

CEVASTI STUBOVI OD ČELIKA I TEHNIČKA PREPORUKA BROJ 10 a

Dj. Glišić, Elektrodistribucija – Beograd, Srbija ¹
V. Tomašević, Elektrodistribucija – Beograd, Srbija

UVOD

U toku rada na izrade teksta Tehničke preporuke [1] kao članovi radnog tima nismo imali dovoljno informacija o potpunim tehničkim zahtevima koje treba da zadovolji podužni spoj (fišek u fišek) dva dela stabla, osim podatka koji se koristio kod spajanja cevasto poligonalnih stabla ugrađenih na području Elektrodistribucije – Beograd da: dužina preklapanja ne sme da bude manja od 2,5 puta spoljašnji prečnik stabla na mestu spoja. Danas su u inostranoj stručnoj literaturi [2] potpuno definisani tehnički zahtevi za podužni spoj (fišek u fišek) dva dela stabla.

Metodologija statičkog proračuna cevastih poligonalnih stabala u domaćoj stručnoj literaturi još uvek nije dovoljno razvijena. U inostranoj stručnoj literaturi [2] postoji razvijena metodologija statičkog proračuna cevastih poligonalnih stabala.

TEHNIČKI ZAHTEVI ZA PODUŽNI SPOJ (FIŠEK U FIŠEK) DVA DELA POLIGONALNO KUPASTOG STABLA

Za ostvarenje pouzdanog podužnog spoja (fišek u fišek) dva dela poligonalnog kupastog stabla mora da se zadovolje sledeći tehnički zahtevi:

- za statički proračun spoja se uzima samo poprečni presek unutrašnjeg fišeka;
- nominalna dužina preklapanja je najmanje 1,5 puta spoljašnja najduža dijagonala spoljašnjeg fišeka;
- za spajanje na gradilištu (videti sliku 1), minimalna dužina preklapanja spoja ne sme da je kraća od 1,35 puta spoljašnja najduža dijagonala unutrašnjeg fišeka;
- čvrstoća zavrtnjeva za ostvarivanje potrebne dužine preklapanja spoja mora da bude veća od potrebne sile, uzimajući u obzir i odgovarajući parcijalni koeficijent sigurnosti;
- po potrebi, na oba fišeka mogu da se ugrade ankerne tačke za lakše nanošenje sile za ostvarenje potrebne dužine preklapanja (videti sliku 1);

¹ Đorđe Glišić, dipl.inž.el. – djglisic@edb.eps.co.yu

- prirast prečnika stabla ne sme da je manji od 10 mm/m;
- debljina zida stabla ne sme da bude veća od 16 mm.

Slika 1 [6]



Slika 2 [6]



Za stabla velike nosivosti spoj (fišek u fišek) dva dela poligonalnog kupastog stabla može da se ojača zavrtnjima klase 8.8 ili 10.9. Zavrtnji spojeva (fišek u fišek) mogu da budu na spoljašnjoj ili unutrašnjoj strani stabla. Ako su na unutrašnjoj strani, dimenzije stabla mora da budu takve da omoguće postavljanje penjalica unutar stabla.

METODOLOGIJA STATIČKOG PRORAČUNA POLIGONALNIH KUPASTIH STABALA

Za ova stabla se uglavnom koristi čelik kvaliteta S235 i S355 (čvrstoća na granici razvlačenja f_y 235 N/mm² i 355 N/mm² respektivno), premda veliki proizvođači koriste i čelik kvaliteta S500 (355 N/mm²) [7].

Sile i unutrašnji momenti (moment u preseku) se izračunavaju po teoriji elastičnosti, uzimajući u obzir linearnu zavisnost napon-deformacija. Sile i unutrašnji momenti (moment u preseku) treba da se odrede po teoriji drugog reda, međutim evropski standard dozvoljava proračun po teoriji prvog reda, ali mora da se poštuju sledeće relacije:

- za noseća, ugaono noseća i ugaona uporišta: $M^{II} = 1,05 \times M^I$;
- za zatezna, ugaono zatezna i zatezna uporišta: $M^{II} = 1,03 \times M^I$.

Unutrašnji moment (moment u preseku) po teoriji drugog reda se određuje sledećom relacijom:

$$M^{II} = \sum_{i=1}^{n_1} S_{V_i} \times f_{d_i} + \sum_{i=1}^{n_2} S_{H_i} \times h_i$$

gde je:

S_{V_i} – vertikalna sila;

S_{H_i} – horizontalna sila;

f_{d_i} – razmak tačke delovanja sile S_{V_i} od podužne ose stabla;

h_i – razmak tačke delovanja sile S_{H_i} od gornje površine temelja;

Otklon u vrhu stabla f_d se, zbog promene momenta inercije $I(x)$ u preseku x , izračunava sledećom relacijom:

$$f_d = 1/E \int_0^{L_M} M(x) \times x / I(x) dx$$

gde je:

L_M – dužina stabla od gornje površine temelja do vrha;

E – modul elastičnosti čelika;

x – koordinata koja počinje na početku otklona;

$M(x)$ – unutrašnji momenti (moment u preseku x).

Dozvoljena čvrstoća σ_{Rd} se izračunava sledećom relacijom:

$$\sigma_{Rd} = f_y / \gamma_M$$

gde je:

γ_M – parcijalni koeficijent sigurnosti.

Vrednosti parcijalnih koeficijenata sigurnosti su za neoslabljen poprečni presek $\gamma_{M1} = 1,10$, a za oslabljen poprečni preseka $\gamma_{M2} = 1,25$.

Da ne bi pod pritiskom došlo do lokalnog uvijanja ili savijanja zida stabla odnos debljine zida stabla t i ostalih mera mora da bude sledeći:

Za okrugle poprečne preseke:

$$d/t \leq \begin{cases} 176 \text{ za čelik kvaliteta S235} \\ 117 \text{ za čelik kvaliteta S355} \end{cases}$$

gde je:

d – spoljašnji prečnik.

Za poligonalne poprečne preseke sa 6 do 24 stranice:

$$b/t \leq \begin{cases} 42 \text{ za čelik kvaliteta S235} \\ 34 \text{ za čelik kvaliteta S355} \end{cases}$$

gde je:

b – spoljašnja širina stranice.

U slučaju poprečnih preseka koji mogu da budu oštećeni uvijanjem, nosivost na pritisak treba da bude određena uz uvažavanje lokalnog savijanja. Provera je efektivnim presekom A_{eff} i efektivnim otpornim momentom W_{eff} .

Napon σ_d kružnih poprečnih preseka se izračunava sledećom relacijom:

$$\sigma_d = (N_d / A + M_d / W_{el}) / \rho$$

gde je:

N_d – aksijalna sila;

A – površina poprečnog preseka;

M_d – moment savijanja;

W_{el} – otporni moment poprečnog preseka;

ρ – koeficijent oblika preseka.

Otporni moment W_{el} se dobija iz:

$$W_{el} = I / y$$

gde je:

y – udaljenost ivice od ose stabla.

Moment inercije pravilanog poligonalnog poprečnog preseka $I_{y,z}$, se dobija iz:

$$I_{y,z} = k_I (y,z) \times b^3 \times t$$

gde je:

k_I – koeficijent popravke momenta inercije poligonalnog poprečnog preseka.

Koeficijent popravke momenta inercije poligonalnog poprečnog preseka k_I , se dobija iz tabele 1.

Tabela 1 – Koeficijent popravke momenta inercije poligonalnog poprečnog preseka k_I

Broj strana	6	8	12	16
$k_{I(y)}$	2,71	6,16	21,39	51,22
$k_{I(z)}$	2,50	6,16	21,39	51,22

Za poprečne preseke kod kojih ne postoji rizik lokalnog uvijanja vrednost koeficijenta oblika preseka je $\rho = 1,0$, a za poprečne preseke kod kojih postoji rizik lokalnog uvijanja se izračunava sledećom relacijom:

$$\rho = 1,0 + [53 / (d/t)] \times (235 / f_y) = 0,7 + 12455 / [f_y \times (d/t)]$$

Napon σ_d poligonalnih poprečnih preseka kod kojih ne postoji rizik lokalnog uvijanja, se izračunava sledećom relacijom:

$$\sigma_d = N_d / A + M_d / W_{el}$$

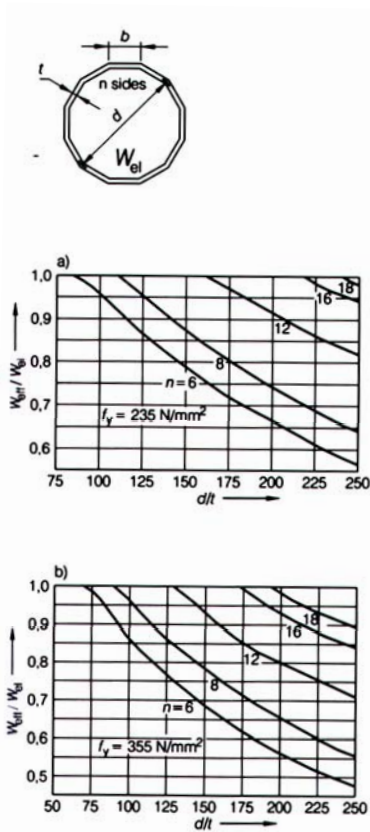
Napon σ_d poligonalnih poprečnih preseka kod kojih postoji rizik lokalnog uvijanja, se izračunava sledećom relacijom:

$$\sigma_d = N_d / A_{eff} + M_d / W_{eff}$$

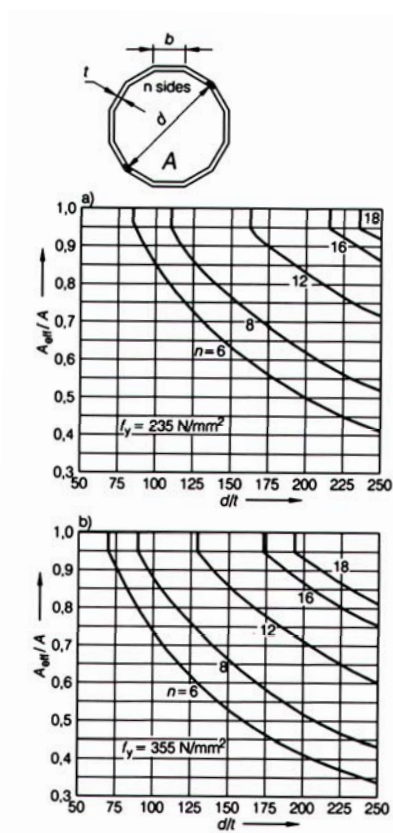
Efektivni poprečni presek A_{eff} i efektivni otporni moment poprečnog preseka W_{eff} , se određuju sa dijagrama na slikama 3 i 4.

Provera je da napon σ_d ne pređe čvrstoću σ_{Rd} :

$$\sigma_d / \sigma_{Rd} \leq 1$$



Slika 3 – Odnos efektivnog otpornog momenta W_{eff} i otpornog momenta W_{el} poligonalnih poprečnih



preseka za a) S235; b) S355

Slika 4 – Odnos efektivne površine poprečnog preseka A_{eff} prema površini poprečnog preseka A poligonalnih poprečnih preseka za a) S235; b) S355

Pored potvrđivanja stabilnosti, u stručnoj literaturi se uzima u obzir i upotrebljivost stabla s obzirom na otklon u vrhu pri dejstvu sile, bilo da je ona maksimalna ili srednje godišnja; međutim za distributivne nadzemne vodove se ne uzima u obzir da veličina otklona stabla u vrhu utiče na smanjenje razmaka između provodnika u rasponu, tako da se upotrebljivost stabala sa tog stanovišta ne treba da ocenjuje.

ZAKLJUČAK

1. Potrebno je da se Tehnička preporuka broj 10 a – Tehnički zahtevi za projektovanje, proizvodnju, temeljenje i korišćenje stubova za distributivne nadzemne vodove niskog i srednjeg napona [1], dopune tehnički zahtevi koje treba da zadovolji podužni spoj (fišek u fišek) dva dela cevastog stabla od čelika u smislu ovog rada.
2. Da metodologija statičkog proračuna mora da je prema EN 50341-1: Overhead electrical lines exceeding AC 45 kV: Part 1: General requirements – Common specifications: Annex K.

LITERATURA

1. EPS – Direkcija za distribuciju električne energije, 2005, "Tehnička preporuka broj 10 a – Tehnički zahtevi za projektovanje, proizvodnju, temeljenje i korišćenje stubova za distributivne nadzemne vodove niskog i srednjeg napona".
2. F. Kiessling, P. Nefzger, J.F. Nolasco, U. Kaintzyk, 2003, "Overhead Power Lines", Springer – Verlag Berlin Heidelberg New York, Poglavlje 12.6.
3. EN 50341-1: Overhead electrical lines exceeding AC 45 kV: Part 1: General requirements – Common specifications. Brusseles, CENELEC, 2001.
4. EN 50341-3: Overhead electrical lines exceeding AC 45 kV: Part 3: National Normative Aspects (NNA). Brusseles, CENELEC, 2001.
5. EN 50341-3-4: Overhead electrical lines exceeding AC 45 kV: Part 3-4: National Normative Aspects (NNA) for Germany. Brusseles, CENELEC, 2001.
6. Petitjean, Presentacija Petitjean Transpole, slike na stranama 16 i 20.
7. Petitjean, 1999-05-07, Technical Specification Distripole, strana 7.
8. Pravilnik o tehničkim normativima za noseće čelične konstrukcije ("Sl. list SFRJ", br. 61/86).