterea eforturilor interne în acestea;
- la temperaturi scăzute ale mediului exterior, ceilalți parametri păstrându-se constanți, se produc contracții ale conductoarelor și creșterea eforturilor interne în acestea;
- la creșterea temperaturii mediului exterior, ceilalți parametri păstrându-se constanți, se produce alungirea conductoarelor, iar eforturile interne în acestea se micșorează.

Ecuția care stabilește dependența dintre mărimile caracteristice ale unei deschideri (temperatură, efort, sarcini specifice, lungime, săgeată specifică – pentru diferite stări ale mediului exterior), se numește *ecuație de stare a conductorului*. Pentru un conductor activ, situat într-o deschidere cu punctele de suspensie aflate la același nivel, ecuația de stare a conductorului prezintă următoarele forme:

$$\frac{1}{E_c} d\sigma_0 + \alpha_c d\theta = \frac{a^2}{24} d\left(\frac{\gamma_t}{\sigma_0}\right)^2 \quad (52)$$

sau

$$\frac{1}{E_c} d\sigma_0 + \alpha_c d\theta = \frac{8}{3} d\varphi_0^2 \quad (53)$$

Prin integrarea ecuației de stare a conductorului, pentru două stări diferite,  $m$  și respectiv  $n$ , se obțin următoarele forme:

$$\frac{1}{E_c} (\sigma_{0_m} - \sigma_{0_n}) + \alpha_c (\theta_m - \theta_n) = \frac{a^2}{24} \left[ \left(\frac{\gamma_{t_m}}{\sigma_{0_m}}\right)^2 - \left(\frac{\gamma_{t_n}}{\sigma_{0_n}}\right)^2 \right] \quad (54)$$

sau

$$\frac{1}{E_c} (\sigma_{0_m} - \sigma_{0_n}) + \alpha_c (\theta_m - \theta_n) = \frac{8}{3} (\varphi_{0_m}^2 - \varphi_{0_n}^2) \quad (55)$$

Din analiza modificării efortului care apare în conductoarele LEA, în funcție de mărimea deschiderii, se disting două situații extreme și anume:

- Pentru deschideri mici, atunci când  $a \rightarrow 0$ , ecuația de stare a conductorului (52) capătă forma:

$$\frac{1}{E_c} d\sigma_0 + \alpha_c d\theta \rightarrow 0 \quad \text{sau} \quad d\sigma_0 \cong -\alpha_c \cdot E_c \cdot d\theta$$

și deci la aceste deschideri mici efortul maxim în conductoare apare la temperatura minimă de  $-30^\circ\text{C}$  datorită contractării acestora.

- Pentru deschideri mari, atunci când  $a \rightarrow \infty$ , ecuația de stare a conductorului (52) devine:

$$\frac{a^2}{24} d\left(\frac{\gamma_t}{\sigma_0}\right)^2 \rightarrow 0 \quad \text{sau} \quad \frac{\gamma_t}{\sigma_0} \cong \text{const}$$

de unde rezultă că pentru deschideri mari, efortul maxim în conductoare apare la sarcina adițională maximă ( $-5^\circ\text{C}$  + chiciură + vânt).

Ecuția de stare a conductorului, conform ecuațiilor (54) și (55), exprimă legătura între toate mărimile caracteristice ale deschiderii analizate, pentru două stări diferite. Această ecuație este folosită la calculul mecanic al conductoarelor, plecând de la o stare cunoscută sau de referință, de

exemplu starea  $m$ , care, de regulă, este starea în care apar solicitările cele mai mari, urmând să se determine o mărime din a doua stare, cum ar fi  $\sigma_{0_n}$ , pentru care se cunosc  $\theta_n$  și  $\gamma_{t_n}$ , celelalte două mărimi ce caracterizează starea  $n$ . În continuare, se consideră panoul unei LEA cu conductoare din OL-Al, delimitat de doi stâlpi de întindere cu deschideri inegale și denivelate, iar variațiile parametrilor mediului exterior se presupun aceleași în toate deschiderile panoului, conform celor reprezentate în Figura 4. Pentru stabilirea ecuației de stare a conductorului, în paragraful precedent s-a adoptat ipoteza că distanța dintre doi stâlpi de susținere este constantă. În practică, pentru conductoarele LEA montate pe lanțuri de izolatoare, odată cu modificarea condițiilor de mediu, deschiderile într-un panou fiind inegale, apar eforturi de valori diferite, iar lanțurile de izolatoare se înclină. Acest proces de înclinare are loc până în momentul când eforturile din toate cele  $n$  deschideri ale panoului de întindere devin egale:

$$\sigma_{0_1} = \sigma_{0_2} = \dots = \sigma_{0_k} = \dots = \sigma_{0_n} \quad (56)$$

Rezultă deci că distanța între punctele de suspensie ale conductorului din panou nu se menține constantă, rămânând neschimbată numai distanța dintre cei doi stâlpi de întindere ai panoului, adică:

$$\sum_{k=1}^n a_k = \text{const.}$$

Deschiderea echivalentă sau medie  $a_{med}$  din panoul analizat este definită de relația:

$$a_{med} = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n a_k^3 \cdot \cos \varphi_k}{\sum_{k=1}^n a_k}} \quad (57)$$

$$\cos \varphi_k = \frac{a_k}{\sqrt{a_k^2 + h_k^2}} \quad (58)$$

în care:  $a_k$  – deschiderea  $k$  din panoul considerat, în m;  $h_k$  – denivelarea corespunzătoare deschiderii  $k$ , adoptată cu plus sau minus după cum linia urcă sau coboară, în m;  $\varphi_k$  – unghiul de pantă corespunzător deschiderii  $k$ .

Alungirea conductorului bimetalic din OL-Al dintr-o deschidere  $k$  a panoului, în cazul unei schimbări de stare, este cauzată atât de variația parametrilor mediului exterior, cât și de deplasarea punctelor de suspensie. Folosind un raționament asemănător celui utilizat anterior, forma ecuației de stare a conductorului, corespunzătoare celor două stări,  $m$  și respectiv  $n$ , este următoarea:

$$u(\sigma_{0_m} - \sigma_{0_n}) \frac{I}{E_c} + \alpha_c(\theta_m - \theta_n) = \frac{a_{med}^2}{24} \left[ \left( \frac{\gamma_{t_m}}{\sigma_{0_m}} \right)^2 - \left( \frac{\gamma_{t_n}}{\sigma_{0_n}} \right)^2 \right] \quad (59)$$

unde:  $m$  – starea de referință;  $n$  – starea corespunzătoare unei valori a temperaturii pentru care se calculează  $\sigma_{0_n}$ ;  $\sigma_{0_m}$  – componenta orizontală a tracțiunii specifice de calcul în starea de referință  $m$ , în daN/mm<sup>2</sup>;  $\sigma_{0_n}$  – componenta orizontală a tracțiunii specifice normate în starea de referință  $n$ , în daN/mm<sup>2</sup>;  $\gamma_{t_m}$  – încărcarea specifică de calcul a conductorului la starea de referință  $m$ , în daN/m·mm<sup>2</sup>;  $\gamma_{t_n}$  – încărcarea specifică normată a conductorului corespunzătoare stării  $n$ , în daN/m·mm<sup>2</sup>;  $\theta_m$  – temperatura stării de referință  $m$ , în °C;  $\theta_n$  – temperatura stării pentru care se determină  $\sigma_{0_n}$  și care poate lua diferite valori între – 30°C și 40°C, în °C;  $u$  – factor de denivelare a terenului:

$$u = \frac{\sum_{k=1}^n a_k \left( 1 + \frac{h_k^2}{2a_k} \right)}{\sum_{k=1}^n a_k}$$

## 2.7 Deschiderea critică

Având în vedere faptul că eforturile în conductor se datorează celor două cauze – suprasarcini și variații de temperatură – rezultă că eforturile maxime în conductor pot să apară în una dintre următoarele trei stări critice și anume:

- 1 – starea de sarcină maximă (- 5<sup>0</sup>C + chiciură + vânt);
- 2 – starea de temperatură minimă (- 30<sup>0</sup>C);
- 3 – starea de zi cu zi, la temperatura medie (15<sup>0</sup>C).

Procesul de calcul al conductoarelor LEA se poate reduce dacă, pentru o linie dată, cu parametri cunoscuți, se alege drept stare inițială cea mai defavorabilă stare critică. Pentru aceasta, este necesară compararea deschiderii LEA analizate cu trei mărimi caracteristice, denumite *deschideri critice*, corespunzătoare fiecărei perechi de stări critice din cele trei amintite anterior. Pentru două stări critice  $i$  și  $j$ , deschiderea critică, notată cu  $a_{cr_{ij}}$ , reprezintă deschiderea dintre stâlpi pentru care eforturile maxime se ating simultan în cele două stări.

Pentru cele trei stări critice analizate, se definesc trei deschideri critice, după cum urmează:

$$a_{cr_{(1-2)}} = \sqrt{\frac{\frac{24}{E_c} [(\sigma_{adm_1} - \sigma_{adm_2}) + \alpha_c \cdot E_c \cdot (\theta_1 - \theta_2)]}{\left(\frac{\gamma_{(3,c)}}{\sigma_{adm_1}}\right)^2 - \left(\frac{\gamma_{(1,c)}}{\sigma_{adm_2}}\right)^2}} \quad (60)$$

$$a_{cr_{(1-3)}} = \sqrt{\frac{\frac{24}{E_c} [(\sigma_{adm_1} - \sigma_{adm_3}) + \alpha_c \cdot E_c \cdot (\theta_1 - \theta_3)]}{\left(\frac{\gamma_{(3,c)}}{\sigma_{adm_1}}\right)^2 - \left(\frac{\gamma_{(1,c)}}{\sigma_{adm_3}}\right)^2}} \quad (61)$$

$$a_{cr_{(2-3)}} = \sqrt{\frac{\frac{24}{E_c} [(\sigma_{adm_2} - \sigma_{adm_3}) + \alpha_c \cdot E_c \cdot (\theta_2 - \theta_3)]}{\left(\frac{\gamma_{(1,c)}}{\sigma_{adm_2}}\right)^2 - \left(\frac{\gamma_{(1,c)}}{\sigma_{adm_3}}\right)^2}} \quad (62)$$

unde:  $\sigma_{adm_1}, \sigma_{adm_2}, \sigma_{adm_3}$  - eforturile admisibile în cele trei stări critice considerate;  $\gamma_{1,c}$  - încărcarea specifică datorată greutatei proprii a conductorului;  $\gamma_{3,c}$  - încărcarea specifică cumulată datorată greutatei conductorului acoperit cu chiciură;  $E_c$  - modulul de elasticitate echivalent al conductorului din oțel - aluminiu;  $\alpha_c$  - coeficientul de dilatare termică echivalent al conductorului de oțel - aluminiu.

În practica de proiectare, pentru a aborda calculul mecanic al conductoarelor bimetalice folosite la LEA în cele trei stări critice, a fost necesară introducerea a două noi noțiuni și anume:

- *Sarcina relativă*, notată cu  $q$  și definită de următoarea relație:

$$q = \frac{\gamma_{(7,c)}}{\gamma_{(1,c)}} \quad (63)$$

unde:  $\gamma_{(7,c)}$  - reprezintă încărcarea specifică de calcul, rezultată ca urmare a greutatei conductorului și a presiunii vântului, în prezența chiciurii, pentru regimuri normale de funcționare.

➤ *Sarcina relativă critică*, notată cu  $q_{cr}$ , calculată cu o relație de forma:

$$q_{cr} = \frac{\sigma_{adm_1}}{\sigma_{adm_2}} \sqrt{\frac{\alpha_c E_c \left[ (\theta_3 - \theta_1) + \frac{\sigma_{adm_2}}{\sigma_{adm_3}} (\theta_1 - \theta_2) \right] + (\sigma_{adm_3} - \sigma_{adm_1}) + \left( \frac{\sigma_{adm_2}}{\sigma_{adm_3}} \right)^2 (\sigma_{adm_1} - \sigma_{adm_2})}{\alpha_c E_c (\theta_3 - \theta_1) + (\sigma_{adm_3} - \sigma_{adm_2})}} \quad (64)$$

Această sarcină relativă critică, definită de relația (64), este utilizată în procesul de proiectare atunci când toate cele trei valori ale deschiderilor critice, calculate cu relațiile (60), (61) și (62), rezultă egale.

### Stabilirea stării de dimensionare

Tabelul 2

Sarcina relativă	Deschidere medie – $a_{med}$ [m]		Dimensionează		
			$\sigma_{adm}$ [daN/mm <sup>2</sup> ]	$\theta$ [°C]	
$q > q_{cr}$	$a < a_{cr(1-2)}$		$\sigma_{adm 2}$	-30	
	$a > a_{cr(1-2)}$		$\sigma_{adm 1}$	-5	
$q < q_{cr}$ sau $q_{cr}$ – valoare imaginară	$a < a_{cr(1-2)}$	$a_{cr(2-3)}$ – valoare imaginară	$\sigma_{adm 3}$	+15	
		$a_{cr(2-3)} > 0$	$a < a_{cr(2-3)}$	$\sigma_{adm 2}$	-30
			$a > a_{cr(2-3)}$	$\sigma_{adm 3}$	+15
	$a > a_{cr(1-2)}$	$a_{cr(1-3)}$ – valoare imaginară	$\sigma_{adm 3}$	+15	
		$a_{cr(1-3)} > 0$	$a < a_{cr(1-3)}$	$\sigma_{adm 3}$	+15
			$a > a_{cr(1-3)}$	$\sigma_{adm 1}$	-5

În situația în care  $q > q_{cr}$ , dimensionarea se va realiza după două stări critice și anume după *starea 1* și, respectiv, *starea 2*. Pentru  $q < q_{cr}$ , dimensionarea se va realiza după toate cele trei stări critice.

Prin folosirea unui astfel de raționament, rezultă că starea inițială considerată, în vederea stabilirii stării de dimensionare, se alege conform precizărilor conținute în Tabelul 2.

## 2.8 Temperatura critică

În cazul conductoarelor LEA, săgeți de valori mari pot apărea în exploatare, în următoarele stări:

- ❖ *la sarcini adiționale maxime*, datorită alungirii elastice a conductoarelor;
- ❖ *la temperatura maximă din timpul verii*, datorită dilatării conductoarelor.

Selectarea stării în care apare săgeata maximă a conductoarelor se realizează, în procesul de proiectare a LEA, cu ajutorul unei mărimi fictive de calcul, denumită *temperatură critică* și notată cu  $\theta_{cr}$ .

*Temperatura critică* se definește ca fiind acea temperatură din timpul verii când săgeata conductorului, neîncărcat cu sarcini adiționale, este egală cu săgeata conductorului încărcat la suprasarcina maximă admisibilă (starea de  $-5^{\circ}C$  + *chiciură*).

Expresia de calcul a temperaturii critice este dată de relația:

$$\theta_{cr} = -5^{\circ} + \frac{I}{\alpha_c \cdot E_c} \sigma_{0_3} \left( 1 - \frac{\gamma_1}{\gamma_3} \right) \quad (65)$$



Prin compararea valorii temperaturii critice cu temperatura maximă din timpul verii, considerată  $40^{\circ}C$  pentru țara noastră, se poate stabili starea în care apare săgeata maximă a conductoarelor și anume:

- \* dacă  $\theta_{cr} > 40^{\circ}C$ , săgeata maximă a conductoarelor va apărea la starea de suprasarcină, adică la  $-5^{\circ}C$  + chiciură;
- \* dacă  $\theta_{cr} < 40^{\circ}C$ , săgeata maximă a conductoarelor va apărea la starea de temperatură maximă din timpul verii, adică la  $40^{\circ}C$ .

### 3. Descrierea și modul de utilizare a programului de calcul STRESS

Programul de calcul **STRESS** permite determinarea tracțiunilor în panouri și a săgeților conductoarelor active și a celor de protecție, pentru LEA de 20 kV sau 110 kV. Calculul mecanic al conductoarelor se efectuează după metoda *la stări limită*, conform căreia rezistențele de calcul sunt stabilite în procente din rezistența de rupere calculată pentru conductor, conform PE 104/93. În urma execuției programului, se stabilesc următoarele mărimi:

- ◆ încărcările unitare normate și de calcul, în condițiile specificate de utilizator;
- ◆ încărcările specifice normate și de calcul, în condițiile specificate de utilizator;
- ◆ tracțiunea orizontală în conductoarele active și în cele de protecție, la diferite stări de montaj;
- ◆ săgețile de montaj și de gabarit ale conductoarelor;
- ◆ determinarea deschiderilor la încărcări din vânt  $A_v$  și la încărcări verticale  $A_g$ ;
- ◆ valoarea contragreutăților, de la caz la caz;
- ◆ săgeata maximă limitată de distanța între faze;
- ◆ săgeata maximă limitată de oscilația nesincronă a conductoarelor;
- ◆ săgeata maximă din condiții de galopare;
- ◆ saltul maxim al conductoarelor;
- ◆ ruperea conductorului;
- ◆ verificarea gabaritelor în punctele speciale de traseu.

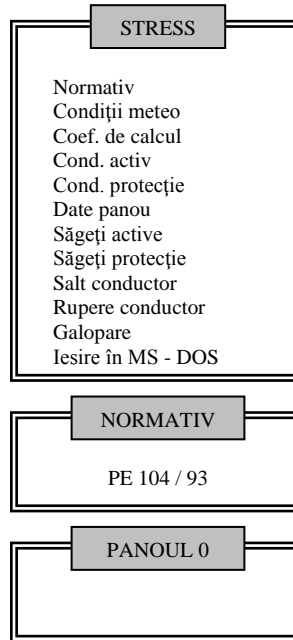
Programul de calcul **STRESS** este operabil pe microcalculatoare **PC** compatibile **IBM**, având sistemul de operare **MS DOS 5.0**. Programul permite calculul conductoarelor în panouri cu maximum 30 de deschideri. Programul creează și exploatează următoarele fișiere de date:

1. **COND 1.DAT** – fișier de date aferent conductoarelor;
2. **IZOLATOR.DAT** – fișier de date aferent izolatoarelor;
3. **CORON.DAT** – fișier de date aferent coronamentelor de medie tensiune;
4. **STALP.DAT** – fișier de date aferent stâlpilor de 110 kV;
5. **“NUME”.PAN** – fișier de date ce conține profilul liniei;
6. **TAMPON** – fișier de rezultate.

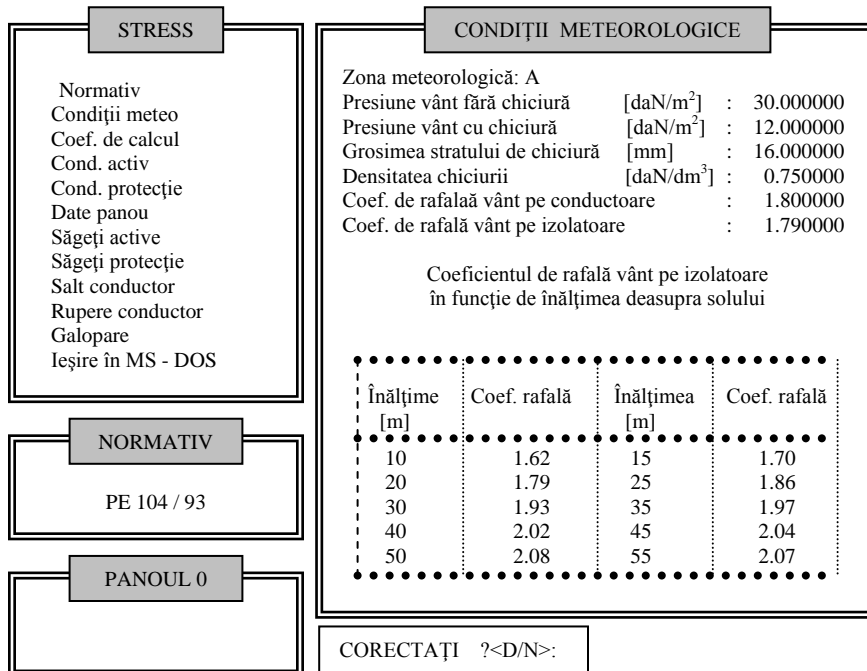
Programul executabil este compus din: **STRESS.EXE**; **TE.COM** – editor de text cu care se poate vizualiza fișierul **TAMPON**; **TE.SET**. Configurația sistemului de calcul necesară pentru execuția programului presupune 340 Kb memorie operativă.

Programul a fost realizat având în vedere lansarea sa în execuție de pe hard-discul calculatorului. Instalarea programului se realizează prin următoarele operații: crearea directorului **STRESS**; copierea fișierelor **STRESS.EXE**, **TE.COM** și **TE.SET** în directorul **STRESS**; copierea și a celorlalte fișiere (**DAT**, **PAN**), dacă au fost create. Lansarea în execuție a programului constă în tastarea cuvântului **STRESS**, în cazul în care suntem în directorul **STRESS** sau, în cazul general, prin tastarea locației fișierului executabil, **C:\STRESS\STRESS**. După lansarea în execuție a programului, urmează un proces de stabilire a datelor de intrare prin intermediul unei interfețe de dialog între om și

calculator, dialog guvernat de următoarea regulă generală: în cazul în care se dorește modificarea unor valori afișate de program, acestea se pot șterge prin intermediul tastei **BACKSPACE** ( $\leftarrow$ ), după care se introduc noile valori; dacă se apasă pe tasta **ENTER** ( $\leftarrow$ ), această operație semnifică acceptarea valorii afișate; în cazul apăsării tastei **BACKSPACE**, programul așteaptă utilizatorul să introducă o valoare, după care trece la pasul următor. Primul lucru ce trebuie efectuat, după lansarea în execuție este selectarea tensiunii liniei pentru care se dorește realizarea calculului (20 kV sau 110 kV) și atribuirea unui nume liniei. Ulterior acestui pas inițial, se intră în fereastra **STRESS**, reprezentată în Figura 5, care conține meniul programului de calcul.



**Figura 5 Fereastra STRESS ce conține meniul programului de calcul**



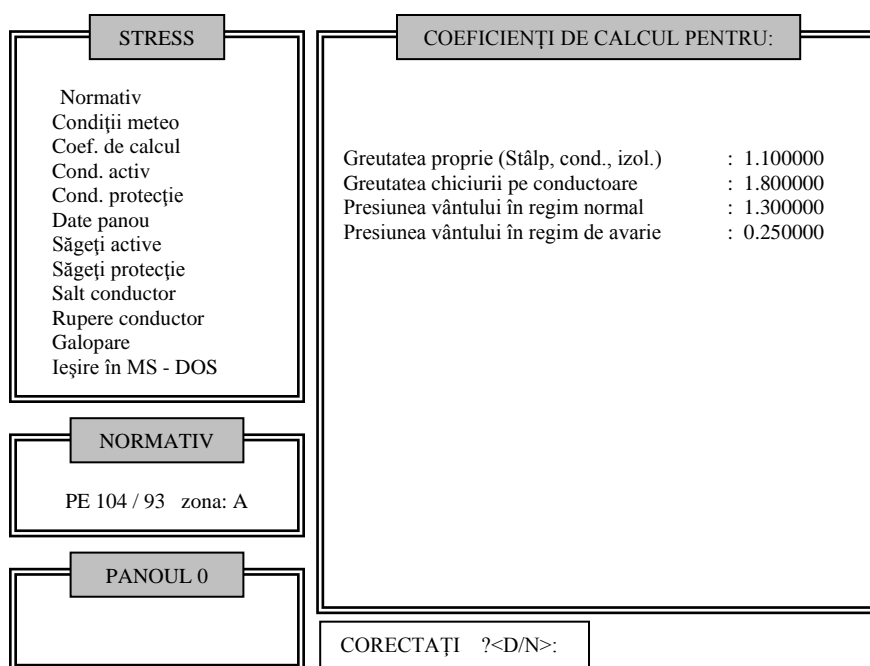
**Figura 6 Fereastra CONDIȚII METEOROLOGICE**

Deplasarea de la o opțiune la alta în acest meniu se realizează cu ajutorul tastelor **UP/DOWN** ( $\uparrow/\downarrow$ ), iar selecția se face prin apăsarea tastei **ENTER** ( $\leftarrow$ ). În fereastra **NORMATIV** este specificat *normativul* după care programul efectuează calculele.

Efectuarea calculelor presupune parcurgerea ferestrei **STRESS**, ilustrată în Figura 5, în ordine cronologică, de sus în jos. Dacă se dorește doar crearea fișierelor de date, se poate apela direct funcția **Date panou**. După selectarea zonei meteo de către utilizator, în fereastra **NORMATIV** va fi afișată și zona meteorologică.

Fereastra **PANOUL 0** va conține numărul panoului care este în calcul, precum și tipul conductoarelor selectate. Pentru selectarea zonei meteorologice, se tastează **Condiții meteo** și, imediat, se activează fereastra **CONDIȚII METEOROLOGICE**, ilustrată în Figura 6.

După selectarea zonei meteorologice (*A, B sau C*), sunt afișate caracteristicile zonei respective. Programul permite accesul în câmpul de date astfel încât utilizatorul să poată simula și alte condiții specifice zonei în care urmează a funcționa linia.



**Figura 7 Fereastra COEFICIENȚI DE CALCUL**

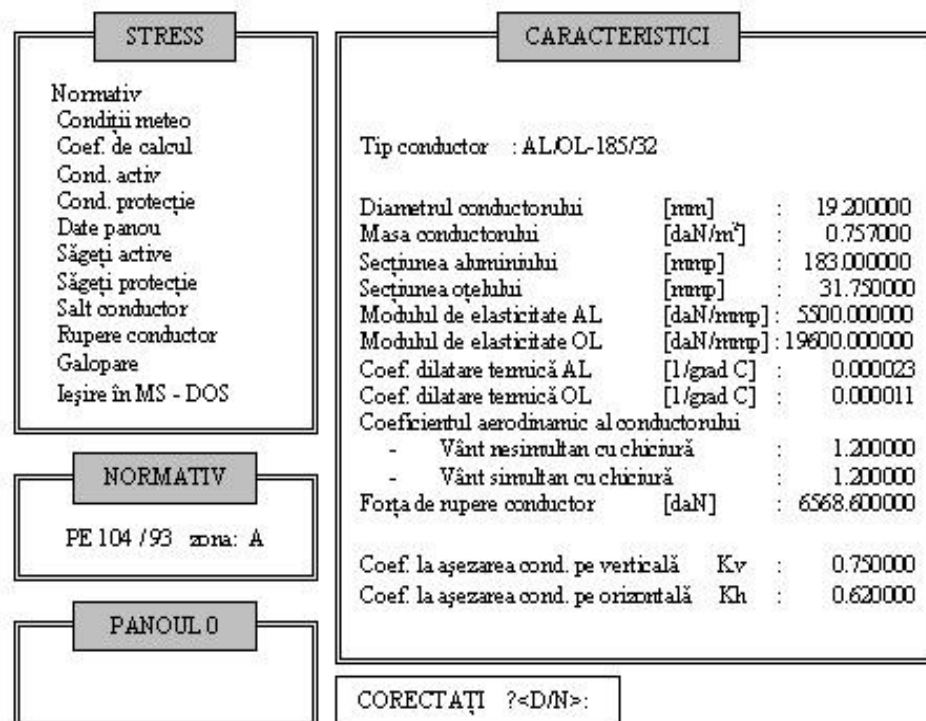
În continuare, se introduc coeficienții de calcul prin selectarea **Coeficient de calcul** din meniu, moment în care este activată fereastra **COEFICIENȚI DE CALCUL PENTRU**, reprezentată în Figura 7. Programul permite intrarea în câmpul de date pentru a simula și a alți coeficienți de calcul, alții față de cei impuși de PE 104/93.

În cazul în care linia analizată se verifică după PE 104/71, 79, se poate sări peste coeficienții de calcul. Încărcările de calcul care stau la baza dimensionării mecanice a conductorului se obțin prin înmulțirea încărcărilor normate cu coeficientul încărcării.

Utilizatorul este obligat să verifice datele de intrare, date ce vor fi obligatoriu conținute și în listingul cu rezultate.

În cazul în care se va selecta direct **Coeficientul de calcul**, fără a selecta mai întâi **Condiții meteo**, toți coeficienții de calcul vor avea valoarea 1.

În continuare, se selectează tipul conductorului activ. Dacă se va opta direct pentru **Conductor activ**, va apărea un mesaj de atenționare. Programul nu poate executa acest pas, deoarece nu cunoaște condițiile meteo și coeficienții de calcul. În această etapă, adoptând un anumit tip de conductor, se vor calcula încărcările unitare normate și de calcul.



**Figura 8 Fereastra CARACTERISTICI**

În cazul în care fișierul de conductoare există (în directorul **STRESS** se găsește fișierul **COND1.DAT**), se vor afișa tipurile de conductoare conținute de acest fișier. Dacă fișierul nu există, programul va trece în regim de creare a fișierului de conductoare.

Să presupunem că dorim să introducem în fișier două tipuri de conductoare. Programul așteaptă numărul de conductoare (un conductor va ocupa un registru, o linie în fișier), ce dorim a fi introduse în fișier, prin apăsarea tastei cu cifra 2. Din acest moment, programul va executa un ciclu, așteptând introducerea caracteristicilor celor două tipuri de conductoare, prin intermediul ferestrei **Caracteristici**, reprezentată în Figura 8. După terminarea introducerii caracteristicilor conductoarelor în fișier, pe monitor va apărea, în fereastra **CONDUCTOARE**, denumirea conductoarelor conținute de fișierul **COND1.DAT**, așa cum e sugerat în Figura 9.

Deplasarea în meniu se realizează cu ajutorul tastelor **UP/DOWN** ( $\uparrow/\downarrow$ ), iar selecția se face prin apăsarea tastei **ENTER** ( $\leftarrow$ ). Dacă se dorește reactualizarea datelor sau vizualizarea datelor unui tip de conductor, se tastează litera **R** de la **Reactualizare**.

În cazul în care dorim să introducem în fișier un nou conductor, există două posibilități:

- se tastează **E** de la **Extindere**; în acest caz, conductorul introdus va ocupa ultima poziție din fișier;

- se tastează **I** de la **Insert**; în acest caz, conductorul introdus va ocupa chiar poziția pe care se află cursorul.

În cazul în care dorim să ștergem un conductor din fișier, se poziționează cursorul pe conductorul respectiv și se apasă tasta **Delete**.

După selectarea conductorului activ, programul așteaptă certificarea unor date pentru a putea calcula încărcările aferente conductorului selectat, conform celor reprezentate în Figura 10.

<b>STRESS</b>	<b>CONDUCTOARE</b>
Normativ Condiții meteo Coef. de calcul Cond. activ Cond. protecție Date panou Săgeți active Săgeți protecție Salt conductor Rupere conductor Galopare Ieșire în MS - DOS	AL/OL – 50/8 AL/OL – 70/12
<b>NORMATIV</b>	
PE 104 / 93 zona: A	
<b>PANOUL 0</b>	
	Enter – select      Insert Del – șterg          Extindere Reactualizare

**Figura 9. Fereastra CONDUCTOARE**

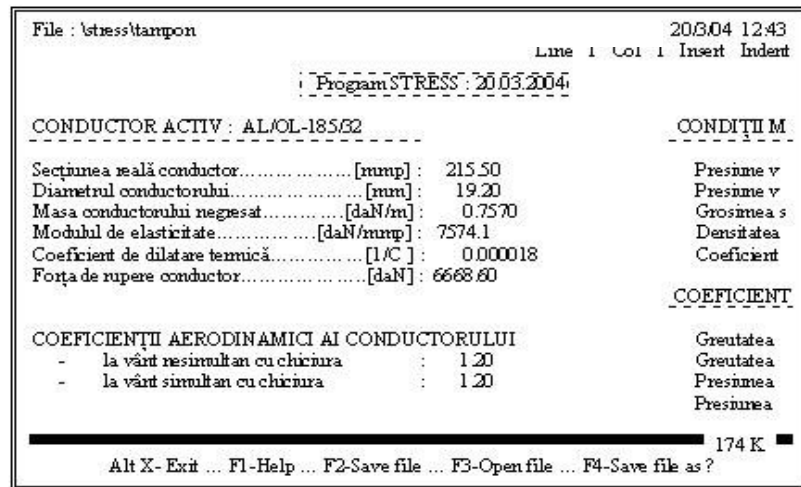
<b>STRESS</b>	<b>ÎNCĂRCĂRI PT. COND. ACTIV</b>
Normativ Condiții meteo Coef. de calcul Cond. activ Cond. protecție Date panou Săgeți active Săgeți protecție Salt conductor Rupere conductor Galopare Ieșire în MS - DOS	Coef. de rafală de vânt pe cond. : 1.600000 Număr de cond. pe fază : 1.000000 Unghiul de incidență vânt față de ax : 90.000000 Altitudinea maximă (m) : 350.000000
<b>NORMATIV</b>	
PE 104 / 93 zona: A	
<b>PANOUL 0</b>	
	CORECTAȚI ?<D/N>:

**Figura 10 Fereastra ÎNCĂRCĂRI PENTRU COND. ACTIV**

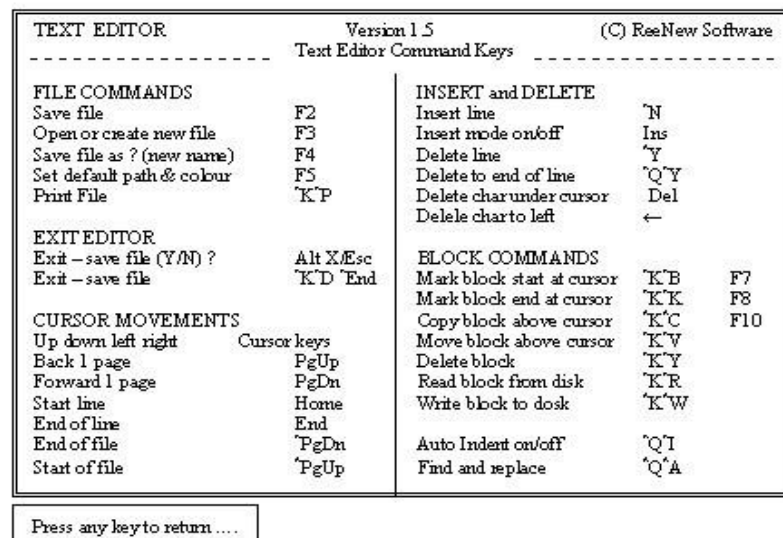
Încărcările date de vânt asupra conductoarelor sunt calculate în ipoteza că vântul acționează perpendicular pe axul liniei. Pentru determinarea unghiului maxim de înclinare al lanțului de izolatoare, s-a ținut seama în relațiile de calcul și de unghiul de incidență al vitezei vântului cu axul liniei.

După acest pas, programul intră în regim de calcul, rezultatele fiind salvate într-un fișier de tip **TEXT** (care se poate vizualiza cu un editor de text: **WS, TE**), cu denumirea **TAMPON**.

Afișarea rezultatelor pe monitor se face prin intermediul programului **TE.EXE**, astfel încât programul **STRESS** preia funcțiile acestui program, conform celor reprezentate în Figura 11. Optarea pentru acest mod de prezentare are marele avantaj că se poate modifica forma finală a listingului cu rezultate, utilizatorul având posibilitatea de a face completări. Deplasarea în câmpul de date se poate face prin intermediul tastelor **LEFT/UP/DOWN/RIGHT** ( $\leftarrow\uparrow\downarrow\rightarrow$ ).



**Figura 11 Fereastra cu afișarea rezultatelor**



**Figura 12 Fereastra ce afișează toate comenzile operabile la acest nivel**

Conform celor reprezentate în Figura 11, se observă că în partea de jos a ferestrei este afișat un meniu. Dacă se tastează **F1 - Help**, programul afișează toate comenzile operabile la acest nivel, așa

cum se indică în Figura 12. Pentru listarea rezultatelor la imprimantă, se tastează **Ctrl+K+P**. Dacă se dorește salvarea rezultatelor pe dischetă, se tastează **F4**, după care se specifică calea și denumirea fișierului ce va conține rezultatele din fișierul **TAMPON**.

Rezultatele nu se vor salva cu comanda **F2**, deoarece fișierul de rezultate va fi tot fișierul **TAMPON**, fișier ce va fi șters la o nouă rescriere în el. Pentru revenirea în meniul principal, se dă comanda **Alt X**. În cazul în care se dorește calculul mecanic al conductorului de protecție, se procedează identic ca la conductorul activ. De menționat că o etapă importantă în introducerea datelor de calcul este aceea în care se simulează profilul longitudinal al liniei. În meniul principal se tastează **Date panou**. În această etapă, se vor introduce datele aferente pentru toate panourile și, după aceea, se trece la calculul săgeților. Se introduc, pe rând, numărul panoului, numărul de stâlpi, numărul primului și al ultimului stâlp din panou.

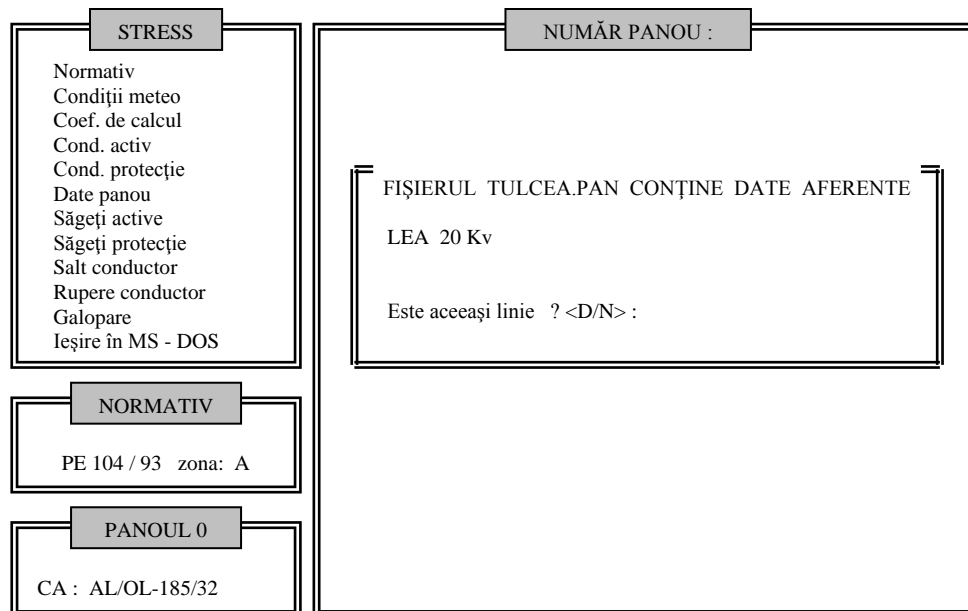


Figura 13 Programul afișează conținutul fișierului găsit, dacă nu se găsește corespondența

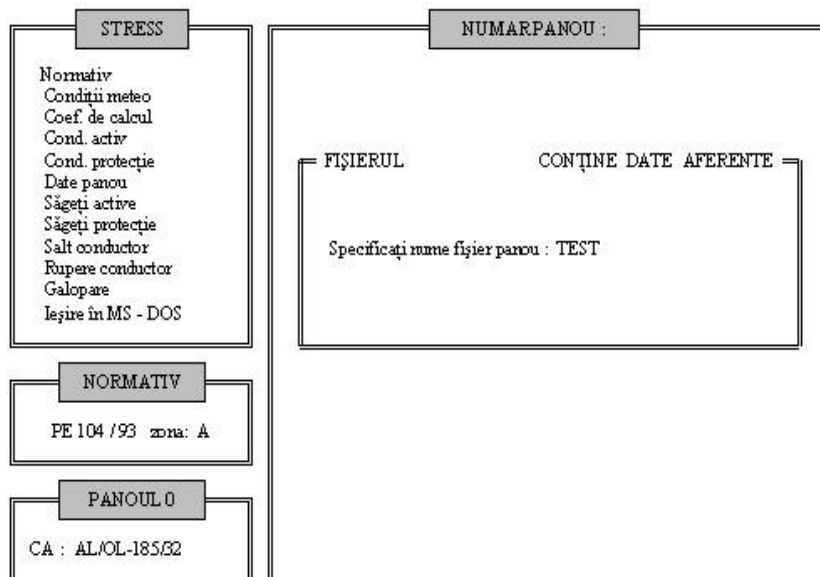


Figura 14. Programul așteaptă definirea fișierului, dacă acesta nu există

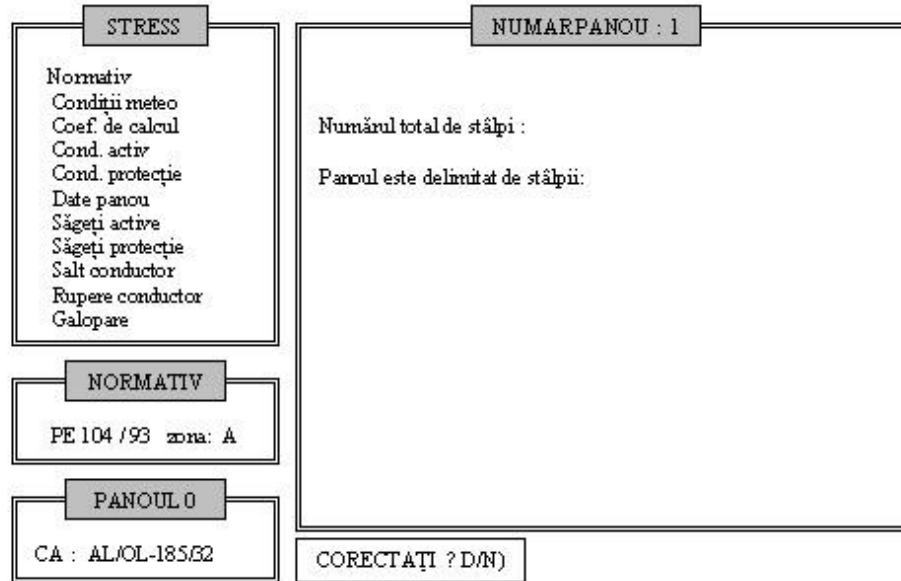


Figura 15 Programul afișează conținutul fișierului găsit, când se găsește corespondența

După ce s-a apelat la funcția **Date panou** din meniul principal, se intră în regim de căutare a liniei specificate de utilizator în fișierul cu extensia **.PAN**, din directorul **STRESS**.

Să considerăm că linia care urmează a fi analizată se numește **LEA 110kV TEST**. Programul caută această linie în primul fișier cu extensia **.PAN**. În cazul în care găsește corespondența între denumirea dată liniei de către utilizator și denumirea liniei existentă în fișier, se trece la pasul reprezentat în fereastra din Figura 15.

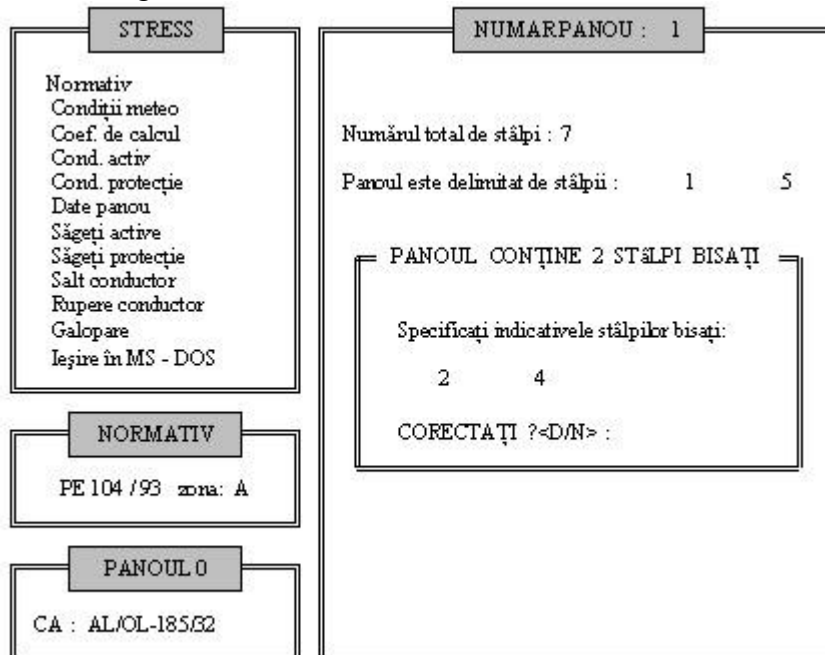


Figura 16 Fereastră pentru specificarea stâlpilor bisaiți

Dacă nu se găsește corespondența, programul afișează conținutul fișierului găsit, conform celor reprezentate în Figura 13 și așteaptă avizul utilizatorului. Atunci când fișierul nu există, programul așteaptă definirea fișierului, conform ferestrei reprezentate în Figura 14.



După ce s-a denumit fișierul ce va conține datele aferente profilului liniei, programul așteaptă numărul panoului pe care dorim să-l introducem, numărul total de stâlpi, precum și indicativul stâlpilor ce delimitează panoul.

În situația în care într-un panou se mai introduce un număr de stâlpi, în vederea micșorării deschiderilor și nu se dorește redenumirea tuturor stâlpilor, se păstrează notația inițială pentru stâlpii ce delimitează panoul și se specifică stâlpii care vor fi bishați, conform celor reprezentate în Figura 16.

<p><b>STRESS</b></p> <p>Normativ                  Condiții meteo                  Coef. de calcul                  Cond. activ                  Cond. protecție                  Date panou                  Săgeți active                  Săgeți protecție                  Salt conductor                  Rupere conductor                  Galopare                  ieșire în MS - DOS</p>	<p><b>NUMARPANOU : 1</b></p> <p>Tipul izolației de susținere : Tastati                  Backspace</p>
<p><b>NORMATIV</b></p> <p>PE 104 /93 zona: A</p>	
<p><b>PANOUL 0</b></p> <p>CA : AL/OL-185/2</p>	<p>CORECTAȚI ? (D/N):</p>

**Figura 17** Specificarea tipului izolației de susținere utilizate

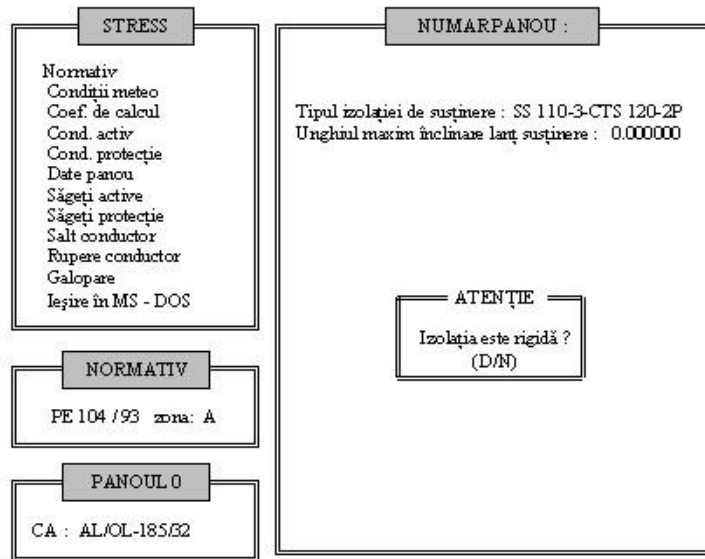
<p><b>STRESS</b></p> <p>Normativ                  Condiții meteo                  Coef. de calcul                  Cond. activ                  Cond. protecție                  Date panou                  Săgeți active                  Săgeți protecție                  Salt conductor                  Rupere conductor                  Galopare                  ieșire în MS - DOS</p>	<p><b>Caracteristici :</b></p> <p>Tip Izolator : SS 110-3-CTS 120-2p</p> <table> <tr> <td>Lungimea izolatorului</td> <td>[m] : 1.900</td> </tr> <tr> <td>Lungimea armăturii de suspensie lanț</td> <td>[m] : 0.100</td> </tr> <tr> <td>Lățime izol. paralel cu axul liniei</td> <td>[m] : 0.280</td> </tr> <tr> <td>Lățime izol. perpendicular pe linie</td> <td>[m] : 0.280</td> </tr> <tr> <td>Greutatea izolației</td> <td>[daN] : 75.000</td> </tr> <tr> <td>Coefficientul aerodinamic al izolatorului</td> <td>: 0.350</td> </tr> </table>	Lungimea izolatorului	[m] : 1.900	Lungimea armăturii de suspensie lanț	[m] : 0.100	Lățime izol. paralel cu axul liniei	[m] : 0.280	Lățime izol. perpendicular pe linie	[m] : 0.280	Greutatea izolației	[daN] : 75.000	Coefficientul aerodinamic al izolatorului	: 0.350
Lungimea izolatorului	[m] : 1.900												
Lungimea armăturii de suspensie lanț	[m] : 0.100												
Lățime izol. paralel cu axul liniei	[m] : 0.280												
Lățime izol. perpendicular pe linie	[m] : 0.280												
Greutatea izolației	[daN] : 75.000												
Coefficientul aerodinamic al izolatorului	: 0.350												
<p><b>NORMATIV</b></p> <p>PE 104 /93 zona: A</p>													
<p><b>PANOUL 0</b></p> <p>CA : AL/OL-185/2</p>	<p>CORECTAȚI ? (D/N):</p>												

**Figura 18** Caracteristicile aferente unui anume tip de izolator

La fiecare pas, programul așteaptă certificarea datelor.

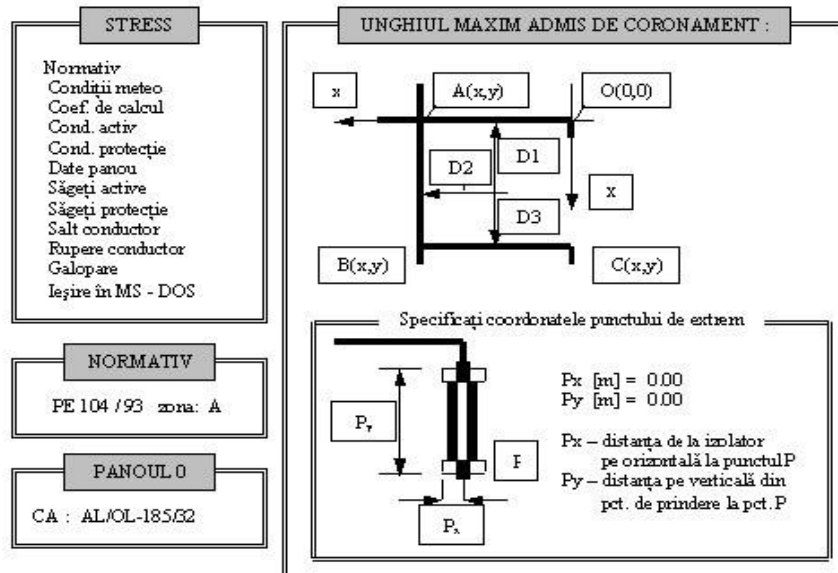
În următoarea etapă, conform ferestrei reprezentate în Figura 17, se alege tipul izolației prin tastarea **Backspace** (←), se apelează la fișierul **IZOLATOR.DAT**, atunci când acesta există. Dacă nu

există un astfel de fișier, se intră în regim de creare, modul de lucru fiind unul identic cu cel din cazul fișierului **COND1.DAT**. În Figura 18 sunt vizualizate caracteristicile aferente unui tip de izolator.

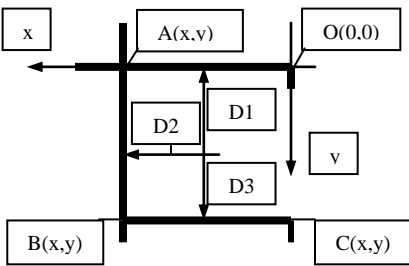


**Figura 19** Specificarea tipului izolației de susținere și a unghiului maxim de înclinare a lanțului de susținere

După alegerea tipului izolației de susținere, se așteaptă specificarea unghiului maxim admis de coronament la deviația lanțului sub acțiunea vântului, conform celor reprezentate în Figura 19. Dacă nu se cunoaște acest unghi, el se poate determina. Se specifică faptul că izolația nu este rigidă, după care se intră în fereastra **UNGIUL MAXIM ADMIS DE CORONAMENT**, reprezentată în Figura 20. În cazul în care există lanțuri duble, este posibil ca distanța minimă de apropiere față de părțile legate la pământ să nu corespundă punctului de prindere al conductorului în clemă, ci față de alte elemente ale lanțului, aflate sub tensiune. Programul calculează distanțele în ambele situații și afișează valoarea minimă. În această etapă, utilizatorul trebuie să definească punctul cel mai defavorabil de pe lanțul de izolare, în funcție de care se vor calcula distanțele.



**Figura 20** Fereastra **UNGIUL MAXIM ADMIS DE CORONAMENT**

<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center; font-weight: bold; margin-bottom: 5px;">STRESS</div> Normativ Condiții meteo Coef. de calcul Cond. activ Cond. protecție Date panou Săgeți active Săgeți protecție Salt conductor Rupere conductor Galopare Ieșire în MS - DOS	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center; font-weight: bold; margin-bottom: 5px;">UNGHIUL MAXIM ADMIS DE CORONAMENT :</div>  <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Lățime clemă de susținere</td> <td>[m]</td> <td>:</td> <td>0.02</td> </tr> <tr> <td>Coef. aerodinamic lanț izol.</td> <td></td> <td>:</td> <td>0.35</td> </tr> <tr> <td>Tracțiunea în conductor</td> <td>[daN]</td> <td>:</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>Deschiderea medie</td> <td>[m]</td> <td>:</td> <td>180.00</td> </tr> <tr> <td>Coordonatele punctului A</td> <td>[mm]</td> <td>:</td> <td>2200.00    0.00</td> </tr> <tr> <td>Coordonatele punctului B</td> <td>[mm]</td> <td>:</td> <td>2200.00    4000.00</td> </tr> <tr> <td>Coordonatele punctului C</td> <td>[mm]</td> <td>:</td> <td>0.00    0.00</td> </tr> <tr> <td>Unghiul liniei (2alfa)</td> <td>[g]</td> <td>:</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>Viteza vântului</td> <td>[m/s]</td> <td>:</td> <td>34.00</td> </tr> <tr> <td>Distanța D1</td> <td>[mm]</td> <td>:</td> <td>734</td> </tr> <tr> <td>Distanța D2</td> <td>[mm]</td> <td>:</td> <td>409</td> </tr> <tr> <td>Înclinare lanț (Grad, min, sec)</td> <td></td> <td>:</td> <td>70    11    29</td> </tr> </table>	Lățime clemă de susținere	[m]	:	0.02	Coef. aerodinamic lanț izol.		:	0.35	Tracțiunea în conductor	[daN]	:	0.00	Deschiderea medie	[m]	:	180.00	Coordonatele punctului A	[mm]	:	2200.00    0.00	Coordonatele punctului B	[mm]	:	2200.00    4000.00	Coordonatele punctului C	[mm]	:	0.00    0.00	Unghiul liniei (2alfa)	[g]	:	0.00	Viteza vântului	[m/s]	:	34.00	Distanța D1	[mm]	:	734	Distanța D2	[mm]	:	409	Înclinare lanț (Grad, min, sec)		:	70    11    29
Lățime clemă de susținere	[m]	:	0.02																																														
Coef. aerodinamic lanț izol.		:	0.35																																														
Tracțiunea în conductor	[daN]	:	0.00																																														
Deschiderea medie	[m]	:	180.00																																														
Coordonatele punctului A	[mm]	:	2200.00    0.00																																														
Coordonatele punctului B	[mm]	:	2200.00    4000.00																																														
Coordonatele punctului C	[mm]	:	0.00    0.00																																														
Unghiul liniei (2alfa)	[g]	:	0.00																																														
Viteza vântului	[m/s]	:	34.00																																														
Distanța D1	[mm]	:	734																																														
Distanța D2	[mm]	:	409																																														
Înclinare lanț (Grad, min, sec)		:	70    11    29																																														
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center; font-weight: bold; margin-bottom: 5px;">NORMATIV</div> PE 104 / 93    zona: A																																																	
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center; font-weight: bold; margin-bottom: 5px;">PANOUL 0</div> CA : AL/OL-185/32																																																	

**Figura 21** Introducerea informațiilor necesare calculului unghiului maxim admis

<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center; font-weight: bold; margin-bottom: 5px;">STRESS</div> Normativ Condiții meteo Coef. de calcul Cond. activ Cond. protecție Date panou Săgeți active Săgeți protecție Salt conductor Rupere conductor Galopare Ieșire în MS - DOS	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center; font-weight: bold; margin-bottom: 5px;">NUMĂR PANOUL :</div> Tipul izolației de susținere : SS 110-3-CTS 120-2p Unghiul maxim înclinare lanț susținere : 69.000000
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center; font-weight: bold; margin-bottom: 5px;">NORMATIV</div> PE 104 / 93    zona: A	Tipul izolației de întindere: - la stâlpul : SS 110-3-CTS 120-2p - la stâlpul : SS 110-3-CTS 120-2p
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center; font-weight: bold; margin-bottom: 5px;">PANOUL 0</div> CA : AL/OL-185/32	

**Figura 22** Specificarea tipului izolației de întindere

Calculul distanțelor se efectuează analitic, coronamentul fiind definit prin maximum trei segmente, respectiv  $OA$ ,  $AB$  și  $BC$ . Utilizatorul trebuie să introducă coordonatele punctelor  $A$ ,  $B$  și  $C$ , conform celor reprezentate în fereastra din Figura 21. Programul permite determinarea unghiului de înclinare a lanțului și în cazul stâlpilor de susținere de colț.

După ce s-a determinat valoarea unghiului maxim de înclinare, se revine la introducerea lanțurilor de întindere, conform celor reprezentate în Figura 22. Selectarea și introducerea lanțurilor de întindere se realizează identic ca și în cazul lanțurilor de susținere.

Programul permite simularea oricărui tip de lanț prin introducerea caracteristicilor specifice în fișierul aferent izolatoarelor. După ce s-au introdus lanțurile de izolatoare, se trece la introducerea tipurilor de stâlpi, ca în Figura 23. În cazul LEA de medie tensiune, în locul tipului de stâlp, programul așteaptă introducerea distanței de la sol la consola inferioară. Dacă nu se introduc elementele din Figura 23 și anume **Cotă teren**, **Tipul stâlpului** și **Unghi linie**, programul nu calculează gabaritele față de sol sau față de alte elemente din teren.

STRESS		NUMĂR PANOU :				
Normativ Condiții meteo Coef. de calcul Cond. activ Cond. protecție Date panou Săgeți active Săgeți protecție Salt conductor Rupere conductor Galopare ieșire în MS - DOS		Nr. crt.	Stâlp	Cotă teren (m)	Tipul stâlpului	Unghi linie
		1	1	0.00	Tastați Backspace	
		2	2			
		3	3			
		4	4			
		5	5			
		6	6			
		7	7			

NORMATIV
PE 104 / 93 zona: A

PANOUL 0
CA : AL/OL-185/32

**Figura 23** Introducerea informațiilor *Cotă teren, Tipul stâlpului, Unghi linie*

STRESS		CARACTERISTICI	
Normativ Condiții meteo Coef. de calcul Cond. activ Cond. protecție Date panou Săgeți active Săgeți protecție Salt conductor Rupere conductor Galopare ieșire în MS - DOS		Tip Stâlp : ITn 110.114-5.3S	
		Distanța pe orizontală între RS [m]:	1.500000
		Distanța pe orizontală între RT [m]:	6.900000
		Distanța pe orizontală între ST [m]:	8.400000
		Distanța pe orizontală între OR [m]:	2.700000
		Distanța pe verticală între RS [m]:	4.000000
		Distanța pe verticală între RT [m]:	4.000000
		Distanța pe verticală între ST [m]:	0.000000
		Distanța pe verticală între OR [m]:	4.675000
		Distanța de la sol la consola inf. [m]:	15.000000

NORMATIV
PE 104 / 93 zona: A

PANOUL 0
CA : AL/OL-185/32

CORECTAȚI
?<D/N>

**Figura 24** Fereastra cu caracteristicile unui stâlp tip *ITn 110.114 – 5.3.S*

După ce s-a tastat **Backspace**, se intră în fișierul **STALP.DAT**, dacă acesta există, iar dacă nu există, se intră în regim de creare, numai pentru LEA de 110 kV. Modul de lucru este identic ca și în cazul fișierului **COND1.DAT**. De exemplu, în Figura 24 se poate vizualiza din fișier stâlpul terminal

*ITn 110.114 – 5.3.S.* Introducerea datelor are o importanță majoră în toate etapele de calcul. După selectarea stâlpilor ce definesc panoul, conform celor reprezentate în Figura 25, se trece la pasul următor și, anume, la introducerea deschiderilor și a denivelărilor, așa cum se indică în Figura 26.

STRESS

Normativ  
 Condiții meteo  
 Coef. de calcul  
 Cond. activ  
 Cond. protecție  
 Date panou  
 Săgeți active  
 Săgeți protecție  
 Salt conductor  
 Rupere conductor  
 Galopare  
 Ieșire în MS - DOS

NORMATIV

PE 104 / 93 zona: A

PANOUL 0

CA : AL/OL-185/32

NUMĂR PANOU : 1

Nr. crt.	Stâlp	Cotă teren [m]	Tipul stâlpului	Unghi linie [g]
1	1	121.23	ITn 110114-5.3S	200
2	2	120.00	Sn 110102-5.3S	200
3	3	120.50	Sn 110102-5.3S	200
4	4	123.40	Sn 110102-5.3S	200
5	5	123.00	Sn 110102-5.3S	200
6	6	127.00	Sn 110102-5.3S	200
7	7	128.50	ICn 110113-5.3S	189

CORECTATI ?<D/N>:

**Figura 25** Specificarea tipurilor de stâlpi ce definesc panoul

STRESS

Normativ  
 Condiții meteo  
 Coef. de calcul  
 Cond. activ  
 Cond. protecție  
 Date panou  
 Săgeți active  
 Săgeți protecție  
 Salt conductor  
 Rupere conductor  
 Galopare  
 Ieșire în MS - DOS

NORMATIV

PE 104 / 93 zona: A

PANOUL 0

CA : AL/OL-185/32

NUMĂR PANOU : 1

Nr. crt.	Stâlpii	Deschiderea [m]	Denivelarea [m]
1	1 2	185.00	-1.13
2	2 3	182.00	0.00
3	3 4	200.00	2.00
4	4 5	173.00	-0.40
5	5 6	186.00	4.00
6	6 7	210.00	1.00

CORECTAȚI ?<D/N>:

**Figura 26** Fereastra în care se introduc deschiderile și denivelările

Dacă în etapa anterioară s-au specificat tipurile de stâlpi, programul calculează și afișează denivelările. În caz contrar, utilizatorul trebuie să calculeze și să introducă valorile denivelărilor. Denivelarea se va introduce cu semnul minus, dacă linia coboară. În cazul în care se dorește verificarea gabaritelor într-o deschidere, se selectează această opțiune, după care programul trece în revistă tot panoul, deschidere cu deschidere, așteptând introducerea datelor necesare în acest pas.

Programul poate verifica două puncte din deschidere, conform celor reprezentate în Figura 27. Verificarea gabaritelor se realizează în ipoteza în care săgeata conductorului este maximă.

<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px; text-align: center;"><b>STRESS</b></div> Normativ Condiții meteo Coef. de calcul Cond. activ Cond. protecție Date panou Săgeți active Săgeți protecție Salt conductor Rupere conductor Galopare Ieșire în MS - DOS	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px; text-align: center;"><b>NUMĂR PANOU : 1</b></div> Deschiderea : 1  Nr. puncte de verificat (max. 2) : 2  Distanța [m], față de stâlpul 1 : 23            135  Cota teren a punctului [m] : 121.4        120.5  Înălțimea obiectivului [m] : 0            10
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px; text-align: center;"><b>NORMATIV</b></div> PE 104 / 93 zona: A	
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px; text-align: center;"><b>PANOUL 0</b></div> CA : AL/OL-185/32	CORECTAȚI ?<D/N>:

**Figura 27 Verificarea a două puncte dintr-o deschidere**

În acest moment, programul poate calcula săgețile pentru conductorul activ din panoul selectat. Din meniul principal, se selectează funcția **Săgeți active** și se intră în fereastra reprezentată în Figura 28, unde se poate vizualiza forța de rupere a conductorului și coeficienții parțiali de tracțiune pentru cele trei stări critice de dimensionare.

<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px; text-align: center;"><b>STRESS</b></div> Normativ Condiții meteo Coef. de calcul Cond. activ Cond. protecție Date panou Săgeți active Săgeți protecție Salt conductor Rupere conductor Galopare Ieșire în MS - DOS	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px; text-align: center;"><b>SĂGEȚI PENTRU CONDUCTORUL ACTIV</b></div> Forța de rupere conductor [daN]:            6668.600000  Specificați coeficienții de tracțiune la :  KP [Tmin]    : 0.440000 KP [Tmed]     : 0.180000 KP [-5+ch+V]                                   : 0.670000
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px; text-align: center;"><b>NORMATIV</b></div> PE 104 / 93 zona: A	
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px; text-align: center;"><b>PANOUL 0</b></div> CA : AL/OL-185/32	CORECTAȚI ?<D/N>:

**Figura 28 Fereastra SĂGEȚI PENTRU CONDUCTORUL ACTIV**

Tracțiunea maximă în conductor este corelată cu tracțiunea elementelor componente ale liniei. Acest lucru se poate realiza atât prin modificarea coeficienților parțiali de tracțiune, cât și prin modificarea forței de rupere a conductorului.

După acest pas, în funcție de starea conductorului – nou sau utilizat – programul intră într-un regim de calcul de următorul tip:

- pentru conductor *nou*, se vor calcula săgețile de montaj și cele finale, față de care se vor calcula eventualele gabarite și care țin seama de fluajul conductorului în timp;
- pentru conductor *utilizat*, conductorul nu mai fluează și, în acest caz, săgețile de montaj sunt cele finale.

Rezultatele obținute sunt afișate pe ecranul monitorului prin intermediul programului editor **TE.COM**, conform celor reprezentate în Figura 29.

În scopul determinării săgeților aferente conductorului de protecție, folosind programul **STRESS**, se parcurg următoarele etape:

- Se selectează din meniul principal funcția **Cond. protecție**, în mod asemănător ca și în cazul conductorului activ. Pe ecranul monitorului se afișează tipurile de conductoare conținute în fișierul **COND1.DAT**, iar utilizatorul va selecta conductorul de protecție utilizat.
- Programul calculează încărcările unitare și specifice pentru conductorul de protecție, care sunt afișate, după care se reintră în meniul principal.
- Se selectează din meniul principal funcția **Săgeți protecție**, după care se intră în fereastra reprezentată în Figura 30.

DENUMIREA LINIEI : LEA 110 Kv test PE 104/93 zona meteo : A Con				
PANOUL : 1				
TRACȚIUNI DE CALCUL [daN/mmmp]				
Starea	IMPULSE		REALE	
	KP	Trac. clerna	KP	Trac. Clerna
-30	0.44	12.9349	0.27	8.0237
15	0.18	5.2916	0.18	5.2916
-5+ch+v	0.67	19.6964	0.53	15.4639

Dimensionează starea de la : Tmed

160 K

Alt X- Exit ... F1-Help ... F2-Save file ... F3-Open file ... F4-Save file as ?

**Figura 29 Afișarea rezultatelor obținute prin intermediul editorului TE.COM**

După introducerea coeficientului de egalizare  $K_{eg}$ , în funcție de tipul conductorului de protecție ales, sunt afișați coeficienții de egalizare finali, după ce conductorul a fluat, precum și tracțiunea orizontală maximă în conductorul de protecție, conform ferestrei reprezentate în Figura 31.

Dacă utilizatorul consideră că rezultatele obținute la acest pas sunt corecte, programul calculează și afișează săgețile de montaj pentru conductorul de protecție. Programul de calcul **STRESS** permite, de asemenea, determinarea săgeților conductorului activ și în regim de avarie, la ruperea unui conductor, în deschiderile adiacente deschiderii avariate. Dacă se dorește acest lucru, din meniul principal se selectează funcția **Rupere conductor**.

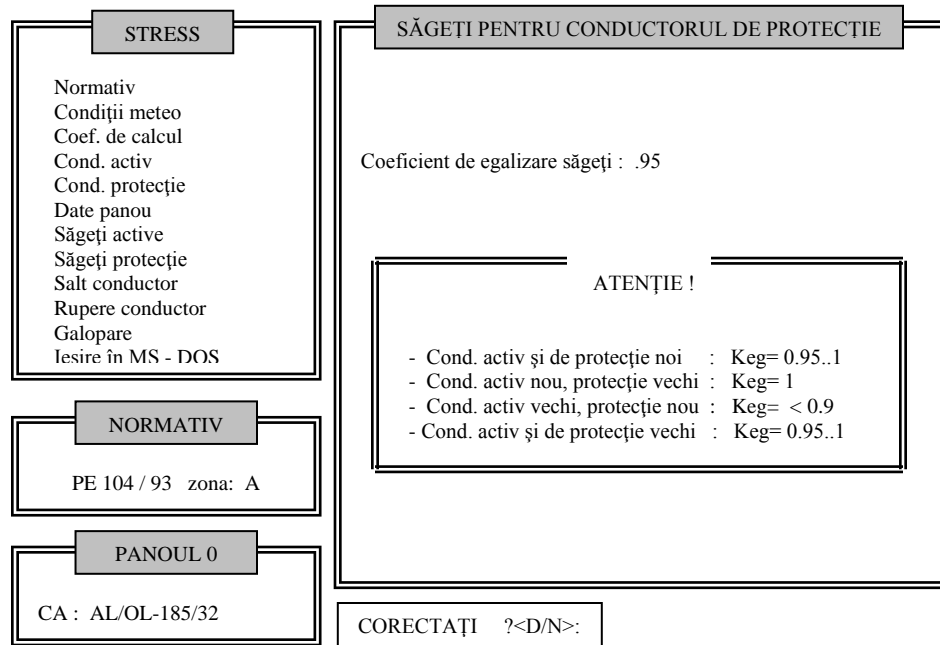


Figura 30 Fereastra SĂGETI PENTRU CONDUCTORUL DE PROTECȚIE

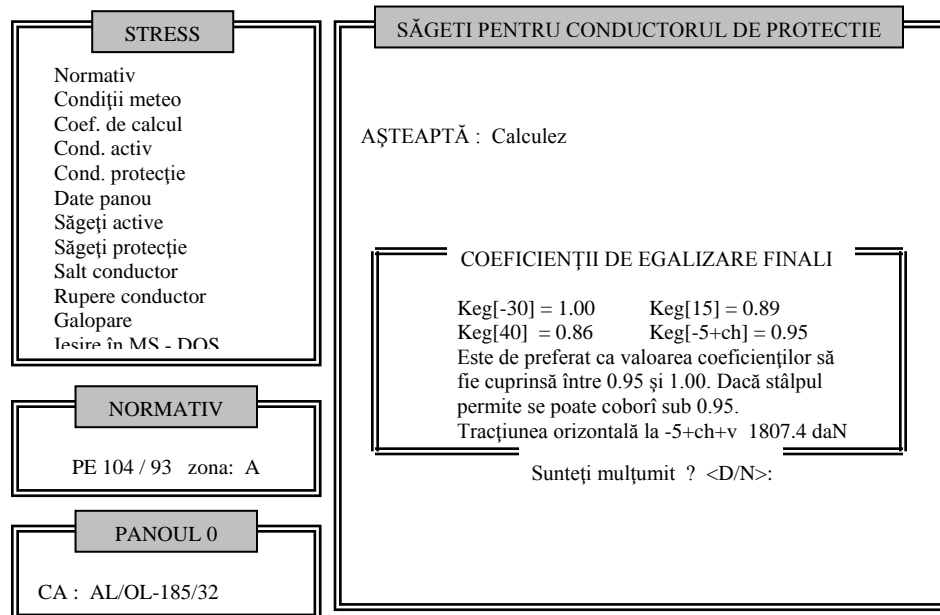


Figura 31 Afișarea coeficienților de egalizare finali și a tracțiunii orizontale maxime

În situația în care programul dispune de toate elementele necesare determinării gabaritelor, acestea sunt calculate și în regim de avarie. Dacă se dorește verificarea distanțelor la saltul conductoarelor, se apelează funcția **Salt conductor** din meniul principal. Înainte de a calcula săgețile active, este bine să se cunoască săgeata maximă admisă de coronament, din condiția de galopare și pendulare. În acest scop, se selectează funcția **Galopare**, după care se trece la crearea fișierului **CORON.DAT**, în care se vor stoca date aferente coronamentelor utilizate la LEA de medie tensiune (20 kV). La LEA de 110 kV, din fișierul **STALP.DAT** se selectează stâlpul dorit, precum și tipul galopării. În final, programul afișează săgeata maximă admisă de stâlp.



## 4. Modul de desfășurare a lucrării

- Studenții sau utilizatorii trebuie să certifice înțelegerea metodei de analiză folosite – *metoda la stări limită*, a modelului matematic și a algoritmului de calcul care stau la baza calculului mecanic al conductoarelor active ale liniilor electrice aeriene, precum și a posibilităților oferite de programul *STRESS*, inclusiv modul de utilizare a acestuia.
- Folosind programul de calcul *STRESS*, se vor determina încărcările unitare normate și de calcul din punct de vedere mecanic, deschiderile critice corespunzătoare celor trei stări la limită, starea de dimensionare, tracțiunile și săgețile conductoarelor active pentru o linie electrică aeriană simplu circuit care străbate zona meteorologică *B*, linia fiind echipată cu conductoare multifilare bimetalice din OL-Al cu secțiunea de 185/32 mm<sup>2</sup>. La construcția liniei, ca stâlpi de susținere s-au utilizat stâlpi de tip Sn 110 102, iar ca stâlpi de întindere în colț de tip ICn 110 111, lanțuri de izolatoare de susținere tip SS 110-2-CTS 70-1, cu o lungime de 1,66 m și lanțuri de izolatoare de întindere cu lungimea de 2,56 m. Panoul liniei, delimitat de doi stâlpi de întindere, propus pentru analiză, conține cinci deschideri, iar caracteristicile panoului și anume deschiderile și denivelările sunt prezentate în Tabelul 3.

*Caracteristicile panoului LEA de 110 kV propus pentru analiză*

**Tabel 3**

Nr.crt.	Deschiderea [m]	Denivelarea [m]
1	200	0
2	185	4,63
3	205	-1,26
4	220	2,85
5	230	0

## Anexa

Pentru utilizarea în bune condiții a programului de calcul *STRESS*, în cele ce urmează sunt prezentate, conform normativelor din țara noastră, valorile diferitelor mărimi și caracteristici fizico-mecanice folosite în procesul de proiectare a liniilor electrice aeriene, din punct de vedere mecanic.

În acest sens, sunt precizate, sub formă grafică sau tabele, informații referitoare la următoarele aspecte: delimitarea zonelor teritoriale din țara noastră, după criteriile climato-meteorologice; presiunea dinamică de bază, datorată vântului, la înălțimea de 10 m, deasupra solului și grosimea stratului de chiciură pe conductoarele LEA, în funcție de zona meteorologică; valorile temperaturii aerului în funcție de zona meteorologică; variația coeficientului de rafală și neuniformitate a vântului pe conductor; proprietățile mecanice și fizice ale cuprului, bronzului, aluminiului și oțelului, folosite la realizarea conductoarelor liniilor electrice aeriene; caracteristicile mecanice și electrice ale conductoarelor monometalice multifilare din aluminiu sau aliaje de aluminiu; caracteristicile mecanice și electrice ale conductoarelor multifilare din oțel; caracteristicile mecanice și electrice ale conductoarelor bimetalice din oțel-aluminiu; caracteristicile mecanice și electrice ale conductoarelor izolate din oțel aluminiu; caracteristicile fizico-mecanice ale materialelor din care sunt realizate conductoarele active și de protecție folosite la construcția LEA; dimensiunile și caracteristicile izolatoarelor de suspensie tip capă-tijă din sticlă călită; caracteristicile electrice și mecanice ale izolatoarelor compozite tip Hi\*Lite EPS 110 kV, 220 kV, 400 kV – tip tijă; caracteristicile clemelor de susținere oscilante fără declanșare, tip SOF și SOFA; caracteristicile clemelor de susținere cu tracțiune

limitată tip STIL; caracteristicile clemelor de susținere a conductorului de protecție tip CSA; caracteristicile clemelor de tracțiune tip TC; caracteristicile clemelor de susținere a conductorului de protecție tip CSP; caracteristicile clemelor de alunecare tip CA și CB; caracteristicile clemelor cu creștături; caracteristicile clemelor de tracțiune prin presare cu derivație tip TPD și TPDF; caracteristicile constructive pentru diferite tipuri de stâlpi din lemn, beton armat centrifugat, beton armat vibrat precomprimat și metalici; tipuri de coronamente folosite la stâlpii din beton armat, pentru LEA de medie tensiune; detalii constructive ale diferitelor tipuri de stâlpi utilizați la realizarea LEA etc.

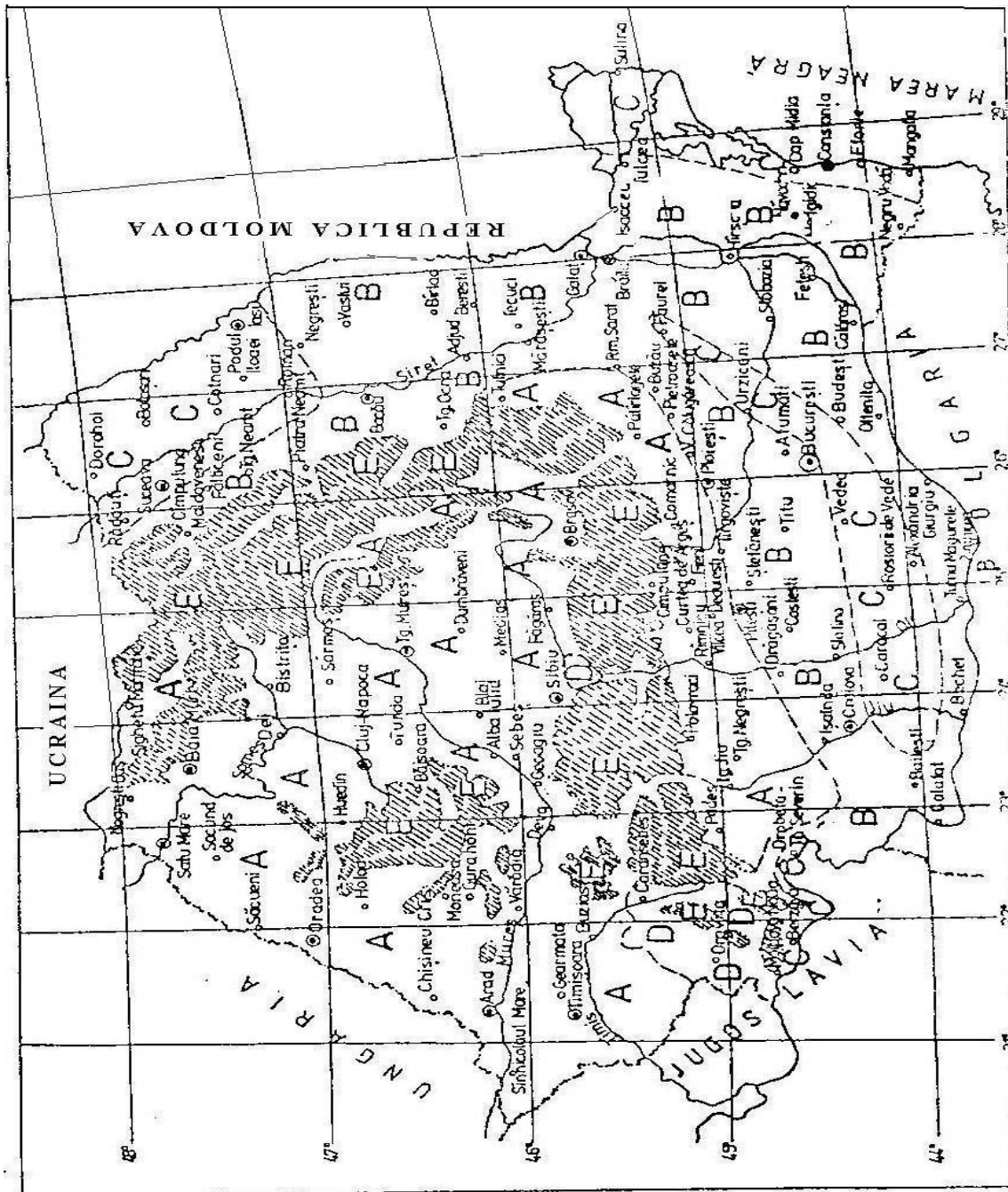


Figura A.1 Delimitarea zonelor teritoriale din țara noastră după criterii climato-meteorologice

**Presiunea dinamică de bază, datorată vântului, la înălțimea de 10 m deasupra solului și grosimea stratului de chiciură pe conductoarele LEA**

**Tabelul A.1**

Zona meteo	Altitudine a (m)	Presiunea dinamică de bază (daN/m <sup>2</sup> )		Grosimea stratului de chiciură U <sub>n</sub> ≤110kV (mm)
		vânt maxim fără chiciură	Vânt simultan cu chiciură	
A	≤ 800	30	12	16
B		42	16,8 (15) <sup>***)</sup>	
C		55	20 (17) <sup>***)</sup>	
D <sup>*)</sup>				
E <sup>**)</sup>	1000	40	16	Grosimea stratului de chiciură se va stabili pe baza datelor statistice furnizate de INMH sau rezultate din statisticile de exploatare ale LEA din acea zonă.
	1200	45	18	
	1400	65	26	
	1600	90	36	
	1800	110	44	
	2000	130	52	
	2200	150	60	
2400	170	68		

Observații:

<sup>\*)</sup> Zonă meteorologică cu condiții deosebite de vânt, pentru care se vor cere date de la Institutul Național de Meteorologie și Hidrologie.

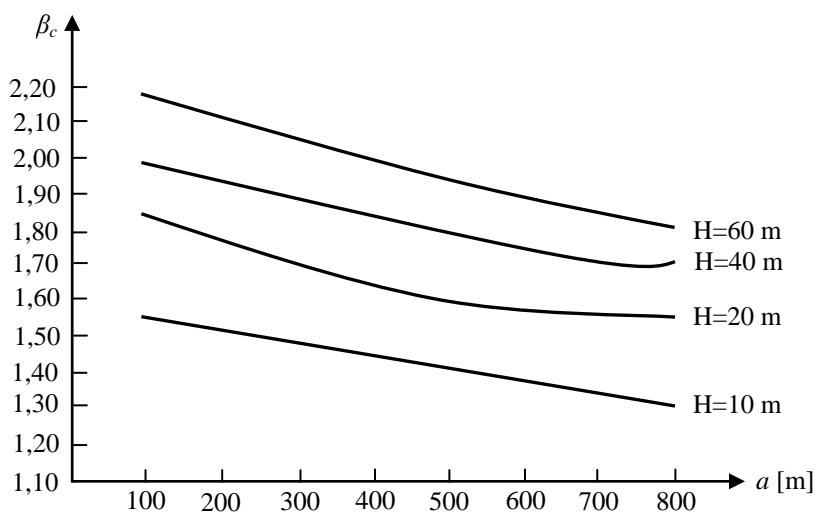
<sup>\*\*)</sup> În zone cu altitudini mai mici de 1400 m, presiunea dinamică, de bază, luată în considerare nu trebuie să aibă valori mai mici decât a zonelor limitrofe, cu altitudini sub 800 m.

<sup>\*\*\*)</sup> Valorile menționate în tabel în paranteze se referă la LEA cu tensiunea nominală de 20 kV.

### Valorile temperaturii aerului

**Tabelul A.2**

Zona meteorologică	Temperatura aerului (°C)			
	maximă	minimă	medie	de formare a chiciurei
toată țara	40	-30	15	-5
zone cu altitudini peste 800 m	40	-30	10	-5



**Figura A.2 Variația coeficientului de rafală și neuniformitatea vântului pe conductor -  $\beta_c$**

*Valorile coeficientului aerodinamic al conductorului acoperit sau neacoperit cu chiciură*

**Tabelul A.3**

Specificația		$C_{tc}$
Fără chiciură	Diametrul conductorului $\geq 20$ mm	1,10
	Diametrul conductorului $< 20$ mm	1,20
Cu chiciură, indiferent de diametrul conductorului		1,20

*Valorile coeficienților parțiali de siguranță pentru LEA cu tensiunea nominală de 20-110 kV*

**Tabelul A.4**

Categoriile de încărcări	Încărcările	$\gamma_n$		$\gamma_a$	
		Zonele A,B,C	Zonele D,E	Zonele A,B,C	Zonele D,E
Permanente	Masa proprie a conductorului	1,10		1,10	
Variabile	Presiunea vântului	1,30	1,50	0,25	0,45
	Masa chiciurei	1,80		1,80	

*Caracteristicile fizico-mecanice ale firelor sau sârmelor componente ale conductoarelor funie utilizate la construcția LEA*

**Tabelul A.5**

Materialul	Rezistivitatea electrică în curent continuu la 20°C ( $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ )	Coeficientul de temperatură al rezistenței electrice ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ )	Greutatea volumică (greutatea specifică) ( $\text{daN}/\text{dm}^3$ )	Coeficientul de dilatare termică lineară ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ )	Modulul de Elasticitate ( $\text{daN}/\text{dm}^2$ )	Rezistența la rupere ( $\text{daN}/\text{dm}^2$ )
Aluminiu	0,028264	0,0040	2,649	0,0000230	5500	15,8-19,0
Aliaj de Aluminiu	0,032800	0,0036	2,649	0,0000230	5600	29,40
Oțel normal	0,1818-0,1885 pentru $\Phi 1,15-3,0$ mm	0,0045	7,701	0,0000115	18800	37,22
Oțel de înaltă rezistență	0,2510-0,2413 pentru $\Phi 1,45-3,2$ mm	0,0045	7,701	0,0000115	19600	117,60
Oțel de foarte înaltă rezistență	0,2510-0,2413 pentru $\Phi 1,45-3,2$ mm	0,0045	7,701	0,0000115	19600	137,30

*Proprietățile mecanice și fizice ale cuprului pentru conductoare,  
în funcție de starea de ecrusare*

**Tabelul A.6**

Proprietăți	UM	Starea de ecrusare	
		Tare(HB)	Moale(0)
Masa volumica la 20°C	kg/dm <sup>3</sup>	8,9	8,9
Rezistența de rupere la tracțiune	daN/mm <sup>2</sup>	36,3-38,2	19,6-28,4
Alungirea relativă la rupere	%	1-2	11-35
Modulul de elasticitate	daN/mm <sup>2</sup>	11200	11200
Coeficientul de dilatare lineară (între 25 și 200°C)	1/°C	1,77·10 <sup>-5</sup>	1,77·10 <sup>-5</sup>
Conductivitatea termică	J/cm.s.grd	3,863	3,863
Temperatura de topire	°C	1082,8	1082,8
Rezistivitatea (max.)	Ωmm <sup>2</sup> /m	0,0179	0,017241
Coeficientul de temperatură al rezistivității	1/°C	0,00393	0,00393
Căldura specifică	J/g.grd	0,389	0,389

*Proprietățile mecanice și fizice ale bronzului ecrusat tare*

**Tabelul A.7**

Proprietăți	UM	BzI	BzII	BzIII
Masa volumica la 20°C	kg/dm <sup>3</sup>	8,9	8,65	8,65
Rezistența de rupere la tracțiune	daN/mm <sup>2</sup>	50-52	56-68	68-74
Alungirea relativă la rupere	%	10	8	4
Limita de elasticitate	daN/mm <sup>2</sup>	27	32	38
Limita tehnică de curgere	daN/mm <sup>2</sup>	47	56	65
Limita de obosire la 10 <sup>8</sup> cicluri	daN/mm <sup>2</sup>	15,5	-	-
Modulul de elasticitate	daN/mm <sup>2</sup>	10000-13500		
Coeficientul de dilatare lineară	1/°C	1,71·10 <sup>-5</sup>	1,66·10 <sup>-5</sup>	1,66·10 <sup>-5</sup>
Conductivitatea termică	J/cm.s.grd	3,76		
Temperatura de topire	°C	900		
Rezistivitatea (max.)	Ωmm <sup>2</sup> /m	0,0208	2,0277	0,055
Coeficientul de temperatură al rezistivității	1/°C	0,0005		
Căldura specifică	J/g.grd	0,376		

*Proprietățile mecanice și fizice ale aluminiului folosit la realizarea conductoarelor LEA*

**Tabelul A.8**

Proprietăți	UM	Starea de ecrusare			
		Moale	1/2 tare	3/4 tare	tare
Masa volumică la 20°C	kg/dm <sup>3</sup>	2,703	2,703	2,703	2,703
Rezistența de rupere la tracțiune	daN/mm <sup>2</sup>	7,0-7,5	9,5	13,0	15,8-18,9
Alungirea relativă la rupere	%	20-25	5-6	2-3	-
Modulul de elasticitate	daN/mm <sup>2</sup>	5600-6500			
Coeficientul de dilatare lineară	1/°C	2,3 · 10 <sup>-5</sup>			
Conductivitatea termică	J/cm.s.grd	2,092-2,134			
Temperatura de topire	°C	658			
Rezistivitatea la 20/°C(max.)	Ωmm <sup>2</sup> /m	0,028	0,02825	0,028264	
Coeficientul de temperatură al rezistivității	1/°C	0,00403			
Căldura specifică	J/g.grd	0,895-0,933			

*Proprietățile mecanice și fizice ale oțelurilor folosite la realizarea conductoarelor LEA*

**Tabelul A.9**

Proprietăți	UM	Valoarea
Masa volumică la 20°C	kg/dm <sup>3</sup>	2,7
Rezistența de rupere la tracțiune	daN/mm <sup>2</sup>	30-35
Alungirea relativă la rupere	%	5-9
Limita de elasticitate	daN/mm <sup>2</sup>	17-19
Limita tehnică de curgere	daN/mm <sup>2</sup>	27-31
Limita de obosire la 10 <sup>8</sup> cicluri	daN/mm <sup>2</sup>	12-16
Modulul de elasticitate	daN/mm <sup>2</sup>	6300-7200
Coeficientul de dilatare lineară	1/°C	2,3-2,35 · 10 <sup>-5</sup>
Conductivitatea termică (între 0 și 100°C)	J/cm.s.grd	1,674-2,093
Temperatura de topire	°C	600-650
Rezistivitatea la 20/°C	Ωmm <sup>2</sup> /m	0,3-0,033
Coeficientul de temperatură al rezistivității	1/°C	0,002
Căldura specifică	J/g.grd	0,895-0,933

*Caracteristicile mecanice și electrice ale sârmelor  
din aliaj de aluminiu*

**Tabelul A.10**

<b>Caracteristici</b>	<b>Tip A</b>	<b>Tip B</b>
Rezistivitate maximă la 20 <sup>0</sup> C [nΩm]	32,840	32,530
Densitate la 20 <sup>0</sup> C [kg/dm <sup>3</sup> ]	2,703	2,703
Coeficient de dilatare liniară [1/ <sup>0</sup> C]	23·10 <sup>-6</sup>	23·10 <sup>-6</sup>
Coeficient de temperatură al rezistenței la masă constantă la 20 <sup>0</sup> C [1/ <sup>0</sup> C]	0,0036	0,0036

*Caracteristicile mecanice și electrice ale conductoarelor monometalice  
multifilare din aluminiu și aliaje de aluminiu, tip A1*

**Tabelul A.11**

Cod numeric	Secțiune mm <sup>2</sup>	Număr de sârme	Diametru		Densitate liniară kg/km	Forța de rupere nominală kN	Rezistența în curent continuu [Ω/km]
			Sârmă mm	Conductor mm			
10	10	7	1,35	4,05	27,4	1,95	2,8633
16	16	7	1,71	5,12	43,8	3,04	1,7896
25	25	7	2,13	6,40	68,4	4,50	1,1453
40	40	7	2,70	8,09	109,4	6,80	0,7158
63	63	7	3,39	10,2	172,3	10,39	0,4545
100	100	19	2,59	12,9	274,8	17,00	0,2877
125	125	19	2,89	14,5	343,6	21,25	0,2302
160	160	19	3,27	16,4	439,8	26,40	0,1798
200	200	19	3,66	18,3	549,7	32,00	0,1439
250	250	19	4,09	20,5	687,1	40,00	0,1151
315	315	37	3,29	23,0	867,9	51,97	0,0916
400	400	37	3,71	26,0	1102,0	64,00	0,0721
450	450	37	3,94	27,5	1239,8	72,00	0,0641
500	500	37	4,15	29,0	1377,6	80,00	0,0577
560	560	37	4,39	30,7	1542,9	89,60	0,0515
630	630	61	3,63	32,6	1738,3	100,80	0,0458
710	710	61	3,85	34,6	1959,1	113,60	0,0407
800	800	61	4,09	36,8	2207,4	128,00	0,0361
900	900	61	4,33	39,0	2483,3	144,00	0,0321
1000	1000	61	4,57	41,1	2759,2	160,00	0,0289
1120	1120	91	3,96	43,5	3093,5	179,20	0,0258
1250	1250	91	4,18	46,0	3452,6	200,00	0,0231
1400	1400	91	4,43	48,7	3866,9	224,00	0,0207
1500	1500	91	4,58	50,4	4143,1	240,00	0,0193

*Caracteristicile mecanice și electrice ale conductoarelor monometalice  
multifilare din aluminiu și aliaje de aluminiu, tip A2*

*Tabelul A.12*

Cod numeric	Secțiune mm <sup>2</sup>	Număr de sârme	Diametru		Densitate liniară kg/km	Forța de rupere nominală kN	Rezistența în curent continuu Ohm/km
			Sârmă mm	Conductor mm			
16	18,4	7	1,83	5,49	50,4	5,43	1,7896
25	28,8	7	2,29	6,86	78,7	8,49	1,1453
40	46,0	7	2,89	8,68	125,9	13,58	0,7158
63	72,5	7	3,63	10,9	198,3	21,39	0,4545
100	115	19	2,78	13,9	316,3	33,95	0,2877
125	144	19	3,10	15,5	395,4	42,44	0,2302
160	184	19	3,51	17,6	506,1	54,32	0,1798
200	230	19	3,93	19,6	632,7	67,91	0,1439
250	288	19	4,39	22,0	790,8	84,88	0,1151
315	363	37	3,53	24,7	998,9	106,95	0,0916
400	460	37	3,98	27,9	1268,4	135,81	0,0721
450	518	37	4,22	29,6	1426,9	152,79	0,0641
500	575	37	4,45	31,2	1585,5	169,76	0,0577
560	645	61	3,67	33,0	1778,4	190,14	0,0516
630	725	61	3,89	35,0	2000,7	213,90	0,0458
710	817	61	4,13	37,2	2254,8	241,07	0,0407
800	921	61	4,38	39,5	2540,6	271,62	0,0361
900	1036	91	3,81	41,8	2861,1	305,58	0,0321
1000	1151	91	4,01	44,1	3179,0	339,53	0,0289
1120	1289	91	4,25	46,7	3560,5	380,27	0,0258
1250	1439	91	4,49	49,4	3973,7	424,41	0,0231



*Caracteristicile mecanice și electrice ale conductoarelor monometalice  
multifilare din aluminiu și aliaje de aluminiu, tip A3*

**Tabelul A.13**

Cod numeric	Secțiune	Număr de sârme	Diametru		Densitate liniară	Forța de rupere nominală	Rezistența în curent continuu
			Sârmă	Conductor			
	mm <sup>2</sup>		mm	mm	kg/km	kN	Ohm/km
16	18,6	7	1,84	5,52	50,8	6,04	1,7896
25	29,0	7	2,30	6,90	79,5	9,44	1,1453
40	46,5	7	2,91	8,72	127,1	15,10	0,7158
63	73,2	7	3,65	10,9	200,2	23,06	0,4545
100	116	19	2,79	14,0	319,3	37,76	0,2877
125	145	19	3,12	15,6	399,2	47,20	0,2302
160	186	19	3,53	17,6	511,0	58,56	0,1798
200	232	19	3,95	19,7	638,7	73,20	0,1439
250	290	19	4,41	22,1	798,4	91,50	0,1151
315	366	37	3,55	24,8	1008,4	1153,29	0,0916
400	465	37	4,00	28,0	1280,5	146,40	0,0721
450	523	37	4,24	29,7	1440,5	164,70	0,0641
500	581	37	4,47	31,3	1600,6	183,00	0,0577
560	651	61	3,69	33,2	1795,3	204,96	0,0516
630	732	61	3,91	35,2	2019,8	230,58	0,0458
710	825	61	4,15	37,3	2276,2	259,86	0,0407
800	930	61	4,40	39,6	2564,8	292,80	0,0361
900	1046	91	3,83	42,1	2888,3	329,40	0,0321
1000	1162	91	4,03	44,4	3209,3	366,00	0,0289
1120	1301	91	4,27	46,9	2594,4	409,92	0,0258

*Caracteristicile mecanice și electrice ale conductoarelor monometalice multifilare din oțel, tip S1A*

**Tabelul A.14**

Secțiune	Număr de sârme	Diametru		Densitate liniară	Forța de rupere nominală	Rezistența în curent continuu
		Sârmă	Conductor			
mm <sup>2</sup>		mm	mm	kg/km	kN	Ω /km
27,1	7	2,22	6,66	213,3	36,3	7,1445
42,7	7	2,79	8,36	335,9	55,9	4,5362
67,8	7	3,51	10,53	533,2	87,4	2,8578
84,7	7	3,93	11,78	666,5	109,3	2,2862
108,4	7	4,44	13,32	853,1	139,9	1,7861
108,4	19	2,70	13,48	857,0	142,1	1,7944
169,4	19	3,37	16,85	1339,1	218,6	1,1484
271,1	19	4,26	21,31	2142,6	349,7	0,7177
271,1	37	3,05	21,38	2148,1	349,7	0,7196
427,0	37	3,83	26,83	3383,2	550,8	0,4569

*Caracteristicile mecanice și electrice ale conductoarelor monometalice multifilare din oțel, tip S1B*

**Tabelul A.15**

Secțiune	Număr de sârme	Diametru		Densitate liniară	Forța de rupere nominală	Rezistența în curent continuu
		Sârmă	Conductor			
mm <sup>2</sup>		mm	mm	kg/km	kN	Ω /km
27,1	7	2,22	6,66	213,3	33,6	7,1445
42,7	7	2,79	8,36	335,9	51,7	4,5362
67,8	7	3,51	10,53	533,2	80,7	2,8578
84,7	7	3,93	11,78	666,5	100,8	2,2862
108,4	7	4,44	13,32	853,1	129,0	1,7861
108,4	19	2,70	13,48	857,0	131,2	1,7944
169,4	19	3,37	16,85	1339,1	201,6	1,1484
271,1	19	4,26	21,31	2142,6	322,7	0,7177
271,1	37	3,05	21,38	2148,1	322,6	0,7196
427,0	37	3,83	26,83	3383,2	508,1	0,4569

*Caracteristicile mecanice și electrice ale conductoarelor monometalice multifilare din oțel, tip S2A*

**Tabelul A.16**

Secțiune	Număr de sârme	Diametru		Densitate liniară	Forța de rupere nominală	Rezistența în curent continuu
		Sârmă	Conductor			
mm <sup>2</sup>		mm	mm	kg/km	kN	Ω /km
27,1	7	2,22	6,66	213,3	39,3	7,1445
42,7	7	2,79	8,36	335,9	60,2	4,5362
67,8	7	3,51	10,53	533,2	93,5	2,8578
84,7	7	3,93	11,78	666,5	116,9	2,2862
108,4	7	4,44	13,32	853,1	199,7	1,7861
108,4	19	2,70	13,48	857,0	152,9	1,7944
169,4	19	3,37	16,85	1339,1	238,9	1,1484
271,1	19	4,26	21,31	2142,6	374,1	0,7177
271,1	37	3,05	21,38	2148,1	382,3	0,7196
427,0	37	3,83	26,83	3383,2	589,3	0,4569

*Caracteristicile mecanice și electrice ale conductoarelor monometalice multifilare din oțel, tip S3A*

**Tabelul A.17**

Secțiune	Număr de sârme	Diametru		Densitate liniară	Forța de rupere nominală	Rezistența în curent continuu
		Sârmă	Conductor			
mm <sup>2</sup>		mm	mm	kg/km	kN	Ω /km
27,1	7	2,22	6,66	213,3	43,9	7,1445
42,7	7	2,79	8,36	335,9	67,9	4,5362
67,8	7	3,51	10,53	533,2	103,0	2,8578
84,7	7	3,93	11,78	666,5	128,8	2,2862
108,4	7	4,44	13,32	853,1	164,8	1,7861
108,4	19	2,70	13,48	857,0	172,4	1,7944
169,4	19	3,37	16,85	1339,1	262,6	1,1484
271,1	19	4,26	21,31	2142,6	412,1	0,7177
271,1	37	3,05	21,38	2148,1	420,2	0,7196
427,0	37	3,83	26,83	3383,2	649,0	0,4569

*Caracteristicile mecanice și electrice ale conductoarelor bimetalice  
din alumiiniu-oțel, tip AI/SIA*

**Tabelul A.18**

Cod numeric	Raport de oțel	Secțiuni			Număr de sârme		Diametru sârme		Diametru		Densitate liniară kg/km	Forța de rupere nominală kN	Rezistența în curent continuu Ω/km
		Al	OL	Total	Al	OL	Al	OL	Inimă	Conductor			
		%	mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>			mm <sup>2</sup>	mm					
16	17	16	2,67	18,7	6	1	1,84	1,84	1,84	5,53	64,6	6,08	1,7934
25	17	25	4,17	29,2	6	1	2,30	2,30	2,30	6,91	100,9	9,13	1,1478
40	17	40	6,67	46,7	6	1	2,91	2,91	2,91	8,74	161,5	14,40	0,7174
63	17	63	10,5	73,5	6	1	3,66	3,66	3,66	11,0	254,4	21,63	0,4555
100	17	100	16,7	117	6	1	4,61	4,61	4,61	13,8	403,8	34,33	0,2869
125	6	125	6,94	132	18	1	2,97	2,97	2,97	14,9	397,9	29,17	0,2304
125	16	125	20,4	145	26	7	2,47	1,92	5,77	15,7	503,9	45,69	0,2310
160	6	160	8,89	169	18	1	3,36	3,36	3,36	16,8	509,3	36,18	0,1800
160	16	160	26,1	186	26	7	2,80	2,18	6,53	17,7	644,9	57,69	0,1805
200	6	200	11,1	211	18	1	3,76	3,76	3,76	18,8	636,7	44,22	0,1440
200	16	200	32,6	233	26	7	3,13	2,43	7,30	19,8	806,2	70,13	0,1444
250	10	250	24,6	275	22	7	3,80	2,11	6,34	21,6	880,6	68,72	0,1154
250	16	250	40,7	291	26	7	3,50	2,72	8,16	22,2	1007,7	87,67	0,1155
315	7	315	21,8	337	45	7	2,99	1,99	5,97	23,9	1039,6	79,03	0,0917
315	16	315	51,3	366	26	7	3,93	3,05	9,16	24,9	1269,7	106,83	0,0917
400	7	400	27,7	428	45	7	3,36	2,24	6,73	26,9	1320,1	98,36	0,0722
400	13	400	51,9	452	54	7	3,07	3,07	9,21	27,6	1510,3	123,04	0,0723
450	7	450	31,1	481	45	7	3,57	2,38	7,14	28,5	1485,2	107,47	0,0642
450	13	450	58,3	508	54	7	3,26	3,26	9,77	29,3	1699,1	138,42	0,0643
500	7	500	34,6	535	45	7	3,76	2,51	7,52	30,1	1650,2	119,41	0,0578
500	13	500	64,8	565	54	7	3,43	3,43	10,3	30,9	1887,9	153,80	0,0578
560	7	560	38,7	599	45	7	3,98	2,65	7,96	31,8	1848,2	133,74	0,0516
560	13	560	70,9	631	54	19	3,63	2,18	10,9	32,7	2103,4	172,59	0,0516
630	7	630	43,6	674	45	7	4,22	2,81	8,44	33,8	2079,2	150,45	0,0459
630	13	630	79,8	710	54	19	3,85	2,31	11,6	34,7	2366,3	191,77	0,0459
710	7	710	49,1	759	45	7	4,48	2,99	8,96	35,9	2343,2	169,56	0,0407
710	13	710	89,9	800	54	19	4,09	2,45	12,3	36,8	2666,8	216,12	0,0407
800	4	800	34,6	835	72	7	3,76	2,51	7,52	37,6	2480,2	167,41	0,0361
800	8	800	66,7	867	84	7	3,48	3,48	10,4	38,3	2732,7	205,33	0,0362
800	13	800	101,0	901	54	19	4,34	2,61	13,0	39,1	3004,9	243,52	0,0362
900	4	900	38,9	939	72	7	3,99	2,66	7,98	39,9	2790,2	188,33	0,0321
900	8	900	75,0	975	84	7	3,69	3,69	11,1	40,6	3074,2	226,50	0,0322
1000	4	1000	43,2	1043	72	7	4,21	2,80	8,41	42,1	3100,3	209,26	0,0289
1120	4	1120	47,3	1167	72	19	4,45	1,78	8,90	44,5	3464,9	234,53	0,0258
1120	8	1120	91,2	1211	84	19	4,12	2,47	12,4	45,3	3811,5	283,17	0,0258
1250	8	1250	102,0	1352	84	19	4,35	2,61	13,1	47,9	4253,9	316,04	0,0232
1250	4	1250	52,8	1303	72	19	4,70	1,88	9,40	47,0	3867,1	261,75	0,0231

*Caracteristicile mecanice și electrice ale conductoarelor bimetalice  
din alumiiniu-oțel, tip AI/SIB*

**Tabelul A.19**

Cod numeric	Raport de oțel	Secțiuni			Număr de sârme		Diametru sârme		Diametru		Densitate liniară	Forța de rupere nominală	Rezistența în curent continuu
		Al	OL	Total	Al	OL	Al	OL	Inimă	Conductor			
		mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>									
16	17	16	2,67	18,7	6	1	1,84	1,84	1,84	5,53	64,6	5,89	1,7934
25	17	25	4,17	29,2	6	1	2,30	2,30	2,30	6,91	100,9	8,83	1,1478
40	17	40	6,67	46,7	6	1	2,91	2,91	2,91	8,74	161,5	13,93	0,7174
63	17	63	10,5	73,5	6	1	3,66	3,66	3,66	11,0	254,4	20,58	0,4555
100	17	100	16,7	117	6	1	4,61	4,61	4,61	13,8	403,8	32,67	0,2869
125	6	125	6,94	132	18	1	2,97	2,97	2,97	14,9	397,9	28,68	0,2304
125	16	125	20,4	145	26	7	2,47	1,92	5,77	15,7	503,9	44,27	0,2310
160	6	160	8,89	169	18	1	3,36	3,36	3,36	16,8	509,3	35,29	0,1800
160	16	160	26,1	186	26	7	2,80	2,18	6,53	17,7	644,9	55,86	0,1805
200	6	200	11,1	211	18	1	3,76	3,76	3,76	18,8	636,7	43,11	0,1440
200	16	200	32,6	233	26	7	3,13	2,43	7,30	19,8	806,2	67,85	0,1444
250	10	250	24,6	275	22	7	3,80	2,11	6,34	21,6	880,6	67,01	0,1154
250	16	250	40,7	291	26	7	3,50	2,72	8,16	22,2	1007,7	84,82	0,1155
315	7	315	21,8	337	45	7	2,99	1,99	5,97	23,9	1039,6	77,51	0,0917
315	16	315	51,3	366	26	7	3,93	3,05	9,16	24,9	1269,7	101,70	0,0917
400	7	400	27,7	428	45	7	3,36	2,24	6,73	26,9	1320,1	96,42	0,0722
400	13	400	51,9	452	54	7	3,07	3,07	9,21	27,6	1510,3	117,85	0,0723
450	7	450	31,1	481	45	7	3,57	2,38	7,14	28,5	1485,2	105,29	0,0642
450	13	450	58,3	508	54	7	3,26	3,26	9,77	29,3	1699,1	132,58	0,0643
500	7	500	34,6	535	45	7	3,76	2,51	7,52	30,1	1650,2	116,99	0,0578
500	13	500	64,8	565	54	7	3,43	3,43	10,3	30,9	1887,9	147,31	0,0578
560	7	560	38,7	599	45	7	3,98	2,65	7,96	31,8	1848,2	131,03	0,0516
560	13	560	70,9	631	54	19	3,63	2,18	10,9	32,7	2103,4	167,63	0,0516
630	7	630	43,6	674	45	7	4,22	2,81	8,44	33,8	2079,2	147,40	0,0459
630	13	630	79,8	710	54	19	3,85	2,31	11,6	34,7	2366,3	166,19	0,0459
710	7	710	49,1	759	45	7	4,48	2,99	8,96	35,9	2343,2	166,12	0,0407
710	13	710	89,9	800	54	19	4,09	2,45	12,3	36,8	2666,8	209,83	0,0407
800	4	800	34,6	835	72	7	3,76	2,51	7,52	37,6	2480,2	164,99	0,0361
800	8	800	66,7	867	84	7	3,48	3,48	10,4	38,3	2732,7	198,67	0,0362
800	13	800	101,0	901	54	19	4,34	2,61	13,0	39,1	3004,9	236,43	0,0362
900	4	900	38,9	939	72	7	3,99	2,66	7,98	39,9	2790,2	185,61	0,0321
900	8	900	75,0	975	84	7	3,69	3,69	11,1	40,6	3074,2	219,00	0,0322
1000	4	1000	43,2	1043	72	7	4,21	2,80	8,41	42,1	3100,3	206,23	0,0289
1120	4	1120	47,3	1167	72	19	4,45	1,78	8,90	44,5	3464,9	231,22	0,0258
1120	8	1120	91,2	1211	84	19	4,12	2,47	12,4	45,3	3811,5	276,78	0,0258
1250	4	1250	52,8	1303	72	19	4,70	1,88	9,40	47,0	3867,1	258,06	0,0231
1250	8	1250	102,0	1352	84	19	4,35	2,61	13,1	47,9	4253,9	308,91	0,0232

*Caracteristicile mecanice și electrice ale conductoarelor bimetalice  
din alumiiniu-oțel, tip A1/S2A*

**Tabelul A.20**

Cod numeric	Raport de oțel	Secțiuni			Număr de sârme		Diametru sârme		Diametru		Densitate liniară	Forța de rupere nominală	Rezistența în curent continuu
		Al	OL	Total	Al	OL	Al	OL	Inimă	Conductor			
	%	mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	mmm <sup>2</sup>			mm	mm	mm	mm	kg/km	kN	Ω/km
16	17	16	2,67	18,7	6	1	1,84	1,84	1,84	5,53	64,6	6,45	1,7934
25	17	25	4,17	29,2	6	1	2,30	2,30	2,30	6,91	100,9	9,71	1,1478
40	17	40	6,67	46,7	6	1	2,91	2,91	2,91	8,74	161,5	15,33	0,7174
63	17	63	10,5	73,5	6	1	3,66	3,66	3,66	11,0	254,4	22,37	0,4555
100	17	100	16,7	117	6	1	4,61	4,61	4,61	13,8	403,8	35,50	0,2869
125	6	125	6,94	132	18	1	2,97	2,97	2,97	14,9	397,9	30,14	0,2304
125	16	125	20,4	145	26	7	2,47	1,92	5,77	15,7	503,9	48,54	0,2310
160	6	160	8,89	169	18	1	3,36	3,36	3,36	16,8	509,3	37,42	0,1800
160	16	160	26,1	186	26	7	2,80	2,18	6,53	17,7	644,9	61,34	0,1805
200	6	200	11,1	211	18	1	3,76	3,76	3,76	18,8	636,7	45,00	0,1440
200	16	200	32,6	233	26	7	3,13	2,43	7,30	19,8	806,2	74,69	0,1444
250	10	250	24,6	275	22	7	3,80	2,11	6,34	21,6	880,6	72,16	0,1154
250	16	250	40,7	291	26	7	3,50	2,72	8,16	22,2	1007,7	93,37	0,1155
315	7	315	21,8	337	45	7	2,99	1,99	5,97	23,9	1039,6	82,08	0,0917
315	16	315	51,3	366	26	7	3,93	3,05	9,16	24,9	1269,7	114,02	0,0917
400	7	400	27,7	428	45	7	3,36	2,24	6,73	26,9	1320,1	102,23	0,0722
400	13	400	51,9	452	54	7	3,07	3,07	9,21	27,6	1510,3	130,30	0,0723
450	7	450	31,1	481	45	7	3,57	2,38	7,14	28,5	1485,2	111,82	0,0642
450	13	450	58,3	508	54	7	3,26	3,26	9,77	29,3	1699,1	146,58	0,0643
500	7	500	34,6	535	45	7	3,76	2,51	7,52	30,1	1650,2	124,25	0,0578
500	13	500	64,8	565	54	7	3,43	3,43	10,3	30,9	1887,9	162,87	0,0578
560	7	560	38,7	599	45	7	3,98	2,65	7,96	31,8	1848,2	139,16	0,0516
560	13	560	70,9	631	54	19	3,63	2,18	10,9	32,7	2103,4	182,52	0,0516
630	7	630	43,6	674	45	7	4,22	2,81	8,44	33,8	2079,2	156,55	0,0459
630	13	630	79,8	710	54	19	3,85	2,31	11,6	34,7	2366,3	202,94	0,0459
710	7	710	49,1	759	45	7	4,48	2,99	8,96	35,9	2343,2	176,43	0,0407
710	13	710	89,9	800	54	19	4,09	2,45	12,3	36,8	2666,8	228,71	0,0407
800	4	800	34,6	835	72	7	3,76	2,51	7,52	37,6	2480,2	172,25	0,0361
800	8	800	66,7	867	84	7	3,48	3,48	10,4	38,3	2732,7	214,67	0,0362
800	13	800	101,0	901	54	19	4,34	2,61	13,0	39,1	3004,9	257,71	0,0362
900	4	900	38,9	939	72	7	3,99	2,66	7,98	39,9	2790,2	193,78	0,0321
900	8	900	75,0	975	84	7	3,69	3,69	11,1	40,6	3074,2	231,75	0,0322
1000	4	1000	43,2	1043	72	7	4,21	2,80	8,41	42,1	3100,3	215,31	0,0289
1120	4	1120	47,3	1167	72	19	4,45	1,78	8,90	44,5	3464,9	241,15	0,0258
1120	8	1120	91,2	1211	84	19	4,12	2,47	12,4	45,3	3811,5	295,94	0,0258
1250	4	1250	52,8	1303	72	19	4,70	1,88	9,40	47,0	3867,1	269,14	0,0231
1250	8	1250	102,0	1352	84	19	4,35	2,61	13,1	47,9	4253,9	330,29	0,0232

*Caracteristicile mecanice și electrice ale conductoarelor bimetalice  
din alumiiniu-oțel, tip A1/S2B*

**Tabelul A.21**

Cod numeri c	Raport de oțel %	Secțiuni			Număr de sârme		Diametru sârme		Diametru		Densitate liniară kg/km	Forța de rupere nominală kN	Rezistența în curent continuu Ω/km
		Al	OL	Total	Al	OL	Al	OL	Inimă	Conductor			
		mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>									
16	17	16	2,67	18,7	6	1	1,84	1,84	1,84	5,53	64,6	6,27	1,7934
25	17	25	4,17	29,2	6	1	2,30	2,30	2,30	6,91	100,9	9,42	1,1478
40	17	40	6,67	46,7	6	1	2,91	2,91	2,91	8,74	161,5	14,87	0,7174
63	17	63	10,5	73,5	6	1	3,66	3,66	3,66	11,0	254,4	21,63	0,4555
100	17	100	16,7	117	6	1	4,61	4,61	4,61	13,8	403,8	34,33	0,2869
125	6	125	6,94	132	18	1	2,97	2,97	2,97	14,9	397,9	29,65	0,2304
125	16	125	20,4	145	26	7	2,47	1,92	5,77	15,7	503,9	47,12	0,2310
160	6	160	8,89	169	18	1	3,36	3,36	3,36	16,8	509,3	36,80	0,1800
160	16	160	26,1	186	26	7	2,80	2,18	6,53	17,7	644,9	59,51	0,1805
200	6	200	11,1	211	18	1	3,76	3,76	3,76	18,8	636,7	44,22	0,1440
200	16	200	32,6	233	26	7	3,13	2,43	7,30	19,8	806,2	72,41	0,1444
250	10	250	24,6	275	22	7	3,80	2,11	6,34	21,6	880,6	70,44	0,1154
250	16	250	40,7	291	26	7	3,50	2,72	8,16	22,2	1007,7	90,52	0,1155
315	7	315	21,8	337	45	7	2,99	1,99	5,97	23,9	1039,6	80,55	0,0917
315	16	315	51,3	366	26	7	3,93	3,05	9,16	24,9	1269,7	110,43	0,0917
400	7	400	27,7	428	45	7	3,36	2,24	6,73	26,9	1320,1	100,29	0,0722
400	13	400	51,9	452	54	7	3,07	3,07	9,21	27,6	1510,3	126,67	0,0723
450	7	450	31,1	481	45	7	3,57	2,38	7,14	28,5	1485,2	109,64	0,0642
450	13	450	58,3	508	54	7	3,26	3,26	9,77	29,3	1699,1	142,50	0,0643
500	7	500	34,6	535	45	7	3,76	2,51	7,52	30,1	1650,2	121,83	0,0578
500	13	500	64,8	565	54	7	3,43	3,43	10,3	30,9	1887,9	158,33	0,0578
560	7	560	38,7	599	45	7	3,98	2,65	7,96	31,8	1848,2	136,45	0,0516
560	13	560	70,9	631	54	19	3,63	2,18	10,9	32,7	2103,4	177,56	0,0516
630	7	630	43,6	674	45	7	4,22	2,81	8,44	33,8	2079,2	153,50	0,0459
630	13	630	79,8	710	54	19	3,85	2,31	11,6	34,7	2366,3	197,36	0,0459
710	7	710	49,1	759	45	7	4,48	2,99	8,96	35,9	2343,2	172,99	0,0407
710	13	710	89,9	800	54	19	4,09	2,45	12,3	36,8	2666,8	222,42	0,0407
800	4	800	34,6	835	72	7	3,76	2,51	7,52	37,6	2480,2	169,83	0,0361
800	8	800	66,7	867	84	7	3,48	3,48	10,4	38,3	2732,7	210,00	0,0362
800	13	800	101	901	54	19	4,34	2,61	13,0	39,1	3004,9	250,61	0,0362
900	4	900	38,9	939	72	7	3,99	2,66	7,98	39,9	2790,2	191,06	0,0321
900	8	900	75,0	975	84	7	3,69	3,69	11,1	40,6	3074,2	226,50	0,0322
1000	4	1000	43,2	1043	72	7	4,21	2,80	8,41	42,1	3100,3	212,28	0,0289
1120	4	1120	47,3	1167	72	19	4,45	1,78	8,90	44,5	3464,9	237,84	0,0258
1120	8	1120	91,2	1211	84	19	4,12	2,47	12,4	45,3	3811,5	289,55	0,0258
1250	4	1250	52,8	1303	72	19	4,70	1,88	9,40	47,0	3867,1	265,44	0,0231
1250	8	1250	102	1352	84	19	4,35	2,61	13,1	47,9	4253,9	323,16	0,0232

*Caracteristicile mecanice și electrice ale conductoarelor bimetalice  
din alumiiniu-oțel, tip AI/S3A*

**Tabelul A.22**

Cod numeric	Raport de oțel	Secțiuni			Număr de sârme		Diametru sârme		Diametru		Densitate liniară kg/km	Forța de rupere nominală kN	Rezistența în curent continuu Ω/km
		Al	OL	Total	Al	OL	Al	OL	Inimă	Conductor			
		mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>			mm	mm					
16	17	16	2,67	18,7	6	1	1,84	1,84	1,84	5,53	64,6	6,83	1,7934
25	17	25	4,17	29,2	6	1	2,30	2,30	2,30	6,91	100,9	10,25	1,1478
40	17	40	6,67	46,7	6	1	2,91	2,91	2,91	8,74	161,5	16,20	0,7174
63	17	63	10,5	73,5	6	1	3,66	3,66	3,66	11,0	254,4	24,15	0,4555
100	17	100	16,7	117	6	1	4,61	4,61	4,61	13,8	403,8	38,33	0,2869
125	6	125	6,94	132	18	1	2,97	2,97	2,97	14,9	397,9	31,04	0,2304
125	16	125	20,4	145	26	7	2,47	1,92	5,77	15,7	503,9	51,39	0,2310
160	6	160	8,89	169	18	1	3,36	3,36	3,36	16,8	509,3	38,67	0,1800
160	16	160	26,1	186	26	7	2,80	2,18	6,53	17,7	644,9	64,99	0,1805
200	6	200	11,1	211	18	1	3,76	3,76	3,76	18,8	636,7	46,89	0,1440
200	16	200	32,6	233	26	7	3,13	2,43	7,30	19,8	806,2	78,93	0,1444
250	10	250	24,6	275	22	7	3,80	2,11	6,34	21,6	880,6	75,60	0,1154
250	16	250	40,7	291	26	7	3,50	2,72	8,16	22,2	1007,7	98,66	0,1155
315	7	315	21,8	337	45	7	2,99	1,99	5,97	23,9	1039,6	85,13	0,0917
315	16	315	51,3	366	26	7	3,93	3,05	9,16	24,9	1269,7	121,20	0,0917
400	7	400	27,7	428	45	7	3,36	2,24	6,73	26,9	1320,1	106,10	0,0722
400	13	400	51,9	452	54	7	3,07	3,07	9,21	27,6	1510,3	137,56	0,0723
450	7	450	31,1	481	45	7	3,57	2,38	7,14	28,5	1485,2	115,87	0,0642
450	13	450	58,3	508	54	7	3,26	3,26	9,77	29,3	1699,1	154,75	0,0643
500	7	500	34,6	535	45	7	3,76	2,51	7,52	30,1	1650,2	128,74	0,0578
500	13	500	64,8	565	54	7	3,43	3,43	10,3	30,9	1887,9	171,94	0,0578
560	7	560	38,7	599	45	7	3,98	2,65	7,96	31,8	1848,2	144,19	0,0516
560	13	560	70,9	631	54	19	3,63	2,18	10,9	32,7	2103,4	192,45	0,0516
630	7	630	43,6	674	45	7	4,22	2,81	8,44	33,8	2079,2	162,21	0,0459
630	13	630	79,8	710	54	19	3,85	2,31	11,6	34,7	2366,3	213,32	0,0459
710	7	710	49,1	759	45	7	4,48	2,99	8,96	35,9	2343,2	182,81	0,0407
710	13	710	89,9	800	54	19	4,09	2,45	12,3	36,8	2666,8	240,41	0,0407
800	4	800	34,6	835	72	7	3,76	2,51	7,52	37,6	2480,2	176,74	0,0361
800	8	800	66,7	867	84	7	3,48	3,48	10,4	38,3	2732,7	224,00	0,0362
800	13	800	101	901	54	19	4,34	2,61	13,0	39,1	3004,9	270,88	0,0362
900	4	900	38,9	939	72	7	3,99	2,66	7,98	39,9	2790,2	198,83	0,0321
900	8	900	75,0	975	84	7	3,69	3,69	11,1	40,6	3074,2	244,50	0,0322
1000	4	1000	43,2	1043	72	7	4,21	2,80	8,41	42,1	3100,3	220,93	0,0289
1120	4	1120	47,3	1167	72	19	4,45	1,78	8,90	44,5	3464,9	247,77	0,0258
1120	8	1120	91,2	1211	84	19	4,12	2,47	12,4	45,3	3811,5	307,79	0,0258
1250	4	1250	52,8	1303	72	19	4,70	1,88	9,40	47,0	3867,1	276,53	0,0231
1250	8	1250	102,0	1352	84	19	4,35	2,61	13,1	47,9	4253,9	343,52	0,0232



*Caracteristicile mecanice și electrice ale conductoarelor bimetalice  
din alumiiniu-oțel, tip A2/S1A*

**Tabelul A.23**

Cod numeric	Raport de oțel	Secțiuni			Număr de sârme		Diametru sârme		Diametru		Densitate liniară kg/km	Forța de rupere nominală kN	Rezistența în curent continuu Ω/km
		Al	OL	Total	Al	OL	Al	OL	Inimă	Conductor			
		%	mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>			mm <sup>2</sup>	mm					
16	17	18,4	3,07	21,5	6	1	1,98	1,98	1,98	5,93	74,4	9,02	1,7934
25	17	28,8	4,80	33,6	6	1	2,47	2,47	2,47	7,41	116,2	13,96	1,1478
40	17	46,0	7,67	53,7	6	1	3,13	3,13	3,13	9,38	185,9	22,02	0,7174
63	17	72,5	12,1	84,6	6	1	3,92	3,92	3,92	11,8	292,8	34,68	0,4555
100	6	115	6,39	121	18	1	2,85	2,85	2,85	14,3	366,4	41,24	0,2880
125	6	144	7,99	152	18	1	3,19	3,19	3,19	16,0	458,0	51,23	0,2304
125	16	144	23,4	167	26	7	2,65	2,06	6,19	16,8	579,9	69,86	0,2310
160	6	184	10,2	194	18	1	3,61	3,61	3,61	18,0	586,2	65,58	0,1800
160	16	184	30,0	214	26	7	3,00	2,34	7,01	19,0	742,3	88,52	0,1805
200	6	230	12,8	243	18	1	4,04	4,04	4,04	20,2	732,8	81,97	0,1440
200	16	230	37,5	268	26	7	3,36	2,61	7,83	21,3	927,9	110,64	0,1444
250	10	288	28,3	316	22	7	4,08	2,27	6,80	23,1	1013,5	117,09	0,1154
250	16	288	46,9	335	26	7	3,75	2,92	8,76	23,8	1159,8	138,31	0,1155
315	7	363	25,1	388	45	7	3,20	2,14	6,41	25,6	1196,5	136,28	0,0917
315	16	363	59,0	422	26	7	4,21	3,28	9,83	26,7	1461,4	171,90	0,0917
400	7	460	31,8	492	45	7	3,61	2,41	7,22	28,9	1519,4	172,10	0,0722
400	13	460	59,7	520	54	7	3,29	3,29	9,88	29,7	1738,3	201,46	0,0723
450	7	518	35,8	554	45	7	3,83	2,55	7,66	30,6	1709,3	193,61	0,0642
450	13	518	67,1	585	54	7	3,49	3,49	10,5	31,5	1955,6	226,64	0,0643
500	7	575	39,8	615	45	7	4,04	2,69	8,07	32,3	1899,3	215,12	0,0578
500	13	575	74,6	650	54	7	3,68	3,68	11,1	33,2	2172,9	251,82	0,0578
560	7	645	44,6	689	45	7	4,27	2,85	8,54	34,2	2127,2	240,93	0,0516
560	13	645	81,6	726	54	19	3,90	2,34	11,7	35,1	2420,9	283,21	0,0516
630	4	725	31,3	756	72	7	3,58	2,39	7,16	35,8	2248,0	249,62	0,0459
630	13	725	91,8	817	54	19	4,13	2,48	12,4	37,2	2723,5	318,61	0,0459
710	4	817	35,3	852	72	7	3,80	2,53	7,60	38,0	2533,4	281,32	0,0407
710	13	817	104	921	54	19	4,39	2,63	13,2	39,5	3069,4	359,06	0,0407
800	4	921	39,8	961	72	7	4,04	2,69	8,07	40,4	2854,6	316,98	0,0361
800	8	921	76,7	997	84	7	3,74	3,74	11,2	41,1	3145,1	356,03	0,0362
900	4	1036	44,8	1081	72	7	4,28	2,85	8,56	42,8	3211,4	356,60	0,0321
900	8	1036	86,3	1122	84	7	3,96	3,96	11,9	43,6	3538,3	400,53	0,0322
1000	8	1151	93,7	1245	84	19	4,18	2,51	12,5	45,9	3916,8	446,37	0,0289
1120	8	1289	105	1394	84	19	4,42	2,65	13,3	48,6	4386,8	499,93	0,0258

*Caracteristicile mecanice și electrice ale conductoarelor bimetalice  
din alumiiniu-oțel, tip A2/S1B*

**Tabelul A.24**

Cod numeric	Raport de oțel	Secțiuni			Număr de sârme		Diametru sârme		Diametru		Densitate liniară	Forța de rupere nominală	Rezistența în curent continuu
		Al	OL	Total	Al	OL	Al	OL	Inimă	Conductor			
		%	mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>			mm <sup>2</sup>	mm	mm	mm			
16	17	18,4	3,07	21,5	6	1	1,98	1,98	1,98	5,93	74,4	8,81	1,7934
25	17	28,8	4,80	33,6	6	1	2,47	2,47	2,47	7,41	116,2	13,62	1,1478
40	17	46,0	7,67	53,7	6	1	3,13	3,13	3,13	9,38	185,9	21,25	0,7174
63	17	72,5	12,1	84,6	6	1	3,92	3,92	3,92	11,8	292,8	33,48	0,4555
100	6	115	6,39	121	18	1	2,85	2,85	2,85	14,3	366,4	40,79	0,2880
125	6	144	7,99	152	18	1	3,19	3,19	3,19	16,0	458,0	50,43	0,2304
125	16	144	23,4	167	26	7	2,65	2,06	6,19	16,8	579,9	68,22	0,2310
160	6	184	10,2	194	18	1	3,61	3,61	3,61	18,0	586,2	64,56	0,1800
160	16	184	30,0	214	26	7	3,00	2,34	7,01	19,0	742,3	86,42	0,1805
200	6	230	12,8	243	18	1	4,04	4,04	4,04	20,2	732,8	80,69	0,1440
200	16	230	37,5	268	26	7	3,36	2,61	7,83	21,3	927,9	108,02	0,1444
250	10	288	28,3	316	22	7	4,08	2,27	6,80	23,1	1013,5	115,12	0,1154
250	16	288	46,9	335	26	7	3,75	2,92	8,76	23,8	1159,8	135,03	0,1155
315	7	363	25,1	388	45	7	3,20	2,14	6,41	25,6	1196,5	134,52	0,0917
315	16	363	59,0	422	26	7	4,21	3,28	9,83	26,7	1461,4	166,00	0,0917
400	7	460	31,8	492	45	7	3,61	2,41	7,22	28,9	1519,4	169,87	0,0722
400	13	460	59,7	520	54	7	3,29	3,29	9,88	29,7	1738,3	195,49	0,0723
450	7	518	35,8	554	45	7	3,83	2,55	7,66	30,6	1709,3	191,10	0,0642
450	13	518	67,1	585	54	7	3,49	3,49	10,5	31,5	1955,6	219,93	0,0643
500	7	575	39,8	615	45	7	4,04	2,69	8,07	32,3	1899,3	212,33	0,0578
500	13	575	74,6	650	54	7	3,68	3,68	11,1	33,2	2172,9	244,36	0,0578
560	7	645	44,6	689	45	7	4,27	2,85	8,54	34,2	2127,2	237,82	0,0516
560	13	645	81,6	726	54	19	3,90	2,34	11,7	35,1	2420,9	277,49	0,0516
630	4	725	31,3	756	72	7	3,58	2,39	7,16	35,8	2248,0	247,43	0,0459
630	13	725	91,8	817	54	19	4,13	2,48	12,4	37,2	2723,5	312,18	0,0459
710	4	817	35,3	852	72	7	3,80	2,53	7,60	38,0	2533,4	278,85	0,0407
710	13	817	104	921	54	19	4,39	2,63	13,2	39,5	3069,4	351,82	0,0407
800	4	921	39,8	961	72	7	4,04	2,69	8,07	40,4	2854,6	314,19	0,0361
800	8	921	76,7	997	84	7	3,74	3,74	11,2	41,1	3145,1	348,35	0,0362
900	4	1036	44,8	1081	72	7	4,28	2,85	8,56	42,8	3211,4	353,47	0,0321
900	8	1036	86,3	1122	84	7	3,96	3,96	11,9	43,6	3538,3	391,90	0,0322
1000	8	1151	93,7	1245	84	19	4,18	2,51	12,5	45,9	3916,8	439,81	0,0289
1120	8	1289	105	1394	84	19	4,42	2,65	13,3	48,6	4386,8	492,59	0,0258

*Caracteristicile mecanice și electrice ale conductoarelor bimetalice  
din alumiiniu-oțel, tip A2/S3A*

**Tabelul A.25**

Cod numeric	Raport de oțel	Secțiuni			Număr de sârme		Diametru sârme		Diametru		Densitate liniară	Forța de rupere nominală	Rezistența în curent continuu
		Al	OL	Total	Al	OL	Al	OL	Inimă	Conductor			
		mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	mmm <sup>2</sup>			mm	mm	mm	mm			
16	17	18,4	3,07	21,5	6	1	1,98	1,98	1,98	5,93	74,4	9,88	1,7934
25	17	28,8	4,80	33,6	6	1	2,47	2,47	2,47	7,41	116,2	15,25	1,1478
40	17	46,0	7,67	53,7	6	1	3,13	3,13	3,13	9,38	185,9	24,17	0,7174
63	17	72,5	12,1	84,6	6	1	3,92	3,92	3,92	11,8	292,8	37,58	0,4555
100	6	115	6,39	121	18	1	2,85	2,85	2,85	14,3	366,4	42,97	0,2880
125	6	144	7,99	152	18	1	3,19	3,19	3,19	16,0	458,0	53,47	0,2304
125	16	144	23,4	167	26	7	2,65	2,06	6,19	16,8	579,9	76,42	0,2310
160	6	184	10,2	194	18	1	3,61	3,61	3,61	18,0	586,2	68,03	0,1800
160	16	184	30,0	214	26	7	3,00	2,34	7,01	19,0	742,3	96,61	0,1805
200	6	230	12,8	243	18	1	4,04	4,04	4,04	20,2	732,8	85,04	0,1440
200	16	230	37,5	268	26	7	3,36	2,61	7,83	21,3	927,9	120,77	0,1444
250	10	288	28,3	316	22	7	4,08	2,27	6,80	23,1	1013,5	124,72	0,1154
250	16	288	46,9	335	26	7	3,75	2,92	8,76	23,8	1159,8	150,96	0,1155
315	7	363	25,1	388	45	7	3,20	2,14	6,41	25,6	1196,5	143,30	0,0917
315	16	363	59,0	422	26	7	4,21	3,28	9,83	26,7	1461,4	188,44	0,0917
400	7	460	31,8	492	45	7	3,61	2,41	7,22	28,9	1519,4	180,69	0,0722
400	13	460	59,7	520	54	7	3,29	3,29	9,88	29,7	1738,3	218,17	0,0723
450	7	518	35,8	554	45	7	3,83	2,55	7,66	30,6	1709,3	203,28	0,0642
450	13	518	67,1	585	54	7	3,49	3,49	10,5	31,5	1955,6	245,44	0,0643
500	7	575	39,8	615	45	7	4,04	2,69	8,07	32,3	1899,3	255,86	0,0578
500	13	575	74,6	650	54	7	3,68	3,68	11,1	33,2	2172,9	269,73	0,0578
560	7	645	44,6	689	45	7	4,27	2,85	8,54	34,2	2127,2	252,97	0,0516
560	13	645	81,6	726	54	19	3,90	2,34	11,7	35,1	2420,9	305,25	0,0516
630	4	725	31,3	756	72	7	3,58	2,39	7,16	35,8	2248,0	258,08	0,0459
630	13	725	91,8	817	54	19	4,13	2,48	12,4	37,2	2723,5	343,40	0,0459
710	4	817	35,3	852	72	7	3,80	2,53	7,60	38,0	2533,4	290,85	0,0407
710	13	817	104	921	54	19	4,39	2,63	13,2	39,5	3069,4	387,01	0,0407
800	4	921	39,8	961	72	7	4,04	2,69	8,07	40,4	2854,6	327,72	0,0361
800	8	921	76,7	997	84	7	3,74	3,74	11,2	41,1	3145,1	374,44	0,0362
900	4	1036	44,8	1081	72	7	4,28	2,85	8,56	42,8	3211,4	368,69	0,0321
900	8	1036	86,3	1122	84	7	3,96	3,96	11,9	43,6	3538,3	421,25	0,0322
1000	8	1151	93,7	1245	84	19	4,18	2,51	12,5	45,9	3916,8	471,67	0,0289
1120	8	1289	105	1394	84	19	4,42	2,65	13,3	48,6	4386,8	528,27	0,0258

*Caracteristicile mecanice și electrice ale conductoarelor bimetalice  
din alumiiniu-oțel, tip A3/S1A*

**Tabelul A.26**

Cod numeric	Raport de oțel	Secțiuni			Număr de sârme		Diametru sârme		Diametru		Densitate liniară	Forța de rupere nominală	Rezistența în curent continuu
		Al	OL	Total	Al	OL	Al	OL	Inimă	Conductor			
		%	mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>			mm <sup>2</sup>	mm	mm	mm			
16	17	18,6	3,10	21,7	6	1	1,99	1,99	1,99	5,96	75,1	9,67	1,7934
25	17	29,0	4,84	33,9	6	1	2,48	2,48	2,48	7,45	117,3	14,96	1,1478
40	17	46,5	7,75	54,2	6	1	3,14	3,14	3,14	9,42	187,7	23,63	0,7174
63	17	73,2	12,2	85,4	6	1	3,94	3,94	3,94	11,8	295,6	36,48	0,4555
100	6	116	6,46	123	18	1	2,87	2,87	2,87	14,3	369,9	45,12	0,2880
125	6	145	8,07	153	18	1	3,21	3,21	3,21	16,0	462,3	56,08	0,2304
125	16	145	23,7	169	26	7	2,67	2,07	6,22	16,9	585,4	74,88	0,2310
160	6	186	10,3	196	18	1	3,63	3,63	3,63	18,1	591,8	69,92	0,1800
160	16	186	30,3	216	26	7	3,02	2,35	7,04	19,1	749,4	94,94	0,1805
200	6	232	12,9	245	18	1	4,05	4,05	4,05	20,3	739,8	87,40	0,1440
200	16	232	37,8	270	26	7	3,37	2,62	7,87	21,4	936,7	118,67	0,1444
250	10	290	28,5	319	22	7	4,10	2,28	6,83	23,2	1023,2	124,02	0,1154
250	16	290	47,3	338	26	7	3,77	2,93	8,80	23,9	1170,9	145,43	0,1155
315	7	366	25,3	391	45	7	3,22	2,15	6,44	25,7	1207,9	148,56	0,0917
315	16	366	59,0	426	26	7	4,23	3,29	9,88	26,8	1475,3	180,88	0,0917
400	7	465	32,1	497	45	7	3,63	2,42	7,25	29,0	1533,9	183,03	0,0722
400	13	465	60,2	525	54	7	3,31	3,31	9,93	29,8	1754,9	217,32	0,0723
450	7	523	36,1	559	45	7	3,85	2,56	7,69	30,8	1725,6	205,91	0,0642
450	13	523	67,8	591	54	7	3,51	3,51	10,5	31,6	1974,2	239,26	0,0643
500	7	581	40,2	621	45	7	4,05	2,70	8,11	32,4	1917,3	228,78	0,0578
500	13	581	75,3	656	54	7	3,70	3,70	11,1	33,3	2193,6	265,84	0,0578
560	7	651	45,0	696	45	7	4,29	2,86	8,58	34,3	2147,4	256,24	0,0516
560	13	651	82,4	733	54	19	3,92	2,35	11,8	35,3	2444,0	299,92	0,0516
630	4	732	31,6	764	72	7	3,60	2,40	7,20	36,0	2269,4	266,64	0,0459
630	13	732	92,7	825	54	19	4,15	2,49	12,5	37,4	2749,5	336,28	0,0459
710	4	825	35,6	861	72	7	3,82	2,55	7,64	38,2	2557,6	300,50	0,0407
710	13	825	104	929	54	19	4,41	2,65	13,2	39,7	3098,6	378,98	0,0407
800	4	930	40,2	970	72	7	4,05	2,70	8,11	40,5	2881,8	338,59	0,0361
800	8	9230	7705	1007	84	7	3,75	3,75	11,3	41,3	3175,1	378,01	0,0362
900	4	1046	45,2	1091	72	7	4,30	2,87	8,60	43,0	3242,0	380,91	0,0321
900	8	1046	87,1	1133	84	7	3,98	3,98	11,9	43,8	3572,0	245,26	0,0322
1000	8	1162	94,6	1257	84	19	4,20	2,52	12,6	46,2	3954,1	473,86	0,0289
1120	8	1301	106	1407	84	19	4,44	2,66	13,3	48,9	4428,6	530,72	0,0258

*Caracteristicile mecanice și electrice ale conductoarelor bimetalice  
din alumiiniu-oțel, tip A3/S1B*

**Tabelul A.27**

Cod numeric	Raport de oțel	Secțiuni			Număr de sârme		Diametru sârme		Diametru		Densitate liniară	Forța de rupere nominală	Rezistența în curent continuu
		Al	OL	Total	Al	OL	Al	OL	Inimă	Conductor			
		%	mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>			mm <sup>2</sup>	mm	mm	mm			
16	17	18,6	3,10	21,7	6	1	1,99	1,99	1,99	5,96	75,1	9,45	1,7934
25	17	29,0	4,84	33,9	6	1	2,48	2,48	2,48	7,45	117,3	14,62	1,1478
40	17	46,5	7,75	54,2	6	1	3,14	3,14	3,14	9,42	187,7	22,85	0,7174
63	17	73,2	12,2	85,4	6	1	3,94	3,94	3,94	11,8	295,6	35,26	0,4555
100	6	116	6,46	123	18	1	2,87	2,87	2,87	14,3	369,9	44,67	0,2880
125	6	145	8,07	153	18	1	3,21	3,21	3,21	16,0	462,3	55,27	0,2304
125	16	145	23,7	169	26	7	2,67	2,07	6,22	16,9	585,4	73,22	0,2310
160	6	186	10,3	196	18	1	3,63	3,63	3,63	18,1	591,8	68,89	0,1800
160	16	186	30,3	216	26	7	3,02	2,35	7,04	19,1	749,4	92,82	0,1805
200	6	232	12,9	245	18	1	4,05	4,05	4,05	20,3	739,8	86,11	0,1440
200	16	232	37,8	270	26	7	3,37	2,62	7,87	21,4	936,7	116,02	0,1444
250	10	290	28,5	319	22	7	4,10	2,28	6,83	23,2	1023,2	122,02	0,1154
250	16	290	47,3	338	26	7	3,77	2,93	8,80	23,9	1170,9	142,12	0,1155
315	7	366	25,3	391	45	7	3,22	2,15	6,44	25,7	1207,9	146,78	0,0917
315	16	366	59,0	426	26	7	4,23	3,29	9,88	26,8	1475,3	174,90	0,0917
400	7	465	32,1	497	45	7	3,63	2,42	7,25	29,0	1533,9	180,78	0,0722
400	13	465	60,2	525	54	7	3,31	3,31	9,93	29,8	1754,9	211,29	0,0723
450	7	523	36,1	559	45	7	3,85	2,56	7,69	30,8	1725,6	203,38	0,0642
450	13	523	67,8	591	54	7	3,51	3,51	10,5	31,6	1974,2	232,48	0,0643
500	7	581	40,2	621	45	7	4,05	2,70	8,11	32,4	1917,3	225,98	0,0578
500	13	581	75,3	656	54	7	3,70	3,70	11,1	33,3	2193,6	258,31	0,0578
560	7	651	45,0	696	45	7	4,29	2,86	8,58	34,3	2147,4	253,09	0,0516
560	13	651	82,4	733	54	19	3,92	2,35	11,8	35,3	2444,0	293,15	0,0516
630	4	732	31,6	764	72	7	3,60	2,40	7,20	36,0	2269,4	264,42	0,0459
630	13	732	92,7	825	54	19	4,15	2,49	12,5	37,4	2749,5	329,79	0,0459
710	4	825	35,6	861	72	7	3,82	2,55	7,64	38,2	2557,6	298,00	0,0407
710	13	825	104	929	54	19	4,41	2,65	13,2	39,7	3098,6	371,67	0,0407
800	4	930	40,2	970	72	7	4,05	2,70	8,11	40,5	2881,8	335,78	0,0361
800	8	9230	7705	1007	84	7	3,75	3,75	11,3	41,3	3175,1	370,26	0,0362
900	4	1046	45,2	1091	72	7	4,30	2,87	8,60	43,0	3242,0	377,75	0,0321
900	8	1046	87,1	1133	84	7	3,98	3,98	11,9	43,8	3572,0	416,54	0,0322
1000	8	1162	94,6	1257	84	19	4,20	2,52	12,6	46,2	3954,1	467,24	0,0289
1120	8	1301	106	1407	84	19	4,44	2,66	13,3	48,9	4428,6	523,30	0,0258

*Caracteristicile mecanice și electrice ale conductoarelor bimetalice  
din alumiiniu-oțel, tip A3/S3A*

**Tabelul A.28**

Cod numeric	Raport de oțel	Secțiuni			Număr de sârme		Diametru sârme		Diametru		Densitate liniară	Forța de rupere nominală	Rezistența în curent continuu
		Al	OL	Total	Al	OL	Al	OL	Inimă	Conductor			
		%	mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>			mm <sup>2</sup>	mm					
16	17	18,6	3,10	21,7	6	1	1,99	1,99	1,99	5,96	75,1	10,53	1,7934
25	17	29,0	4,84	33,9	6	1	2,48	2,48	2,48	7,45	117,3	16,27	1,1478
40	17	46,5	7,75	54,2	6	1	3,14	3,14	3,14	9,42	187,7	25,79	0,7174
63	17	73,2	12,2	85,4	6	1	3,94	3,94	3,94	11,8	295,6	39,41	0,4555
100	6	116	6,46	123	18	1	2,87	2,87	2,87	14,3	369,9	46,86	0,2880
125	6	145	8,07	153	18	1	3,21	3,21	3,21	16,0	462,3	58,34	0,2304
125	16	145	23,7	169	26	7	2,67	2,07	6,22	16,9	585,4	81,50	0,2310
160	6	186	10,3	196	18	1	3,63	3,63	3,63	18,1	591,8	72,40	0,1800
160	16	186	30,3	216	26	7	3,02	2,35	7,04	19,1	749,4	103,11	0,1805
200	6	232	12,9	245	18	1	4,05	4,05	4,05	20,3	739,8	90,50	0,1440
200	16	232	37,8	270	26	7	3,37	2,62	7,87	21,4	936,7	128,89	0,1444
250	10	290	28,5	319	22	7	4,10	2,28	6,83	23,2	1023,2	131,72	0,1154
250	16	290	47,3	338	26	7	3,77	2,93	8,80	23,9	1170,9	158,21	0,1155
315	7	366	25,3	391	45	7	3,22	2,15	6,44	25,7	1207,9	155,64	0,0917
315	16	366	59,0	426	26	7	4,23	3,29	9,88	26,8	1475,3	197,55	0,0917
400	7	465	32,1	497	45	7	3,63	2,42	7,25	29,0	1533,9	191,71	0,0722
400	13	465	60,2	525	54	7	3,31	3,31	9,93	29,8	1754,9	234,19	0,0723
450	7	523	36,1	559	45	7	3,85	2,56	7,69	30,8	1725,6	215,67	0,0642
450	13	523	67,8	591	54	7	3,51	3,51	10,5	31,6	1974,2	255,52	0,0643
500	7	581	40,2	621	45	7	4,05	2,70	8,11	32,4	1917,3	239,63	0,0578
500	13	581	75,3	656	54	7	3,70	3,70	11,1	33,3	2193,6	283,91	0,0578
560	7	651	45,0	696	45	7	4,29	2,86	8,58	34,3	2147,4	268,39	0,0516
560	13	651	82,4	733	54	19	3,92	2,35	11,8	35,3	2444,0	321,17	0,0516
630	4	732	31,6	764	72	7	3,60	2,40	7,20	36,0	2269,4	275,18	0,0459
630	13	732	92,7	825	54	19	4,15	2,49	12,5	37,4	2749,5	361,32	0,0459
710	4	825	35,6	861	72	7	3,82	2,55	7,64	38,2	2557,6	310,12	0,0407
710	13	825	104	929	54	19	4,41	2,65	13,2	39,7	3098,6	407,20	0,0407
800	4	930	40,2	970	72	7	4,05	2,70	8,11	40,5	2881,8	349,43	0,0361
800	8	930	77,5	1007	84	7	3,75	3,75	11,3	41,3	3175,1	396,60	0,0362
900	4	1046	45,2	1091	72	7	4,30	2,87	8,60	43,0	3242,0	393,11	0,0321
900	8	1046	87,1	1133	84	7	3,98	3,98	11,9	43,8	3572,0	446,17	0,0322
1000	8	1162	94,6	1257	84	19	4,20	2,52	12,6	46,2	3954,1	499,40	0,0289
1120	8	1301	106	1407	84	19	4,44	2,66	13,3	48,9	4428,6	559,33	0,0258

*Caracteristici mecanice și electrice ale conductoarelor bimetalice  
din aluminiu-aliaje de aluminiu, tip A1/A2*

**Tabelul A.29**

Cod numeric	Diametre		Număr de sârme		Secțiune			Densitate liniară	Forța de rupere nominală	Rezistența în curent continuu
	Sârme	Con- ductor	A1	A2	A1	A2	Total			
	mm	mm			mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>			
16	1,76	5,28	4	3	9,73	7,30	17,0	46,6	3,85	1,7896
25	2,20	6,60	4	3	15,2	11,4	26,6	72,8	5,93	1,1453
40	2,78	8,35	4	3	24,3	18,3	42,6	116,5	9,25	0,7158
63	3,49	10,5	4	3	38,3	28,7	67,1	183,5	14,38	0,4545
100	4,40	13,2	4	3	60,8	45,6	106	291,2	22,52	0,2863
125	2,97	14,9	12	7	83,3	48,6	132	362,7	27,79	0,2302
160	3,36	16,8	12	7	107	62,2	169	464,2	35,04	0,1798
200	3,76	18,8	12	7	133	77,8	211	580,3	43,13	0,1439
250	4,21	21,0	12	7	167	97,2	264	725,3	53,92	0,1151
250	3,04	21,3	18	19	131	138	269	742,2	60,39	0,1154
315	3,34	23,4	30	7	263	61,3	324	892,6	60,52	0,0916
315	3,42	23,9	18	19	165	174	339	935,1	76,09	0,0916
400	3,76	26,3	30	7	334	77,8	411	1133,5	75,19	0,0721
400	3,85	27,0	18	19	210	221	431	1187,5	95,58	0,0721
450	3,99	27,9	30	7	375	87,6	463	1275,2	84,59	0,0641
450	4,08	28,6	18	19	236	249	485	1335,9	107,52	0,0641
500	4,21	29,4	30	7	417	97,3	514	1416,9	93,98	0,0577
500	4,31	30,1	18	19	262	277	539	1484,3	119,47	0,0577
560	4,45	31,2	30	7	467	109	576	1586,9	105,26	0,0516
560	3,45	31,0	54	7	504	65,4	570	1571,9	101,54	0,0516
630	3,71	33,4	42	19	454	205	660	1820,0	130,25	0,0458
630	3,79	34,1	24	37	271	417	688	1897,5	160,19	0,0458
710	3,94	35,5	42	19	512	232	743	2051,2	146,78	0,0407
710	4,02	36,2	24	37	305	470	775	2138,4	180,53	0,0407
800	4,18	37,6	42	19	577	261	838	2311,2	165,39	0,0361
800	4,27	38,4	24	37	344	530	873	2409,5	203,41	0,0361
900	4,43	39,9	42	19	649	294	942	2600,1	186,06	0,0321
900	3,66	40,2	54	37	567	388	955	2638,4	199,54	0,0321
1000	3,80	41,8	72	19	816	215	1032	2849,1	190,94	0,0289
1000	3,85	42,4	54	37	630	432	1061	2931,6	221,71	0,0289
1120	4,02	44,2	72	19	914	241	1155	3191,0	213,85	0,0258
1120	4,08	44,9	54	37	705	483	1189	3283,4	248,32	0,0258
1250	4,25	46,7	72	19	1020	269	1289	3561,4	238,68	0,0231
1250	4,31	47,4	54	37	787	539	1327	3664,5	277,14	0,0231
1400	4,5	49,4	72	19	1143	302	1444	3988,8	267,32	0,0207

*Caracteristici mecanice și electrice ale conductoarelor bimetalice  
din aluminiu-aliaje de aluminiu, tip A1/A3*

**Tabelul A.30**

Cod numeric	Diametre		Număr de sârme		Secțiune			Densitate liniară	Forța de rupere nominală	Rezistența în curent continuu
	Sârme	Conductor	A1	A2	A1	A2	Total			
	mm	mm			mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	kg/km	kN	Ω/km
16	1,76	5,29	4	3	9,78	7,33	17,1	46,8	4,07	1,7896
25	2,21	6,62	4	3	15,3	11,5	26,7	73,1	6,29	1,1453
40	2,79	8,37	4	3	24,4	18,3	42,8	117,0	9,82	0,7158
63	3,50	10,5	4	3	38,5	28,9	67,4	184,3	14,80	0,4545
100	4,41	13,2	4	3	61,1	45,8	107	292,5	23,49	0,2877
125	2,98	14,9	12	7	83,7	48,8	132	364,1	29,29	0,2302
160	3,37	16,9	12	7	104	62,5	170	456,0	36,95	0,1798
200	3,77	18,8	12	7	134	78,1	212	582,5	44,78	0,1439
250	4,21	21,0	12	7	167	97,6	265	728,1	55,98	0,1151
250	3,05	21,4	18	19	132	139	271	746,0	64,67	0,1154
315	3,34	23,4	30	7	263	61,4	325	894,4	62,40	0,0916
315	3,43	24,0	18	19	166	175	341	940,0	81,40	0,0916
400	3,77	26,4	30	7	334	78,0	412	1135,8	76,82	0,0721
400	3,86	27,0	18	19	211	222	433	1193,7	100,30	0,0721
450	3,99	28,0	30	7	376	87,7	464	1277,8	86,42	0,0641
450	4,10	28,7	18	19	237	250	487	1342,9	112,84	0,0641
500	4,21	29,5	30	7	418	97,5	515	1419,8	96,03	0,0577
500	4,32	30,2	18	19	263	278	542	1492,1	1254,38	0,0577
560	4,46	31,2	30	7	468	109	577	1590,1	107,55	0,0516
560	3,45	31,1	54	7	505	65,5	570	1573,9	103,53	0,0516
630	3,72	33,4	42	19	456	206	662	1826,0	134,59	0,0458
630	3,80	34,2	24	37	272	420	692	1909,0	169,14	0,0458
710	3,95	35,5	42	19	514	232	746	2057,8	151,68	0,0407
710	4,03	36,3	24	37	307	473	780	2151,4	190,61	0,0407
800	4,19	37,7	42	19	579	262	840	2318,7	170,90	0,0361
800	4,28	38,5	24	37	346	533	879	2424,2	214,78	0,0361
900	4,44	40,0	42	19	651	294	945	2608,5	192,27	0,0321
900	3,66	40,3	54	37	569	390	959	2649,5	207,79	0,0321
1000	3,80	41,8	72	19	818	216	1042	2855,4	195,47	0,0289
1000	3,86	42,5	54	37	632	433	1066	2943,9	230,88	0,0289
1120	4,02	44,3	72	19	916	242	1158	3198,1	218,92	0,0258
1120	4,09	45,0	54	37	708	485	1194	3297,2	258,58	0,0258
1250	4,25	46,8	72	19	1022	270	1292	3569,3	244,33	0,0231
1250	4,32	47,5	54	37	791	542	1332	3679,9	288,60	0,0231
1400	4,50	49,5	72	19	1145	302	1447	3997,6	273,65	0,0207



*Variante constructive de conductoare izolate  
din oțel-aluminiu, tip OAC2X*

**Tabelul A.31**

Secțiunea nominală [mm <sup>2</sup> ]	Structura	Diametrul exterior al conductorului [mm]	Masa conductorului [kg/km]
35/6	1 OL + 6 Al	12,3	210
50/8	1 OL + 6 Al	13,7	272
70/12	(1+6) OL + (10+16) Al	15,6	370
95/15	(1+6) OL + (10+16) Al	17,1	478
120/21	(1+6) OL + (10+16) Al	19,1	608
150/25	(1+6) OL + (10+16) Al	20,1	724

*Caracteristicile electrice și mecanice ale conductoarelor  
izolate din oțel-aluminiu, tip OAC2X*

**Tabelul A.32**

Secțiunea nominală [mm <sup>2</sup> ]	Curentul nominal [A]	Curentul de scurtcircuit [kA]	Forța de rupere a conduc-torului necompactizat [daN]	Raza minimă de curbură [mm]
35/6	200	3,8	1230	188
50/8	250	5,5	1669	210
70/12	300	7,6	2601	225
95/15	370	10,4	3342	248
120/21	420	13,1	4544	278
150/25	485	16,4	5385	285

*Dimensiunile și caracteristicile izolatoarelor de susținere tip N*

**Tabelul A.33**

Simbolul izolatorului	Dimensiunile [mm]					Rezistența de izolație [MΩ]	Sarcina de rupere mecanică [daN]	Secțiunea maximă a conductorului [mm <sup>2</sup> ]	Masa maximă [kg/buc]
	H	D	D <sub>1</sub>	d	R				
N 87	87	80	42	21	26	4·10 <sup>3</sup>	1000	50	0,360
N 97	97	95	50	24	32	4·10 <sup>3</sup>	1800	150	0,550

*Dimensiunile și caracteristicile izolatoarelor de tracțiune tip T*

**Tabelul A.34**

Simbolul izolatorului	Dimensiunile [mm]					Rezistența de izolație [MΩ]	Sarcina de rupere mecanică [daN]	Secțiunea maximă a conductorului [mm <sup>2</sup> ]	Masa maximă [kg/buc]
	H	D	D <sub>1</sub>	d	d <sub>1</sub>				
T 80	80	87	95	40	22	4,5·10 <sup>3</sup>	1000	50	0,550
T 115	115	110	120	60	30	6·10 <sup>3</sup>	1500	150	1,400

*Dimensiunile și caracteristicile izolatoarelor din ceramică neștrăpungibile tip Is Ns 20 kV și IsNs 20S*

**Tabelul A.35**

Dimensiunea sau caracteristica	u.m.	Simbolul izolatorului	
		IsNs 20	IsNs 20S
Lungimea <i>L</i>	mm	246	348
Diametrul <i>D</i>	mm	150	195
Linia de fugă	mm	410	650
Tensiunea de ținere la impuls	kV <sub>max</sub>	125	125
Tensiunea de ținere la frecvență industrială sub ploaie	kV <sub>ef</sub>	55	55
Sarcina de rupere	kN	9,81	13,8
Masa izolatorului	kg	5,5	9,8
Masa suportului	kg	2,2	2,2
Zona de poluare în care se folosește	-	<b>I, II</b>	<i>III</i>

*Caracteristicile tehnice ale izolatoarelor de tip IT fs 45/4, respectiv IT fs 45/5*

**Tabelul A.36**

Caracteristici tehnice	Tipul de izolator	
	ITfs 45/4	ITfs 45/5
Tensiunea nominală	24 kV	24 kV
Tensiunea de ținere 1 minut la frecvență industrială	50 kV <sub>ef</sub>	50 kV <sub>ef</sub>
Tensiunea de ținere la impuls de trăsnet	125 kV	125 kV
Linia de fugă minimă	480 mm	600 mm
Sarcina de rupere	4 tf	4 tf
Numărul aripilor izolante	4	5
Condiții de mediu:		
- temperatura maximă	40 <sup>0</sup> C	40 <sup>0</sup> C
- temperatura minimă	-30 <sup>0</sup> C	-30 <sup>0</sup> C
- zona de poluare	I-II	III
Masa	6,2 kg	6,7 kg

*Caracteristicile tehnice ale izolatoarelor compozite  
de susținere tip ICS-24 K/L*

**Tabelul A.37**

Caracteristica	u.m.	Valoarea
Tensiunea nominală maximă a rețelei	kV	24
Lungimea (L)	mm	335
Distanța de contornare	mm	190
Linia de fugă	mm	420
Tensiunea de ținere la impuls critic	pozitiv	160
	negativ	205
Tensiunea de ținere la impuls de trăsnet	umed	65
	uscat	95
Sarcina de rupere la întindere	tf	13,4
Sarcina de rupere la încovoiere	tf	1,25
Numărul de rile izolante	buc.	3
Masa	kg	3,7

*Caracteristicile tehnice ale izolatoarelor  
de tracțiune tip ITS*

**Tabelul A.38**

Tensiunea nominală	24 kV
Tensiunea de ținere 1 minut la frecvență industrială	50 kV <sub>ef</sub>
Tensiunea de ținere la impuls de trăsnet	
• în stare uscată	135 kV
• în stare umedă	110 kV
Linia de fugă minimă	590 mm
Sarcina de exploatare	3,5 tf
Sarcina de rupere	7 tf
Numărul aripilor izolante	10
Condiții de mediu:	
• temperatura maximă	40°C
• temperatura minimă	-30°C
• zona de poluare	I, II și III
Masa	0,66 kg

*Dimensiunile și caracteristicile izolatoarelor nestrăpungibile de suspensie cu linie lungă de fugă*

**Tabelul A.39**

Dimensiunea sau caracteristica	u.m.	Simbolul izolatorului			
		VKLS	VKLS	VKLF	VKLF
		– 75/21	– 85/21	– 75/16	– 85/16
Înălțimea $H$	mm	1240	1270	1240	1270
Diametrul $D$	mm	195	205	170	180
Diametrul $d$	mm	75	85	75	85
Diametrul tijei	mm	16	20	16	20
Tensiunea de ținere la frecvență industrială • uscat • sub ploaie	kV <sub>ef</sub>	420	415	425	425
	kV <sub>ef</sub>	295	295	305	305
Tensiunea de 50% conturare, impuls negativ	kV <sub>max</sub>	645	645	645	645
Lungimea liniei de fugă	mm	3350	3350	2500	2500
Sarcina medie de rupere la tracțiune	kN	120	160	120	160
Sarcina de durată normală	kN	53	69	53	69
Masa	kg	35	41	28	34

*Dimensiunile și caracteristicile izolatoarelor de suspensie din porțelan, tip capă-tijă*

**Tabelul A.40**

Dimensiunea sau caracteristica	u.m.	Simbolul izolatorului		
		IC 170	IC 190	
Diametrul $D$	mm	280	280	
Înălțimea $H$	mm	170	190	
Diametrul tijei $d$	mm	16	20	
Sarcina minimă de rupere	kN	40	60	
Tensiunea de ținere la frecvență industrială – sub ploaie	1 buc	kV <sub>ef</sub>	50	50
	2 buc	kV <sub>ef</sub>	95	95
	3 buc	kV <sub>ef</sub>	140	140
Masa	armat	kg	7,5	9,3
	nearmat	kg	4,2	5,2

*Dimensiunile și caracteristicile izolatoarelor de suspensie tip capă-tijă din sticlă călită*

**Tabelul A.41**

Simbolul izolatorului	Diametrul $D$ [mm]	Înălțimea $H$ [mm]	Diametrul tije $d$ [mm]	Lungimea a liniei de fugă [mm]	Tensiunea de ținere în stare uscată [kV]		Tensiunea de ținere la 50 Hz, 1 min [kV]		Tensiunea de străpungere în ulei la 50 Hz [kV]	Sarcina mecanică de rupere [kN]	Masa [kg]
					pozitiv	negativ	uscăt	ploaie			
CTS 60-1	255	131,5	16	295	95	100	58	48	90	60	4,3
CTS 70-1	255	131,5	16	305	100	103	70	43	110	70	4,3
CTS 100-1	255	146	16	305	100	103	70	43	110	100	3,5
CTS 120-1	260	146	16	325	110	115	70	43	90	120	5,7
CTS 160-1	280	170	20	390	110	115	70	40	100	160	8,0
CTS 210-1	320	170	20	390	110			45	110	210	8,5
CTS 40-2p	180	110	11	300	80	85	60	36	100	40	2,3
CTS 70-2p	280	146	16	445	125	130	85	50	110	70	5,8
CTS 100-2p	280	146	16	445	125	130	85	50	110	100	5,2
CTS 120-2p	280	146	16	425	125	130	85	50	90	120	6,7
CTS 160-2p	320	170	20	550	140			55	110	160	10,6
CTS 210-2p	340	170	20	550	140			50	110	210	11,5
CTS 70-3	255	146	16	305	100			40	110	70	4,35
CTS 160-3	280	170	20	390	105			40	110	160	6,5
CTS 160-4	280	146	20	390	105			40	110	160	6,5

*Caracteristicile electrice și mecanice ale izolatoarelor compozite Hi\*Lite EPS 110 kV – tip tijă – pentru LEA de 110 kV*

**Tabelul A.42**

Descriere	Linie fugă specifică [mm/kV]	Lungime [mm]	Terminale metalice	Tensiunea de ținere [kV]		Tensiunea de conturare 50% la impuls 1,2/50 $\mu$ s [kV <sub>ef</sub> ]	Sarcina mecanică de încercare individuală [kN]	Sarcina mecanică specificată (SMS) [kN]	Masa (fără coarne de protecție) [kg]
				Sub ploaie la 50 Hz [kV <sub>ef</sub> ]	La impuls, 1,2/50 $\mu$ s [kV <sub>max</sub> ]				
Izolator Hi*Lite EPS • 110-120-1278-20,48-NN 16	20,48	1278	nucă-nucă 16 mm	230	550	690	60	120	4,20
Izolator Hi*Lite EPS • 110-160-1332-20,40-NN 20	20,40	1332	nucă-nucă 20 mm	230	550	690	80	160	5,70
Izolator Hi*Lite EPS • 110-120-1278-26,82-NN 16	26,82	1278	nucă-nucă 16 mm	230	550	690	60	120	4,50
Izolator Hi*Lite EPS • 110-160-1332-27,52-NN 20	27,52	1332	nucă-nucă 20 mm	230	550	690	80	160	6,50
Izolator Hi*Lite EPS • 110-120-1270-31,00-NN 16	31,00	1270	nucă-nucă 16 mm	230	550	690	60	120	4,80
Izolator Hi*Lite EPS • 110-160-1332-31,00-NN 20	31,00	1332	nucă-nucă 20 mm	230	550	690	80	160	6,80

# Laborator Transportul și distribuția energiei electrice - B. Neagu

## Caracteristicile electrice și mecanice ale izolatoarelor compozite Hi\*Lite EPS 220 kV – tip tijă – pentru LEA de 220 kV

**Tabelul A.43**

Descriere	Linie fugă specifică [mm/kV]	Lungime [mm]	Terminale metalice	Tensiunea de ținere [kV]		Tensiunea de conturare 50% la impuls 1,2/50μs [kV <sub>ef</sub> ]	Sarcina mecanică de încercare individuală [kN]	Sarcina mecanică specificată (SMS) [kN]	Masa (fără coarne de protecție) [kg]
				Sub ploaie la 50 Hz [kV <sub>ef</sub> ]	La impuls, 1,2/50μs [kV <sub>max</sub> ]				
Izolator Hi*Lite EPS • 220-120-2432-22,16-NN 16	22,16	2432	nucă-nucă 16 mm	460	1050	1310	60	120	7,00
Izolator Hi*Lite EPS • 220-160-2497-22,04-NN 20	22,04	2497	nucă-nucă 20 mm	460	1050	1310	80	160	10,50
Izolator Hi*Lite EPS • 220-120-2432-25,59-NN 16	25,59	2432	nucă-nucă 16 mm	460	1050	1310	60	120	7,70
Izolator Hi*Lite EPS • 220-160-2497-25,59-NN 20	25,59	2497	nucă-nucă 20 mm	460	1050	1310	80	160	10,10
Izolator Hi*Lite EPS • 220-120-2588-31,22-NN 16	31,22	2588	nucă-nucă 16 mm	460	1050	1310	60	120	9,80
Izolator Hi*Lite EPS • 220-160-2653-31,22-NN 20	31,22	2653	nucă-nucă 20 mm	460	1050	1310	80	160	11,80

## Caracteristicile electrice și mecanice ale izolatoarelor compozite Hi\*Lite EPS 400 kV – tip tijă, pentru LEA de 400 kV

**Tabelul A.44**

Descriere	Linie fugă specifică [mm/kV]	Lungime [mm]	Terminale metalice	Tensiunea de ținere [kV]		Tensiunea de conturare 50% la impuls 1,2/50μs [kV <sub>ef</sub> ]	Sarcina mecanică de încercare individuală [kN]	Sarcina mecanică specificată (SMS) [kN]	Masa (fără coarne de protecție) [kg]
				Sub ploaie la 50 Hz [kV <sub>ef</sub> ]	La impuls, 1,2/50μs [kV <sub>max</sub> ]				
Izolator Hi*Lite EPS • 400-120-3673-20,33-NN 16	20,33	3673	nucă-nucă 16 mm	680	1550	1930	60	120	9,50
Izolator Hi*Lite EPS • 400-160-3894-21,12-NN 20	21,12	3894	nucă-nucă 20 mm	680	1550	1930	80	160	14,40
Izolator Hi*Lite EPS • 400-120-3517-25,50-NN 16	25,50	3517	nucă-nucă 16 mm	680	1550	1930	60	120	10,30
Izolator Hi*Lite EPS • 400-160-3894-25,00-NN 20	25,00	3894	nucă-nucă 20 mm	680	1550	1930	80	160	17,20
Izolator Hi*Lite EPS • 400-120-3747-31,45-NN 16	31,45	3747	nucă-nucă 16 mm	680	1550	1930	60	120	11,80
Izolator Hi*Lite EPS • 400-160-3813-31,45-NN 20	31,45	3812	nucă-nucă 20 mm	680	1550	1930	80	160	19,60

*Caracteristicile clemelor de susținere oscilante fără declanșare,  
tip SOF și SOFA*

**Tabelul A.45**

Simbol	Diametrul conductorului (mm)	Dimensiunile (mm)						Sarcina maximă de rupere (daN)	Masa (kg)
		a	c	f	H	L	Φ		
SOF - 1	8-12	75	57	68	125	190	16	4000	2,18
SOF - 2	12-16	75	71	80	125	210	16	4000	2,48
SOF - 3	16-19	79	74	80	133	290	20	8000	2,74
SOF - 4	19-26	79	80	90	133	260	20	8000	4,33
SOFA - 1	8-11	75	57	68	125	190	16	4000	1,57
SOFA - 2	11-15	75	71	80	125	210	16	4000	1,78
SOFA - 3	15-19	79	74	80	133	230	20	8000	2,03
SOFA - 4	19-25	79	80	90	133	260	20	8000	3,3

*Caracteristicile clemelor de susținere cu tracțiune limitată tip STIL*

**Tabelul A.46**

Simbol	Diametrul conductorului (mm)	Dimensiunile (mm)						Sarcina maximă de rupere (daN)	Masa (kg)
		a	b	c	H	L	Φ		
STIL 35-70	99	30	54	54	131,5	130	17	2000	0,74
STIL 95-120	108	30	58	58	134,5	130	21	4000	0,89
STIL 150-185	149	40	66	66	194,5	170	25	6000	1,78
STIL 240-300	185	40	72	72	233	188	31	8000	2,28
STIL 275-190	220	50	84	84	270,5	245	35	14000	3,94
STIL 400-450	220	50	84	84	270,5	245	35	10000	3,92
STIL 680	228	50	90	90	283,5	245	41	12000	4,5
STIL 973	280,5	60	110	110	354	334	51	14000	6,5

*Caracteristicile clemelor de susținere din aliaj de aluminiu tip CSA*

**Tabelul A.47**

Simbol	Diametrul conductorului (mm)	Dimensiunile (mm)					Sarcina maximă de rupere (daN)	Masa (kg)
		a	b	c	H	L		
CSA - 2	18-23	50	65	24	108	200	9000	1,7
CSA - 3	23-29	80	120	36	151	300	10000	3,8
CSA - 4	29-38	80	120	46	151	300	12000	4,6
CSA - 5	38-45	80	140	55	172	370	12000	4,8
CSA - 6	45-52	80	140	60	172	370	12000	4,6

*Caracteristicile clemelor de alunecare, tip CA*

**Tabelul A.48**

Caracteristici tehnice	U.M.	Tipul clemei		
		CA 25-35	CA 50-70	CA 95-120
Sectiune conductoare	mm <sup>2</sup>	25-35	50-70	95-120
Masa	kg	0,085	0,090	0,140

*Caracteristicile clemelor de alunecare, tip CB*

**Tabelul A.49**

Caracteristici tehnice	U.M.	Tipul clemei		
		CB 25-35	CB 50-70	CB 95-120
Sectiune conductoare	mm <sup>2</sup>	35	50-70	95-120
Masa	kg	0,085	0,090	0,140

*Caracteristicile clemelor cu creștături pentru conductoare din OL-Al*

**Tabelul A.50**

Nr. crt.	Simbol	Dimensiunile (mm)						Nr. de creștături	Masa (kg)
		l	L	l <sub>1</sub>	l <sub>2</sub>	R	t		
1	OLAI 25	275	300	19	32	5	16,0	14	0,084
2	OLAI 35	310	330	22	35	5	18,0	14	0,108
3	OLAI 50	385	400	25	40	6	20,0	16	0,236
4	OLAI 70	470	500	20	50	6	25,0	16	0,331
5	OLAI 95	560	700	33	57	7	30,0	20	0,565
6	OLAI 120	880	920	35	65	7	33,0	24	0,795
7	OLAI 150	900	950	46	65	7	37,0	24	0,916
8	OLAI 185	1000	1050	20	70	8	40,0	26	1,284
9	OLAI 240	1040	1120	32	65	9	43,0	28	1,634



*Caracteristicile clemelor cu creștături utilizate la liniile electrice aeriene de joasă tensiune*

**Tabelul A.51**

Simbol Clemă	Conductor funie Al		Dimensiuni (mm)					Nr. de creștături
	S (mm <sup>2</sup> )	Φ (mm)	L	L1	L2	R	t	
Al 35	35	7,5	153	17	34	4	13,0	8
Al 50	50	9,0	180	20	40	6	18,0	8
Al 70	70	10,7	198	22	44	6	19,5	8
Al 95	95	12,5	216	24	48	6	24,0	10

*Caracteristicile clemelor de tracțiune cu con tip TC, în funcție de secțiunea conductorului*

**Tabelul A.52**

Varianta	Secțiune conductor (mm <sup>2</sup> )	Dimensiunile (mm)						
		a	b	c	e	f	g	j
1	50 – 70	124	38	56	85	M10	30	185
2	95 – 120	150	44	70	100	M10	40	225
					12	M12		250
3	120 – 185	175	50	80	120	M12	45	250
4	240 – 300	195	60	90	130	M12	50	260

*Caracteristicile clemelor de susținere a conductorului de protecție tip CSP*

**Tabelul A.53**

Simbolul	Secțiunea conductorului [mm <sup>2</sup> ]	Dimensiunile [mm]		Sarcina minimă de rupere daN	Masa kg
		A	d		
CSP-1	35-70	90	18	4000	3,0
CSP-2	95-120	90	18	4000	3,3
CSP-3	150-180	90	22	4000	3,6
CSP-5	400-450	90	22	8000	6,4

*Caracteristicile clemelor de tracțiune prin  
presare cu derivație tip TPD*

**Tabelul A.54**

Simbol	Dimensiunile (mm)										Sarcina minimă de alunecare (daN)	Masa kg	Tip pap uc
	L	a	b	d	e	$\Phi$ A	$\Phi$ B	$\Phi$ C	$\Phi$ D	$\Phi$ E			
TPD 95/55	510	90	170	18	22	36	23	20	10	32	7566	2,510	2
TPD 160/95	560	90	230	20	26	52	32	25	13,5	32	11761	4,500	2
TPD 185/32	495	90	180	18	24	32	21	18	8,5	32	6289	2,998	3
TPD 240/40	520	90	180	20	24	36	23	22	9,5	36	7151	3,300	3
TPD 300/50	482	70	120	20	24	36	26	25	10	36	10127	2,996	3
TPD 300/69-300	567	170	198	20	26	36	26	25	12	36	12511	2,950	3
TPD 450/75-300	620	114	240	24	26	52	32	25	12,5	36	15342	5,355	3
TPD 450/97-300	620	114	240	24	26	52	32	25	13,5	36	16625	5,325	3
TPD 450/75-450	620	114	240	24	26	52	32	25	12,5	52	15342	6,175	4
TPD 450/97-450	620	114	240	24	26	52	32	25	13,5	52	16625	6,146	4
TPD 680/85-450	622	140	140	24	28	60	38	28	13	52	19988	8,219	4
TPD 680/85-680	622	140	140	24	28	60	38	28	13	60	19988	9,357	5
TPD 973-228	715	120	200	24	26	72	46	42	22	72	20900	13,870	6
TPD 973-228	730	100	200	33	38	72	46	44	20,5	72	47500	12,490	6
TPD 973-450	715	120	200	24	26	72	46	42	22	52	20900	11,553	4
TPD 973-680	715	120	200	24	26	72	46	42	22	60	20900	12,481	5
TPD 120/20	380	60	140	16	22	25	17	16	6,2	25	4417	1,460	2
TPD 150/150	670	120	230	24	26	52	32	28	17	32	15865	5,180	2
TPD 210/35	490	110	160	20	22	32	22	20	8	32	7253	2,840	3
TPD Wolf	470	100	240	16	22	30	20	18	9	30	6703	2,430	2
TPD Lynx	565	100	200	20	24	32	21	19	9,5	32	7730	2,880	2
TPD Curlew	600	100	270	20	24	52	32	28	11,5	52	16007	6,430	4
TPD Canary	575	100	250	20	24	52	32	28	10,5	52	13917	6,528	4

*Caracteristicile clemelor de tracțiune prin presare cu placă de derivație frontală tip TPDF, pentru conductoare din oțel-aluminiu (A) și din aliaj de aluminiu (B)*

Tabelul A.55

Simbol	Dimensiunile (mm)										Sarcina minimă de alunecare (daN)	Masa (kg)	Tipul papucului
	L	a	b	d	e	ΦA	ΦB	ΦC	ΦD	ΦE			
<b>CONDUCTOARE DIN ALUMINIU</b>													
TPDF – 300/69	616	100	200	20	24	36	26	25	12	36	12511	4,640	3
TPDF – 380/50	626	198	200	20	24	42	28	24	10	42	11695	4,970	3
TPDF – Blue Jaz	700	150	200	20	22	45	33	22	9	45	12400	5,640	4
TPDF – Drake	680	130	180	20	22	40	30	25	11,5	40	13466	4,640	4
TPDF – Linnet	530	120	120	20	22	30	20	18	8	30	6056	1,780	2
TPDF – Cardinal	662	120	200	20	25	52	32	25	11,5	52	14736	7,180	4
TPDF – Penguin	425	85	110	20	20	25	16	13	5	25	3572	1,520	2
TPDF – Ibis	640	150	180	20	22	32	21	18	8	32	6973	2,880	3
<b>CONDUCTOARE DIN ALIAJ DE ALUMINIU</b>													
TPDF – 99	470	150	200	18	22	22	14	-	-	22	2755	1,630	2
TPDF – 405	560	200	250	20	24	42	28	-	-	42	12612	4,580	3

*Material:* A – aliaj de aluminiu și OL 52 zincat la cald; B – aliaj de aluminiu

*Caracteristicile manșoanelor de separare ale conductoarelor de OL-Al*

Tabelul A.56

Nr. crt.	Tip produs	Secțiune conductor (mm <sup>2</sup> )	Dimensiunile (mm)			
			Φa	ΦB	L	S <sub>A</sub>
1	MR 50/8	50/8	20	10,0	55	17,32
2	MR 70/12	0/12	22	12,5	60	19,05
3	MR 95/15	95/15	25	15,0	60	21,65
4	MR 95/55	95/55	25	17,0	220	21,65
5	MR 120/15	120/15	25	17,0	70	21,65
6	MR 150/25	150/25	28	19,0	90	24,24
7	MR 160/95	160/95	36	22,0	250	31,17
8	MR 185/32	185/32	32	21,0	250	27,71
9	MR 240/40	240/40	36	23,0	250	31,17
10	MR 300/50/69	300/50/69	36	26,0	250	31,17
11	MR 450/75	450/75	52	32,0	400	45,14
12	MR 680/85	680/85	58	36,0	500	50,22

**Caracteristicile constructive și forțele de încercare pentru diferitele tipuri de stâlpi din lemn folosiți la construcția liniilor electrice aeriene**

**Tabelul A.57**

Tip stâlp	Lungime L	Forța normată la vârf Fn	Forța de rupere Fr	Forța de strivire Fstr	Diametrul la vârf Dv	Diametrul la bază (minim) Db
	[m]	[daN]	[daN]	[kN]	[cm]	[cm]
<b>STÂLPI UȘORI</b>						
S8 - U	8	175	683	79	13 – 15	22
S9- U	9	175	683	66	13 – 15	23
S10 - U	1	175	683	54	13 – 15	24
<b>STÂLPI MIJLOCII</b>						
S9 – M	9	300	1170	150	16 – 19	27,5
S10 – M	10	300	1170	128	16 – 19	28,5
S11 - M	11	300	1170	110	16 – 19	30,0
S12– M	12	300	1170	97	16 – 19	31,0
<b>STÂLPI GREI</b>						
S10 - G	10	600	2340	390	20 – 26	36,6
S11 - G	11	600	2340	332	20 – 26	37,0
S12 - G	12	600	2340	288	20 – 26	38,0
S13 - G	13	600	2340	254	20 – 26	39,5
S14 – G	14	600	2340	227	20 – 26	40,5

Notă:

- Forța la vârf acționează la 0,25 m de la vârf;
- Tabelul 2.51 este valabil numai pentru *pinul scoțian* care are rezistența la rupere de minimum 538 daN/cm<sup>2</sup>. În cazul altor specii, se vor analiza ofertele furnizorului.

**Caracteristicile constructive ale stâlpilor din beton armat centrifugat utilizați la construcția liniilor electrice aeriene de joasă tensiune (0,4kV)**

**Tabelul A.58**

Tipul stâlpului	Lungimea (m)	Dimensiunile (cm)		Momentul capabil (daN·m)	Masa (kg)	Observații
		La vârf	La bază			
SC 10001	10	15/4,5	25/5	685	590	
SC 10005	10	26/5,5	41/6,5	7100	1535	
SFP 4-11	11	26/6	38/7,0	4000	1600	Stâlpi de folosință comună
SF 8-11	11	21,5/5,5	38/8,0	8000	1610	Idem
IL 5.10	5,1	12/4,5	19/5,5	350	225	Stâlpi pentru iluminat public
SI 9	9	12/4,5	21/5,0	945	430	Idem
SCP 15004	12	18/5	30/5,5	2320	1110	
SCP 15006-92	9,2	26,8/5,1	36/5,5	2620	1045	
SCP 15006-120	14	24/5	36/5,5	2650	1280	
SCP 15007	10	18/5	32/5,5	3450	1220	
SCP10001	10	15/4,5	25/5,0	4210	610	
SCP 10002	10	24/5	34/5,5	800	1045	

*Caracteristicile stâlpilor din beton armat centrifugat  
utilizați la construcția liniilor electrice aeriene  
de medie tensiune- 20 kV, simplu circuit*

**Tabelul A.59**

Tipul stâlpului	Lungimea (m)	Dimensiunile Diametru/Grosime		Momentul capabil (daN·m)	Masa (kg)
		La vârf (cm)	La bază (cm)		
SC 15007	14	21/5	35/5,5	5830	1530
SC 15014	12	32/5	50/7,5	17350	2465
SC 15014-105	10,5	34,25/5	50/7,5	12850	1820
SC 15015	14	32/5	53/7,5	20910	2750
SC 15016	16	26/5	50,3/7,5	19290	3600

*Caracteristicile stâlpilor din beton armat centrifugat  
utilizați la construcția liniilor electrice aeriene  
de medie tensiune- 20 kV, dublu circuit*

**Tabelul A.60**

Tipul stâlpului	Lungimea (m)	Dimensiunile Diametru/Grosime		Momentul capabil (daN·m)	Masa (kg)
		La vârf (cm)	La bază (cm)		
SCP 12-650	12	32/6,5	50/8,0	7000	-
SCP 12-1100	12	38/8,0	56/9,5	11300	-
SC 12-2200	12	44/7,0	62/8,8	22900	3600
SC 12-3100	12	56/7,0	74/8,5	32000	4500
SC 16-1400	16	44/7,0	68/8,5	19200	5100
SC 18-1300	18	44/7,0	79/8,5	20200	5820

*Caracteristicile stâlpilor din beton armat centrifugat folosiți la  
construcția liniilor electrice aeriene de 110 kV*

**Tabelul A.61**

Nr. Crt.	Caracteristica	Simbo l	UM	Tipul stâlpului	
				SC 1185	SC 1187
1	Înălțimea deasupra solului	H	[m]	19,80	24,25
2	Masa aproximativă	G	[t]	7,1	8,2
3	Consum de ciment	g <sub>1</sub>	[t]	1,14	1,29
4	Consum de armături	g <sub>2</sub>	[t]	1,25	1,73
5	Consum de laminate	g <sub>3</sub>	[t]	0,29	0,42
6	Deschiderea normală	a <sub>n</sub>	[m]	195	247
7	Deschiderea maximă limitată de presiunea vântului	a <sub>v</sub>	[m]	252	307
8	Deschiderea maximă limitată de forțele verticale	a <sub>g</sub>	[m]	310	396
9	Distanța maximă limitată de distanța dintre faze	a <sub>f</sub>	[m]	276	332
10	Viteza vântului nesimultan cu chiciură	v	[m/s]	35	30
11	Viteza vântului simultan cu chiciură	v <sub>ch</sub>	[m/s]	20	15
12	Grosimea stratului de chiciură	b	[mm]	23	17
13	Densitatea chiciurii	γ	[daN/cm <sup>3</sup> ]	0,75	0,75
14	Dimensiunile:				
	diametru grosime -la vârf -la bază	- -	[mm] [mm]	23,3/55 72/7	28,2/5,6 72/7

**Caracteristicile stâlpilor din beton armat vibrat precomprimat utilizați la construcția liniilor electrice aeriene de medie tensiune (20 kV) și joasă tensiune. (0,4 kV)**

**Tabelul A.62**

Tipul stâlpului	Lungimea (m)	Dimensiunile Diametru/Grosime		Momentul capabil (daN·m) pe direcția		Masa (kg)
		La vârf	La bază	Principală	Secundară	
SE 1A	12,1	15/15	25,5/36	7000	1100	965
SE 2A	14,5	15/15	27,5/40	11300	1437	1220
SE 4	10	15/15	23,5/32,5	22900	655	745
SE 5	11,2	19/19	27,5/45	32000	1560	1200
SE 6	12	25/25	33,5/59	19200	3350	2250
SE 7	14	25/25	35/65	20200	3930	2750
SE 8	12	30/30	47/72	1100	6330	3200
SE 9	14	30/30	50/80	1437	7800	3950
SE 10	10	25/25	32/53,5	655	3100	1820
SE 11	10	30/30	44,5/65,5	1560	5710	2500
SE 12	11,2	19/19	27,5/45	3350	1350	1200

**Caracteristicile constructive ale stâlpilor metalici sudați folosiți la construcția liniilor electrice aeriene de 110kV, simplu circuit**

**Tabelul A.63**

Nr. crt.	Caracteristica	Simbol	UM	Tipul stâlpului				
				Suținere normal Sn 110.102	Suținere colț SC 110.106	Întindere și colț ICn 110.114	Terminal ITn 110.114	Întindere în colț subtraversare ICs 110.143
1	Înălțime totală (stâlp normal)	H	[m]	24,50	26,60	24,63	23,675	7,50
2	Masa aproximativă (stâlp normal)	G	[t]	2,15	3,25	3,85	4,20	5,10
3	Deschidere normală	a <sub>n</sub>	[m]	245	245	245	245	230
4	Deschiderea maximă limitată de presiunea vântului	a <sub>v</sub>	[m]	275	375	275	200	260
5	Deschiderea maximă limitată de forțele verticale	a <sub>g</sub>	[m]	425	500	425	300	260
6	Deschiderea maximă limitată de distanța între faze	a <sub>f</sub>	[m]	275	375	300	300	275
7	Viteza vântului nesimultan cu chiciura	v	[m/s]	35	35	35	35	35
8	Viteza vântului simultan cu chiciura	v <sub>ch</sub>	[m/s]	20	20	20	20	20
9	Grosimea stratului de chiciură	b	[mm]	23	23	23	23	23
10	Densitatea chiciurii	γ	[daN/cm <sup>3</sup> ]	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75

*Caracteristicile constructive ale stâlpilor metalici bulonați  
folosiți la construcția liniilor electrice aeriene  
de 110kV, simplu circuit*

**Tabelul A.64**

Nr. crt.	Caracteristica	Simbol	UM	Tipul stâlpului					
				Susținere normal Sn 110.252	Susținere special SS 110.256	Întindere și colț ICn 110.263	Terminal IT 110.264	Întindere și colț subtraverse ICn 110.243	Terminal cu console în cruce ITn 110.244
1	Înălțime totală (stâlp normal)	H	[m]	31,45	33,30	28,70	28,70	18,033	33,22
2	Masa aproximativă (stâlp normal)	G	[t]	3,75	5,25	7,20	7,95	8,35	12,60
3	Deschidere normală	a <sub>n</sub>	[m]	275	275	275	275	270	275
4	Deschiderea maximă limitată de presiunea vântului	a <sub>v</sub>	[m]	275	275	275	275	300	275
5	Deschiderea maximă limitată de forțele verticale	a <sub>g</sub>	[m]	400	400	500	500	460	500
6	Deschiderea maximă limitată de distanța între faze	a <sub>f</sub>	[m]	325	325	325	325	325	325
7	Viteza vântului nesimultan cu chiciura	v	[m/s]	33	33	33	33	35	33
8	Viteza vântului simultan cu chiciura	v <sub>ch</sub>	[m/s]	19	19	19	19	20	19
9	Grosimea stratului de chiciură	b	[mm]	22	22	22	22	35	22
10	Densitatea chiciurii	γ	[daN/cm <sup>3</sup> ]	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
11	Unghiul liniei	2α		-	200-185	200-140	100-85	-	-



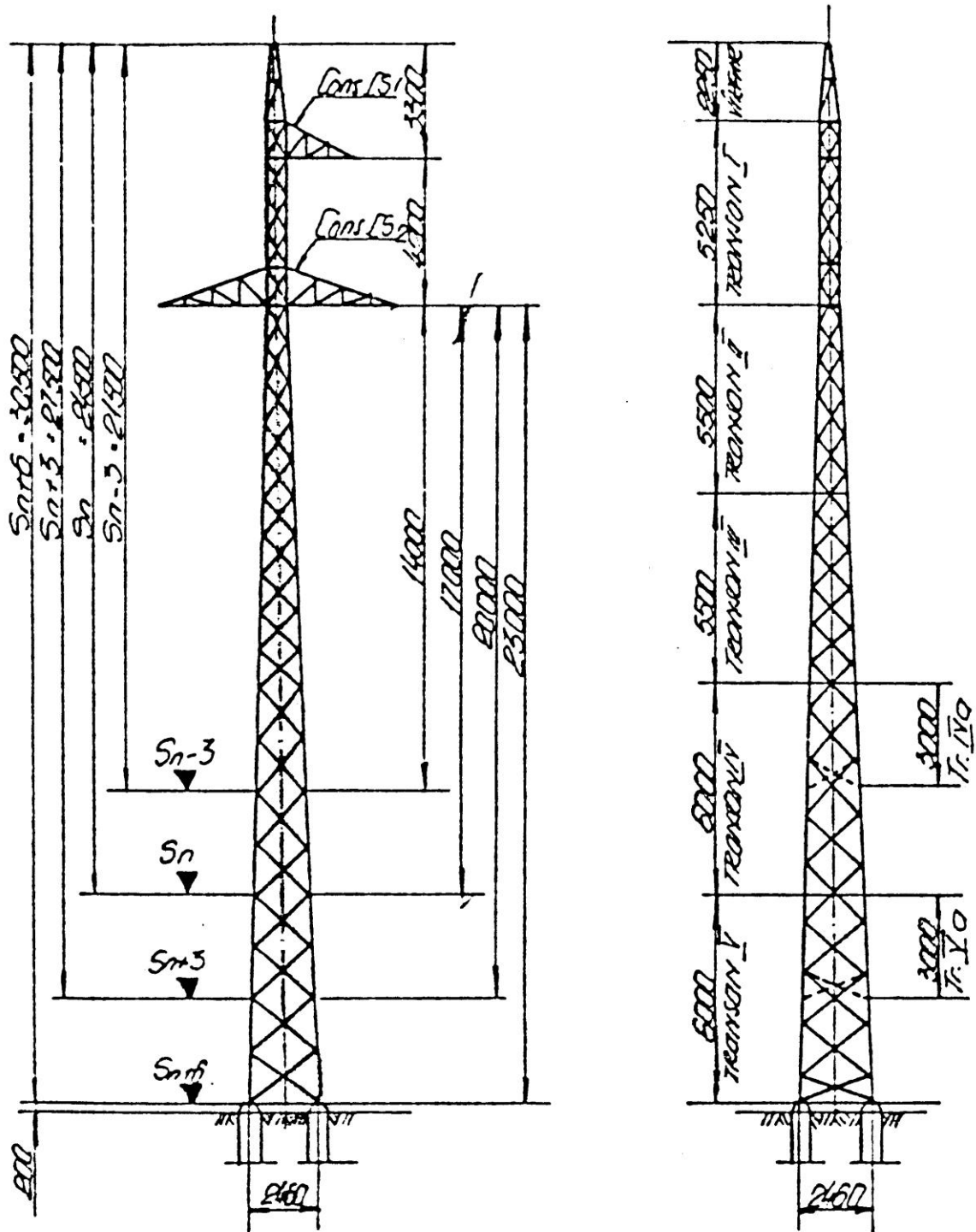


Figura A.3 Stâlp de susținere normal simplu circuit, tip Sn 110.102

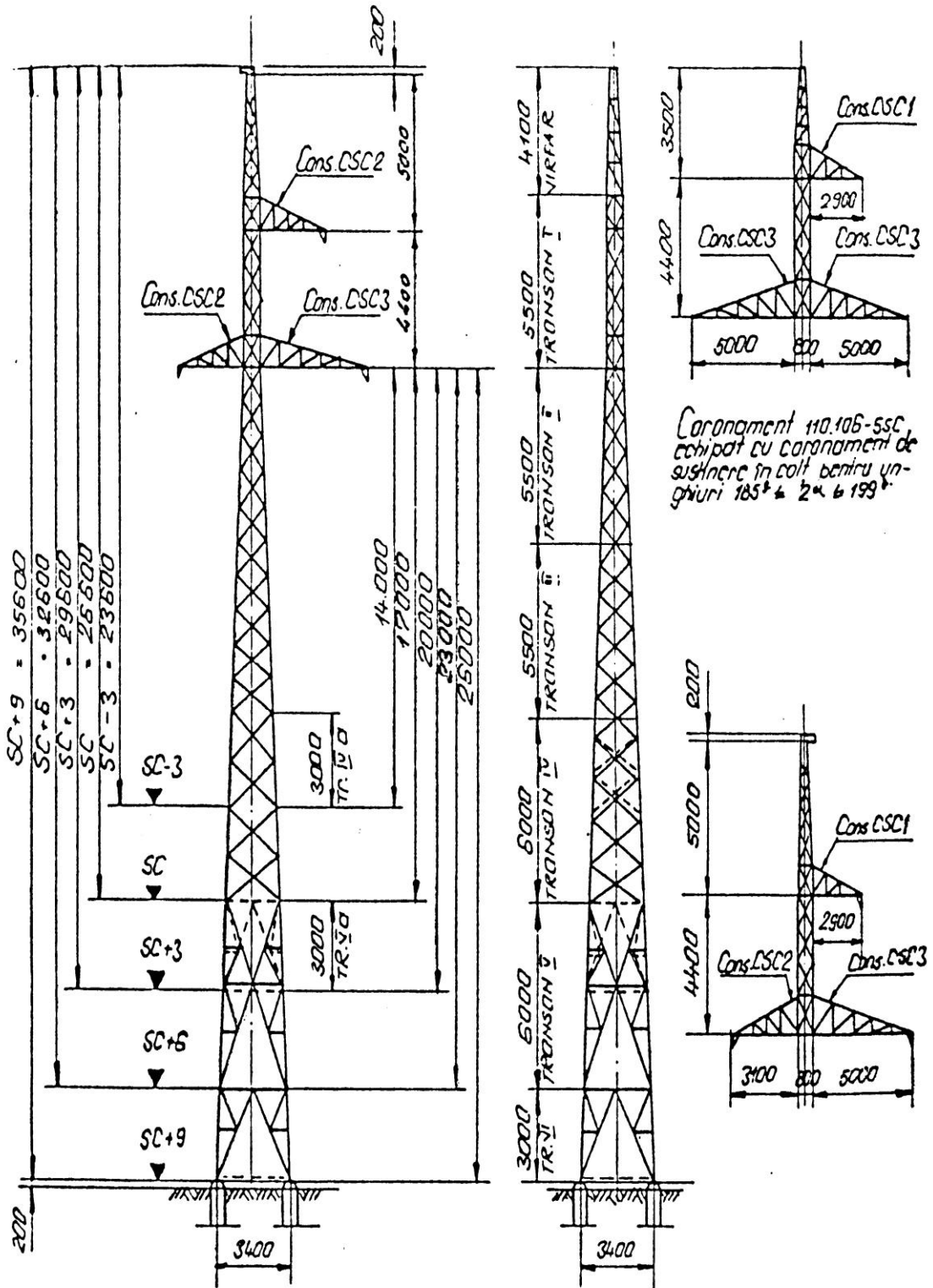


Figura A.4 Stâlp de susținere în colț simplu circuit, tip SC 110.106

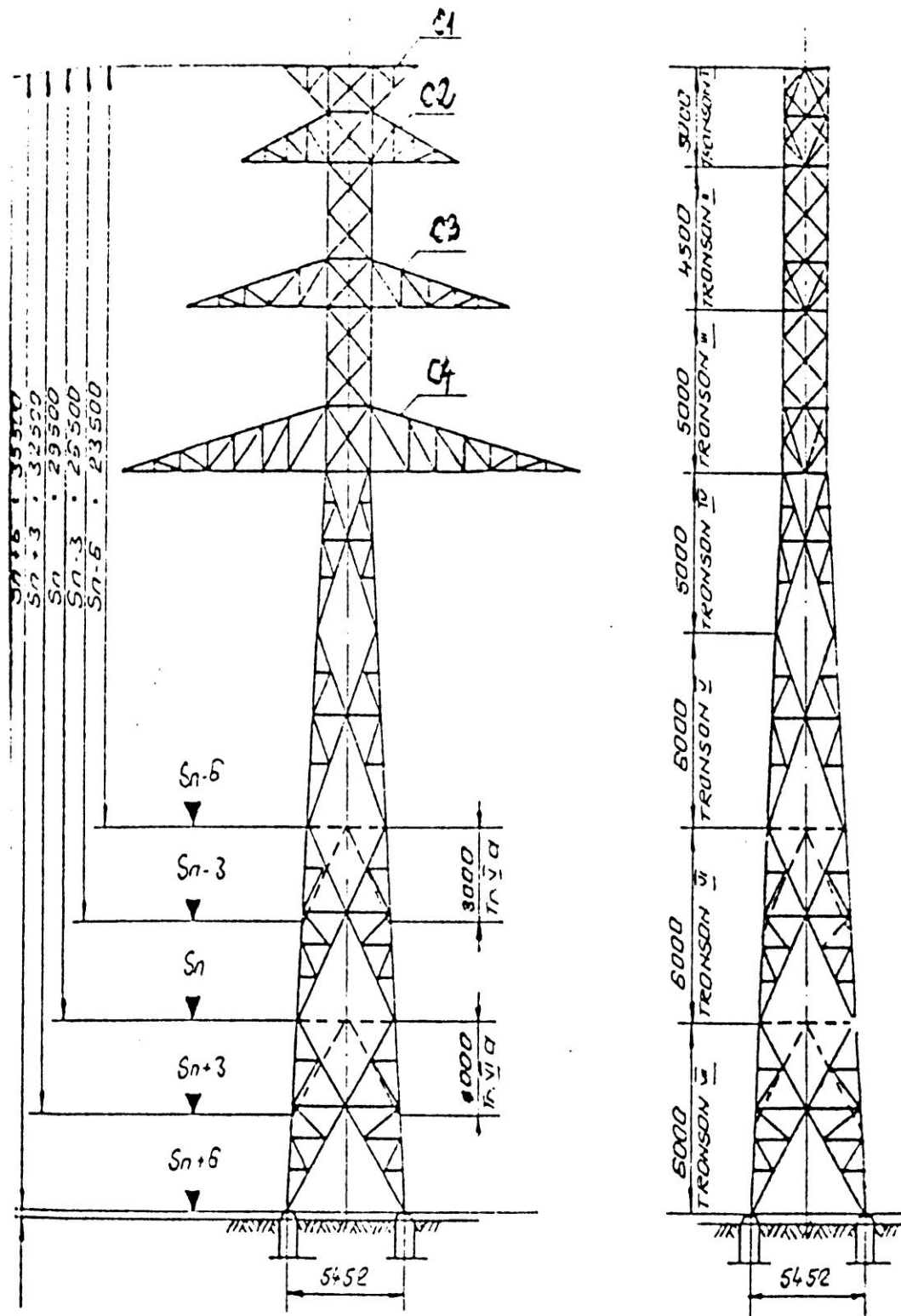


Figura A.5 Stâlp de susținere normal dublu circuit, tip Sc 110.402 5bc

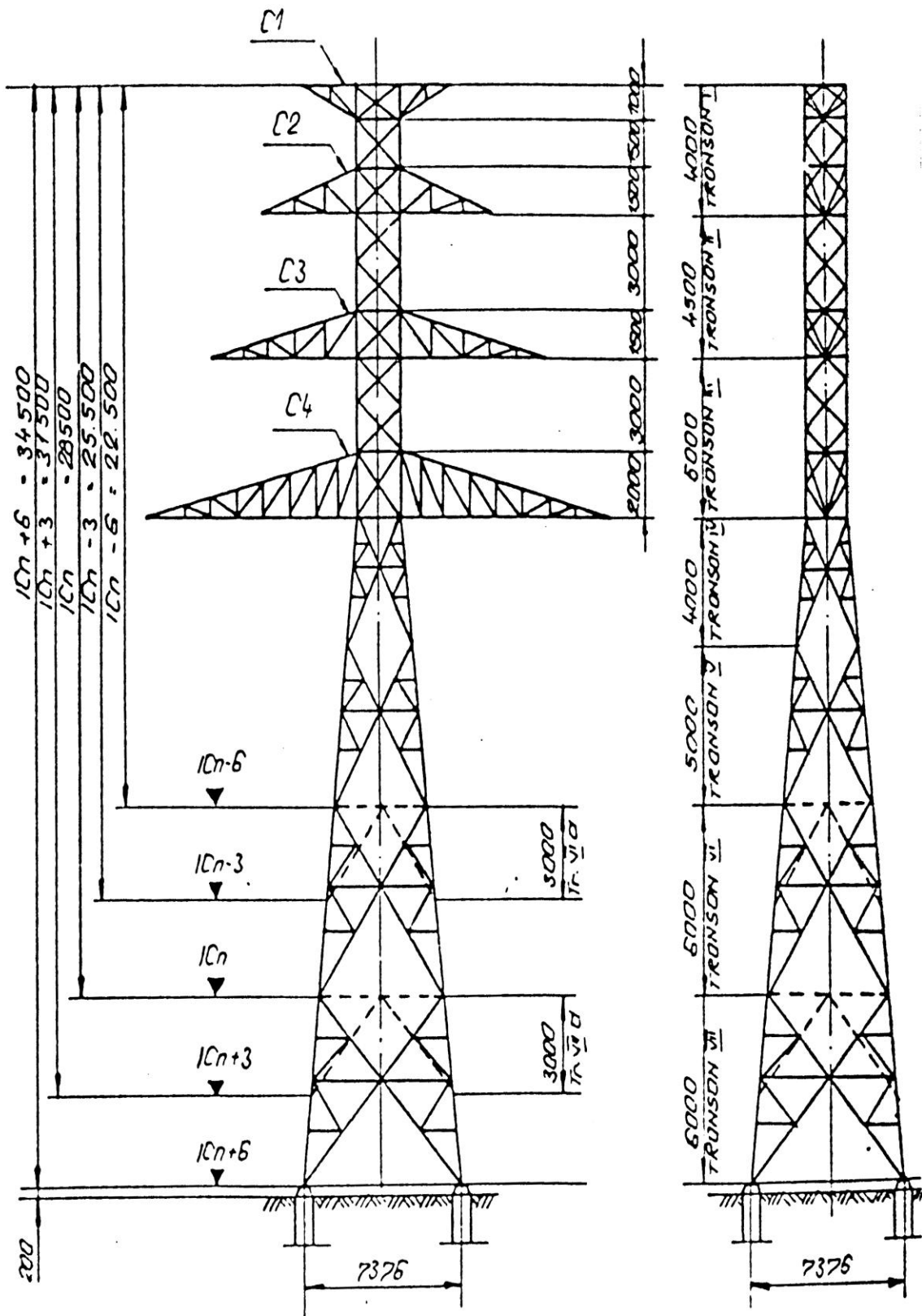


Figura A.6 Stâlp de întindere și colț, tip ICn 110.412 5bc

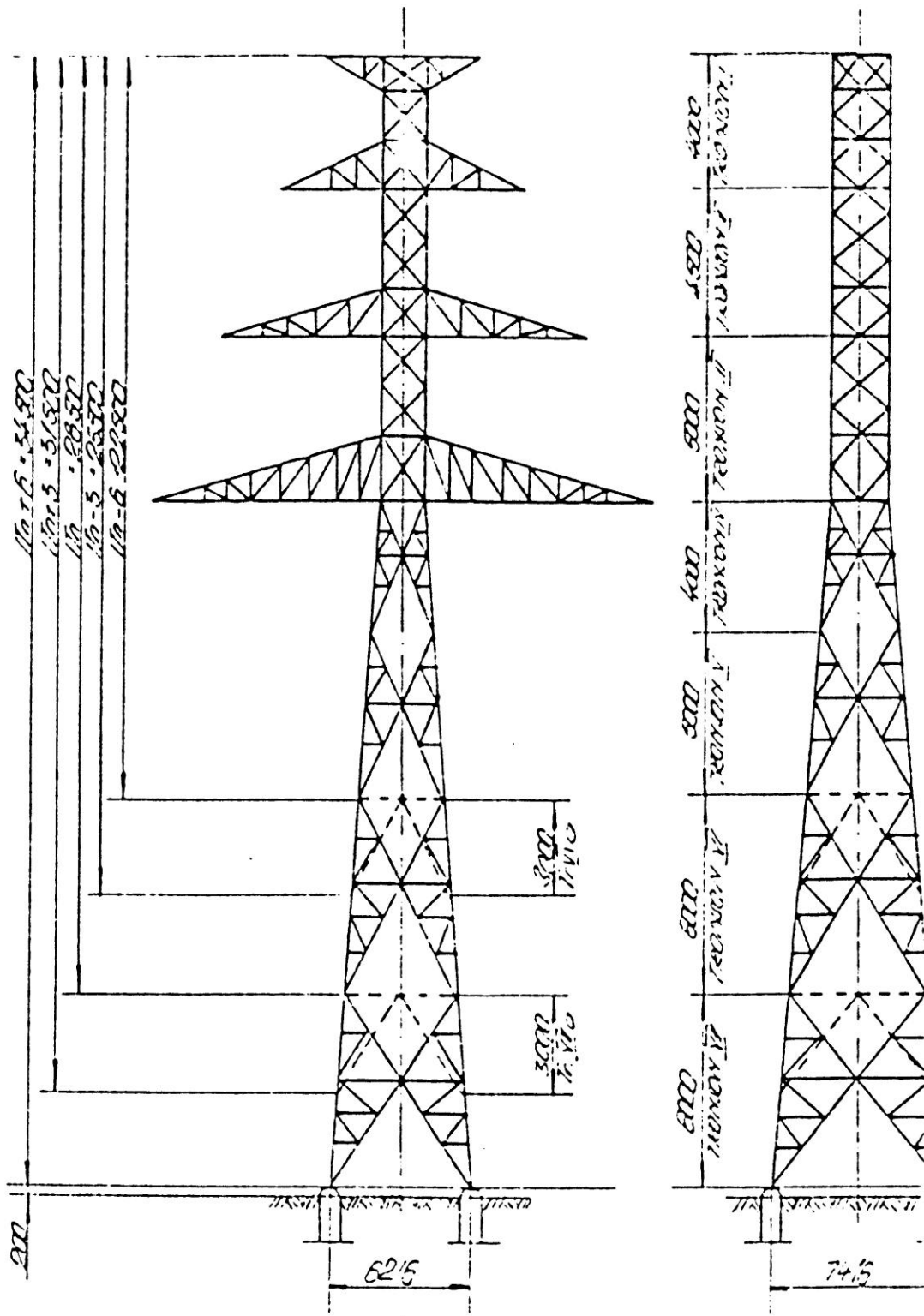


Figura A.7 Stâlp terminal, tip ITn 111.414 5bc