

Elementi elektroenergetskih sistema

- Granični raspon
 - Idealni raspon
- Karakteristične etape u izgradnji elektroenergetskih vodova
 - Ovesna oprema

2.1.9 Granični raspon

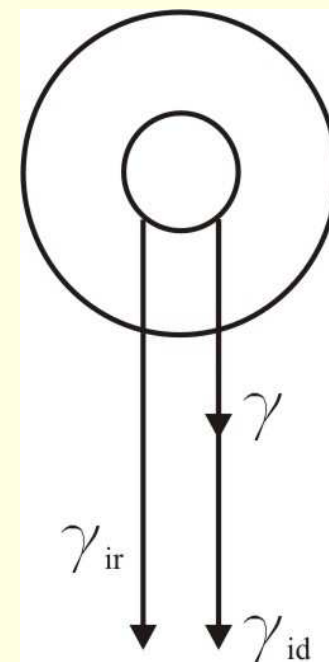
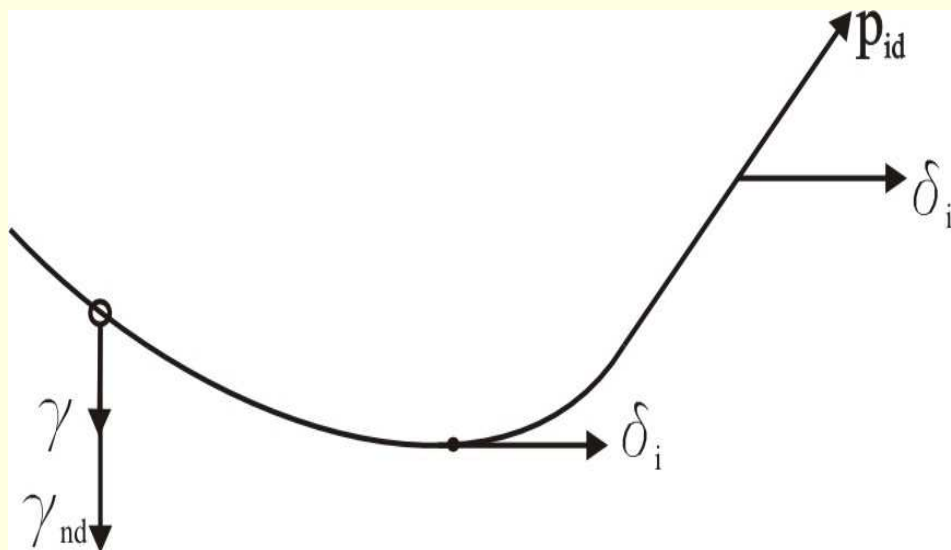
- Granični raspon je onaj raspon kod koga se u tački vešanja provodnika dostiže izuzetno dozvoljeno naprezanje provodnika p_{id} , pri izuzetnom dodatnom opterećenju γ_{id} , usled leda ($\gamma_{id} = m \cdot \gamma_{nd}$) koje je najmanje dva puta veće od normalnog dodatnog opterećenja.

2.1.9 Granični raspon

- Uvedeno je izuzetno dozvoljeno naprezanje p_{id} , koje reprezentuje ukupno naprezanje u tački vešanja, pr. $p_{id} > \delta_i$
- δ_i = horizontalna komponenta naprezanja u tački vešanja uvažava se da je ukupno naprezanje u tački vešanja veće od horizontalne komponente naprezanja.

2.1.9 Granični raspon

def: $p_{id} > \delta_i + f_m \cdot \gamma_{ir}$



γ_{ir} = rezultatno opterećenje provodnika pri izuzetnom dodatnom opterećenju

2.1.9 Granični raspon

■ Za prave kratke raspone je: $f_m = \frac{a^2 \cdot \gamma}{8 \cdot \delta}$, a za

granični raspon je: $\gamma = \gamma_{ir}; a = a_{gr}; \delta = \delta_i$

$$p_{id} > \delta_i + \frac{a_{gr}^2}{8 \cdot \delta} \cdot \gamma_{ir}^2, \text{ odnosno } a_{gr}^2 = \frac{8 \cdot \delta_i \cdot p_{id}}{\gamma_{ir}^2} - \frac{8 \cdot \delta_i^2}{\gamma_{ir}^2}, \delta_i = ?$$

2.1.9 Granični raspon

- Da bi se gornji izraz primenio mora se naći δ_i , za ovaj granični slučaj. Polazi se od pretpostavke da je granični raspon veći od kritičnog ($a_{gr} > a_{kr}$), što je logično, jer granični raspon je praktično najduži raspon koji se sa određenim materijalom i za određene klimatske uslove, može realizovati.

2.1.9 Granični raspon

- Znači, granični raspon pokazuje koliki, za odredjeni material (δ_{id}, δ_{nd}) i klimatske uslove (γ_r, γ_{ir}) može biti najveći raspon.
- Uslov $a = a_{gr} > a_{kr}$, znači da je stanje „0” , -5°C+led

$t_0 = -5^{\circ}\text{C}$	$\gamma_0 = \gamma_r = \gamma + \gamma_{nd}$	$\delta_0 = \delta_{nd}$
$t = -5^{\circ}\text{C}$	$\gamma = \gamma_{ir} = \gamma + m \cdot \gamma_{nd}$	$\delta = \delta_i$

2.1.9 Granični raspon

- Stanje kada je realizovan granični raspon ;
naprezanje δ_i , izuzetni dodatni teret je $m \cdot \gamma_{nd}$
- Jednačina promene stanja provodnika, u kojoj su
zamenjene vrednosti:

$$\frac{a^2 \cdot \cos^2 \psi}{24} \cdot \left(\frac{\gamma^2}{\delta^2} - \frac{\gamma_0^2}{\delta_0^2} \right) = (t - t_0) \cdot \alpha + \frac{\delta - \delta_0}{E \cdot \cos \psi} \quad (\cos \psi = 1)$$

$$\frac{a^2}{24} \cdot \left(\frac{\gamma_{ir}^2}{\delta_i^2} - \frac{\gamma_r^2}{\delta_{nd}^2} \right) = (t - t_0) \cdot \alpha + \frac{\delta_i - \delta_{nd}}{E}$$

2.1.9 Granični raspon

- Nepoznate a i δ_i . Ako se iz prve jednačine zameni a_{gr}^2 u drugu, dobija se:

$$\frac{8 \cdot \delta_i}{24} \cdot \left(\frac{p_{id}}{\gamma_{ir}^2} - \frac{\delta_i}{\gamma_{ir}^2} \right) \cdot \left(\frac{\gamma_{ir}^2}{\delta_i^2} - \frac{\gamma_r^2}{\delta_{nd}^2} \right) = \frac{\delta_i - \delta_{nd}}{E}$$

$$\delta_i^3 \cdot \frac{E}{3 \cdot \delta_{nd}^2} \cdot \left(\frac{\gamma_r}{\gamma_{ir}} \right)^2 - \delta_i^2 \cdot \left[1 + \frac{p_{id} \cdot E}{3 \cdot \delta_{nd}^2} \cdot \left(\frac{\gamma_r}{\gamma_{ir}} \right)^2 \right] + \delta_i \cdot \left(\delta_{nd} - \frac{E}{3} \right) + \frac{p_{id} \cdot E}{3} = 0$$

$$\Phi(\delta_i) = 0 \Rightarrow \delta_i$$

2.1.9 Granični raspon

- Iz ove kubne jednačine izračunava se odgovarajuće δ_i i potom uvrsti u izraz za granični raspon:

$$a_{gr} = \frac{2}{\gamma_{ir}} \cdot \sqrt{2 \cdot \delta_i \cdot (p_{id} - \delta_i)}$$

- Približan izraz za granični raspon je izveden uz sledeće pretpostavke:

$$m = \frac{\gamma_{id}}{\gamma_{nd}} = 2$$

2.1.9 Granični raspon

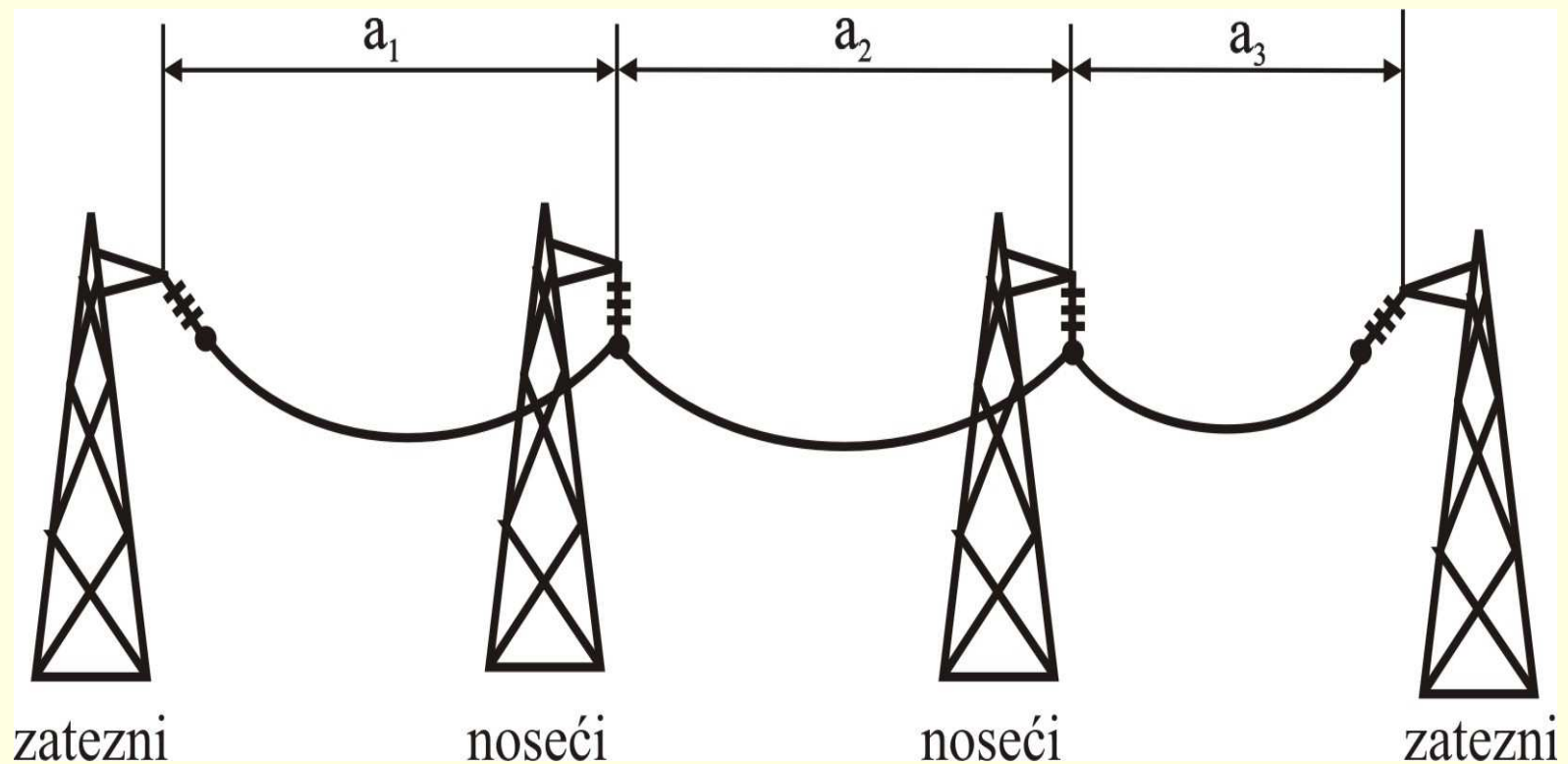
$p_{id} \approx \delta_i \approx \delta_{id}$, odnosno $\delta_i = \delta_{id}$ - izuzetno dozvoljeno naprezanje, dobija se:

$$a_{gr} \approx \sqrt{\frac{\frac{24}{E} \cdot (\delta_{id} - \delta_{nd})}{\frac{\gamma_{ir}^2}{\delta_{id}^2} - \frac{\gamma_r^2}{\delta_{nd}^2}}}$$

Ovaj izraz je na strani nesigurnosti, npr. Granični raspon izračunat po približnom izrazu je veći od odgovarajuće vrednosti dobijene primenom tačnog izraza.

2.1.10 Idealni raspon

Jednačine stanja provodnika polaze od pretpostavke
da su tačke vešanja provodnika fiksne.



2.1.10 Idealni raspon

- Kod nadzemnog voda imamo dve vrste stubova:
- Hoseće – dimensionisani tako da podnose vertikalne sile i momente, koji potiču od sile vetra na sam stub i provodnike.
- Zatezne – podnose isto što i noseći + momente koji potiču od sile zatezanja provodnika.

2.1.10 Idealni raspon

- Na slici je prikazano jedno zatezno polje – rastojanje između dva susedna zatezna stuba. (maksimalna dužina zateznog polja po pravilu ne prelazi 8km ili 30 raspona. Teži se da rasponi u zateznom polju budu jednaki, ili to u praksi nije uvek moguće postići).

2.1.10 Idealni raspon

- Na zateznim stubovima tačke vešanja provodnika su fiksne.
- Tačke vešanja na nosećim stubovima su fiksne ako se koriste potporni izolatori (najčešće na $U_n < 35kV$). Na dalekovodima viših napona koriste se viseći izolatori, koji su labavo okačeni na konzolu nosećeg stuba, tako da se tačke vešanja provodnika pomeraju.

2.1.10 Idealni raspon

- Pri promeni temperature, provodnici u rasponima različitih dužina različito se izdužuju, tako da se tačke vešanja pomeraju, ali tako da naprezanje u svim rasponima u celom zateznom polju bude jednako.
- Jednačina stanja provodnika izvedena je pod pretpostavkom da je $a = \text{const}$.

2.1.10 Idealni raspon

- Ako je raspon promenljiv, polaznu jednačinu stanja provodnika treba proširiti članom koji definiše izduženje provodnika zbog promene raspona. Jednačina koja uvažava činjenicu da tačke vešanja provodnika na visećim izolatorskim lancima nisu fiksne:

$$\Delta L = \Delta L_t + \Delta L_\delta + \Delta L_a$$

ΔL_a = izduženje provodnika zbog promene raspona

2.1.10 Idealni raspon

- Za umereno kose raspone imamo sada jednačinu oblika:

$$\frac{a_j^2 \cdot \cos^2 \psi_j}{24} \cdot \left(\frac{\gamma^2}{\delta^2} - \frac{\gamma_0^2}{\delta_0^2} \right) = (t - t_0) \cdot \alpha + \frac{\delta - \delta_0}{E \cdot \cos \psi_j} + \cos \psi_j \cdot \frac{\Delta L_{a_j}}{a_j}; j = \overline{1 \dots n}$$

j = raspon

- Odnosno kada se ovakve jednačine napišu za sve raspone, saberu i uzme se u obzir da su tačke vešanja na zateznim stubovima fiksne suma svih članova $\cos \psi \cdot \frac{\Delta L}{a} \approx 0$, pa dobijamo jednačinu promene stanja provodnika:

$$\frac{a_i^2 \cdot \cos^2 \psi_{a_i}}{24} \cdot \left(\frac{\gamma^2}{\delta^2} - \frac{\gamma_0^2}{\delta_0^2} \right) = (t - t_0) \cdot \alpha + \frac{\delta - \delta_0}{E \cdot \cos \psi_{a_i}}$$

gde su: a_i = idealni raspon i $\cos \psi_{a_i}$ = kosinus nagiba idealnog raspona

2.1.10 Idealni raspon

- Izračunavaju se na sledeći način:

$$\cos \psi_{a_i} = \frac{\sum_{j=1}^n a_j}{\sum_{j=1}^n \frac{a_j}{\cos \psi_j}} \quad j = \overline{1 \dots n} \quad (\text{rasponi u jednom zateznom polju})$$

$$a_i \cdot \cos \psi_{a_i} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n a_j^3 \cdot \cos^2 \psi_j}{\sum_{j=1}^n a_j}}$$

2.1.10 Idealni raspon

- Def: a_i , je raspon koji se koristi u proračunima da bi se u nekom zateznom polju gde su rasponi različite dužine, a tačke učvršćenja na različitim visinama mogla izračunati naprezanje i ugib.

2.1.10 Idealni raspon

- Zaključak: Sve proračune u zateznom polju treba vršiti sa a_i :
 - izračunaju se $\cos \psi_{a_i}$ i $a_i \cdot \cos \psi_{a_i}$ (ili samo a_i ako je raspon prav)
 - nadje a_{kr} , pa na osnovu $a_{kr} > a_i$ ili $a_{kr} < a_i$, nadje se stanje „0”, (porede se bez obzira što u zateznom polju može i većih i manjih stvarnih raspona od kritičnog)
 - izračuna se δ koje je jednako za sve raspone u jednom zateznom polju
 - izračuna se ugib kao:
$$f_j = \frac{a_j^2 \cdot \gamma}{8 \cdot \delta \cdot \cos \psi_j}$$

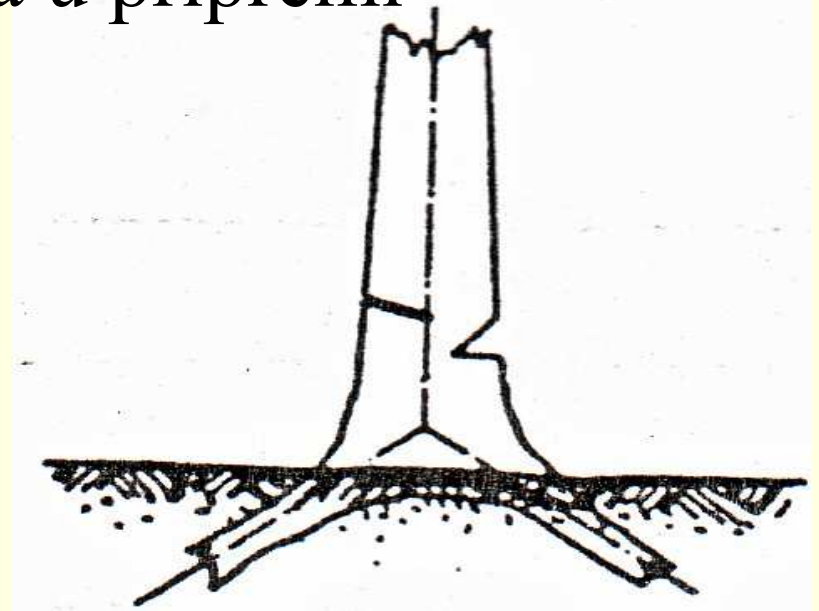
2.1.11 Karakteristične etape u izgradnji elektroenergetskih vodova

Karakteristične etape su:

- ✓ pripremni radovi,
- ✓ građevinski radovi,
- ✓ elektromontažni radovi,
- ✓ završni radovi.

2.1.11 Karakteristične etape u izgradnji elektroenergetskih vodova

- ✓ Pripremni radovi
 - Izrada privremenih objekata
 - Priprema trase voda
 - Na slici je dat zasek stabla u pripremi trase voda



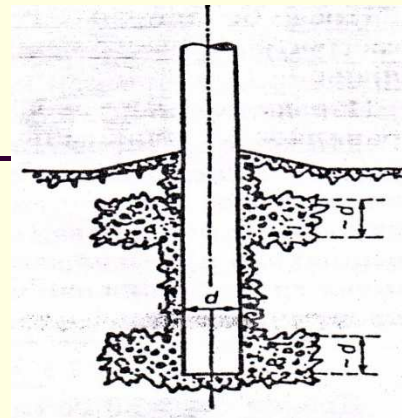
2.1.11 Karakteristične etape u izgradnji elektroenergetskih vodova

✓ Građevinski radovi

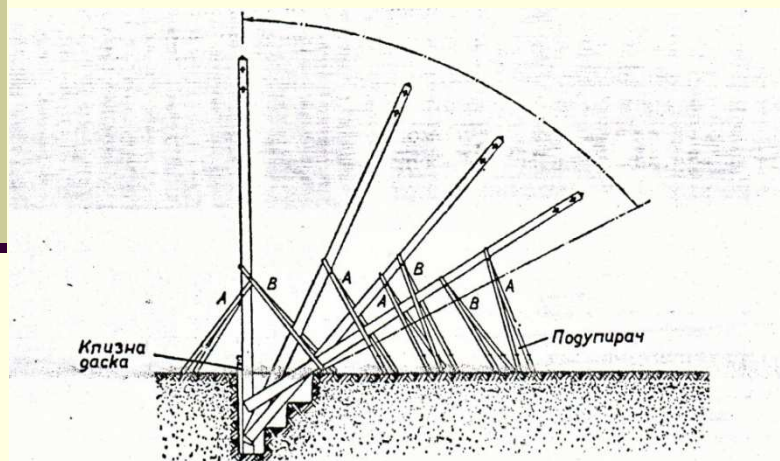
- Kopanje jama za temeljenje stubova (slika 2.2.)
- Izrada temelja (slika 2.3.)
- Sastavljanje i podizanje stubova:
 - pomoću podupirača (slika 2.4.)
 - potacijom oko pomoćnog stuba A (slike 2.5.)
 - pomoću montažne igle (slika 2.6.)
 - pomoću mehanizacije i helikoptera (slike 2.7. i 2.8.).



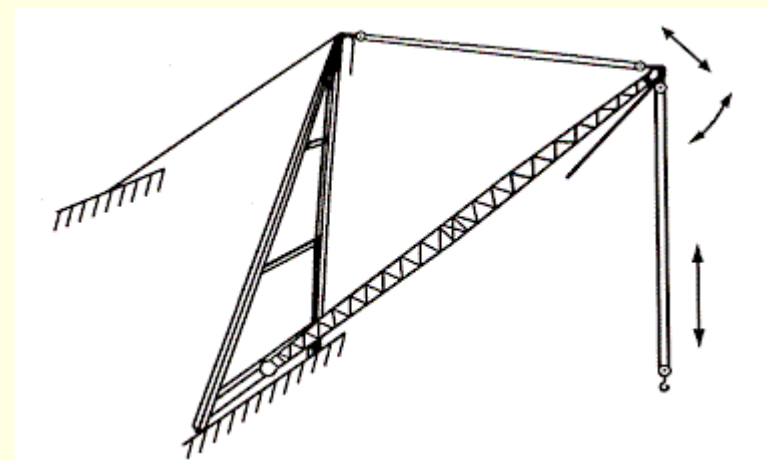
Slika 2.2. Oblik ručno kopane jame za stub



Slika 2.3. Uklještenje stuba sa dva venca od krupnog kamena



Slika 2.4. Podizanje stuba pomoću podupirača



Slika 2.5. Podizanje stuba pomoću stuba tipa A

2.1.11 Karakteristične etape u izgradnji elektroenergetskih vodova



Slika 2.6. Podizanje stuba pomoću montažne igle



Slika 2.7. Podizanje stuba pomoću dizalice



Slika 2.8. Podizanje stubova pomoću helikoptera

2.1.11 Karakteristične etape u izgradnji elektroenergetskih vodova

- ✓ Elektromontažni radovi
- Pripremni radovi
- Transport opreme i mehanizacije (slika 2.9.)



Slika 2.9. Utovar i istovar bubnjeva pomoću dizalice

2.1.11 Karakteristične etape u izgradnji elektroenergetskih vodova

- Kontrola alata, mehanizacije i opreme
- Montiranje opreme na stubovima (slika 2.10)



Slika 2.10. Montiranje nosača izolatora i izolatora na stub

2.1.11 Karakteristične etape u izgradnji elektroenergetskih vodova

- Priprema za razvlačenje provodnika
- Razvlačenje provodnika:
 - ☐ ručno
 - ☐ pomoću vučnog užeta



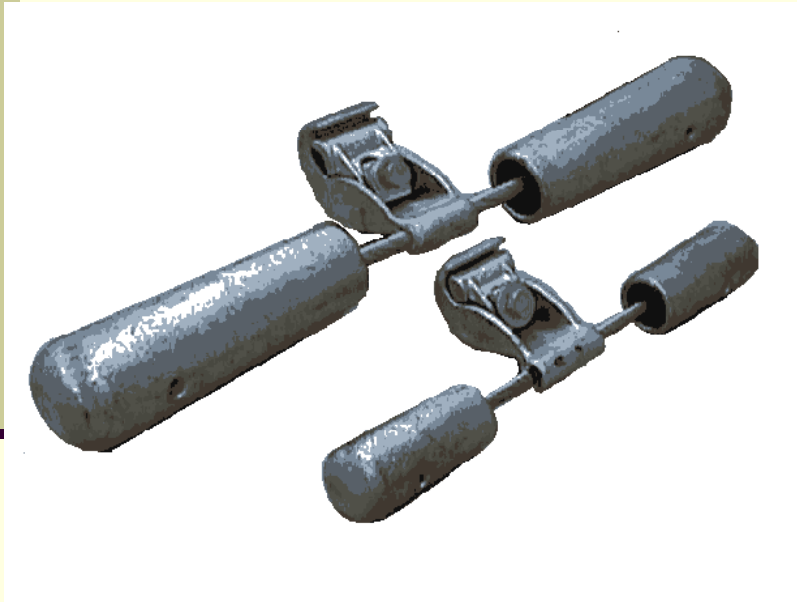
Slika 2.11. Vučna mašina i motalica



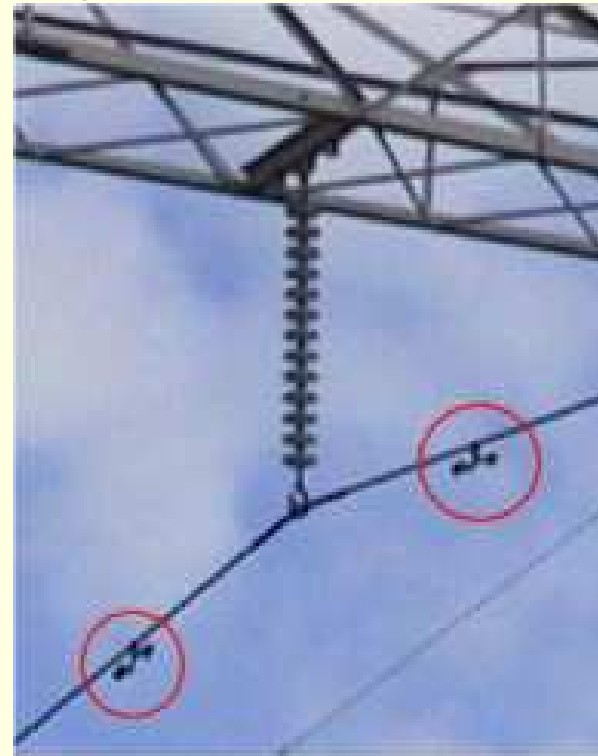
Slika 2.12. Kočnica

2.1.11 Karakteristične etape u izgradnji elektroenergetskih vodova

- Izrada mostova
- Montiranje prigušivača vibracija (slike 2.12. i 2.13.)



Slika 2.12. Prigušivač vibracija

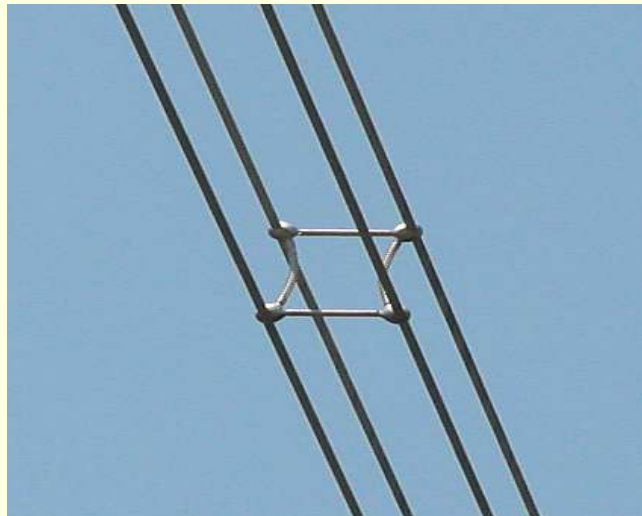


Slika 2.13. Montiranje prigušivača vibracija

2.1.11 Karakteristične etape u izgradnji elektroenergetskih vodova

✓ Završni radovi

- Montiranje rastojnika (slika 2.15.)
- Izrada dodatnih veza kod zaštitne užadi



Slika 2.14. Rastojnik za četiri provodnika



Slika 2.15. Montiranje rastojnika

2.1.12 Ovesna oprema

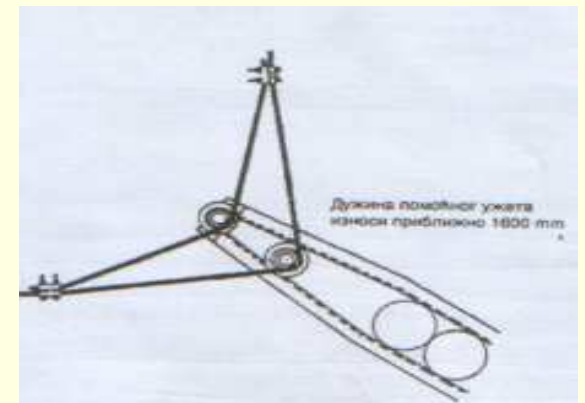
Pričvrščivanje provodnika na potpotrne izolatore (vezovi)

□ Vezovi na nosećim stubovima:

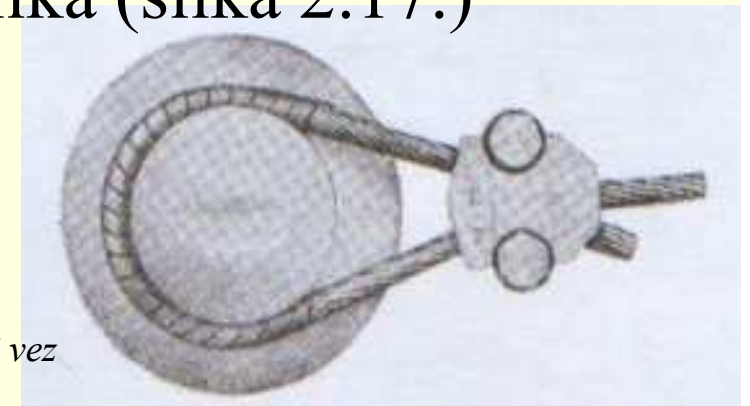
- jednostavni unakrsni vez,
- pojačani unakrsni vez,
- stremenasti vez,
- dvostruki vez.

□ Vezovi na zateznim stubovima slika (slika 2.17.)

□ Vezovi na krajnjim stubovima



Slika 2.16. Vez na ugaonom stubu

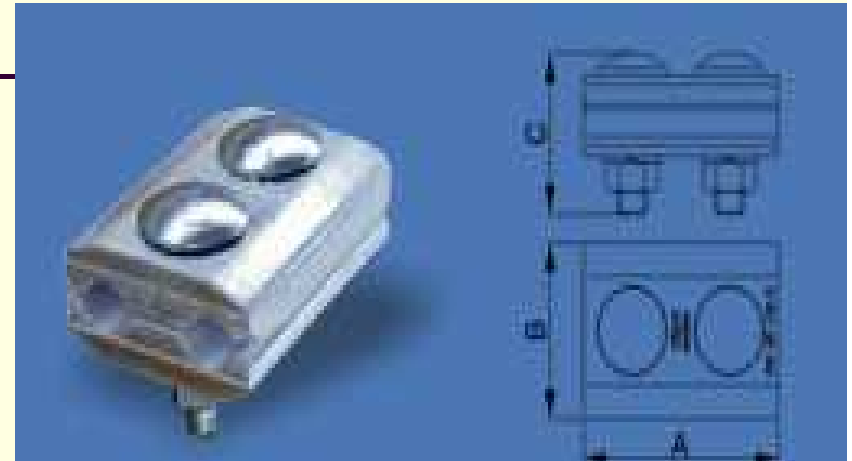


Slika 2.17. Zatezni vez

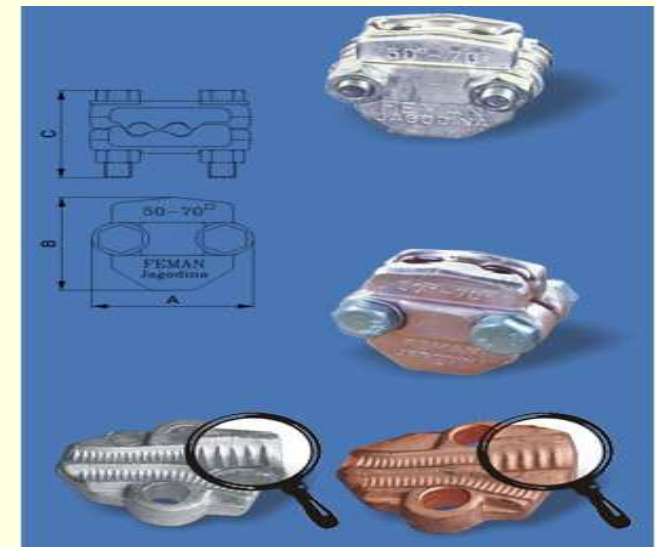
2.1.12 Ovesna oprema

✓ Stezaljke

- Noseće stezaljke.
- Zatezne stezaljke.
- Priključne stezaljke.
- Stezaljke u vodovima sa potpornim izolatorima.
- Strujne stezaljke (slika 2.18.).
- Odvojne stezaljke.
- Kombinovane strujne stezaljke.
- Nazubljene stezaljke.
- Zatezne stezaljke (slika 2.19.).



Slika 2.18. Strujna stezaljka



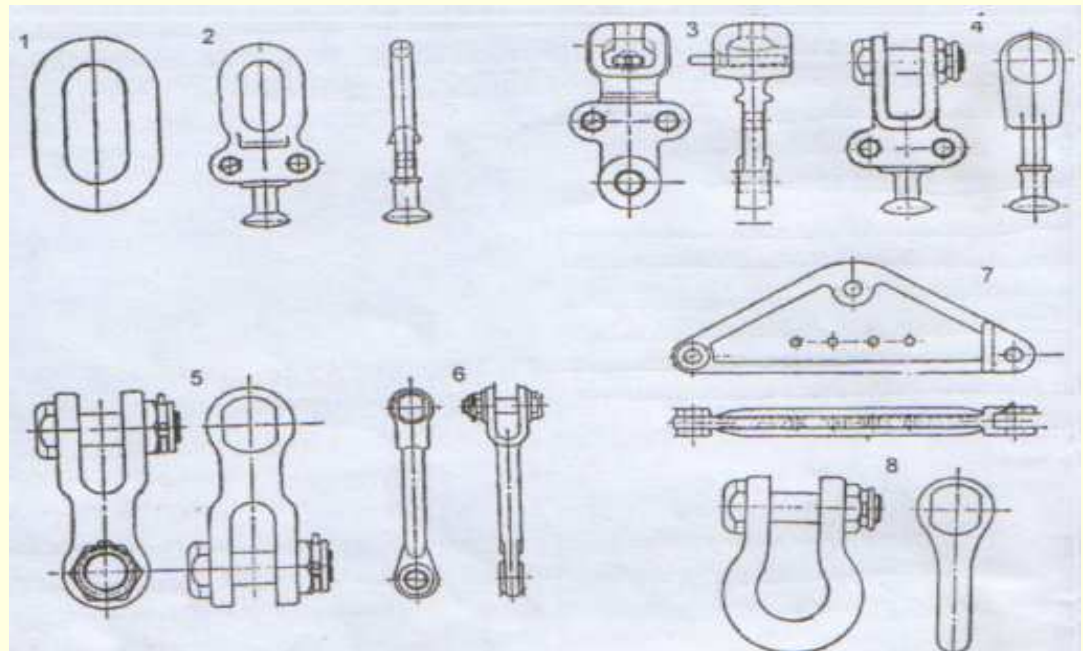
Slika 2.19. Zatezna stezaljka

2.1.12 Ovesna oprema

- ✓ Pribor za vešanje izolatorskih lanaca (slika 2.20.)

čine:

1. karika,
2. karika sa batićem,
3. zdelica sa očkom,
4. vilica sa batićem,
5. vilica sa vilicom,
6. produžnik,
7. odstojnik,
8. škopac.



Slika 2.20. Ovesna oprema