

Elementi elektroenergetskih sistema

- Povezivanje EES-a u velike sinhronne interkonekcije
 - Elementi elektroenergetskih sistema
 - Nadzemni vod
 - Mehanički proračun nadzemnih vodova
 - Provodnici nadzemnih vodova
 - Naprezanje provodnika

1.4 Povezivanje EES-a u velike sinhronne interkonekcije

- Povezivanje EES-a pojedinih zemalja je uslovljeno ekonomskim faktorima. Osnovne prednosti povezivanja u velike sinhronne interkonekcije:
 - ekonomičnije iskorišćenje izvora koje omogućava pokrivanje (zadovoljenje) veće potrošnje sa datom instalisanom snagom
 - sniženje rezerve snage u pojedinim sistemima u interkonekciji
 - mogućnost korišćenja velikih agregata (300-600-1000 MW)
 - povećanje pouzdanosti i sigurnosti napajanja potrošača
 - bolji kvalitet električne energije (stabilnija učestanost i manje varijacije napona)

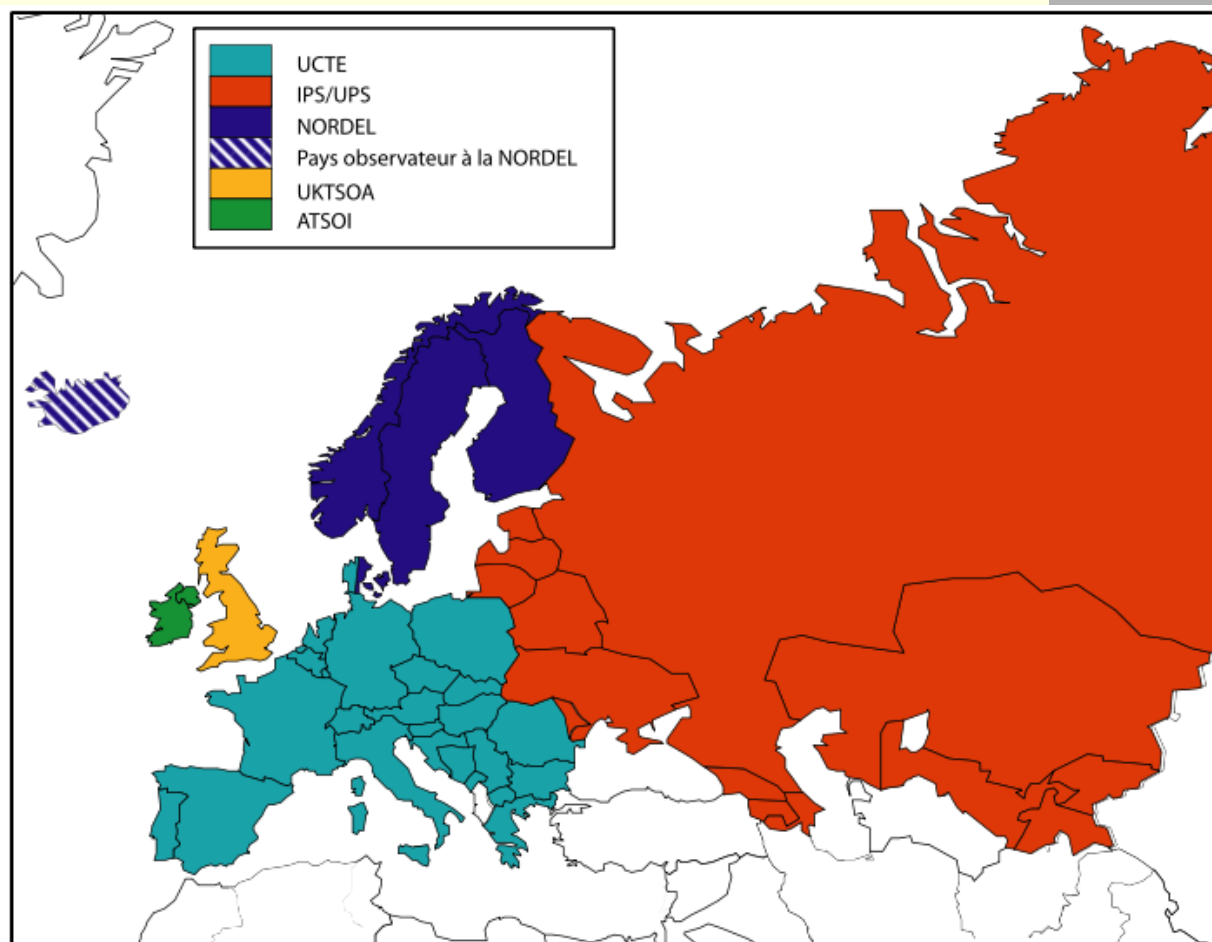
1.4 Povezivanje EES-a u velike sinhronne interkonekcije

- Nacionalni prenosni sistemi se povezuju dalekovodima visokog napona kako bi se ostvario sigurniji, pouzdaniji i stabilniji rad, odnosno stvorila mogućnost za međusobnu razmenu električne energije. Iz tih razloga se 70-ih godina i elektroenergetski sistem tadašnje SFRJ povezao sa zapadnoevropskom interkonekcijom.
- Sa deregulacijom energetskog sektora, koja je otpočela u poslednjoj dekadi prošlog veka, do izražaja je došla sve veća važnost koordinacije aktivnosti operatora prenosnog sistema, pre svega usled intenzivne prekogranične trgovine električnom energijom.

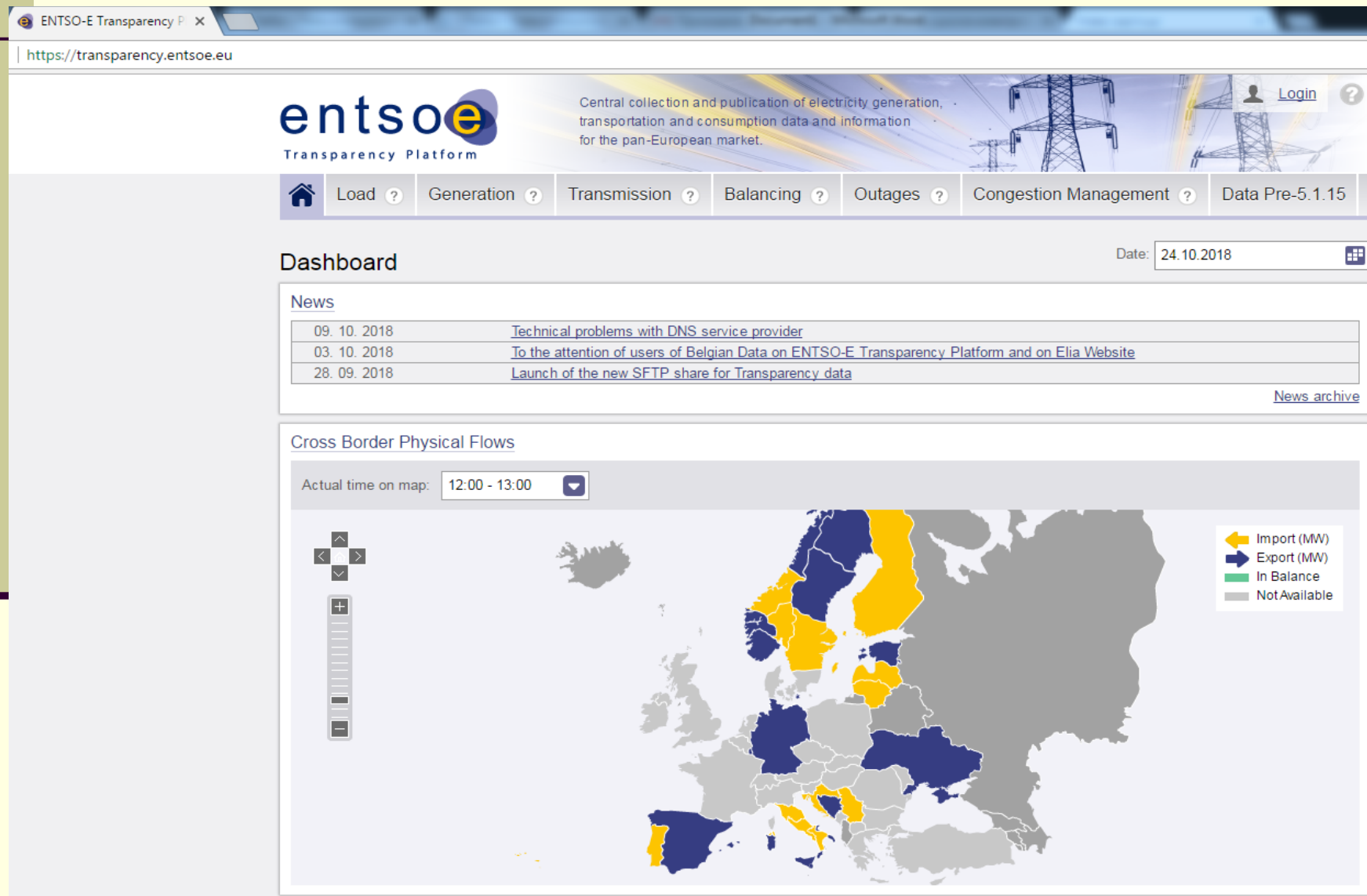
1.4 Povezivanje EES-a u velike sinhronne interkonekcije

- Time se javila i potreba da se uspostave jedinstveni standardi i kriterijumi za rad sistema u svim delovima Evrope, što je na osnovu evropske regulative dovelo do prestanka rada udruženja operatora prenosnih sistema po sinhronim oblastima (UCTE, NORDEL, ATSOI, BALTSO i UKTSOA), kao i ETSO (European Transmission System Operators) asocijacije i prenošenje njihovih poslova i nadležnosti na ENTSO-E (European Network of Transmission System Operators for Electricity, sajt: www.entsoe.eu) asocijaciju, čiji je EMS punopravni član.

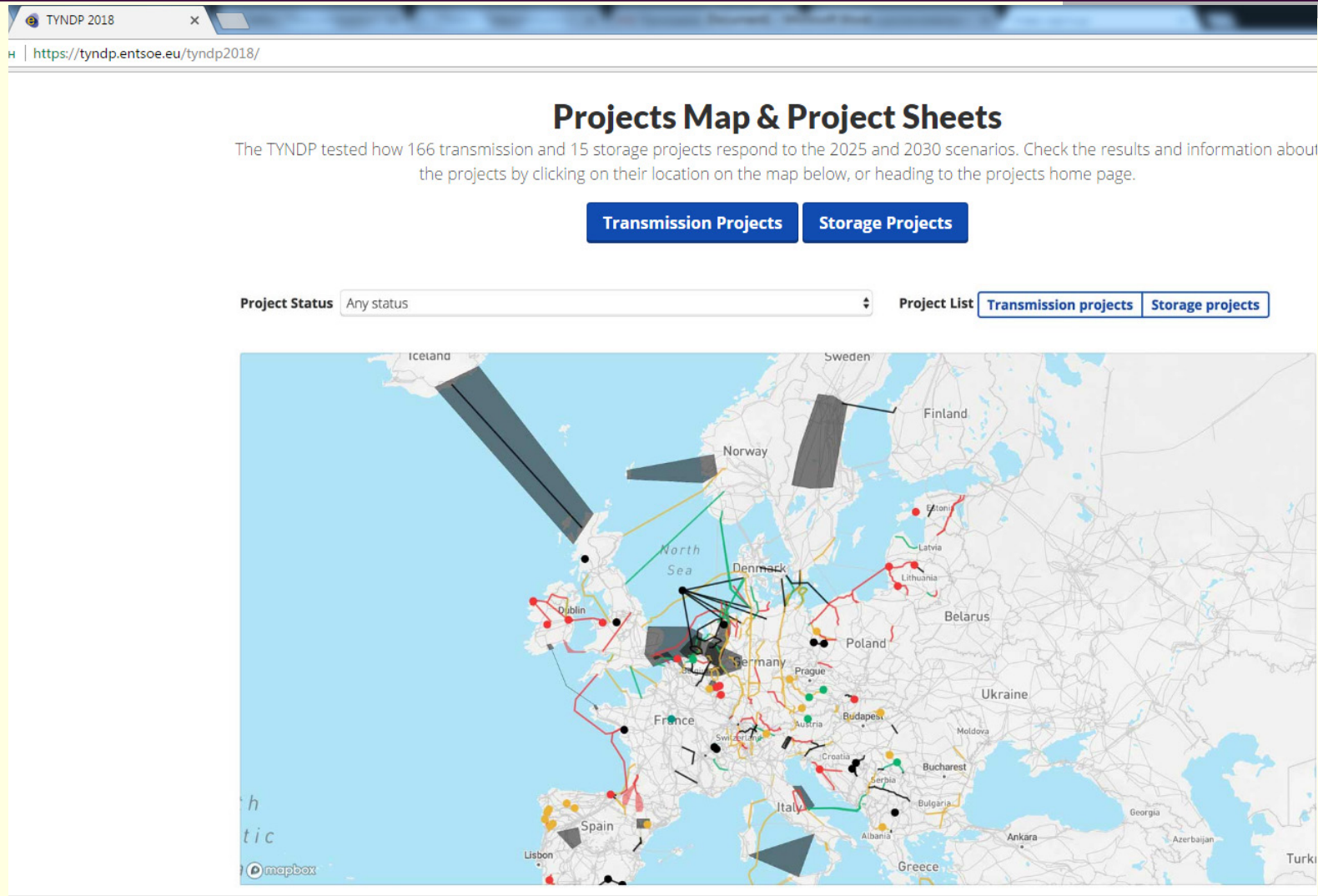
1.4 Povezivanje EES-a u velike sinhrone interkonekcije



European Network of Transmission System Operators for Electricity (ENTSO-E) /Evropska mreža operatora prenosnog sistema za električnu energiju/



1.4 Povezivanje EES-a u velike sinhronne interkonekcije



1.4 Povezivanje EES-a u velike sinhronne interkonekcije

- Rad ENTSO-E asocijacije organizovan je u okviru sledećih komiteta:
 - Komitet za rad sistema;
 - Komitet za razvoj sistema;
 - Komitet za tržište;
 - Komitet za istraživanje i razvoj;
 - Digitalni komitet.
- Podršku u radu svim komitetima daje grupa za pravno-regulatorna pitanja. Komiteti se sastoje od funkcionalnih radnih grupa (posvećenih određenoj stručnoj problematici), regionalnih grupa (koje imaju svoje podgrupe), ad-hok timova i projekatnih grupa.

1.5 Elementi EES

- U proizvodnim kapacitetima EES-a osnovni energetski element je sinhroni generator.
- U proizvodnim, prenosnim i distributivnim kapacitetima važan energetski element je energetski transformator.
- U prenosnim i distributivnim mrežama osnovni energetski element je nadzemni vod i vazdušni vod (dalekovod).
- U manjoj meri javljaju se kablovski vodovi.
- U širem smislu i potrošači su elementi EES-a.

2 Nadzemni vod

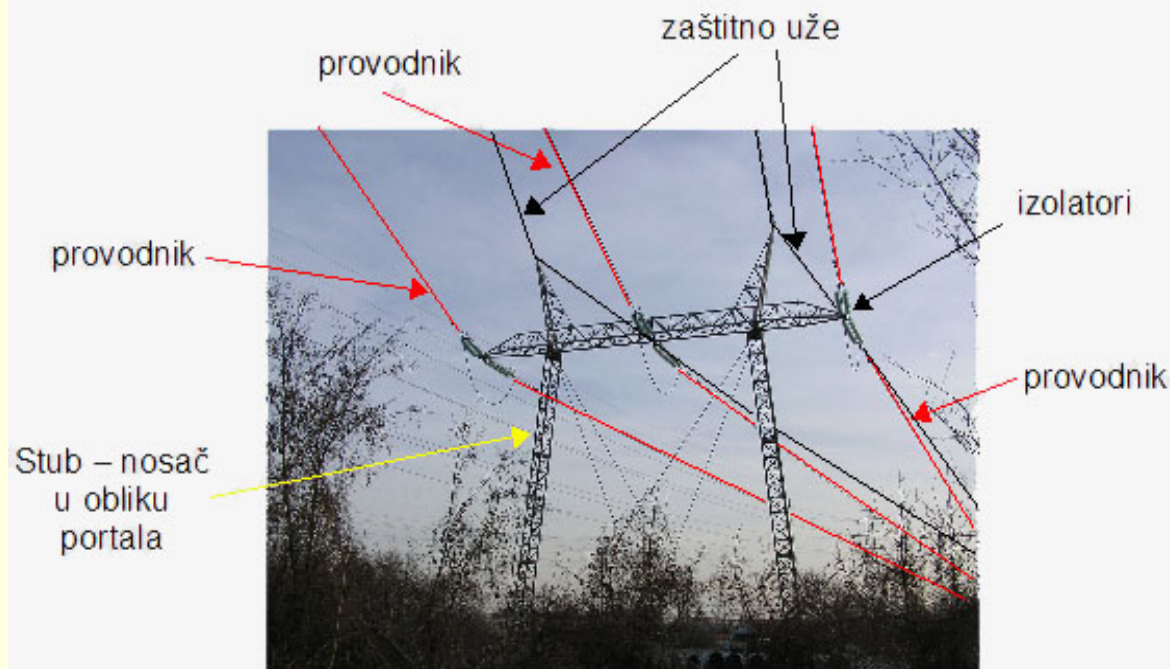
- Prenosne i distributivne mreže sastoje se prvenstveno od nadzemnih vodova, a daleko manje od kablova.
- Razlog je cena (kablovi su 10 puta skuplji za isti naponski nivo).



2 Nadzemni vod

- Nadzemni vod se sestoji od sledečih elemenata:
 - provodnik
 - izolator
 - ovesna oprema (oprema za pričvrščivanje izolatorja za stub i provodnika za izolator)
 - stubovi
 - uzemljivač.

Izgled nadzemnih vodova

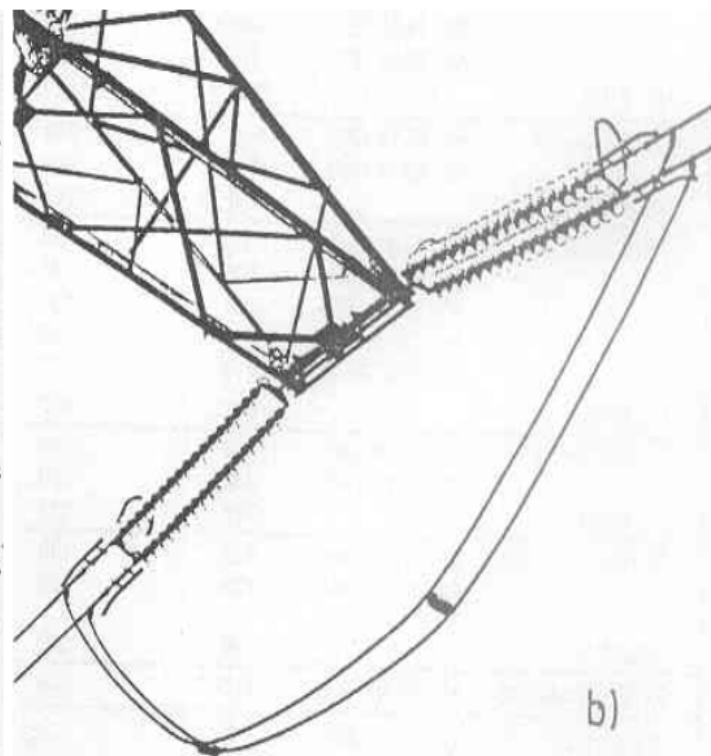
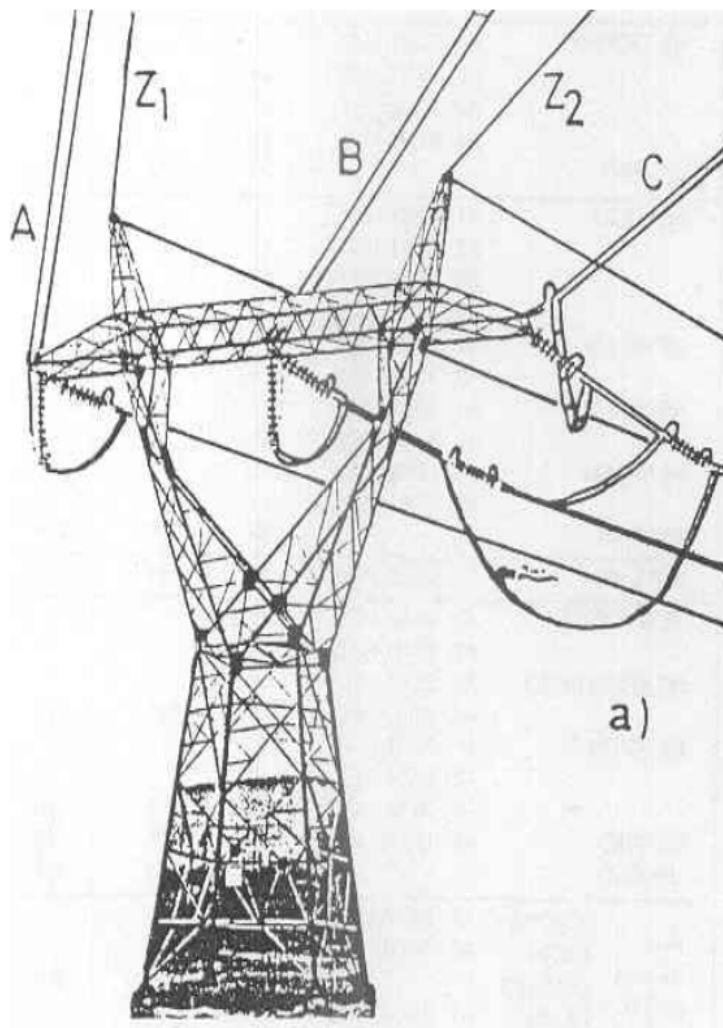


Nadzemni vod, dalekovod – energetski vod na portalnom stubu.

Vod čine tri fazna provodnika (crvena boja).

Od atmosferskih pražnjenja vod je zaštićen sa dva zaštitna užeta (crna boja) koja su uzemljena, a postavljena su na vrhu stuba.

Zatezni stub nadzemnog voda nominalnog napona 400kV



Slika 1: a) zatezni stub nadzemnog voda napona 400(kV) (A, B, C-fazni provodnici; Z1, Z2-zaštitni provodnici);
b) detalj stubne konzole sa izolatorskim lancima i strujnim mostom

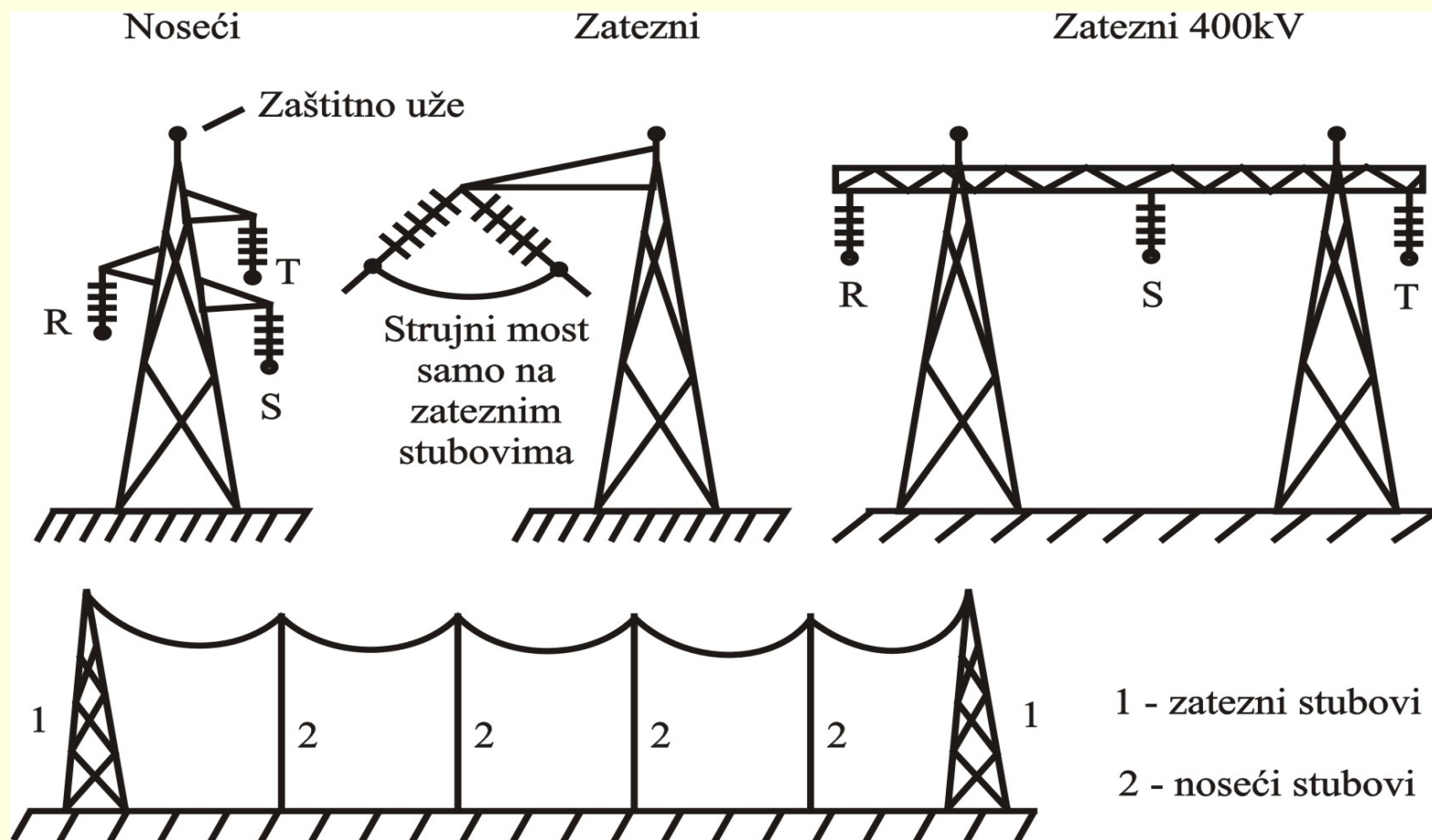
2.1 Mehanički proračun nadzemnih vodova

- Uslovi za projektovanje i gradnju dalekovoda definisani su u:

„Pravilniku o tehničkim normativima za izgradnju nadzemnih elektroenergetskih vodova nazivnog napona od 1kV do 400kV”

2.1 Mehanički proračun nadzemnih vodova

Opis:



2.1 Mehanički proračun nadzemnih vodova

- Pojmovi:
- Zaštitno uže – štiti provodnik od atmosferskih pražnjenja (od udara groma)
- Izolatori mogu biti:
 - viseći (provodnik ispod)
 - potporni (provodnik iznad, nosi ga)

2.1 Mehanički proračun nadzemnih vodova

- Kod visokih napona, stubovi imaju i svoj uzemljivač.
- Uloga uzemljivača je odvođenje atmosferskih prenapona.
- Spoj uzemljivača i zaštitnih užadi je ostvaren preko konstrukcije stuba (kod metalnih stubova) ili pocinkovanih gvozdenih traka od zaštitnih užadi do uzemljivača kod neprovodnih stubova.

2.1 Mehanički proračun nadzemnih vodova

- Na nosećim stubovima, tačke vešanja su fiksne, ako se koriste potporni izolatori.
- Međutim na VN vodovima $U_n \geq 35\text{kV}$, najčešće se koriste viseći izolatorski lanci (od kapastih izolatora).
- Zatezno polje predstavlja rastojanje između dva susedna zatezna stuba.

2.1.1 Provodnici nadzemnih vodova

- Za nadzemne vodove koriste se goli ili neizolovani provodnici, koji se postavljaju tako da se van domašaja ljudi i životinja.
- Za stubove se pričvršćuju pomoću izolatora.
- Zaštitni provodnici nisu izolovani u odnosu na stub i na njega se direktno pričvršćuju.
- Da bi zaštitni odigrali svoju ulogu moraju biti vezani za uzemljivače (FeZn traka).

2.1.1.1 Materijal za izradu provodnika nadzemnih vodova

- Provodnici za nadzemne vodove izrađuju se od bakra, aluminijuma, njihovih legura i čelika. Osnovne osobine ovih materijala date su u tabeli 1.
- Bronza je legura – Bakra(Cu) + Cinka(Zn) + Silicijuma(Si)
- Aldrej je legura – Aluminijuma(Al) + malo(Magneijuma(Mg), Si, Gvoždja(Fe))
- Najbolji provodnik je Cu
- Najlakši je Al
- Najbolju čvrstoću ima čelik

Osnovne osobine materijala za provodnike nadzemnih vodova

materijal	specifična otpornost na 20°C $\Omega\text{mm}^2/\text{km}$	specifična težina daN/dm^3	ispitna čvrstoća daN/mm^2
bakar	17,8	8,9	40
aluminijum	28	2,7	17
bronza I	20,8		
bronza II	27,8	8,6-8,9	50-70
bronza III	55,6		
aldrej	33,3	2,7	30
čelik	143	7,8	40-150

2.1.1.2 Konstruktivni oblici provodnika za nadzemne vodove

- do $S \leq 16 \text{ mm}^2$, provodnici se izradjuju u vidu jedne žice
- za $S > 16 \text{ mm}^2$, provodnici se izradjuju u vidu užadi, da bi se obezbedila fleksibilnost
- Provodnici preseka ispod 16 mm^2 ne koriste se za izradu nadzemnih vodova, zato će se analizirati provodnici u obliku užeta.

2.1.1.2 Konstruktivni oblici provodnika za nadzemne vodove

■ Moguće su sledeće konstrukcije:

- homogeno uže – sve žice od istog materijala
- kombinovano uže – uže od žice dva različita materijala

2.1.1.2 Konstruktivni oblici provodnika za nadzemne vodove

- Obično se kombinuju Al i čelik (Al – lak, a relativno dobar provodnik, čelik obezbeđuje mehaničku čvrstoću)
- Cu – skup i vrlo retko se koristi za DV.
- Izrada užeta – prvo ide čelično uže koje se maže neutralnim mastilima protiv korozije, pa zatim se oblaže slojevima Al spirale, svaki naredni sloj uvuče se u suprotnu stranu.

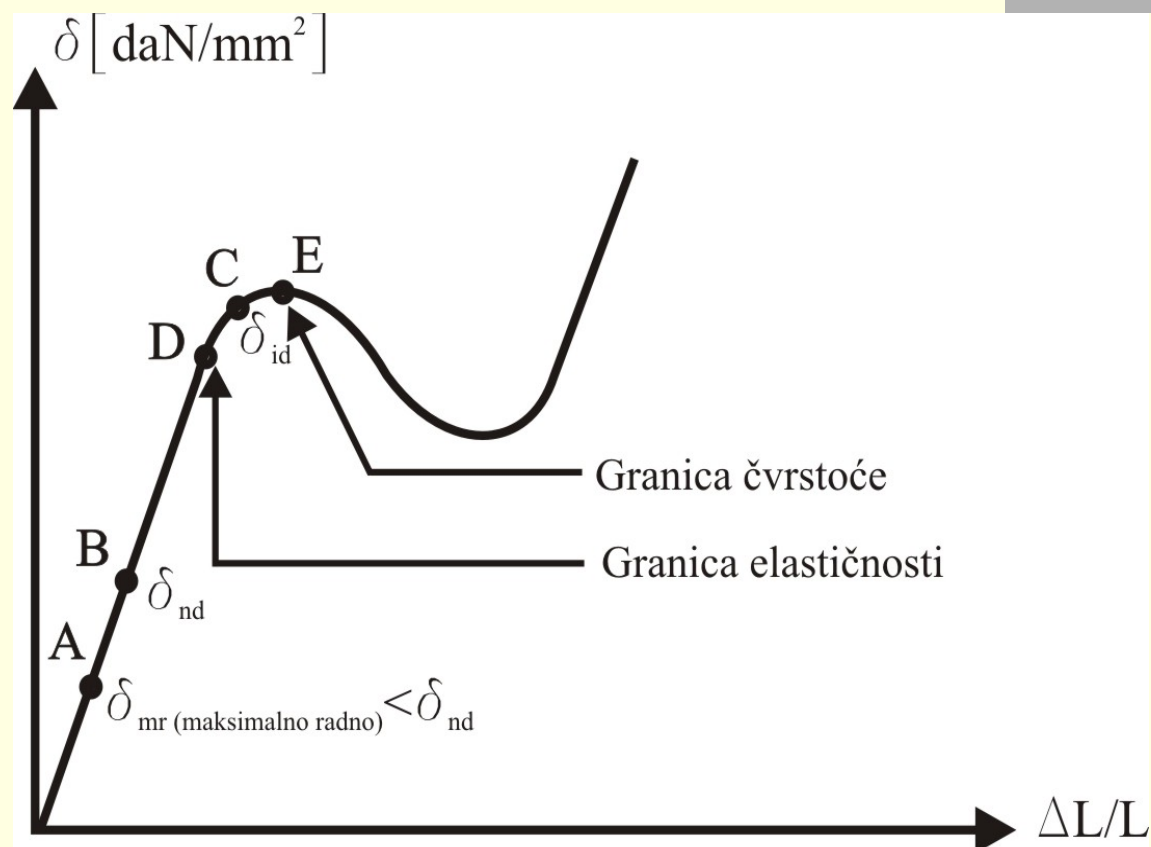
2.1.1.3 Minimalni presek provodnika

- Propis: Presek žica i užadi mora biti dovoljno veliki, da temperatura od zagrevanja strujom ne predje 80° C, pri spoljašnjoj temperaturi od 40° C.
- Strujno opterećenje voda, koje pri spoljašnjoj temperaturi od 40° C zagreje provodnik na 80°C, naziva se TERMIČKA GRANICA VODA.
- Minimalni preseki za provodnike vodova VN su prema propisu:
- Za: Cu 10 mm²
Al 25 mm²
Kombinovana užad 16 mm²
Čelik 16 mm²

2.1.1.3 Minimalni presek provodnika

- Presek se bira tako da pri strujama kratkog spoja ne dođe do njegovo termičkog preopterećenja, tj. da mu temperatura ne pređe 80° C.
- Presek se bira uvažavajući sledeće faktore:
 - zagrevanje provodnika
 - gubitke snage
 - pad napona
 - mehaničku čvrstoću
 - pojavu korone
 - ekonomske razloge

2.1.1.4 Naprežanje provodnika



D = granica elastičnosti

E = granica čvrstoće

A - σ_{mr} = maksimalno radno naprežanje

2.1.1.4 Naprezanje provodnika

- B - σ_{nd} = normalno dozvoljeno naprezanje je najveće dozvoljeno naprezanje koje se sme dostići pri normalnim uslovima rada.
- C - σ_{id} = izuzetno dozvoljeno naprezanje je najveće naprezanje koje se sme dostići pri izuzetnim uslovima rada.
- σ_{nd} , σ_{id} = su konstruktivni parametri za određeno uže i dati su u tabeli.