

ANALIZA ASISTATĂ DE CALCULATOR PENTRU CALCULUL CONTRAGREUTĂȚILOR ÎN FUNCȚIE DE UNGHIUL DE ÎNCLINARE AL LANȚURILOR DE IZOLATOARE

1. Introducere

În cazul când componenta verticală a sarcinii rezultate în conductor este orientată în sus, atunci stâlpul liniei este supus la smulgere. De asemenea, dacă sarcina rezultată este de valoare prea mică, lanțul de izolatoare oscilează în condiții de vânt cu valoare maximă, peste unghiul α_a pentru care a fost proiectat stâlpul. În ambele situații menționate, este necesar să se atașeze la clemele lanțurilor de izolatoare niște contragreutăți, care au rolul să creeze o sarcină verticală suplimentară, în vederea atenuării efectelor prezentate anterior.

2. Determinarea minimului curbei conductorului într-o deschidere denivelată

Se consideră un conductor suspendat într-o deschidere denivelată, cu punctele de suspensie A și B, de tipul celui reprezentat în Figura 1a.

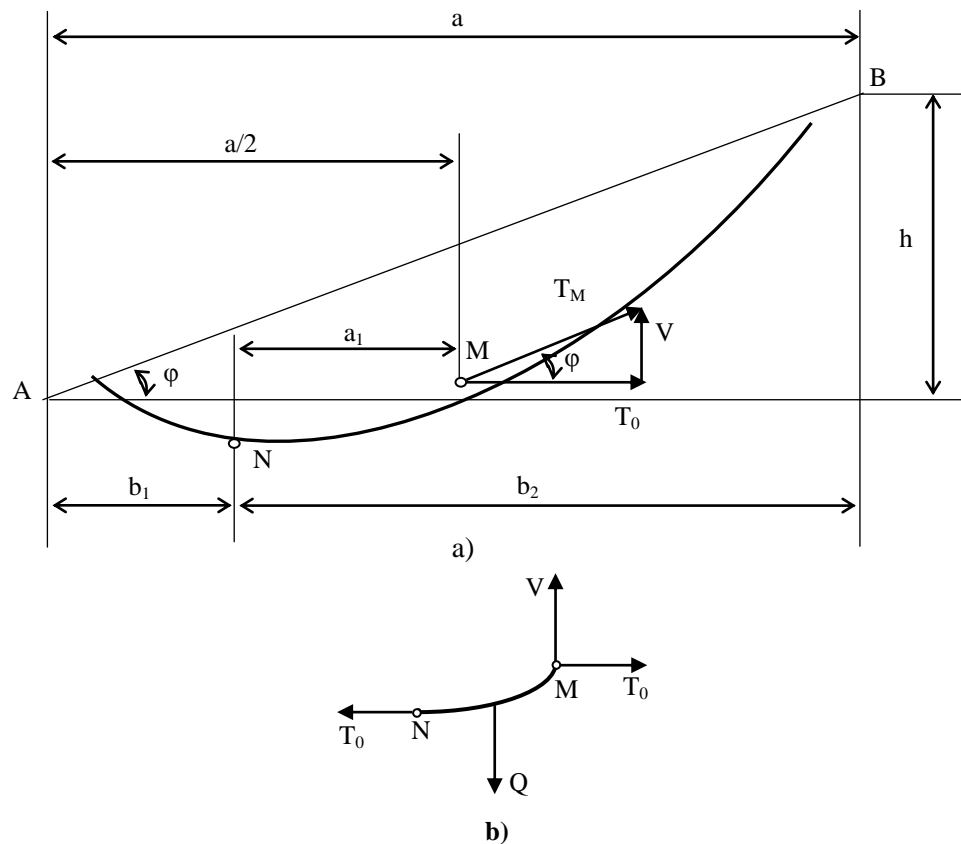


Figura 1 Specificarea grafică a mărimilor care conduc la determinarea minimului curbei catenoidei sau lănișorului

Pentru un punct oarecare M al conductorului, dacă se acceptă ipoteza că unghiurile Ψ și respectiv φ sunt aproximativ egale ($\Psi \cong \varphi$), se pot scrie următoarele relații:

$$V = T_0 \cdot tg \varphi$$

sau

$$V = T_0 \cdot \frac{h}{a} \quad (1)$$

Atunci când porțiunea NM din conductor (Figura 1a) se separă de restul conductorului și se realizează proiecția pe verticală a mărimilor conform celor reprezentate în Figura 1b, pot fi scrise relațiile următoare:

$$V = Q$$

$$Q = a_1 \cdot g_{(1,n)} \quad (2)$$

în care:

- a_1 – deschiderea dintre punctele de suspensie M și N ale conductorului, măsurată pe orizontală, în m;
- h – denivelarea dintre punctele de suspensie ale conductorului, în m;
- $g_{(1,n)}$ – greutatea unitară normală a conductorului, în daN/m;
- T_0 – tracțiunea orizontală în conductor, în daN.

Din echivalența relațiilor (1) și (2), rezultă următoarea egalitate:

$$T_0 \cdot \frac{h}{a} = a_1 \cdot g_{(1,n)} \quad (3)$$

din care se poate explicita expresia deschiderii dintre punctele de suspensie M și N ale conductorului, măsurată pe orizontală, de forma:

$$a_1 = \frac{h}{a} \cdot \frac{T_0}{g_{(1,n)}} \quad (4)$$

În conformitate cu cele reprezentate în Figura 1a, se pot scrie următoarele relații:

$$b_1 = \frac{a}{2} - a_1 = \frac{a}{2} - \frac{h}{a} \cdot \frac{T_0}{g_{(1,n)}}$$

$$b_2 = \frac{a}{2} + a_1 = \frac{a}{2} + \frac{h}{a} \cdot \frac{T_0}{g_{(1,n)}} \quad (5)$$

3. Determinarea deschiderii la încărcare din vânt și a deschiderii la încărcări verticale

Pe baza noțiunilor și mărimilor utilizate la calculul mecanic al liniilor electrice aeriene, cele două deschideri au următoarele semnificații:

- *Deschiderea la încărcare din vânt*, notată, de regulă, cu a_v , reprezintă, pentru un stâlp i din panou, deschiderea care preia forța dată de presiunea vântului pe conductor, fiind egală cu semisuma deschiderilor adiacente, conform celor reprezentate în Figura 2:

$$a_{v_i} = \frac{a_{i-1}}{2} + \frac{a_i}{2} \quad [\text{m}] \quad (6)$$

- *Deschiderea la încărcări verticale*, notată, de regulă, cu a_g , reprezintă, pentru un stâlp i din panou, deschiderea care preia forța dată de sarcinile verticale și se măsoară pe orizontală între două minime succesive ale conductorului, ca în Figura 2:

$$a_{g_i} = \frac{a_{i-1}}{2} + \frac{a_i}{2} + \frac{T_0}{g_{(l,n)}} \left(\frac{h_{i-1}}{a_{i-1}} - \frac{h_i}{a_i} \right) \quad [\text{m}] \quad (7)$$

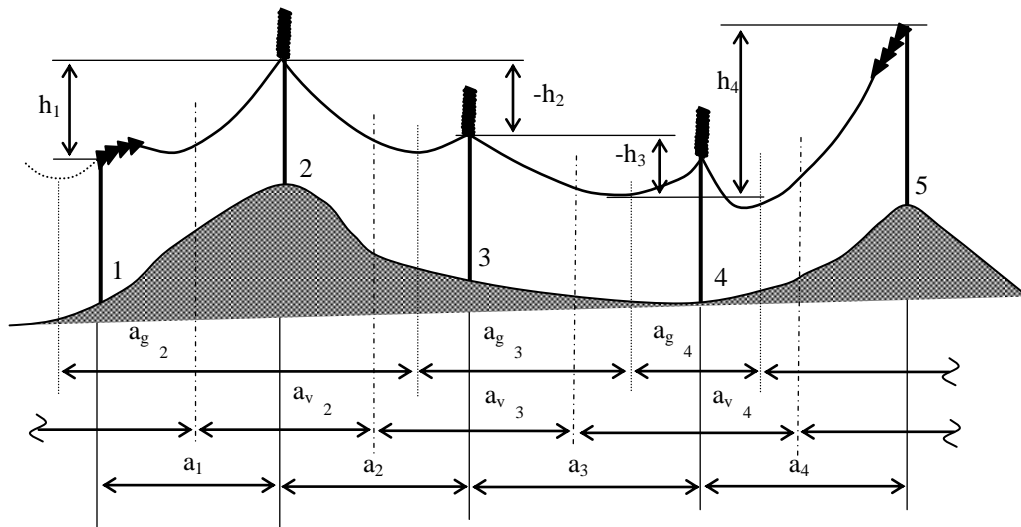


Figura 2 Explicarea deschiderilor a_{v_i} și a_{g_i} într-un panou al unei LEA

În relațiile (6) și (7) indicele i ia valori de la 1 la n , în care n reprezintă numărul stâlpilor din panoul analizat.

4. Calculul contragreutăților

Atunci când sarcina verticală rezultată este orientată în sus, stâlpul liniei fiind supus la smulgere sau când sarcina rezultată este de valoare prea mică și deci lanțul de izolatoare oscilează în condițiile de vânt cu valoare maximă, peste unghiul α_a , pentru care a fost proiectat stâlpul, este necesar să se atașeze, la clemele lanțurilor de izolatoare, contragreutăți. Acestea au rolul de a crea o sarcină verticală suplimentară, pentru atenuarea efectelor menționate anterior.

În procesul de proiectare, calculul contragreutăților se efectuează pentru două cazuri distincte și anume:

- în starea de 15°C și vânt;
- în starea de -30°C , fără vânt.

În finalul acestor calcule se alege valoarea maximă a contragreutăților obținute în cele două stări precizate anterior. La calcul contragreutăților, în cele două stări, se procedează în felul următor:

- Pentru starea de 15°C și vânt, se folosesc în procesul de calcul datele reprezentate în Figura 3: unghiul maxim de înclinare admis pentru lanțurile de susținere, notat cu α_a ; viteza vântului pe lanțul de izolatoare de susținere, notată cu V_{iz} ; greutatea lanțului de izolatoare de susținere, notată cu G_{iz} ; distanța minimă de apropiere față de părțile legate la pământ, în

condițiile de vânt cu valoare maximă, notată cu r . Distanțele minime admisibile între părțile aflate sub tensiune și părțile legate la pământ pe stâlpi sunt prezentate în Tabelul 1.

Scriind momentul forțelor în jurul punctului A din Figura 3, rezultă următoarea relație:

$$\operatorname{tg} \alpha_i = \frac{T_c + \frac{V_{iz}}{2}}{G_c + \frac{G_{iz}}{2}} \quad (8)$$

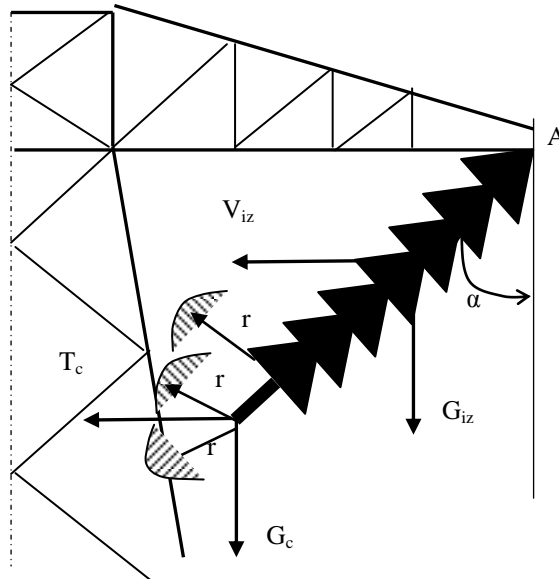


Figura 3 Stabilirea unghiului de înclinare al unui lanț de izolatoare de susținere

Distanțele minime admisibile între părțile aflate sub tensiune și părțile legate la pământ pe stâlpi

Tabelul 1

Condițiile meteo	Tensiunea nominală a liniei	
	1 kV $U_n \leq 20\text{kV}$	110 kV
	Distanța minimă r [cm]	
Temperatura medie 15 ⁰ C; viteza vântului între 0 și 10 m/s	25	90
Temperatura medie 15 ⁰ C; viteza vântului maximă	10	40

Dacă în relația (8) se înlocuiesc valorile tracțiunii T_c și greutateii G_c în conductor, funcție de deschiderile a_v și a_g , se obține următoarea formă:

$$\operatorname{tg} \alpha_i = \frac{g_{(4,n)} \cdot a_v + \frac{V_{iz}}{2}}{g_{(1,n)} \cdot a_g + \frac{G_{iz}}{2}} \quad (9)$$

unde, pentru un stâlp oarecare i din panou, deschiderile a_v și a_g se calculează cu relațiile (6), respectiv (7), în care T_0 reprezintă tracțiunea orizontală normată în conductor, la temperatura de 15°C , în daN.

În situația în care unghiul α_i , obținut din relația (9), rezultă mai mare decât cel impus de coronamentul stâlpului, este necesară montarea unor contragreutăți sau sarcini suplimentare care să permită limitarea înclinării lanțului de izolatoare la valoarea α_a . În acest caz, pentru calculul contragreutăților corespunzătoare unui stâlp i din panou, se utilizează următoarea expresie:

$$G_{ctrg\ i} = \frac{a_{v_i} \cdot g_{(4,n)} + \frac{V_{iz}}{2}}{tg\ \alpha_a} - a_{g_i} \cdot g_{(1,n)} - \frac{G_{iz}}{2} \quad [\text{daN}] \quad (10)$$

- Pentru starea de -30°C , fără vânt, se calculează deschiderea a_g , iar dacă deschiderea respectivă rezultă negativă, atunci forța rezultată verticală este îndreptată în sus, fiind necesar ca această forță să fie compensată cu contragreutăți.

În cazul unui stâlp oarecare i din panou, deschiderea a_{g_i} se determină cu relația (7), unde T_0 reprezintă tracțiunea orizontală normată în conductor, la temperatura de -30°C , în daN. Contragreutatea corespunzătoare acestui stâlp, pentru compensarea forței rezultate verticale, se calculează cu ajutorul expresiei următoare:

$$G_{ctrg\ i} = a_{g_i} \cdot g_{(1,n)} \quad [\text{daN}] \quad (11)$$

Folosirea contragreutăților în vederea atenuării efectului de smulgere a stâlpului, precum și a oscilațiilor lanțului de izolatoare, la vânt de valoare maximă, este limitată de tipul coronamentului stâlpului folosit. La proiectarea LEA, dacă este posibil, este de preferat să nu se utilizeze contragreutăți.

Pentru situațiile în care contragreutățile rezultate din calcul au valori reduse, se poate renunța la folosirea lor, utilizând, în practică, următoarele metode:

- Creșterea valorii săgeții de montaj a conductorului până la limita satisfacerii condițiilor impuse de normativ, reducându-se, în felul acesta, tracțiunea în conductor și unghiul de înclinare al lanțului de izolatoare.
- Pentru situațiile când valoarea contragreutăților necesare a fi montate la lanțurile de izolatoare de susținere simple nu depășește greutatea unui lanț dublu de susținere, se preferă montarea lanțului dublu de susținere în locul contragreutăților.

Atunci când valoarea contragreutăților este superioară greutății totale a lanțului dublu de susținere, se pot folosi lanțuri de susținere montate în V , care permit rigidizarea lanțului de susținere pe direcția vântului.

Dacă deschiderea la încărcări verticale a_g , calculată pentru temperatura minimă, rezultă negativă, în practica curentă se adoptă următoarele măsuri:

- atunci când forța verticală ce acționează asupra consolei, cu efect de smulgere, are o valoare inferioară celei admise de consola stâlpului, în locul stâlpului de susținere în aliniamentul LEA, se folosește un stâlp de susținere în colț, iar unghiul liniei, în acest caz, va scădea de la 200° la 198° .
- la valori mari ale forței verticale, în locul stâlpului de susținere se utilizează un stâlp de întindere.

5. Modul de desfășurare a lucrării

Studentii sau utilizatorii trebuie să certifice înțelegerea aspectelor teoretice precum și a modelului matematic care stau la baza programului de calcul *STRESS* în vederea determinării deschiderii la încărcare din vânt, a deschiderii la încărcări verticale și a calculului contragreutăților în cele două stări distincte și anume în starea de 15°C și vânt, respectiv în starea de - 30°C fără vânt.

Pentru exemplificare, se consideră o linie electrică aeriană simplu circuit cu tensiunea nominală de 110 kV. Conductoarele de fază ale liniei sunt realizate din OL-Al având secțiunea de 185/32 mm². Linia este prevăzută cu un conductor de protecție din OL-Al cu secțiunea de 95/55 mm². Traseul liniei propusă pentru analiză străbate zona meteorologică C. Tipul izolației la stâlpii de întindere este ID 110-2-CTS 120 având o lungime de 2,66 m. Caracteristicile panoului liniei propusă pentru studiu sunt prezentate în Tabelul 2.

Caracteristicile panoului

Tabelul 2

Stâlpi	Deschiderea [m]	Denivelarea [m]	cos φ	TRAC.ORIZ [daN/mm ²]
1 2	260,00	0,00	10000	16,4073
Temperatura critică (grade): 43,34				

Folosind programul de calcul *STRESS* se cere efectuarea calculului contragreutăților pentru linia propusă analizei și caracteristicile panoului prezentate anterior.