

FAKULTET ZA POMORSTVO  
OSNOVNE STUDIJE BRODOMAŠINSTVA

# **BRODSKI ELEKTRIČNI UREĐAJI**

**Prof. dr Vladan Radulović**

---

# ELEKTRIČNA ENERGIJA

Električni sistem na brodu obuhvata:



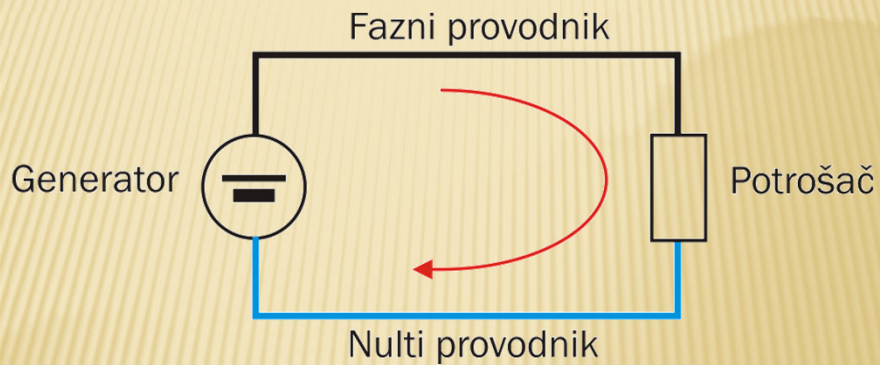
Sistemi električne energije mogu biti:

- Sistem jednosmjernih napona i struja
- Sistem naizmjeničnih napona i struja

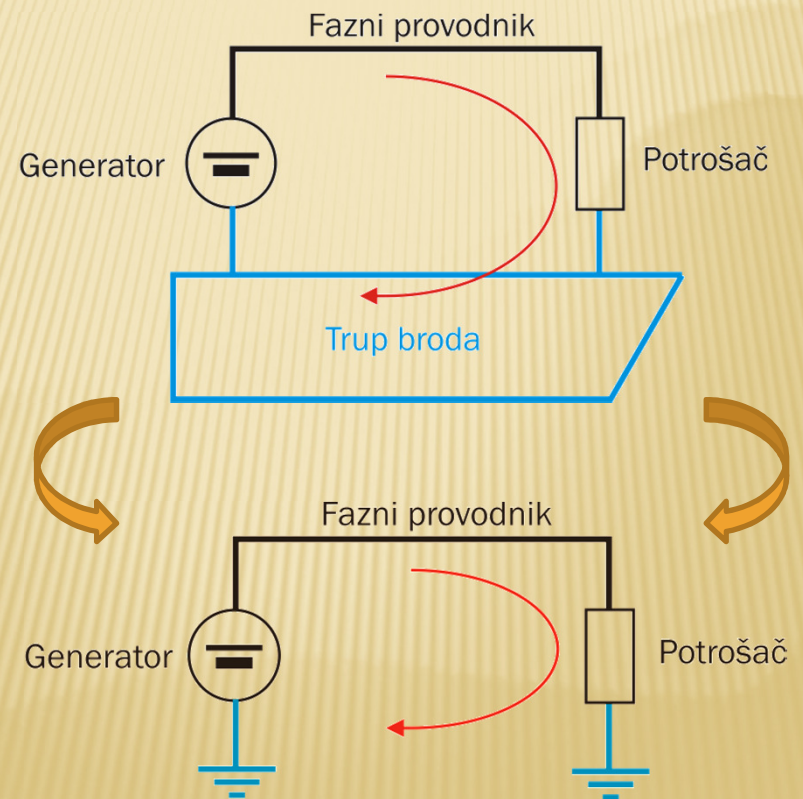
# JEDNOSMJERNA STRUJA

Sistemi jednosmjerne struje na brodu mogu biti:

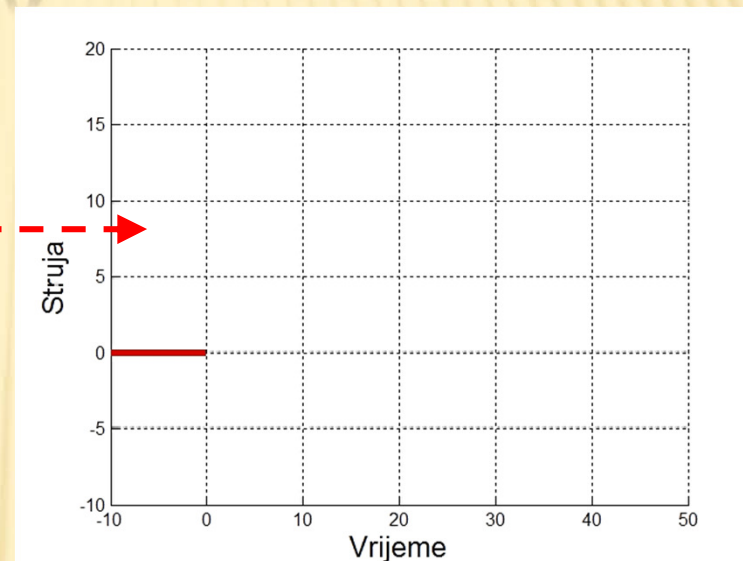
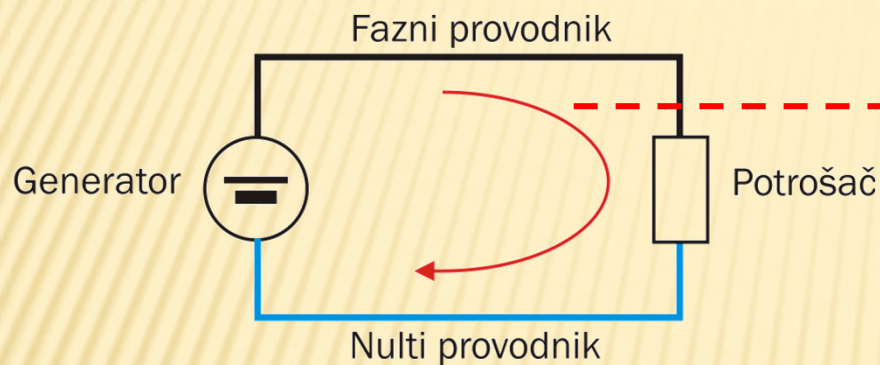
**DVOVODNI:**  
fazni i nulti vod



**JEDNOVODNI:**  
fazni vod i trup broda kao nulti vod



# JEDNOSMJERNA STRUJA



## PREDNOSTI:

- Može se direktno koristiti iz baterija i akumulatora.

## NEDOSTACI:

- Problemi pri radu generatora jednosmjerne struje - varničenje
- Mala snaga generatora
- Složenost promjene naponskih nivoa
- Veliki gubici pri distribuciji
- Neekonomičan sistem

# NAIZMJENIČNA STRUJA

Sve nedostaci sistema jednosmjernih struja su riješeni primjenom sistema naizmjeničnih struja.

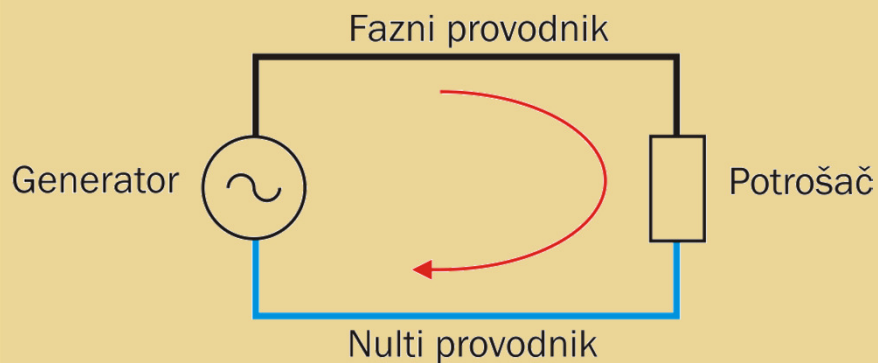
**SISTEMI NAIZMJENIČNIH STRUJA** se dijele na:

- JEDNOFAZNI SISTEMI
- TROFAZNI SISTEMI

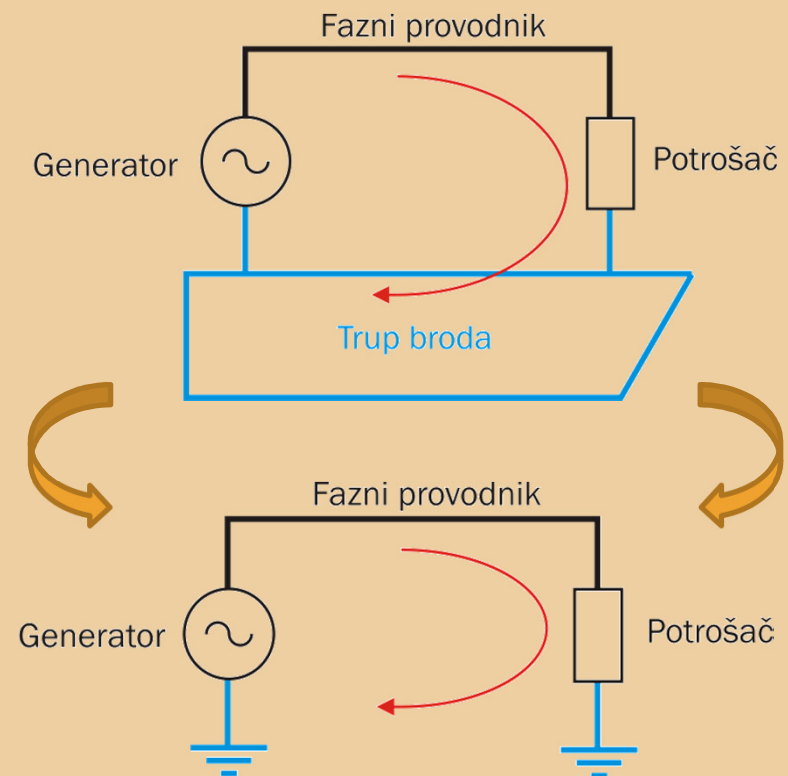
# JEDNOFAZNI SISTEM NAIZMJENIČNIH STRUJA

Sistemi jednofazne struje na brodu mogu biti:

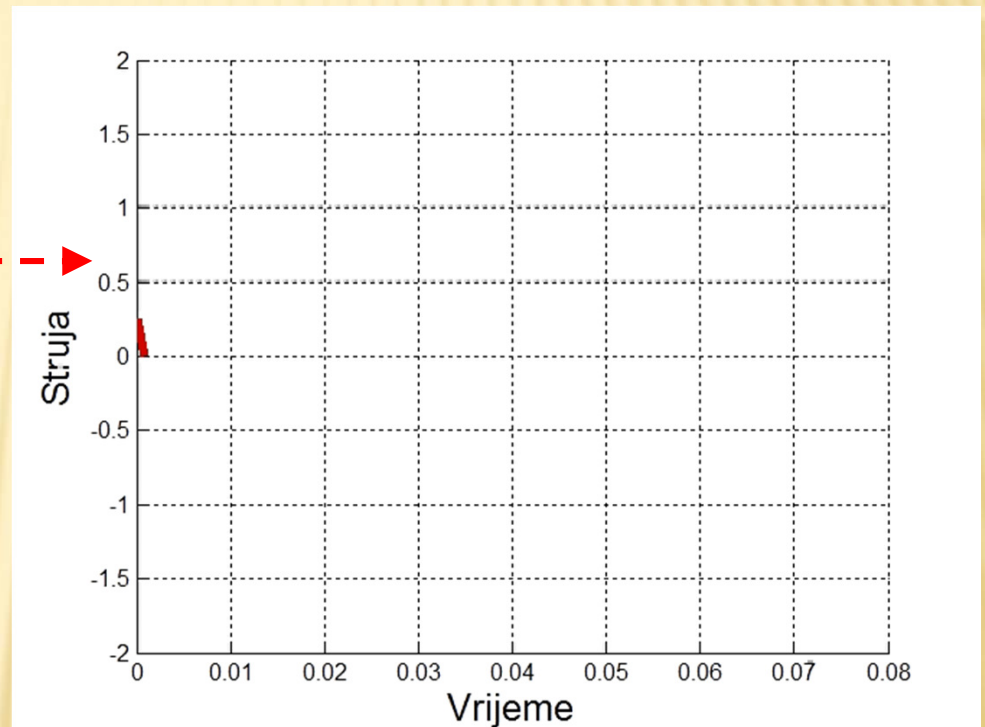
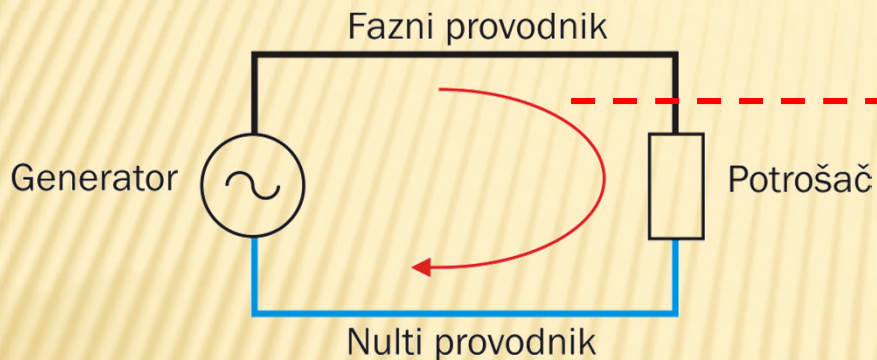
**DVOVODNI:**  
fazni i nulti vod



**JEDNOVODNI:**  
fazni vod i trup broda kao nulti vod



# JEDNOFAZNI SISTEM NAIZMJENIČNIH STRUJA



$$S = U \cdot I \quad - \text{Prividna snaga}$$

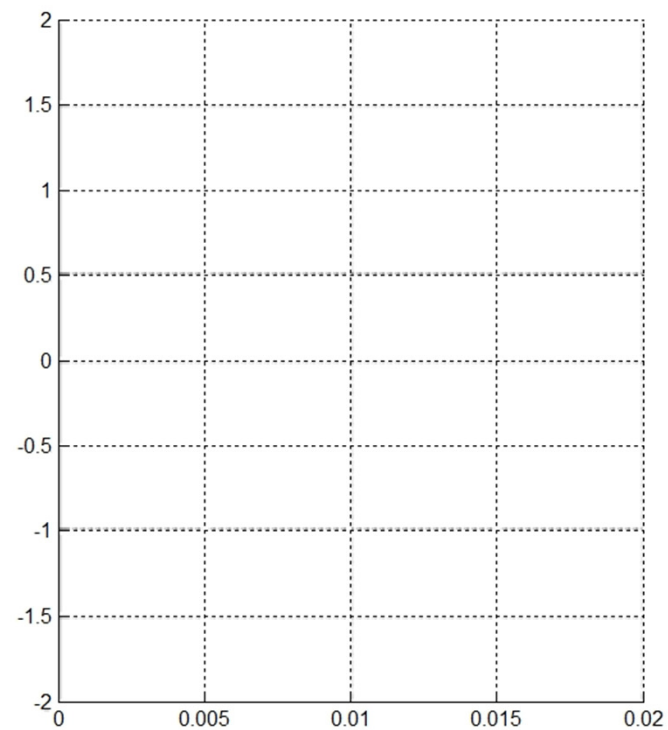
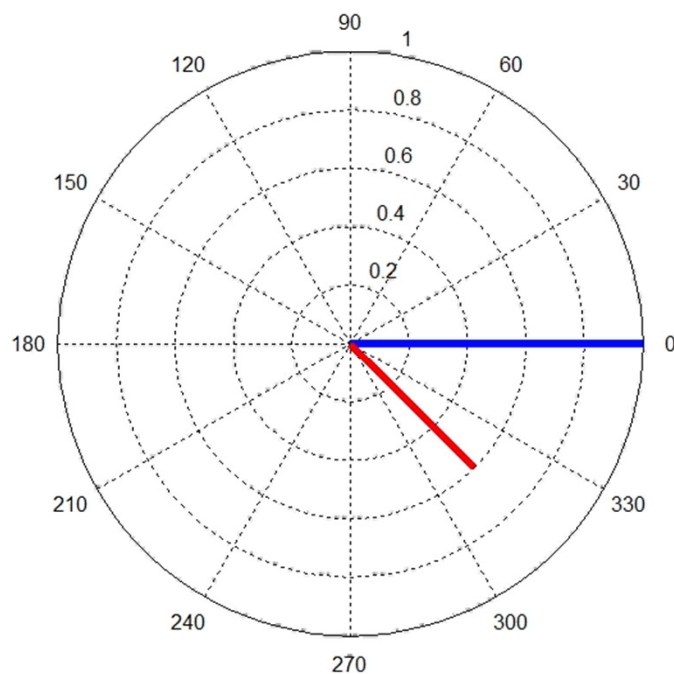
$$P = S \cdot \cos \varphi \quad - \text{Aktivna snaga}$$

$$Q = S \cdot \sin \varphi \quad - \text{Reaktivna snaga}$$

# JEDNOFAZNI SISTEM NAIZMJENIČNIH STRUJA

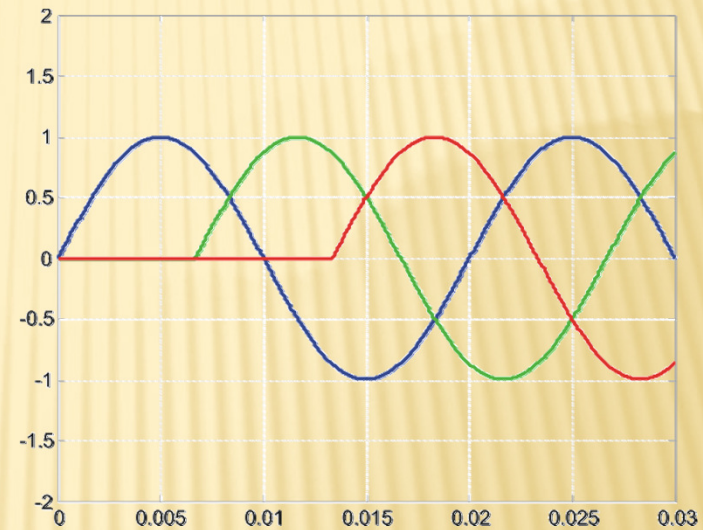
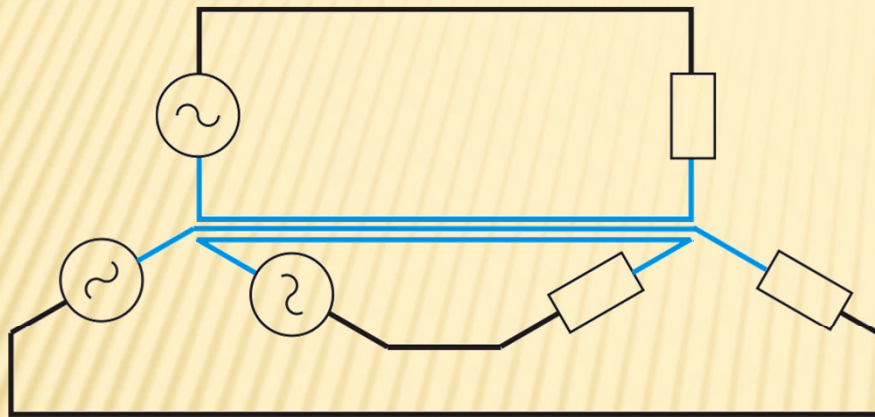
Proračun struja i/ili napona u električnim kolima naizmjeničnih struja u stacionarnom (ustaljenom) režimu rada se sprovodi različitim metodama.

Sve metode se baziraju na reprezentaciji struja i napona fazorima.





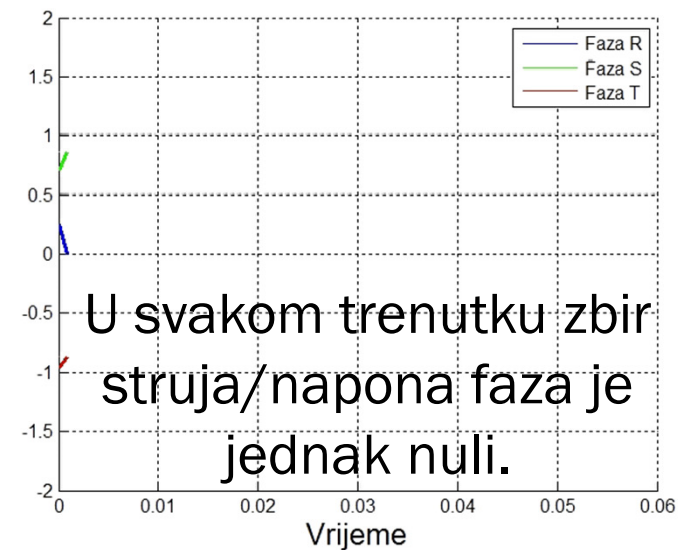
# TROFAZNI SISTEM NAIZMJENIČNIH STRUJA



$$U_R = U_{\max} \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

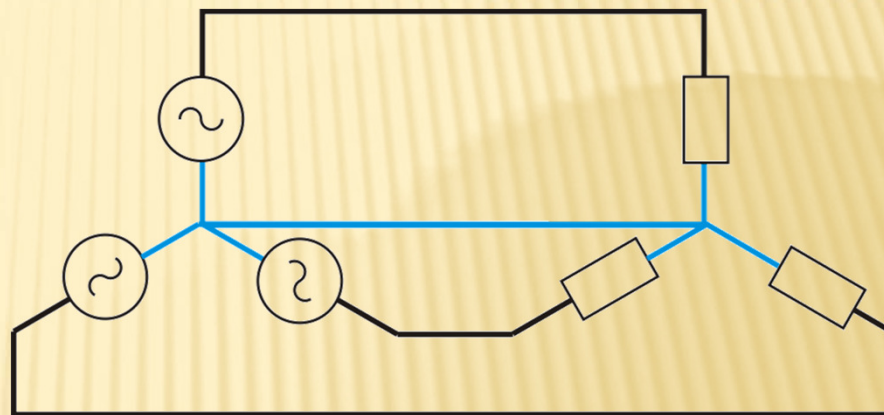
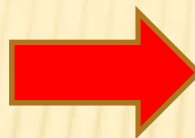
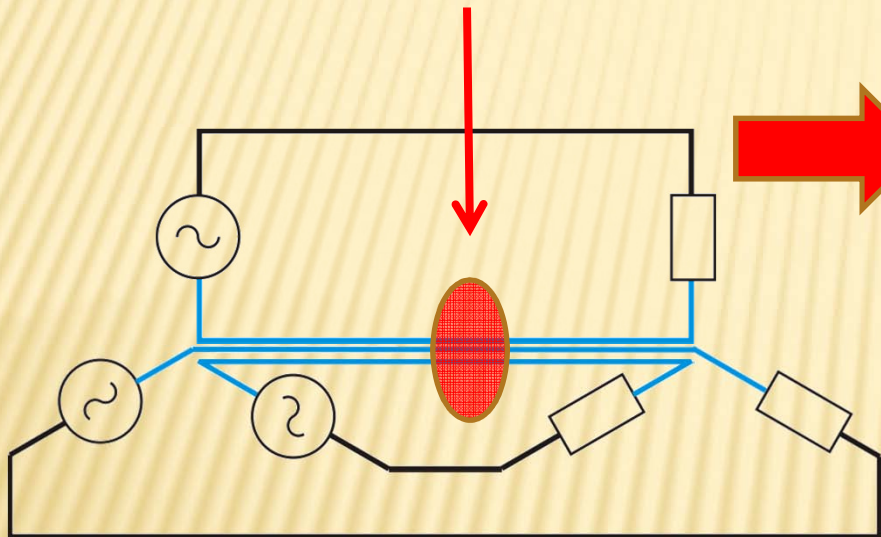
$$U_S = U_{\max} \cdot \sin\left(\omega \cdot t + \frac{2 \cdot \pi}{3}\right)$$

$$U_T = U_{\max} \cdot \sin\left(\omega \cdot t + \frac{4 \cdot \pi}{3}\right)$$

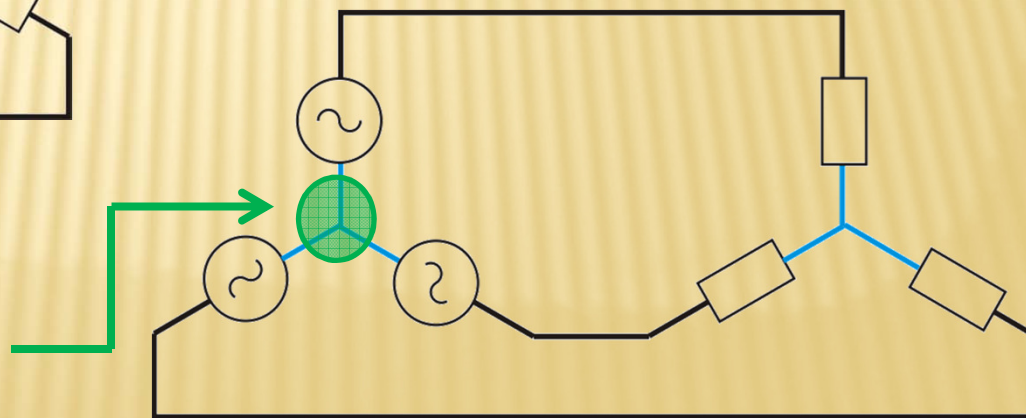


# TROFAZNI SISTEM NAIZMJENIČNIH STRUJA

Sve nulte provodnike spojimo u jedan.



Trofazni sistem sa nultim provodnikom



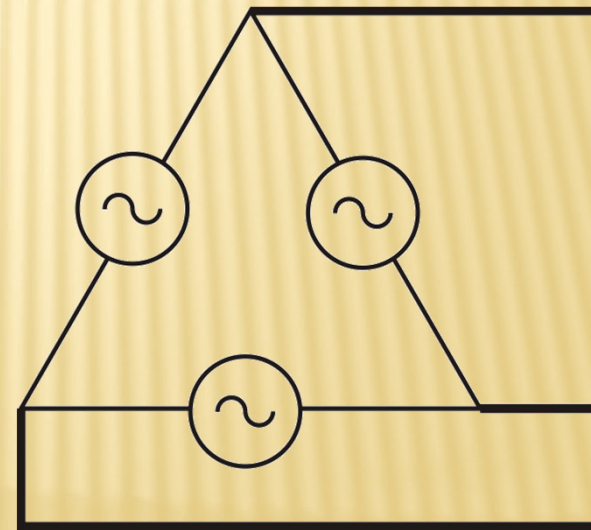
Trofazni sistem bez nultog provodnika

Tačka u kojoj su povezani fazni provodnici se zove **neutralna tačka ili zvjezdište.**

# SPREGE TROFAZNIH SISTEMA

Trofazni sistem prikazan na prethodnim slikama predstavlja sistem kod koga su i izvor i potrošač vezani u tzv. zvijezdu. To se naziva **sprega zvijezda**.

Izvor i/ili potrošač mogu biti vezani i u spregu koja se naziva **sprega trougao**.



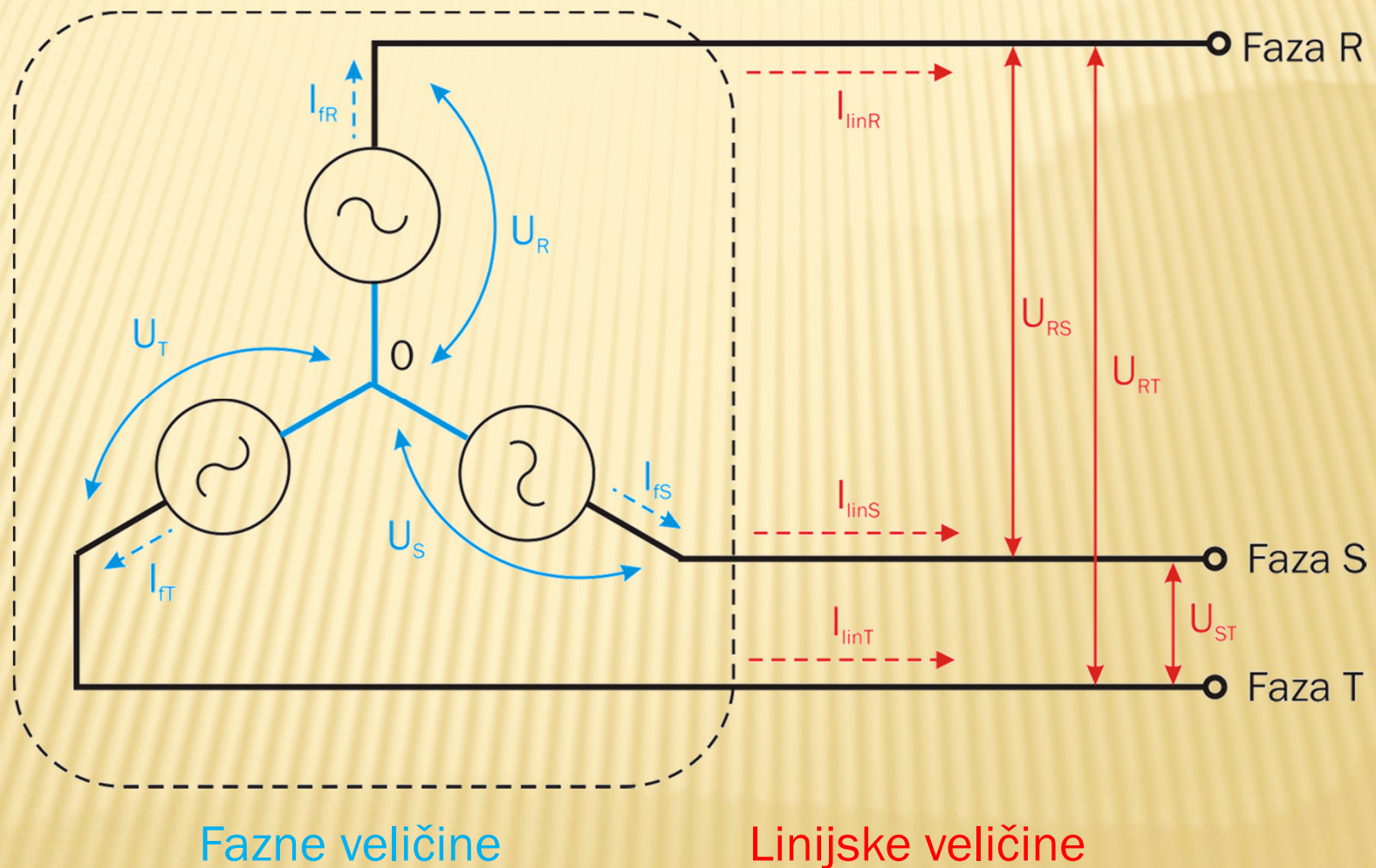
Primjer izvora vezanog u trougao

# LINIJSKE I FAZNE VELIČINE KOD TROFAZNIH SISTEMA

Kod jednofaznog sistema postoje samo fazne veličine napona i struja.

Kod trofaznog sistema se definišu i **fazne i linijske veličine napona i struja**. Linijske veličine se odnose na vrijednosti napona i struja između provodnika koji spajaju izvor i potrošač (tzv. linija).

# LINIJSKE I FAZNE VELIČINE U SPREZI ZVIJEZDA



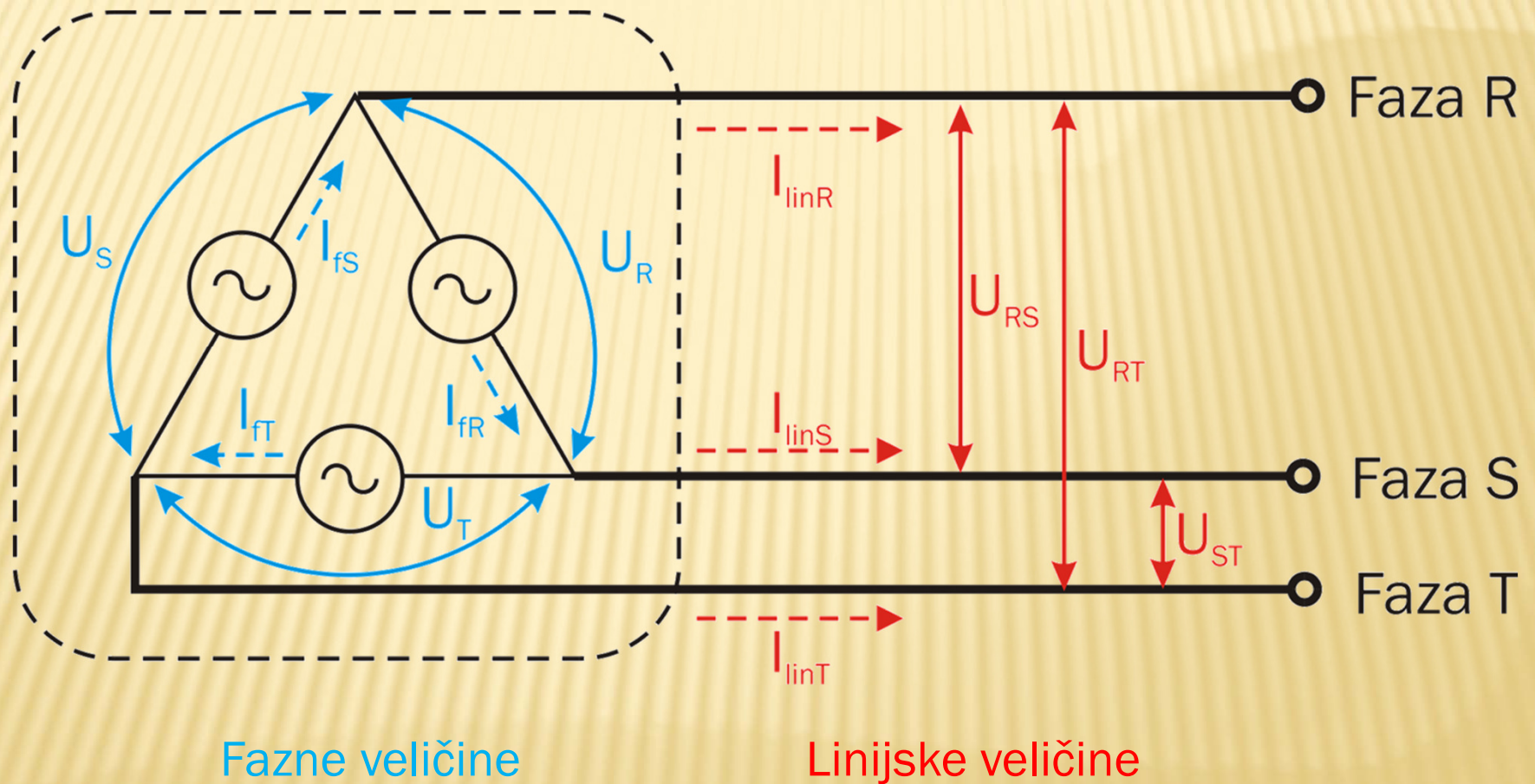
# LINIJSKE I FAZNE VELIČINE U SPREZI ZVIJEZDA

$$I_{\text{linijska}} = I_{\text{fazna}}$$

$$U_{\text{linijski}} = \sqrt{3} \cdot U_{\text{fazni}}$$

$$S = \sqrt{3} \cdot U_{\text{linijsko}} \cdot I_{\text{linijska}} \quad - \text{Trofazna prividna snaga}$$

# LINIJSKE I FAZNE VELIČINE U SPREZI TROUGAO



# LINIJSKE I FAZNE VELIČINE U SPREZI TROUGAO

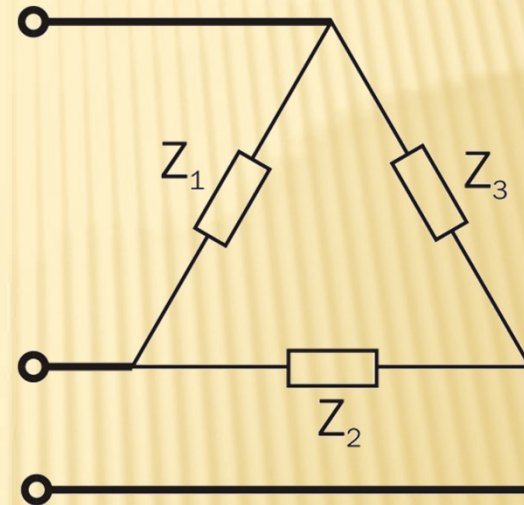
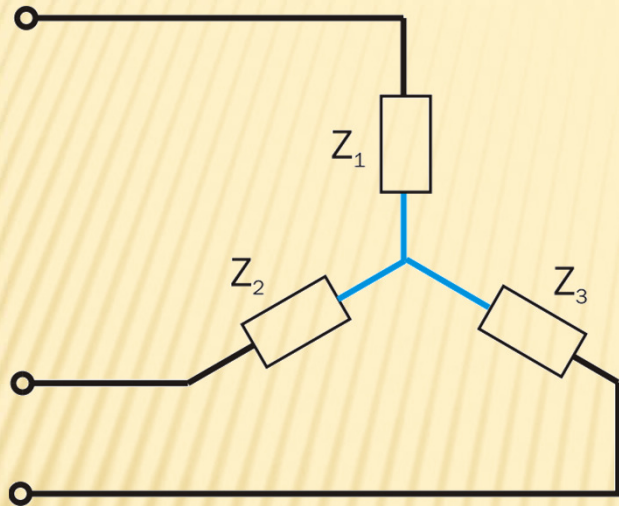
$$I_{\text{linijska}} = \sqrt{3} \cdot I_{\text{fazna}}$$

$$U_{\text{linijski}} = U_{\text{fazni}}$$

$$S = \sqrt{3} \cdot U_{\text{linijsko}} \cdot I_{\text{linijska}} \quad \text{- Trofazna prividna snaga}$$



# SIMETRIČNI I NESIMETRIČNI SISTEMI



Trofazni sistem je simetričan (simetrično opterećen po fazama) ako su impedanse potrošača  $Z_1=Z_2=Z_3$ .

Trofazni sistem je nesimetričan (nesimetrično opterećen po fazama) ako je impedansa jedne faze različita od impedansi druge dvije faze.

Osim u rijetkim slučajevima, trofazni sistemi na brodovima su nesimetrično opterećeni po fazama.

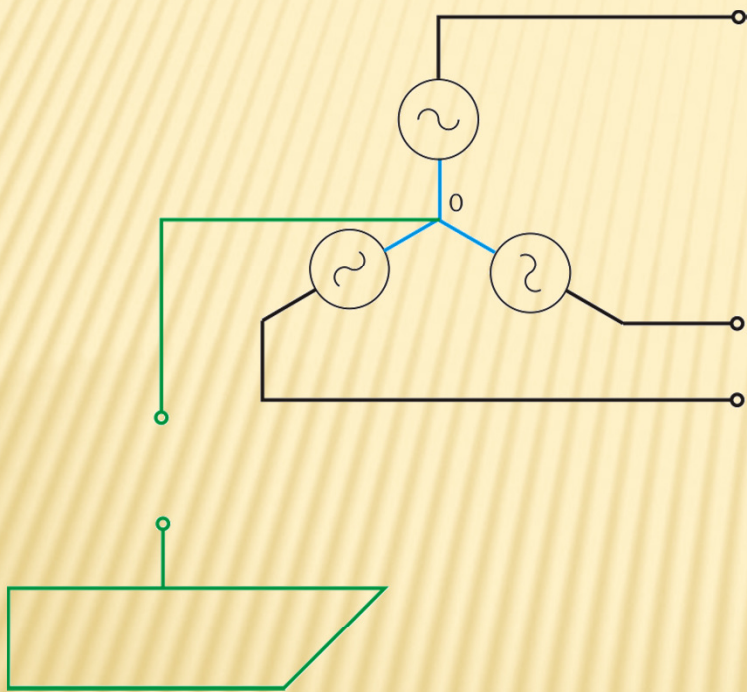
# RADNO UZEMLJENJE NEUTRALNE TAČKE

Kod trofaznih elemenata (izvora, transformatora) koji su povezani u spregu zvijezda neutralna tačka tj. zvjezdište može biti:

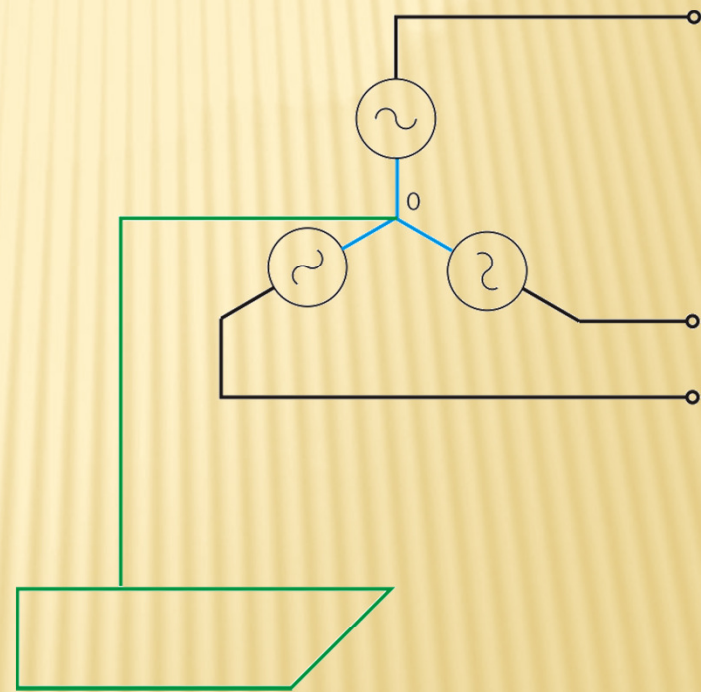
**Izolovano** u odnosu na trup broda – nema provodne veze između zvjezdišta i trupa broda

**Direktno uzemljeno** – zvjezdište je provodnikom vezano sa trupom broda

# RADNO UZEMLJENJE NEUTRALNE TAČKE



Izolovano zvjezdište



Direktno uzemljeno zvjezdište

# PRENOS ELEKTRIČNE ENERGIJE

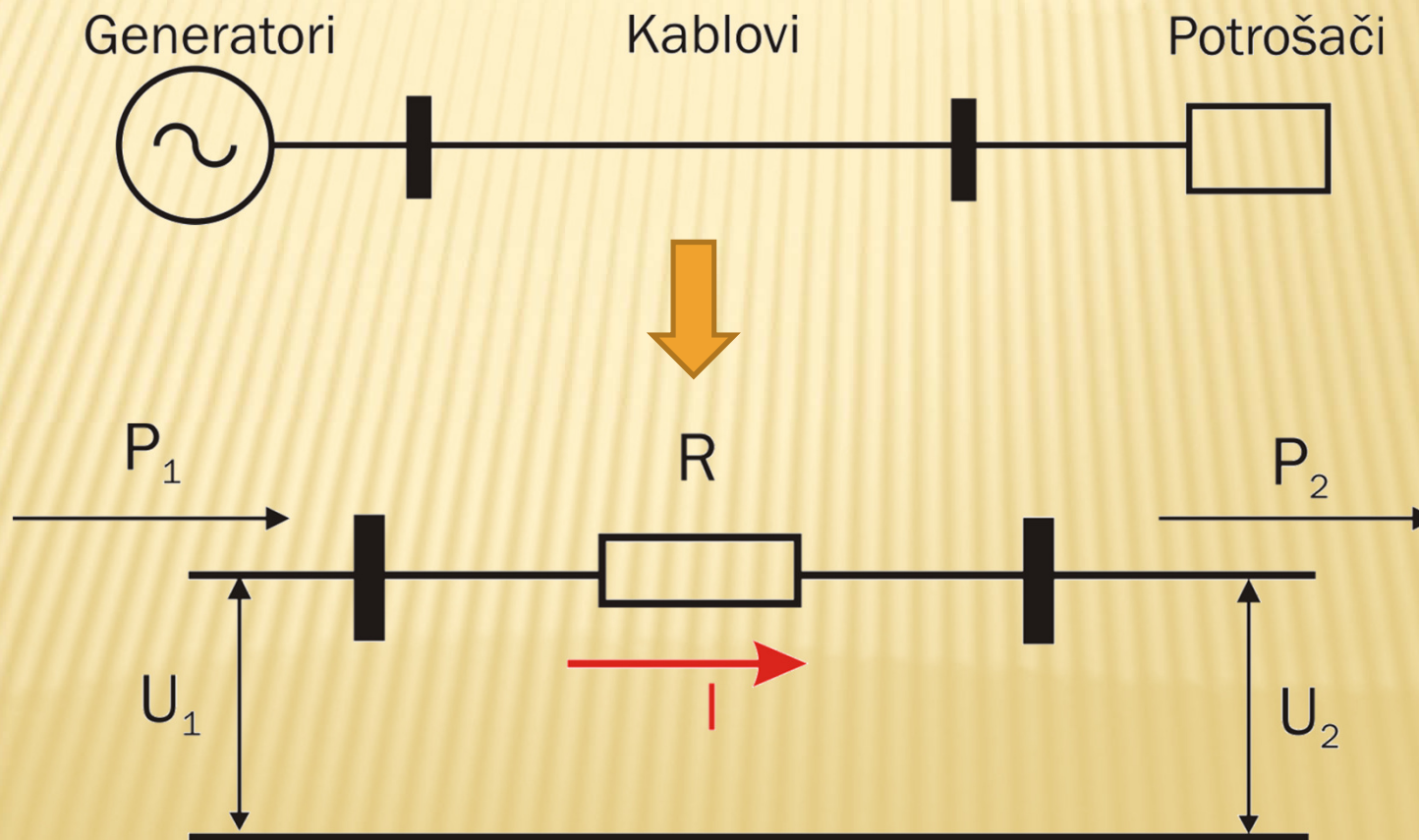


Pri prenosu električne energije nastoji se:

- da su gubici što je moguće manji
- da je pad napona od generatora do potrošača što manji

# PRENOS ELEKTRIČNE ENERGIJE

Oba prethodna navedena problema (gubici i pad napona) izaziva impedansa kablova kojima se prenosi energija.



# PRENOS ELEKTRIČNE ENERGIJE

Dominantni su toplotni (Džulovi ) gubici koji se računaju po relaciji:

$$P_{\text{gub}} = R \cdot I^2$$

Zato je snaga koja se predaje potrošaču data sa:

$$P_2 = P_1 - P_{\text{gub}}$$

Pad napona pri prenosu je dat relacijom:

$$\Delta U = R \cdot I$$

Zato je napon koji dobija potrošač dat relacijom:

$$U_2 = U_1 - \Delta U$$

# PRENOS ELEKTRIČNE ENERGIJE

Iz prethodnih relacija je jasno da ako se žele smanjiti gubici i pad napona da treba smanjiti struju  $I$ .

Ako posmatramo (radi jednostavnosti, a slično važi i za ostale sisteme) jednosmjerni sistem, tada je ulazna snaga koju daje generator:

$$P_1 = U_1 \cdot I$$

Prema tome, potrebno je povećati napon, da bi se struja  $I$  smanjila, a snaga ostala ista.

Iz ovog razloga se na brodovima koristi proizvodnja i prenos energije pri većim naponima.