



18. 06. 2007.

Elementi elektroenergetskih sistema

REŠENJE ZADATKA IZ MEHANIČKOG PRORAČUNA NADZEMNOG VODA

Određivanje referentnog stanja za provodnike u analiziranom rasponu:

Minimalna normalna dodatna specifična težina usled leda je:

$$\gamma_{nd \min} = \frac{1,8\sqrt{d}}{S} = \frac{1,8\sqrt{14}}{150} = 449 \cdot 10^{-4} \text{ N / cm}^3.$$

Normalna dodatna specifična težina usled leda je:

$$\gamma_{nd} = k \cdot \gamma_{nd \min} = 1,6 \cdot 449 \cdot 10^{-4} = 7,184 \cdot 10^{-2} \text{ N / cm}^3.$$

Rezultantna specifična težina provodnika zajedno sa ledom je:

$$\gamma_R = \gamma + \gamma_{nd} = 10,684 \cdot 10^{-2} \text{ N / cm}^3.$$

Kritični raspon je:

$$a_{kr} = \sigma_{nd} \sqrt{\frac{360\alpha}{\gamma_R^2 - \gamma^2}} = 110 \sqrt{\frac{360 \cdot 189 \cdot 10^{-7}}{(10,184^2 - 3,5^2) \cdot (10^{-2})^2}} \approx 95 \text{ m}.$$

Poređenjem raspona sa kritičnim rasponom utvrđuje se da je $a > a_{kr}$. Zbog toga se najveće naprezanje provodnika javlja na temperaturi $t = -5^\circ\text{C}$ uz dodatno opterećenje usled leda i iznosi $\sigma_L = \sigma_{nd} = 110 \text{ MPa}$, odnosno referentno stanje provodnika je: $t_0 = -5^\circ\text{C}$, $\gamma_0 = \gamma_R$, $\sigma_0 = \sigma_{nd}$.

Prorčun ugiba provodnika:

Da bi se proračunao ugib provodnika pri bilo kojem stanju (temperaturi i dodatnom kontinualnom vertikalnom opterećenju) potrebno je odrediti naprezanje u provodniku i ono je definisano sedećom kubnom jednačinom:

$$\sigma^3 + A\sigma^2 = B.$$

Koeficijenti kubne jednačine su definisani sledećim relacijama:

$$A = E \cos \psi \left[\alpha(t+5) + \frac{a^2 \gamma_R^2 \cos^2 \psi}{24 \sigma_{nd}^2} \right] - \sigma_{nd} \quad B = \frac{a^2 \gamma^2 E \cos^3 \psi}{24}$$

Proračun ugiba provodnika faze A:

$$A = 78000 \left[189 \cdot 10^{-7} (60 + 5) + \frac{350^2 (10,684)^2 \cdot 10^{-4}}{24 \cdot 110^2} \right] - 110 = 361,4 \text{ MPa}$$

$$B = \frac{350^2 \cdot 0,035^2 \cdot 78000}{24} = 487703 \text{ MPa}^3$$

Kubna jednačina koja odgovara analiziranom stanju je:

$$\sigma_A^3 + 361,4 \sigma_A^2 = 487703$$

Rešenje se može potražiti iterativnim putem. Zna se da naprezanje mora ležati u opsegu: $0 < \sigma_A < 110 \text{ MPa}$.

Za konkretan slučaj dobija se:

$$\sigma_A = 35,07 \text{ MPa.}$$

Ugib provodnika faze A je:

$$f_A = \frac{a^2 \gamma}{8 \sigma_A} + \frac{a^4 \gamma^3}{384 \sigma_A^3} = \frac{350^2 \cdot 0,035}{8 \cdot 35,07} + \frac{350^4 \cdot 0,035^3}{384 \cdot 35,07^3} = 15,28 + 0,04 = 15,32 \text{ m}$$

Da bi se odredio ugib provodnika faze B potrebno je odrediti naprezanje provodnika na $t = +40^\circ \text{C}$.

Koeficijent A kubne jednačine je:

$$A = 78000 \left[189 \cdot 10^{-7} (20 + 5) + \frac{350^2 (10,684)^2 \cdot 10^{-4}}{24 \cdot 110^2} \right] - 110 = 302,43 \text{ MPa}$$

Koeficijent B ne zavisi od temperature, pa je isti kao u prethodnom slučaju. Jednačina stanja je:

$$\sigma_B^3 + 302,43 \sigma_B^2 = 487703 \Rightarrow \sigma_B = 37,86 \text{ MPa}$$

$$f_{+40} = \frac{a^2 \gamma}{8 \sigma_{40}} + \frac{a^4 \gamma^3}{384 \sigma_{40}^3} = \frac{350^2 \cdot 0,035}{8 \cdot 37,86} + \frac{350^4 \cdot 0,035^3}{384 \cdot 37,86^3} = 14,15 + 0,14 = 14,29 \text{ m}$$

Međufazno rastojanje između faznih provodnika faza A i B pri analiziranim uslovima je:

$$d_{AB} = D + f_B - f_A = 3 + 14,29 - 15,32 = 1,97 \text{ m} > S_R = 0,9 \text{ m}$$

Sigurnosno rastojanje pri analiziranim uslovima nije ugroženo!