

Elementi elektroenergetskih sistema

- Osnovne informacije o predmetu
 - Elektroenergetski sistem
(osnovni pojmovi i definicije)
- Načini prenosa električne energije
 - Vrste elektroenergetskih mreža

Osnovne informacije o predmetu

- **Fond časova:** 3h (predavanja)+ 2h (auditorne vežbe)
- **Broj poena:** 6 ESPB
- **Status predmeta:** izborni
- **Metode izvođenja nastave:** predavanja, auditorne vežbe, seminarski rad, domaći radovi, kolokvijumi, pismeni ispit
- **Ispit:** teorijska pitanja i zadaci
- **Ishod predmeta:** Studenti će biti osposobljeni da proračunaju neophodne parametre za projektovanje elemenata elektroenergetskih sistema

Sadržaj predmeta

- Uvodna razmatranja o elektroenergetskih sistemima (EES)
- Definisan je pojam EES, obrazloženi su mogući načini prenosa električne energije, date su osnovne karakteristike EES Srbije
- Dalekovod kao element EE mreža
 - mehanički proračun
 - električni proračun
- Transformator, generator i potrošač kao element EES-a.
- Osnovi analize složenih EE mreža

Literatura

- Milenko Đurić: "Elementi elektroenergetskih sistema", udžbenik, ETF, Beograd, 2009.
- Milenko Đurić: "Elementi elektroenergetskih sistema", zbirka rešenih problema, ETF, Beograd, 2009.

Seminarski rad

- Predaje se u papirnoj i elektronskoj formi (CD) u toku nastave (maksimalno 10 poena)
- **Obavezan**
- Na zadatu temu
- Timski rad
- Usmena odbrana nije obavezna (maksimalno 10 poena)

Ocena znanja

Maksimalan broj poena 100	
Aktivnost u toku predavanja	10
Domaći rad	10
Seminarski rad	20
Završni ispit (pismeno)	60*

* 2 kolokvijuma u toku nastave kao delovi **Probnog ispita** (30+30)

* mogućnost da se položi ispit preko **Probnog ispita** (pre januarskog ispitnog roka)

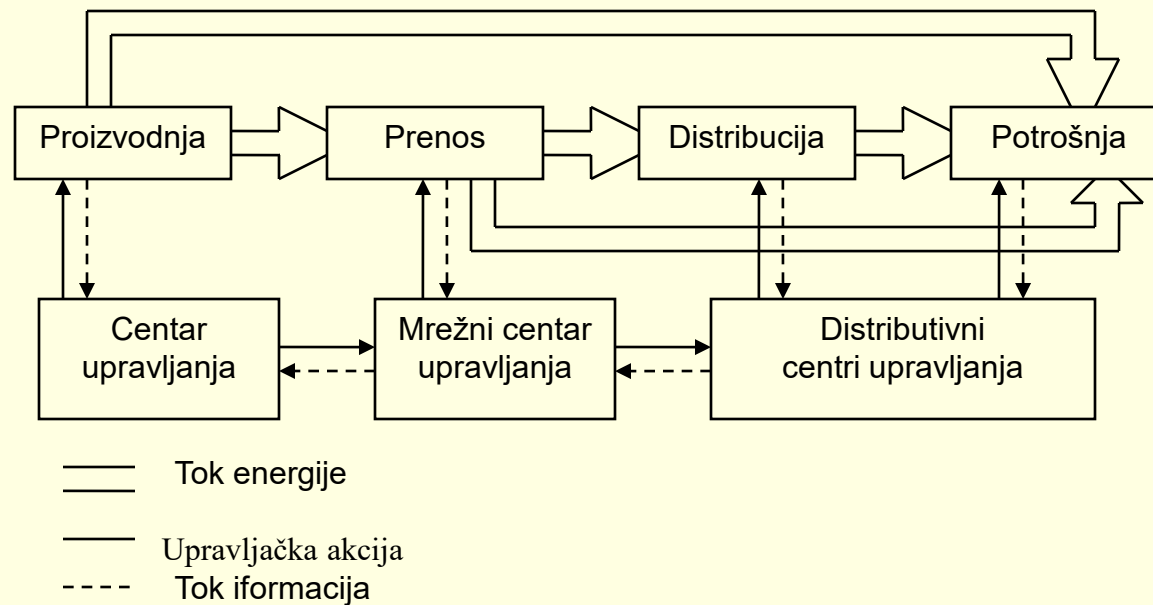
1.1 EES

Sistem je skup pravila, elemenata i aktivnosti međusobno povezanih da definišu jedinstvenu celinu.

- EES je dinamički tehnički sistem za proizvodnju prenos i distribuciju električne energije.
- EES pripada klasi velikih sistema jer ima sledeće osobine:
 - U fizičkom (geografskom) smislu je veliki
 - U matematičkom smislu je veliki
 - Može se podeliti u podsisteme (radi lakšeg rešavanja pojedinih problema; kada se oni reše na nivou podsistema treba ih posle ujediniti u ceo sistem = agregacija; suprotan pojam je dekompozicija = razlaganje)
 - Neizvesnost u pogledu unutrašnjih i spoljašnjih veza
 - Složena informaciona i upravljačka struktura

1.1 EES

- Dekompozicija nije jednoznačna, tj. može se vršiti na više načina. Jedna od najčešćih dekompozicija EES je prema smeru protoka energije:



1.1 EES

- **Proizvodnja** – Obuhvata sve izvore električne energije (TE na fosilna goriva, HE, NE, industrijske energane)
- **Prenos** – Obuhvata prenosnu mrežu koja se sastoji od dalekovoda, kablovskih vodova i interkonektivnih TF
 - dalekovodi: 110, 220, 400 kV; mada neki 110kV mogu biti i distributivni.
 - Interkonektivni TF: 400kV/110kV, 400kV/220kV

1.1 EES

- **Distribucija** – Distributivni vodovi i TF (neki 110kV, 35, 20, 10 i 0,4kV)

Razlika između prenosa i distribucije je u naponskom nivou. Distribucija radi sa nižim naponima.

- **Potrošnja** – Svi potrošači električne energije

1.1 EES

- **Centar upravljanja (dispečerski centar)** – Iz koga se upravlja proizvodnjom energije u elektranama i prenosnom mrežom.
- **Mrežni centar upravljanja** – Iz koga se upravlja prenosnom mrežom
- **Distributivni centri upravljanja** – Iz kojih se upravlja distributivnom mrežom i delom potrošnje (MTK i RTK)

1.1 EES

Današnji EES su trofazni sistemi naizmenične struje, učestanosti 50Hz u Evropi i 60 Hz u Americi.

Ni jedno drugo tehničko rešenje nije našlo tako jedinstvenu primenu u celom svetu kao trofazni EES.

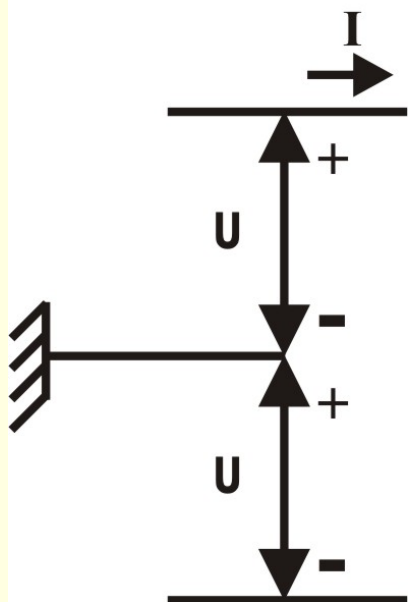
Za to su zaslužne njegove prednosti nad ostalim mogućim načinima za proizvodnju i prenos električne energije.

1.2 Načini prenosa električne energije

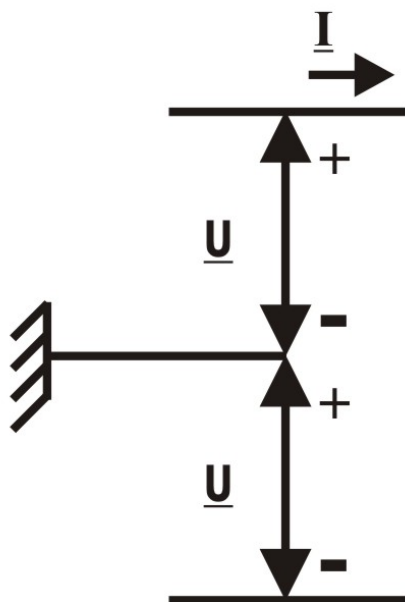
- Električna energija se može prenositi na tri načina:
 - Jednosmernom strujom
(DC – direct current)
 - Jednofaznom naizmeničnom strujom
(AC – alternating current)
 - Trofaznom naizmeničnom strujom
(AC – alternating current)

1.2 Načini prenosa električne energije

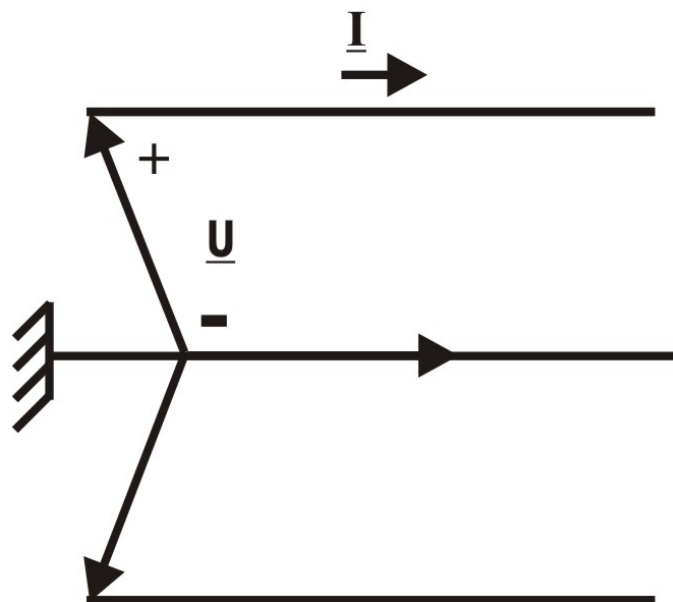
JSS
(DC)
Direct current



1 ~
(AC)
Alternating current



3 ~
(AC)
Alternating current



1.2 Načini prenosa električne energije

1. Aktivna snaga koja se prenosi jednim provodnikom	UI	$UI\cos\varphi$	$UI\cos\varphi$
2. Lako dobijanje visokog napona	-	+	+
3. Prisustvo reaktivne energije	+	-	-
4. Lako prekidanje struje	-	+	+
5. Naprezanje izolacije	+	-	-
6. Lako dobijanje obrtnog mag. polja	-	-	+

1.2 Načini prenosa električne energije

- Za $\cos\varphi=1$, za dobro kompenzovane mreže na sva tri načina se prenosi ista snaga.

Za prenos velikih snaga potrebno je smanjiti struje, da bi se gubici održali na niskom nivou jer su srazmerni kvadratu struje.

$$\Delta P = R \cdot I^2$$

1.2 Načini prenosa električne energije

ΔP – gubici aktivne snage;

R – aktivna otpornost

I^2 - jačina jednosmerne struje ili efektivna vrednost naizmenične struje

1.2 Načini prenosa električne energije

Za jednosmernu struju: $R = \rho \cdot \frac{l}{S}$

ρ – specifična otpornost materijala

l – dužina provodnika

S – presek provodnika

1.2 Načini prenosa električne energije

Relativni gubici električne energije:

$$p = \frac{\Delta P}{P} = \frac{R \cdot I^2}{U \cdot I} = \frac{\rho \cdot l}{S} \cdot \frac{I}{U}$$

$$p = \frac{\rho \cdot l \cdot \Delta I}{U}$$

$$\Delta I = \frac{I}{S} \quad - \text{gustina struje}$$

$\rho, S = \text{const.}$ – za određenu vrstu materijala

$\Delta I = \text{const.}$ – za određenu vrstu materijala i uslove hlađenja

1.2 Načini prenosa električne energije

Pri porastu rastojanja (l) na koje se prenosi električna energija, treba povećavati napon (U) srazmerno sa porastom dužine da bi se relativni gubici održali na istom nivou kao i pri prenosu električne energije na mala rastojanja.

$$p = \frac{\Delta P}{P} = \frac{R \cdot I^2}{U \cdot I \cdot \cos \varphi} = \frac{\rho \cdot l \cdot \Delta I}{U \cdot \cos \varphi}$$

1.2 Načini prenosa električne energije

- Jednosmerni napon ili napon jednosmerne struje se vrlo teško menja. Za to su potrebna skupa tiristorska postrojenja za konverziju jednosmerne struje u naizmeničnu, a zatim ponovo u jednosmernu na višem naponu. Napon naizmenične struje se relativno lako transformiše uz pomoć energetske TF.
- Q – fenomen vezan za naizmeničnu struju

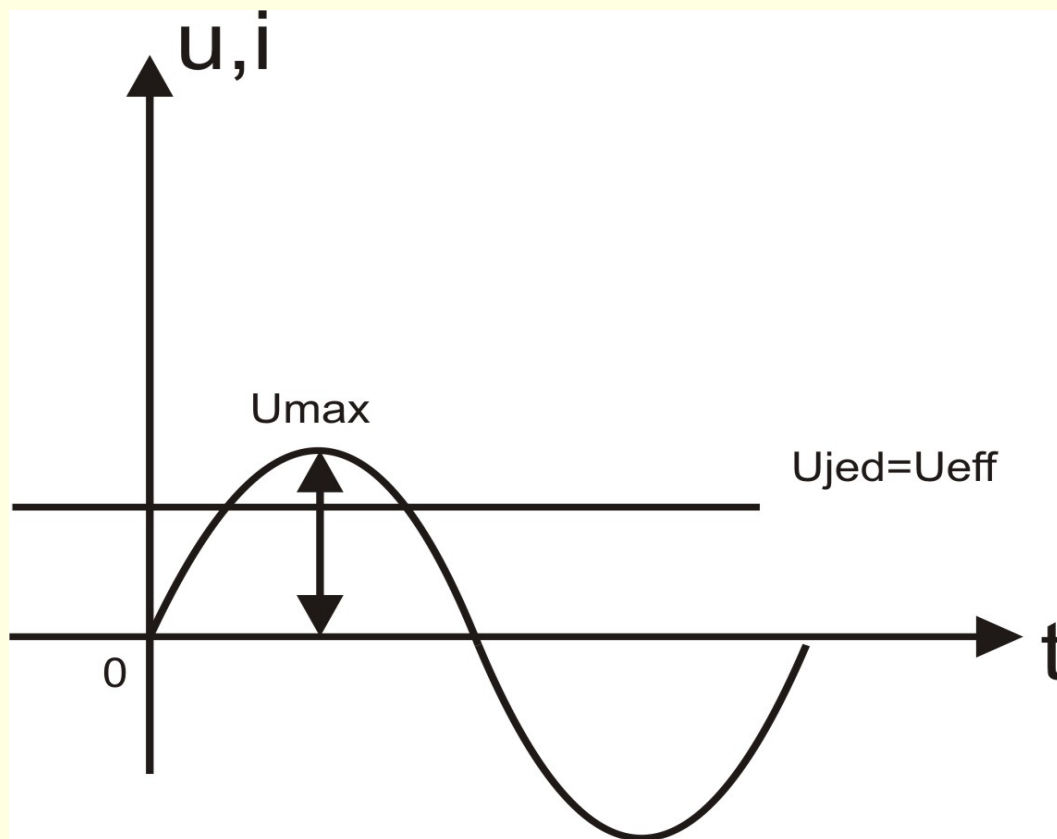
1.2 Načini prenosa električne energije

- Prekidanje struje: Naizmenična struja se lakše prekida, jer se prekida pri prolasku sinusoide kroz nulu, što nije moguće jednosmernom strujom. Jednosmerna struja na mestu prekida javlja se električni luk.
- Sa aspekta naprezanja izolacije, bolja je jednosmerna struja, jer se izolacija kod sistema sa naizmeničnom strujom napreže

$$U_{\max} = \sqrt{2} \cdot U_{\text{eff}}$$

1.2 Načini prenosa električne energije

Najviši napon je bitan sa aspekta dimenzionisanja izolacije.



1.2 Načini prenosa električne energije

- Obrtno magnetno polje se najlakše dobija pomoću trofazne naizmenične struje koje se koristi za najjeftinije i najrobusnije trofazne indukcijske motore (industrijski elektromotori).

Zaključak: Prednost je na strani 3~, a samo u posebnim slučajevima kada je to tehnički i ekonomski opravdano, prednost je na strani jss visokog napona.

1.3 Vrste elektroenergetskih mreža

- Moguće podele EE mreže su sledeće:
 - jednosmerne i naizmenične (prema vrsti struje)
 - prenosne i distributivne (prema ulozi u sistemu)
 - vazdušne i kablovske (prema konstrukciji)
 - gradske industrijske i seoske mreže (po mestu i karakteru potrošnje)
 - petljaste i radijalne (prema načinu međusobne povezanosti)
 - direktno uzemljene, indirektno uzemljene preko neke impedanse i izolovane (prema načinu uzemljenja neutralne tačke.
 - prema propisu:
- Mreže se identifikuju prema nominalnom međufaznom naponu.
- Po SRPS-u standardizovani su sledeći naponski nivoi:
- NN: (230)/400 ; (400)/690 ; 1000 V
 - VN: 10, 20, 35, 110, 220, 400 kV

1.3 Vrste elektroenergetskih mreža

- Uslovno prema naponskom nivou mreže se mogu podeliti na:
 - niskonaponske – do 1000V
 - srednjenaponske – između NN i VN (od 30 do 100 kV); 10, 20, 35 kV (kod nas)
 - visokonaponske – preko 100 kV (110, 220 i 400 kV)