

**ANALIZA ASISTATĂ DE CALCULATOR PRIVIND CALCULUL  
MECANIC AL CONDUCTOARELOR DE PROTECȚIE  
ALE LINIILOR ELECTRICE AERIENE**

**1. Introducere**

Conductoarele de protecție folosite în cazul LEA, denumite, de regulă, și *fire de gardă*, au rolul de a proteja liniile electrice împotriva supratensiunilor atmosferice.

În mod obișnuit, pentru LEA cu tensiuni nominale mai mici de 220kV, firele de gardă sunt realizate din oțel zincat, iar la LEA de foarte înaltă tensiune (220 kV; 400 kV și 750 kV), precum și în anumite cazuri speciale, se utilizează conductoare din oțel-aluminiu. Caracteristicile acestor conductoare de protecție, în funcție de tensiunea nominală a liniei, sunt prezentate în Tabelul 1.

*Caracteristicile conductoarelor de protecție în funcție de tensiunea nominală a LEA*

**Tabelul 1**

Tensiunea nominală [kV]	110	220	400
Conductoare de protecție din OL-Al	95/55 sau 160/95 în cazuri speciale	160/95	160/95

De regulă, conductoarele de protecție sunt puse la pământ prin intermediul unor *prize de pământ*. În cazul LEA, la realizarea cărora se folosesc stâlpi metalici, legătura dintre conductoarele de protecție și prizele de pământ se face chiar prin corpul metalic al stâlpilor. Atunci când la construcția LEA se folosesc stâlpi din beton armat centrifugat, această legătură se realizează prin intermediul unui conductor ajutător.

În scopul măririi *zonei de protecție a liniilor*, în ceea ce privește supratensiunile atmosferice, se utilizează, în practică, două conductoare de protecție sau fire de gardă, mai ales atunci când, la construcția LEA, se utilizează stâlpi de tip portali, la care conductoarele active sunt dispuse în același plan orizontal.

**2. Alegerea și calculul mecanic al conductoarelor de protecție**

Pentru obținerea unui unghi de protecție mai mic sau egal cu unghiul de protecție la stâlp, săgețile firelor de gardă în deschidere trebuie să fie corelate cu cele ale conductoarelor active. În acest scop, se folosește *metoda de corelare a săgeților în deschidere*, prin utilizarea unui *factor de egalizare*, notat, de regulă, cu  $K_{eg}$  și definit de următoarea relație:

$$K_{eg} = \frac{f_p}{f_a} \tag{1}$$

în care  $f_p$  și  $f_a$  reprezintă săgețile conductorului de protecție și respectiv a conductorului activ în deschidere, exprimate în metri. În general, se consideră  $K_{eg} \leq 0,95$ .

Corelarea trebuie realizată astfel încât, pentru stările conductorului la  $-30^{\circ}\text{C}$ ,  $15^{\circ}\text{C}$ ,  $40^{\circ}\text{C}$ , și  $(-5^{\circ}\text{C} + \text{chiciură} + \text{vânt})$ , să nu fie depășit factorul de egalizare impus.

Pentru starea conductorului de protecție la  $(-5^{\circ}\text{C} + \text{chiciură} + \text{vânt})$ , cunoscând rezistența admisibilă specifică a conductorului activ  $\sigma_{adm_{(-5^{\circ}\text{C} + \text{ch.} + \text{v.})_a}}$ , în  $\text{daN}/\text{mm}^2$ , se poate determina componenta orizontală a tracțiunii specifice în conductorul de protecție, corespunzătoare acestei stări, cu relația:

$$\sigma_{adm}_{(-5^0+ch.+v)_p} = \frac{\sigma_{adm}_{(-5^0+ch.+v)_a} \cdot \gamma_{(3,n)_p}}{K_{eg} \cdot \gamma_{(3,n)_a}} \quad [\text{daN/mm}^2] \quad (2)$$

unde:

- $\gamma_{(3,n)_p}$  - încărcarea unitară normată datorită masei proprii și depunerilor de chiciură pe conductorul de protecție, în daN/m;  
 $\gamma_{(3,n)_a}$  - încărcarea unitară normată datorită masei proprii și depunerilor de chiciură pe conductorul activ, în daN/m.

În mod asemănător, tracțiunile orizontale în conductorul de protecție, pentru stările de  $-30^0\text{C}$ ,  $15^0\text{C}$  și  $40^0\text{C}$ , se calculează cu ajutorul ecuației de stare de forma:

$$u(\sigma_{\theta_m} - \sigma_{\theta_n}) \frac{1}{E_c} + \alpha_c (\theta_m - \theta_n) = \frac{a_{med}^2}{24} \left[ \left( \frac{\gamma_{t_m}}{\sigma_{\theta_m}} \right)^2 - \left( \frac{\gamma_{t_n}}{\sigma_{\theta_n}} \right)^2 \right] \quad (3)$$

unde:

- $m$  – starea de referință;  
 $n$  – starea corespunzătoare unei valori a temperaturii pentru care se calculează  $\sigma_{\theta_n}$  ;  
 $\sigma_{\theta_m}$  – componenta orizontală a tracțiunii specifice de calcul în starea de referință  $m$ , în daN/mm<sup>2</sup>;  
 $\sigma_{\theta_n}$  – 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  $^0\text{C}$ ;  
 $\theta_n$  – temperatura stării pentru care se determină  $\sigma_{\theta_n}$  și care poate lua diferite valori între  $-30^0\text{C}$  și  $40^0\text{C}$ , în  $^0\text{C}$ ;  
 $u$  – factor de denivelare a terenului:

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

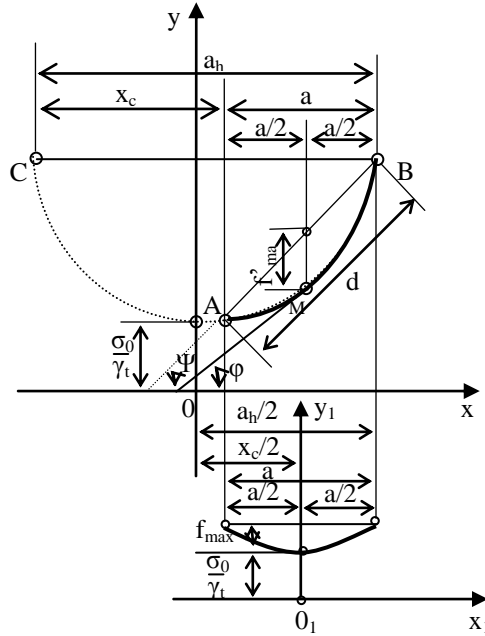
Valorile săgeților pentru conductorul de protecție, în cele patru stări ( $-30^0\text{C}$ ;  $-5^0\text{C}+chiciură+vânt$ ;  $15^0\text{C}$  și  $40^0\text{C}$ ), se calculează cu ajutorul relației:

$$f'_{\max} = f_{\max} \cdot ch \frac{\gamma_t x_c}{2\sigma_0} = \frac{f_{\max}}{\cos \varphi} \quad (4)$$

în care  $f_{\max}$  reprezintă săgeata maximă a conductorului cu punctele de suspensie la același nivel.

În situația în care se admite aproximația că tangenta în punctul  $M$  la curba lăntșorului este paralelă cu dreapta  $AB$  (Figura 1), valoarea săgeții maxime se poate stabili cu relația:

$$f'_{\max} \cong \frac{f_{\max}}{\cos \Psi} \quad (5)$$



**Figura 1** Stabilirea relației dintre săgeata  $f'$  a unui conductor cu punctele de suspensie denivelate și săgeata  $f$  a unui conductor cu punctele de suspensie la același nivel

Dacă curba geometrică a conductorului cu punctele de suspensie la același nivel se aproximează printr-o parabolă, valoarea săgeții maxime este de forma:

$$f'_{max} = \frac{\gamma_t \cdot a^2}{8\sigma_0 \cdot \cos \Psi} \quad (6)$$

În situația unor deschideri mari, de peste 400 m, la determinarea săgeții  $f_{max}$  se va folosi, pentru calcul, fie formula exactă pentru săgeată de forma:

$$f_{max} = \frac{\gamma_t \cdot a^2}{8\sigma_0} \left( 1 + \frac{\gamma_t^2 \cdot a^2}{48\sigma_0^2} \right) \quad [\text{m}] \quad (7)$$

fie se vor considera cât mai mulți termeni din dezvoltarea serie, obținându-se următoarele expresii:

$$f'_{max} = 2 \frac{\sigma_0}{\gamma_t} \frac{\text{sh}^2 \frac{\gamma_t \cdot a}{4\sigma_0}}{\cos \Psi} \quad (8)$$

sau

$$f'_{max} = \frac{\gamma_t \cdot a^2}{8\sigma_0 \cos \Psi} \left[ 1 + \frac{1}{48} \frac{\gamma_t \cdot a^2}{\sigma_0^2} + \dots \right] \quad (9)$$

Coefficienții de egalizare ai săgeților, la temperaturile de  $-30^{\circ}\text{C}$ ,  $15^{\circ}\text{C}$  și  $40^{\circ}\text{C}$ , se determină cu următoarea relație:

$$K_{eg,\theta} = \frac{f_{p,\theta}}{f_{a,\theta}} \leq 1 \quad (10)$$

în care:

$f_{a,\theta}$  – săgeata de montaj a conductorului activ corespunzătoare temperaturii  $\theta$ , raportată la deschiderea medie, în m;

$f_{p,\theta}$  – săgeata de montaj a conductorului de protecție corespunzătoare temperaturii  $\theta$ , raportată la deschiderea medie, în m.

Trebuie precizat că dacă, în una din stările menționate anterior,  $K_{eg,\theta} > K_{eg}$ , atunci coeficientul de egalizare impus se înmulțește cu 0,99. Ciclul de calcul se repetă până la obținerea coeficientului de egalizare impus pentru conductorul de protecție, în stările de  $-30^{\circ}\text{C}$ ,  $15^{\circ}\text{C}$  și  $40^{\circ}\text{C}$ .

În următoarea etapă de calcul, se stabilesc tracțiunile la clema de prindere a conductorului de protecție, în toate deschiderile din panou  $T_{cl_\theta}$ , corespunzătoare stărilor de  $-30^{\circ}\text{C}$ ,  $15^{\circ}\text{C}$ , ( $-5^{\circ}\text{C} + \text{chiciură} + \text{vânt}$ ), cu relația:

$$T_{cl_\theta} = \frac{1}{2} h \cdot \gamma_\theta \cdot S_c + T_\theta \left( \frac{h^2}{2a^2} + 1 \right) + \frac{a^2 \cdot \gamma_\theta^2 \cdot S_c^2}{8 \cdot T_\theta} \quad (11)$$

unde:

$\gamma_\theta$  – încărcarea specifică normată și de calcul, corespunzătoare stării de temperatură  $\theta$  a conductorului de protecție, în  $\text{daN}/\text{m} \cdot \text{mm}^2$ ;

$T_\theta$  – tracțiunea orizontală în conductorul de protecție, corespunzătoare stării cu temperatura  $\theta$ , în  $\text{daN}$ .

Dintre valorile calculate cu relația (11), se va selecta valoarea maximă pentru tracțiunea la clema de prindere a conductorului de protecție. În continuare, se calculează coeficienții de tracțiune reali  $K_{sig,\theta}$ , cu o relație de forma:

$$K_{sig,\theta} = \frac{T_{max,\theta_p}}{0,95 \cdot \sigma_{r_p}} \quad (12)$$

unde:

$T_{max,\theta_p}$  - tracțiunea maximă de calcul la clemă, la temperatura  $\theta$ , pentru conductorul de protecție, în  $\text{daN}$ ;

$\sigma_{r_p}$  - rezistența de rupere a conductorului de protecție, în  $\text{daN}$ .

Dacă coeficienții determinați cu relația (12), pentru stările analizate, nu depășesc valorile impuse, atunci alegerea conductorului de protecție este corectă.

În situația când unul din coeficienții impuși este depășit, alegerea conductorului de protecție este necorespunzătoare. Pentru aceste situații, se va alege un alt conductor de protecție sau, în cazul în care există rezerve de gabarit, se micșorează coeficienții de siguranță în conductoarele active și se reia calculul coeficienților de egalizare și de tracțiune pentru conductorul de protecție.

Referitor la alegerea coeficientului de egalizare, în practica curentă pot exista următoarele situații:

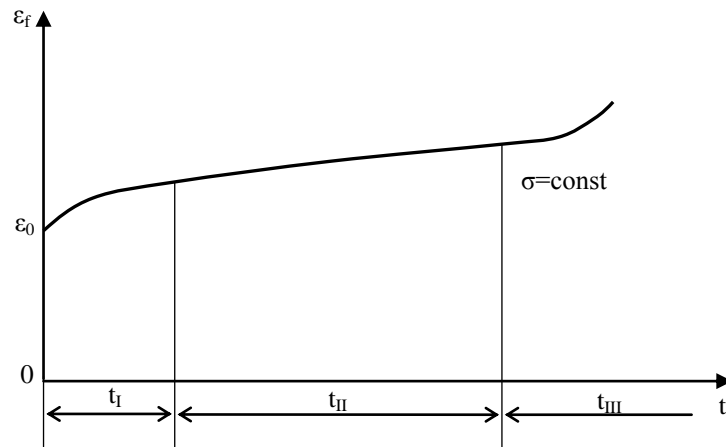
- Conductoarele active și conductoarele de protecție sunt conductoare noi, supuse, în timp, fenomenului de fluaj. Coeficienții de egalizare, în acest caz, se vor determina pentru starea finală, după fluajul conductoarelor, cu relația:

$$K_{eg,\theta_{(final)}} = \frac{f_{p,\theta_{(final)}}}{f_{a,\theta_{(final)}}} \leq 1 \quad (13)$$

- Conductoarele active sunt noi, iar conductoarele de protecție sunt vechi. În acest caz, se va considera  $K_{eg}=1$ , iar, în final, după ce conductoarele active au suferit fenomenul de fluaj, coeficientul de egalizare final va fi subunitar.
- Conductoarele active sunt vechi, iar conductoarele de protecție sunt noi. Pentru această situație, coeficientul de egalizare trebuie să satisfacă inegalitatea  $K_{eg}<0,9$ , cu condiția verificării coeficientului de egalizare în starea finală, după ce conductoarele de protecție au suferit fenomenul de fluaj, astfel încât coeficienții de egalizare finali să aibă valori subunitare.
- Atât conductoarele active, cât și conductoarele de protecție au vechime de exploatare mai mare de 10 ani, considerând deci că ambele au suferit fenomenul de fluaj. În această situație, coeficientul de egalizare trebuie să fie cuprins în intervalul  $(0,95 \div 1)$ .

### 3. Influența fenomenului de fluaj asupra săgeții conductorului

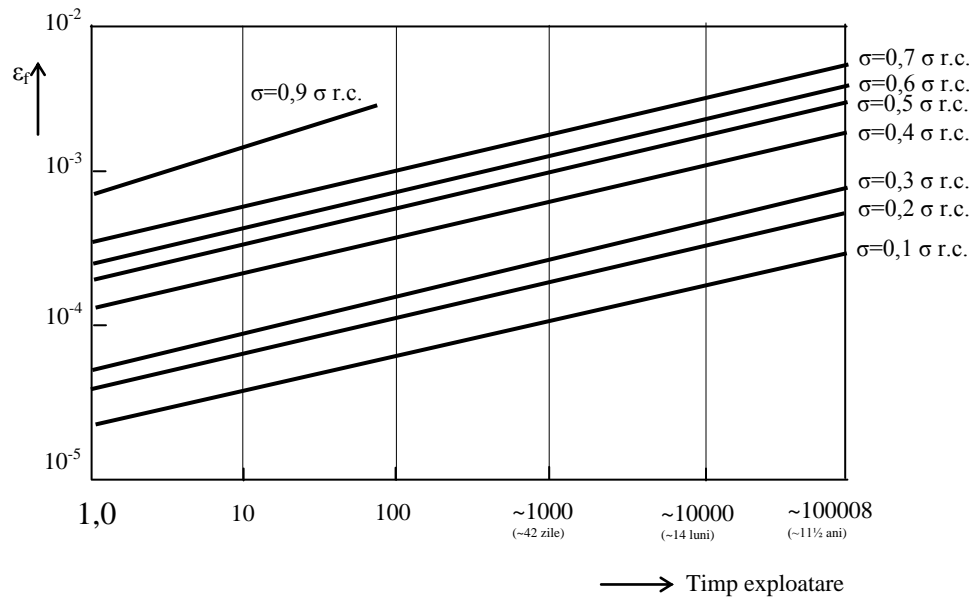
Prin fenomenul de *fluaj* se înțelege o deformare plastică a conductoarelor, care apare lent, în timp, ca urmare a acțiunii sarcinilor mecanice exterioare aplicate, mai mici decât limita de curgere a materialului. În cazul conductoarelor LEA, fluajul este influențat, în principal, de următorii factori: tracțiunea aplicată, timpul cât acționează tracțiunea și temperatura. Deoarece atât tracțiunea aplicată, cât și temperatura nu sunt constante în timp, fluajul se raportează, de regulă, la tracțiunea medie anuală (every day stress) și la temperatura medie anuală.



**Figura 2** Variația în timp a alungirii specifice a conductorului datorate fenomenului de fluaj, la efort constant

În exploatare, conductorul odată întins suferă în continuare, la o sarcină practic constantă, alungiri datorate fenomenului de fluaj. Pe baza a numeroase date experimentale cunoscute din literatura de specialitate, în Figura 2 este reprezentată variația alungirii specifice a conductorului  $\epsilon_f$  în funcție de timp, pentru  $\sigma = \text{const}$ , datorată fenomenului de fluaj.

Din analiza curbei de variație reprezentate în Figura 2 se constată că aceasta prezintă trei stadii. În primul stadiu, de ordinul orelor, viteza alungirilor specifice este mai pronunțată. Pentru cel de-al doilea stadiu, cu o durată mai mare, de ordinul anilor (10-20 ani), viteza alungirilor este mult mai mică, tinzând către zero. În stadiul al treilea, viteza alungirilor specifice continuă să crească accentuat, datorită îmbătrânirii materialelor din care este realizat conductorul.



**Figura 3** Creșterea în timp a lungimii conductorului datorată fenomenului de fluaj, pentru diferite tracțiuni în exploatare

Pentru materialele utilizate în mod curent, fluajul este relativ mare la aluminiu, are valori mai reduse în cazul oțelului de înaltă rezistență, iar la cupru și aliajele de aluminiu este de valori intermediare.

La conductoarele bimetalice din oțel-aluminiu, datorită creșterii diferite a alungirilor de fluaj pentru cele două materiale, are loc o alungire a conductorului în ansamblu și, mai ales, un transfer al eforturilor de la mantaua de aluminiu, care fluează mai mult, la inima de oțel, cu un fluaj mai redus.

În cazul conductoarelor solicitate la temperaturi normale de exploatare, curbele de deformare în funcție de timp, trasate în coordonate logaritmice, prezintă practic o variație liniară. Pentru diferite temperaturi și tracțiuni de exploatare, curbele de deformare au aceeași pantă, în cazul unui tip de conductor. În Figura 3 este reprezentată creșterea lungimii conductorului datorată fluajului, pentru diferite tracțiuni în exploatare.

Conform diagramelor din Figura 3, creșterea lungimii conductoarelor datorată fenomenului de fluaj este neglijabilă pentru durate de până la 10 ani și din acest motiv, în calculele de proiectare se consideră, ca *stare finală*, starea conductoarelor la 10 ani de la montare.

Fenomenul de fluaj al conductoarelor LEA crează probleme atât la proiectarea, cât și la exploatarea liniilor, datorită creșterii în timp a săgeților. În situația când creșterea săgeții datorată fluajului este mai mare decât creșterea datorată sarcinii maxime prevăzute, atunci, la determinarea săgeții și a efortului final, factorul hotărâtor va fi fluajul. Dacă nu s-a luat în considerație fluajul la calculul săgeții și al eforturilor specifice, este necesar să se țină seama de acest fenomen, printr-un factor de corecție, în etapa de tragere la săgeată. Pentru aceste situații, săgeata conductorului se va stabili în funcție de temperatura mediului exterior, aplicând corecția corespunzătoare fluajului.

În *starea inițială*, conductorul fiind întins în deschidere la săgeata impusă, se consideră că acesta a suportat o oră de fluaj, deci valoarea inițială a săgeții include și coeficientul de fluaj pentru o oră. Fiind cunoscută valoarea inițială a tracțiunii orizontale în conductor la  $15^{\circ}\text{C}$ , și anume  $\sigma_{0(15^{\circ})}$ , lungimea inițială a conductorului într-o deschidere  $a$ , conform următoarei relații:

$$L_0 \cong a \left( 1 + \frac{\gamma_t^2 \cdot a^2}{24\sigma_0^2} \right) = a \left( 1 + \frac{8}{3} \varphi_0^2 \right) \quad (14)$$

va avea următoarea formă:

$$L_{1h} = a \left[ 1 + \frac{a^2 \gamma_{(1,n)}^2}{24\sigma_{0(15^\circ)}^2} \right] \quad [\text{m}] \quad (15)$$

În calculele de proiectare, se consideră ca stare finală, starea conductorului la 10 ani de la montare. Lungimea conductorului în starea finală, ținând seama și de fluaj, se determină cu expresia:

$$L_{10} = L_{1h} (1 + k_f) \quad [\text{m}] \quad (16)$$

în care  $k_f$  reprezintă coeficientul de fluaj. Acest coeficient se determină cu ajutorul diagramei din Figura 3, rezultând  $k_f = 0,00042$  pentru o tracțiune medie  $\sigma_{0(15^\circ)}$  egală cu 18% din rezistența de rupere a conductorului.

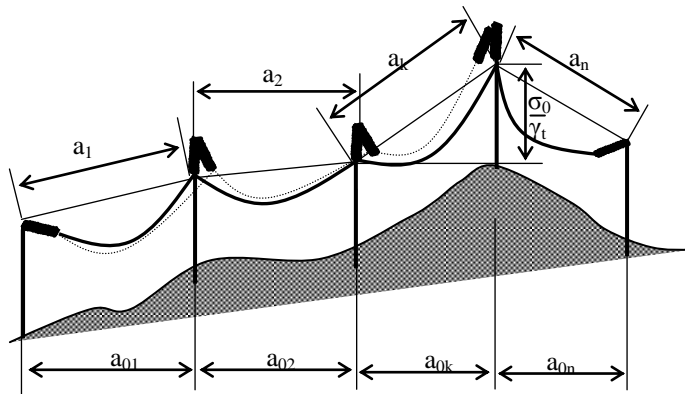
Săgeata conductorului în starea finală, la temperatura de 15°C, ținând seama și de fenomenul de fluaj, este de forma următoare:

$$f_{10} = \sqrt{\frac{3 \cdot a (L_{10} - a)}{8}} \quad [\text{m}] \quad (17)$$

În ce privește tracțiunea în starea finală, la temperatura de 15°C, considerând și fenomenul de fluaj, aceasta se determină cu relația:

$$\sigma_{0(15^\circ)} = \frac{a^2 \cdot \gamma_{(1,n)}}{8 \cdot f_{10}} \quad [\text{daN/mm}^2] \quad (18)$$

Mărimea săgeții, ca rezultat al deformării conductorului datorită fenomenului de fluaj, este influențată în mod esențial de raportul dintre săgeată și deschiderea dintre stâlpi.



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

Pentru un panou delimitat de doi stâlpi de întindere, cu deschideri inegale și denivelate, conform celor reprezentate în Figura 4, deschiderea medie se calculează astfel:

$$a_{med} = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n a_k^3 \cdot \cos \varphi_k}{\sum_{k=1}^n a_k}} \quad [\text{m}] \quad (19)$$

Ținând seama de fenomenul de fluaj, lungimea conductorului în panou, în starea inițială, precum și lungimea conductorului, săgeata și tracțiunea, la temperatura de 15°C, după 10 ani (starea finală), conform relațiilor (15)÷(18), au următoarea formă:

$$L'_{1h} = a_{med} \left[ 1 + \frac{a_{med}^2 \cdot \gamma_{(1,n)}^2}{24 \cdot \sigma_{0(15^\circ)}^2} \right] \quad [\text{m}] \quad (20)$$

$$L'_{10} = L'_{1h} (1 + k_f) \quad [\text{m}] \quad (21)$$

$$f'_{10} = \sqrt{\frac{3 \cdot a_{med} (L'_{10} - a_{med})}{8}} \quad [\text{m}] \quad (22)$$

$$\sigma'_{0(15^\circ)} = \frac{a_{med}^2 \cdot \gamma_{(1,n)}}{8 \cdot f'_{10}} \quad [\text{daN/mm}^2] \quad (23)$$

La proiectarea LEA, pentru a ține seama de fluajul conductoarelor, în practică, se utilizează următoarele metode:

- La montaj, conductoarele se prevăd cu o tracțiune superioară celei corespunzătoare coeficienților de siguranță prescriși, la temperatura mediului exterior, în momentul întinderii conductoarelor. Întinderea se realizează cu săgeți de montaj corespunzătoare unei temperaturi mai mici decât cea măsurată la montaj.
- Se întind conductoarele cu săgeți inițiale calculate ținând seama de fenomenul de fluaj, astfel încât conductorul să atingă, după 10 ani de exploatare, săgețile finale și coeficienții de siguranță prescriși.

Aceste prime două metode de compensare a fluajului realizează practic, în prima perioadă de exploatare, coeficienți de siguranță în conductoare mai mici decât cei prescriși. Prezintă însă avantajul de a nu supraîncălzi linia, prin prevederea unei rezerve pentru fluaj.

- Se pretensionează conductoarele la montaj pentru o perioadă de timp de la o oră până la 24 ore și se întind apoi la săgețile de montaj corespunzătoare coeficienților de siguranță prescriși. Forța de pretensionare este, de regulă, de circa 50% din forța de rupere a conductorului. Această pretensionare a conductoarelor acoperă deformația neelastică inițială datorită așezării firelor componente ale funiei, precum și a unei înfunieri imperfecte, compensând, în felul acesta, parțial, fluajul conductoarelor. În ce privește partea de fluaj care nu este acoperită de pretensionare, este necesar să se prevadă o rezervă de gabarit. Folosind conductoare pretensionate, se realizează o mai bună egalizare a săgeților pentru conductoarele



active ale fazelor, acest lucru fiind vizibil, mai ales, în cazul LEA care folosesc stâlpi portalii, fazele fiind dispuse orizontal.

În cazul conductoarele nepretensionate, chiar dacă la tragerea acestora se realizează o bună egalizare a săgeților, după scurt timp apar, în general, diferențe privind săgeata. Pentru a evita acest lucru, în practică se aplică, de multe ori, o metodă combinată, cu pretensionare și tragere apoi la săgeți inferioare săgeților finale.

- Se trag conductoarele la montaj în așa fel încât să fie satisfăcuți coeficienții de siguranță prescriși încă din faza inițială. Această metodă necesită adoptarea, la tragerea conductoarelor, a unei rezerve față de distanța la sol prescrisă, rezervă care trebuie să acopere fluajul corespunzător pe o perioadă de 10 ani. Coeficienții de siguranță realizați în conductoare, în starea finală, sunt superiori celor prescriși. Această metodă este cel mai des utilizată în țara noastră, deoarece normativele în vigoare impun respectarea coeficienților de siguranță prescriși, atât în starea finală, după fluaj, cât și în starea inițială, la montarea conductoarelor.

Folosirea metodelor care iau în considerare fenomenul de fluaj al conductoarelor duce la evitarea cazurilor de reducere a gabaritului admis, datorită mărimii în timp a săgeții. Printr-un calcul corect se pot evita supradimensionările și se oferă siguranță în exploatare.

#### 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 de protecție 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 stărilor la limită, factorii de egalizare, tracțiunile și săgețile conductorului de protecție pentru o linie electrică aeriană simplu circuit care străbate zona meteorologică *B*, linia fiind echipată cu un singur conductor de protecție din OL-Al cu secțiunea de 95/55 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. Pentru conductoarele active ale liniei s-au folosit izolatoare de susținere de 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 2.

*Caracteristicile panoului LEA de 110 kV propus pentru analiză*

**Tabel 2**

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