

PRIJENOS I RAZDJELA ELEKTRIČNE ENERGIJE

Projektna zadaća

Prijenosne jednadžbe

- Zadani podaci:

Pogonsko stanje zadano na	početku voda
Pogonski napon	113 kV
Pogonska snaga	140 MVA
Faktor opterećenja	0,868
Vrsta opterećenja	ind
Uzdužni radni otpor	0,079 Ohm/km
Uzdužna reaktancija	0,327 Ohm/km
Poprečna susceptancija	3,461 microS/km
Dužina	75 km

- Kod proračuna prilika na vodu koristimo 2. oblik prijenosnih jednadžbi:

$$V(x) = V_1 \cdot ch(\gamma x) - Z_c \cdot I_1 \cdot sh(\gamma x)$$

$$I(x) = I_1 \cdot ch(\gamma x) - \frac{V_1}{Z_c} \cdot sh(\gamma x)$$

odnosno:

$$V(x) = V_2 \cdot ch(\gamma x) + Z_c \cdot I_2 \cdot sh(\gamma x)$$

$$I(x) = I_2 \cdot ch(\gamma x) + \frac{V_2}{Z_c} \cdot sh(\gamma x)$$

gdje su:

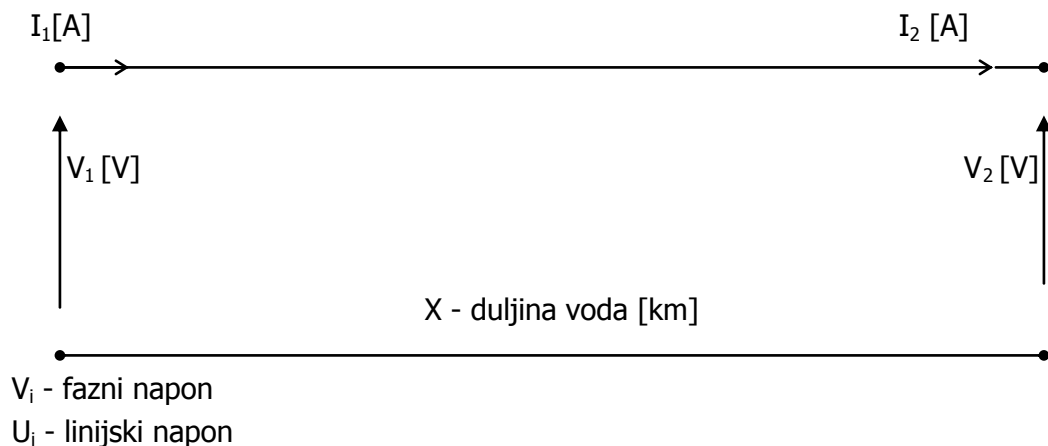
- $\gamma = \sqrt{Z_1 \cdot Y_1} = \alpha + j\beta \left[\frac{1}{km} \right]$ – konstanta prodiranja ili valna konstanta

- $Z_1 = R_1 + j\omega L_1 \left[\frac{\Omega}{km} \right]$ – jedinična impedancija

- $Y_1 = G_1 + j\omega C_1 \left[\frac{\Omega}{km} \right]$ – jedinična admitancija

i

- $Z_c = \sqrt{\frac{Z_1}{Y_1}} = \frac{Z_1}{\gamma} = \frac{\gamma}{Y_1} [\Omega]$ – karakteristična impedancija



a) Prilike na kraju voda i gubici snage za zadano pogonsko stanje:

- Određivanje snage i struje:

$$V_1 = \frac{U_1}{\sqrt{3}} = 65.2405 \text{ kV} \quad - \quad \text{fazni napon na početku voda}$$

$$S_1 = P_1 + jQ_1 = 121.52 + j69.5188 \text{ MVA}$$

$$I_1 = \left(\frac{S_1}{3 \cdot V_1} \right)^* = 620.8825 - j355.1928 \text{ A}$$

- Konstanta prodiranja i karakteristična impedancija su:

$$\gamma = \sqrt{Z_1 \cdot Y_1} = 1.27757 \cdot 10^{-3} + j1.0714 \cdot 10^{-4} \left[\frac{1}{\text{km}} \right]$$

$$Z_c = \sqrt{\frac{Z_1}{Y_1}} = 309.581 - j36.8605 \text{ } [\Omega]$$

- Dobivene podatke uvrštavamo u prijenosne jednadžbe kako bi dobili prilike na kraju voda, gdje je $x = 75 \text{ km}$:

$$\theta = \gamma \cdot x = 9.5818 \cdot 10^{-3} + j0.080355$$

Pa je:

$$\begin{aligned} ch(\theta) &= 0.996819 + j7.69 \cdot 10^{-4} \\ sh(\theta) &= 9.551 \cdot 10^{-3} + j0.080272 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_2(x) &= V_1 \cdot ch(\gamma x) - Z_c \cdot I_1 \cdot sh(\gamma x) = 54.253439 \angle -13.928^\circ \text{ kV} \\ I_2(x) &= I_1 \cdot ch(\gamma x) - \frac{V_1}{Z_c} \cdot sh(\gamma x) = 721.566 \angle -30.895^\circ \text{ A} \end{aligned}$$

- Pa je napon na kraju voda:

$$U_2 = \sqrt{3}V_2 = 93.96971 \angle -13.928^\circ \text{ kV}$$

- Snaga na kraju voda je:

$$S_2 = 3 \cdot V_2 \cdot I_2^* = 117.442 \angle 16.967^\circ \text{ MVA}$$

- Gubici su:

$$\Delta S = S_1 - S_2 = 36.425 \angle 75.386^\circ \text{ MVA}$$

-



b) Prazni hod

- Kod praznog hoda otvorene su stezaljke na kraju voda pa je struja $I_2=0$. Struja praznog hoda se dobije iz prijenosnih jednažbi:

$$I_2 = 0 = I_1 \cdot ch(\gamma x) - \frac{V_1}{Z_c} \cdot sh(\gamma x)$$

$$I_{1PH} = \frac{V_1 sh(\gamma x)}{Z_c ch(\gamma x)} = 16.65025 \angle 85.502^\circ A$$

$$V_2 = \frac{V_1}{ch(\gamma x) - sh(\gamma x)} = 65.86865 \angle 4.603^\circ kV$$

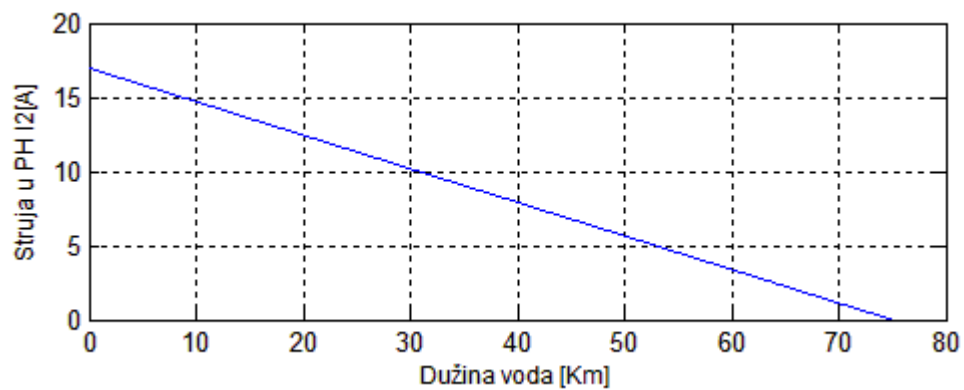
- Pa je linijski napon na kraju voda:

$$U_2 = \sqrt{3}V_2 = 114.0878 \angle 4.603^\circ kV$$

- Porast napona na kraju neopterećenog voda je poznati efekt koji se naziva Ferantijev efekt. Budući da je $S_2=0$, gubitak snage je jednak:

$$\Delta S = S_1 - S_2 = S_1 = 3 \cdot V_1 \cdot I_1^* = 3.258 \angle -85.502^\circ MVA$$

•



c) Vod zaključen karakterističnom impedancijom

- Prijenosna jednažba:

$$V_1 = V_2 \cdot ch(\gamma x) + I_2 \cdot Z_c \cdot sh(\gamma x) = V_2(ch(\gamma x) + sh(\gamma x))$$

- Pa je:

$$V_2 = \frac{V_1}{ch(\gamma x) + sh(\gamma x)} = 64.618 \angle -4.6039^\circ kV$$

$$U_2 = 111.92232 \angle -4.6039^\circ kV$$

$$I_2 = \frac{V_2}{Z_c} = 207.2643 \angle 2.186^\circ A$$

- Struja na početku je:

$$I_1(x) = I_2 \cdot ch(\gamma x) + \frac{V_2}{Z_c} \cdot sh(\gamma x) = I_2(ch(\gamma x) + sh(\gamma x)) = 209.25976 \angle 6.7899^\circ A$$

- Snage i gubici su tada jednaki:

$$S_1 = 40.9566 \angle -6.7899^\circ MVA$$

$$S_2 = 40.179 \angle -6.7899^\circ MVA$$

$$\Delta S = 0.7776 \angle -6.7899^\circ MVA$$

-





d) Duljina voda za 5% veći napon izlaza u praznom hodu

- Na ulaznim stezaljkama narinut je napon od 113 [kV] i na izlazu želimo dobiti 5% veći napon od nazivnog (118.65 [kV]). Ovaj problem računa se iz prijenosnih jednažbi uz uvjet $I_2=0$, pa je:

$$\frac{V_1}{ch(\gamma x)} = V_2$$

$$\frac{113}{ch(\gamma x)} = 118.65$$

$$ch(\gamma x) = 0.9523809$$

$$\gamma x = 0.398474743$$

Pa je konačno:

$$x = 287.1617 \text{ m}$$