



Erik Orehek
64100144

ELEKTROENERGETSKA OMREŽJA IN NAPRAVE (UNI)

ŠTUDIJSKO LETO: 2012/13

Parametri daljnovoda / Erik Orehek / 64100144

PARAMETRI DALJNOVODA

Vsebina

Podatki	1
Računanje električnih parametrov voda	2
Direktna impedanca	4
Nična impedanca	5
Izračun kapacitivnosti	6
Kapacitivnost	8
Polnilna in naravna moč, karakteristična impedanca	9
Termični tok voda in moč voda	10

PARAMETRI DALJNOVODA

Podatki

Za daljnovod napetosti 110 kV na trasi Podutik - Logatec z vodniki Al/Je 240/40 mm² in zaščitno vrvjo AlMg1/Je 50/30 mm² določite naslednje parametre:

$R_1(\Omega)$, $R_0(\Omega)$, $X_1(\Omega)$, $X_0(\Omega)$, $C_1(\mu F)$, $C_0(\mu F)$, $Q_p(\text{Mvar})$, $P_n(\text{MW})$, $Z_c(\Omega)$ in $S_{th}(\text{MVA})$ za trajno in kratkotrajno obremenitev, upoštevajoč podatke s slike.

Daljnovod je dolg 24.92 km.

Podatki:

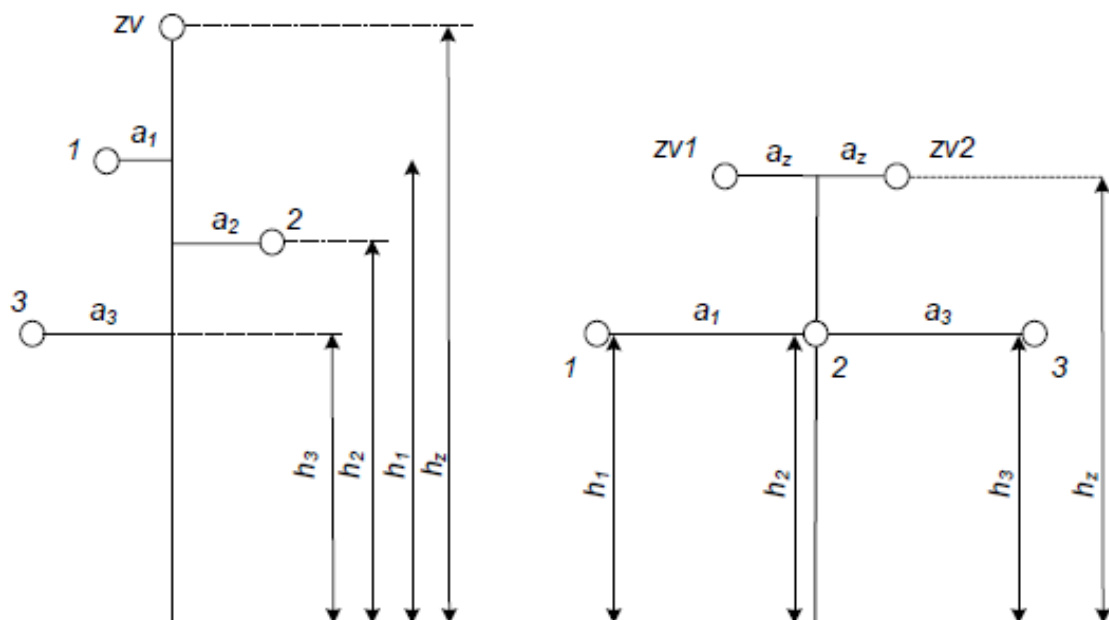
$a_1=2.5$ m $h_1=26.6$ m

$a_2=3.1$ m $h_2=24.6$ m

$a_3=3.6$ m $h_3=22.6$ m

$a_z=0.0$ m $h_z=31.8$ m

$f=15.0$ m



PARAMETRI DALJNOVODA

Računanje električnih parametrov voda

IZRAČUN GEOMETRIJE VODA:

$$d_{12} = \sqrt{(a_1 + a_2)^2 + (h_1 - h_2)^2} = 6,0 \text{ m}$$

$$d_{23} = \sqrt{(a_2 + a_3)^2 + (h_2 - h_3)^2} = 7,0 \text{ m}$$

$$d_{31} = \sqrt{(a_3 + a_1)^2 + (h_3 - h_1)^2} = 7,3 \text{ m}$$

SREDNJA GEOMETRIJSKA RAZDALJA MED VODNIKI:

$$d_{sr} = \sqrt[3]{d_{L12}d_{L23}d_{L13}} = 6,7 \text{ m}$$

DEJANSKI RADIJ FAZNEGA VODNIKA

$$r_v = \frac{1,3\sqrt{A_{Al} + A_{Je}}}{2} = 10,9 \text{ mm}$$

EKVIVALENTNI RADIJ FAZNEGA VODNIKA

$$f_e = 0,826$$

$$r_e = f_e r_v = 9,0 \text{ mm}$$

ZA SNOP TREH VODNIKOV VELJA

$$a = 400 \text{ mm}$$

$$n = 3$$

$$r_d = \frac{a}{2 \sin\left(\frac{\pi}{n}\right)} = 230,9 \text{ mm}$$

EKVIVALENTI RADIJ SNOPA TREH FAZNIH VODNIKOV

$$r_{es} = \sqrt[n]{r_v n r_d^{n-1}} = 120,4 \text{ mm}$$

IZRAČUN CARSSONOVE RAZDALJE

$$\rho_z = 100 \Omega \text{m}$$

$$d_c = 93,1\sqrt{\rho_z} = 931 \text{ m}$$

PARAMETRI DALJNOVODA

IZRAČUN DEJANSKEGA RADIJA ZAŠČITNEGA VODNIKA

$$r_{vz} = \frac{1,3\sqrt{A_{Alz} + A_{Jez}}}{2} = 5,81 \text{ mm}$$

IZRAČUN EKVIVALENTNEGA RADIJA ZAŠČITNEGA VODNIKA

$$f_{ez} = 0,700$$

$$r_{ez} = f_e r_{vz} = 4,07 \text{ mm}$$

IZRAČUN RAZDALJE VODIKOV DO ZAŠČITNE VRVI

$$d_{1z2} = d_{3z1} = \sqrt{(a_1 + a_z)^2 + (h_1 - h_z)^2} = 5,77 \text{ m}$$

$$d_{1z1} = d_{3z2} = \sqrt{(a_3 - a_z)^2 + (h_3 - h_z)^2} = 9,88 \text{ m}$$

$$d_{2z1} = d_{2z2} = \sqrt{(a_2 - a_z)^2 + (h_2 - h_z)^2} = 7,84 \text{ m}$$

SREDNJA RAZDALJA MED VODNIKI IN ZAŠČITNO VRVJO

$$d_{srz} = \sqrt[6]{d_{1z1}d_{2z1}d_{3z1}d_{1z2}d_{2z2}d_{3z2}} = 7,65 \text{ m}$$

Direktna impedanca

$$Z'_1 = R'_1 + j X'_1$$

$$R'_1 = \frac{\rho_{Al}}{A_{Al} n} = \frac{31,0 \text{ n}\Omega\text{m}}{240 \text{ mm}^2 * 3} = 0,043 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$R_1 = R'_1 l = 1,07 \Omega$$

$$X'_1 = 0,1445 \log \frac{d_{sr}}{r_{es} * 0,001} = 0,253 \Omega/\text{km}$$

$$X_1 = X'_1 l = 6,3 \Omega$$

$$Z_1 = R_1 + j X_1 = (1,07 + j 6,3)\Omega$$

PARAMETRI DALJNOVODA

Nična impedanca

$$Z'_0 = R'_0 + j X'_0$$

BREZ UPOŠTEVANJA ZAŠČITNE VRVI

$$R'_{zem} = 0,05 \frac{\Omega}{km}$$

$$R'_0 = R'_1 + 3R'_{zem} = 0,193 \frac{\Omega}{km}$$

$$X'_0 = 0,1445 \cdot 3 \cdot \log \frac{d_c}{\sqrt[3]{d_{sr}^2 \cdot r_{es} \cdot 0,001}} = 1,181 \frac{\Omega}{km}$$

$$Z_0 = Z'_0 \cdot l = (4,81 + j 29,43) \Omega$$

Z UPOŠTEVANJEM ZAŠČITNE VRVI

$$R'_z = \frac{\rho_{AlMg1}}{A_{AlMg1} n_z} = \frac{35,5 \text{ n}\Omega\text{m}}{50 \text{ mm}^2 \cdot 1} = 0,71 \frac{\Omega}{km}$$

$$X'_z = 0,1445 \log \frac{d_c}{r_{ez} \cdot 0,001} = 0,1445 \log \frac{931 \text{ m}}{4,07 \text{ mm} \cdot 0,001} = 0,774 \frac{\Omega}{km}$$

LASTNA IMPEDANCA ZAŠČITNE VRVI

$$Z'_z = R'_z + R'_{zem} + 0,1445 \log \frac{d_c}{r_{ez} \cdot 0,001} = (0,76 + j 0,774) \frac{\Omega}{km}$$

MEDSEBOJNA IMPEDANCA ZAŠČITNE VRVI

$$Z'_{zm} = R'_{zem} + 0,1445 \log \frac{d_c}{d_{srz}} = (0,05 + j 0,301) \frac{\Omega}{km}$$

NIČNA IMPEDANCA VODA

$$Z'_{0z} = Z'_0 - 3 \frac{Z'_{zm}{}^2}{Z'_z} = (0,304 + j 0,949) \frac{\Omega}{km}$$

$$Z_{0z} = Z'_{0z} \cdot l = (7,583 + j 23,645) \Omega$$

PARAMETRI DALJNOVODA

Izračun kapacitivnosti

IZRAČUN REDUCIRANIH VIŠIN VODNIKOVA

$$h_1^f = h_1 - \frac{2}{3}f = 16,6\text{m}$$

$$h_2^f = h_2 - \frac{2}{3}f = 14,6\text{ m}$$

$$h_3^f = h_3 - \frac{2}{3}f = 12,6\text{ m}$$

RAZDALJA VODNIKOVA DO ZRCALNE SLIKE

$$H_{11} = 2 \cdot h_1^f = 33,2\text{ m}$$

$$H_{22} = 2 \cdot h_2^f = 29,2\text{ m}$$

$$H_{23} = 2 \cdot h_3^f = 25,2\text{ m}$$

SREDNJA LASTNA RAZDALJA VODNIKOVA DO ZRCALNE SLIKE

$$H_L = \sqrt[3]{H_{11}H_{22}H_{33}} = 29,131\text{ m}$$

MEDSEBOJNA RAZDALJA VODNIKOVA DO ZRCALNE SLIKE

$$d_{12}^2 = (a_1 + a_2)^2 + (h_1 - h_2)^2 = 35,36\text{ m}^2$$

$$d_{13}^2 = (a_3 - a_1)^2 + (h_1 - h_3)^2 = 17,21\text{ m}^2$$

$$d_{23}^2 = (a_3 + a_2)^2 + (h_2 - h_3)^2 = 48,98\text{ m}^2$$

$$H_{12} = \sqrt{4h_1^f h_2^f + d_{12}^2} = 31,7\text{ m}$$

$$H_{13} = \sqrt{4h_1^f h_3^f + d_{13}^2} = 29,22\text{ m}$$

$$H_{23} = \sqrt{4h_2^f h_3^f + d_{23}^2} = 28,02\text{ m}$$

SREDNJA MEDSEBOJNA RAZDALJA VODNIKOVA DO ZRCALNE SLIKE:

$$H_M = \sqrt[3]{H_{12}H_{13}H_{23}} = 29,61\text{ m}$$

PARAMETRI DALJNOVODA

EKVIVALENTNI RADIJ FAZNEGA VODNIKA ZA IZRAČUN KAPACITIVNOSTI

$$r_{ec} = \sqrt[n]{r_v n r_d^{n-1}} = 120,4 \text{ mm}$$

SREDNJA LASTNA RAZDALJA ZAŠČITNEGA VODNIKA DO ZRCALNE SLIKE:

$$h_z^f = h_z - \frac{2}{3}f = 21,8 \text{ m}$$

$$H_{zz} = 2 \cdot h_z^f = 43,6 \text{ m}$$

$$H_{1z} = \sqrt{(h_z^f + h_1^f)^2 + a_1^2} = 38,48 \text{ m}$$

$$H_{2z} = \sqrt{(h_z^f + h_2^f)^2 + a_2^2} = 36,53 \text{ m}$$

$$H_{3z} = \sqrt{(h_z^f + h_3^f)^2 + a_3^2} = 34,59 \text{ m}$$

SREDNJA GEOMETRIJSKA RAZDALJA VODNIKOV DO ZRCALNE SLIKE ZAŠČITNEGA VODNIKA

$$H_{zm} = \sqrt[3]{H_{1z} \cdot H_{2z} \cdot H_{3z}} = 36,5 \text{ m}$$

PARAMETRI DALJNOVODA

Kapacitivnost

DIREKTNA KAPACITIVNOST VODA

$$C'_1 = \frac{10^3}{41,4 \cdot \log\left(\frac{d_{sr}}{r_{ec} * 0,001} \cdot \frac{H_L}{H_M}\right)} = \frac{10^3}{41,4 \cdot \log\left(\frac{6,7 \text{ m}}{120,4 \text{ mm} * 0,001} \cdot \frac{29,131 \text{ m}}{29,61 \text{ m}}\right)} = 13,895 \text{ nF/km}$$

$$C_1 = C'_1 \cdot l = 13,895 \text{ nF/km} * 24,92 \text{ km} = 346,3 \text{ nF}$$

NIČNA KAPACITIVNOST

$$C'_0 = \frac{10^3}{41,4 \cdot 3 \cdot \left(\log\left(\frac{\sqrt[3]{H_M^2 H_L}}{\sqrt[3]{d_{sr}^2 r_{ec} * 0,001}}\right) - \frac{\log^2\left(\frac{H_{zm}}{d_{srz}}\right)}{\log\left(\frac{H_{zz}}{r_{esz} * 0,001}\right)} \right)} = 7,706 \text{ nF/km}$$

$$C_0 = C'_0 \cdot l = 192 \text{ nF}$$

Polnilna in naravna moč, karakteristična impedanca

$$b' = \omega C' = \frac{7,58 \cdot 10^{-6}}{\log\left(\frac{d_{sr}}{r_{ec} \cdot 0,001}\right)} = 4,343 \mu S/km$$

POLNILNA MOČ

$$Q'_p = b' \cdot U_n^2 = 53,547 \text{ kVAr/km}$$

$$Q_p = Q'_p \cdot l = 1,31 \text{ MVar}$$

KARAKTERISTIČNA IMPEDANCA VODA

$$Z_C = 60 \cdot \ln\left(\frac{d_{sr}}{r_{ec}}\right) = 241,143 \Omega$$

NARAVNA MOČ VODA

$$P_n = \frac{U_n^2}{Z_C} = 50,178 \text{ MW}$$

PARAMETRI DALJNOVODA

Termični tok voda in moč voda

Dodatni podatki

$v = 0,6$	hitrost vetra (m/s)
$\alpha = 4 \cdot 10^{-3}$	temperaturna odvisnost upornosti (1/K)
ϑ_a	temperatura okolice:
	poleti 303 K (30°C)
	pozimi 288 K (15°C)
ϑ_{max}	maksimalna temperatura vodnika:
	trajno 333 K (60°C)
	kratkotrajno 348 K (75°C)
n_f	število vrvi v snopu (ena faza)

$$R_g' = R' \cdot (1 + \alpha(\vartheta_{max} - 293)) \cdot n_f$$

termični tok

$$I_{th} = \sqrt{\frac{2 \cdot \pi \cdot r_v}{R_g'} \left[115 \left(\frac{\vartheta_a}{1000} \right)^3 + \frac{181 \cdot \sqrt{v}}{\vartheta_a^{0,123} \cdot \sqrt{2 \cdot r_v}} \right] \cdot (\vartheta_{max} - \vartheta_a)} \quad (A)$$

termična moč

$$S_{th} = \frac{I_{th} U_n \sqrt{3} n_f}{1000} \quad (MVA)$$

kombinacije: poletje, trajno obratovanje ($\vartheta_a = 303K$, $\vartheta_{max} = 333 K$)
 poletje, kratkotrajno obratovanje ($\vartheta_a = 303K$, $\vartheta_{max} = 348 K$)
 zima, trajno obratovanje ($\vartheta_a = 288K$, $\vartheta_{max} = 333 K$)
 zima, kratkotrajno obratovanje ($\vartheta_a = 288K$, $\vartheta_{max} = 348 K$)

	ZIMA	POLETJE
trajna obremenitev	$\vartheta_a = 15^\circ C$, $\vartheta_{max} = 60^\circ C$, R'_{60}	$\vartheta_a = 30^\circ C$, $\vartheta_{max} = 60^\circ C$, R'_{60}
kratkotrajna obremenitev	$\vartheta_a = 15^\circ C$, $\vartheta_{max} = 75^\circ C$, R'_{75}	$\vartheta_a = 30^\circ C$, $\vartheta_{max} = 75^\circ C$, R'_{75}

	ZIMA	POLETJE
Trajna obremenitev	$I_{th} = 556,3 A$ $S_{th} = 318,0 MVA$	$I_{th} = 453,5 A$ $S_{th} = 259,2 MVA$
Kratkotrajna obremenitev	$I_{th} = 621,8 A$ $S_{th} = 355,4 MVA$	$I_{th} = 540,9 A$ $S_{th} = 309,2 MVA$