

4.1 PRETHODNI PRORAČUN VRATILA, IZBOR LEŽAJA I KLIHOVA

1.

a) Podaci o prenosniku

- izlazna snaga na spojnici S_3 $P_{S3} = 18 \text{ kW}$

- učestanost obrtanja na spojnici S_3 $n_{S3} = 735 \text{ min}^{-1}$

b) Podaci o materijalu: materijal vratila Č 0545 [5]:

zatezne čvrstoće $\sigma_M = R_M = (50 \dots 60) \text{ daN/mm}^2$,

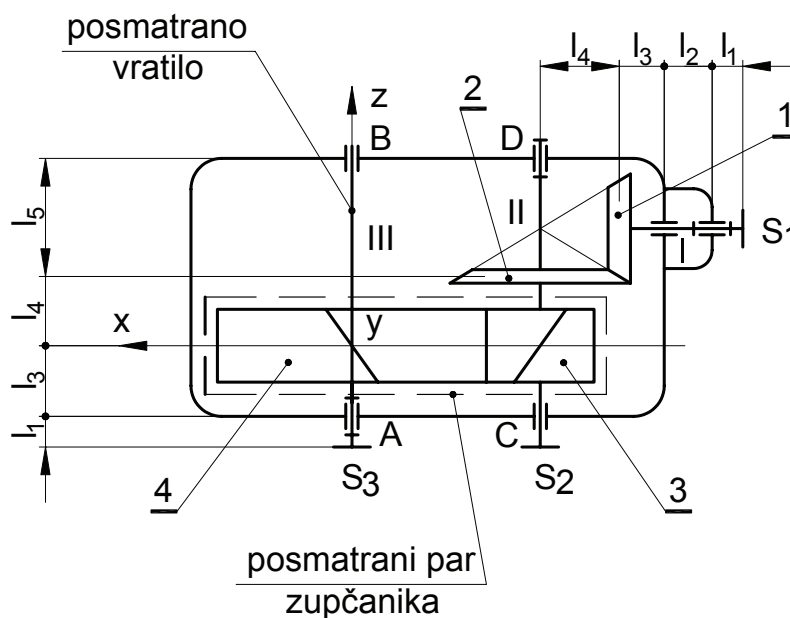
a napon tečenja $\sigma_T = \sigma_{0,2} = R_e = 29 \text{ daN/mm}^2$, $\tau_T = \tau_{0,2} = R_e = 0,7 R_e = 0,7 \cdot 29 \text{ daN/mm}^2 = 21 \text{ daN/mm}^2$.

$\sigma_{D(-1)s} = 25 \text{ daN/mm}^2$ - dinamička čvrstoća pri naizmjenično promenljivom opterećenju za savijanje;

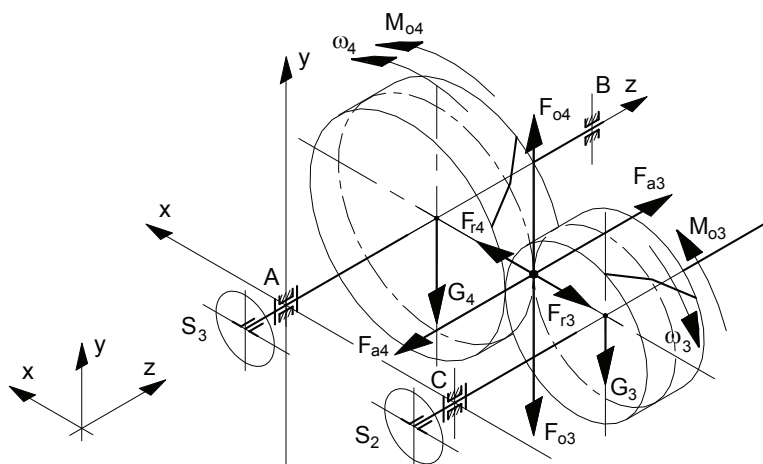
$\tau_{D(0)u} = 19 \text{ daN/mm}^2$ - dinamička čvrstoća pri jednosmerno promenljivom opterećenju za uvijanje;

$\tau_{D(-1)u} = 14,5 \text{ daN/mm}^2$ - dinamička čvrstoća pri naizmjenično promenljivom opterećenju za uvijanje.

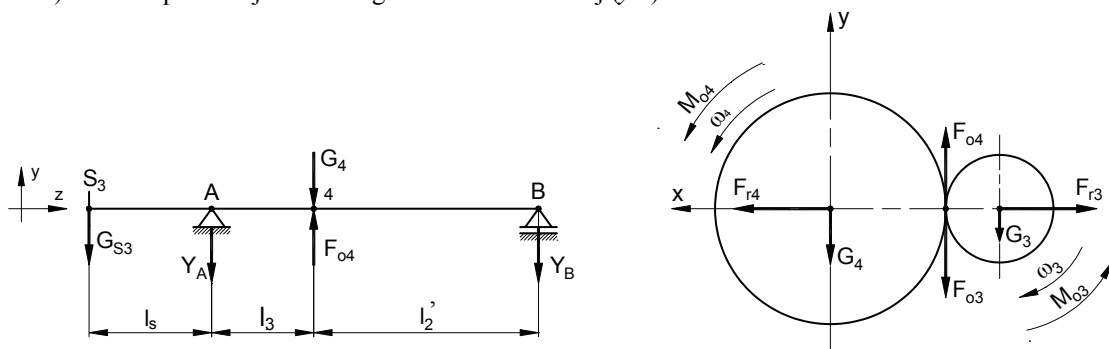
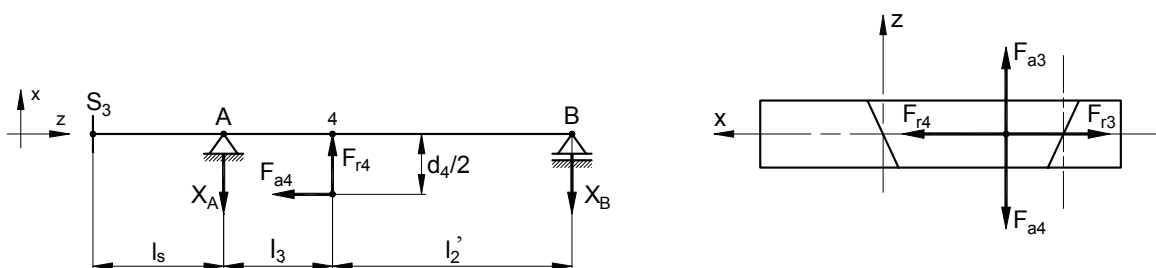
c) Skica prenosnika



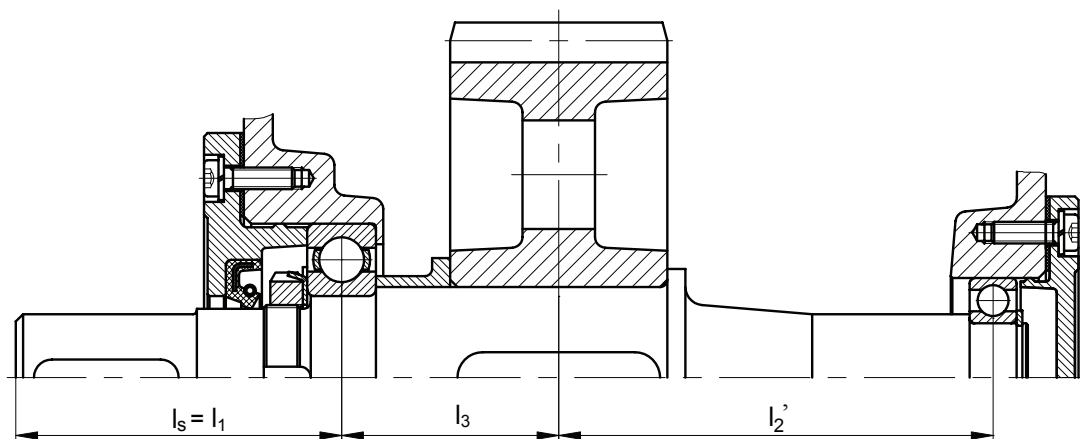
2. Prostorna šema opterećenja koja deluju na pojedine delove.



3.

a) Šema opterećenja izabranog vratila u vertikalnoj (y - z) ravni:b) Šema opterećenja izabranog vratila u horizontalnoj (x - z) ravni:

c) Određivanje rastojanja između napadnih linija sila na osnovu zadatog vratila III prenosnika K, odnosno elemenata koji se na njemu nalaze:



$$l_3 = 60 \text{ mm}$$

$$l_s = l_1 = 90 \text{ mm}$$

$$l_2' = l_4 + l_5 = 60 + 60 = 120 \text{ mm}$$

4. Određivanje opterećenja vratila - sila i obrtnih momenata

$$\text{ugaona brzina vratila III: } \omega_3 = \frac{2\pi n_3}{60} = \frac{2\pi \cdot 735}{60} = 76,97 \text{ s}^{-1} = \omega_4$$

$$\text{obrotni moment: } M_{o4} = \frac{P_{S3}}{\omega_4} = \frac{18000}{76,97} = 233,86 \text{ Nm}$$

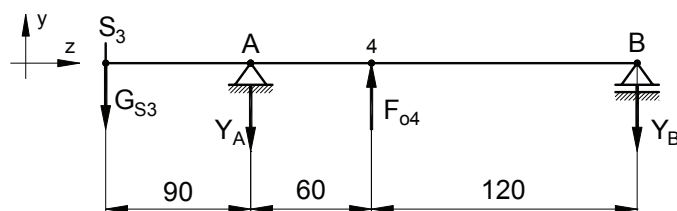
obimna sila na zupčaniku 4: $F_{o4} = \frac{2M_{o1}}{d_{o1}} = \frac{2 \cdot 233,86}{0,1867} = 2505 \text{ N}$

radijalna sila: $F_{r4} = F_{o4} \tan \alpha = 2505 \cdot \tan 20,6836 = 945,76 \text{ N}$

aksijalna sila: $F_{a4} = F_{o1} \tan \beta_0 = 2505 \cdot \tan 15,4093 = 690,43 \text{ N}$

5. Otpori oslonaca u jednoj i drugoj ravni:

a) Radijalna komponenta otpora oslonaca u yz-ravni:



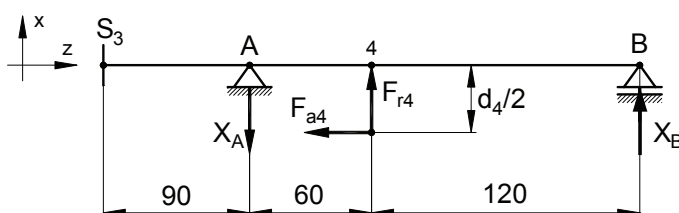
$$\sum M_A = F_{o4} \cdot 60 - Y_B \cdot 180 = 0$$

$$\sum Y = -Y_A - Y_B + F_{o4} = 0$$

$$Y_B = \frac{F_{o4} \cdot 60}{180} = \frac{2505 \cdot 60}{180} = 835 \text{ N}$$

$$Y_A = F_{o4} - Y_B = 2505 - 835 = 1670 \text{ N}$$

b) Radijalna komponenta otpora oslonaca u xz-ravni:



$$\sum M_A = F_{r4} \cdot 60 - F_{a4} \frac{d_4}{2} + X_B \cdot 180 = 0$$

$$\sum X = -X_A + F_{r4} + X_B = 0$$

$$X_B = \frac{F_{a4} \frac{d_4}{2} - F_{r4} \cdot 60}{180} = \frac{690,2 \frac{186,71}{2} - 945,76 \cdot 60}{180} = 42,7 \text{ N}$$

$$X_A = F_{r4} + X_B = 945,76 + 42,7 = 988,47 \text{ N}$$

c) Rezultujuće radijalne komponente otpora oslonaca

$$F_{rA} = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2} = \sqrt{988,47^2 + 1670^2} = 1940,6 \text{ N}$$

$$F_{rB} = \sqrt{X_B^2 + Y_B^2} = \sqrt{42,7^2 + 835^2} = 836 \text{ N}$$

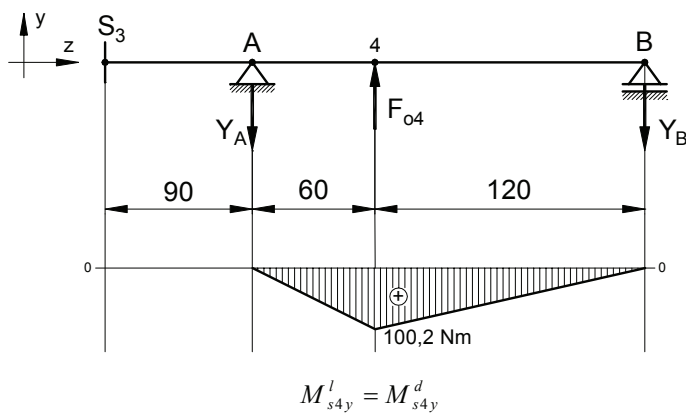
d) Oslonac A ima i aksijalnu komponentu

$$F_{aA} = F_{a4} = 690,2 \text{ N}$$

6. Napadna opterećenja u karakterističnim poprečnim presecima

a) Momenti savijanja u yz-ravni na mestu zupčanika 4:

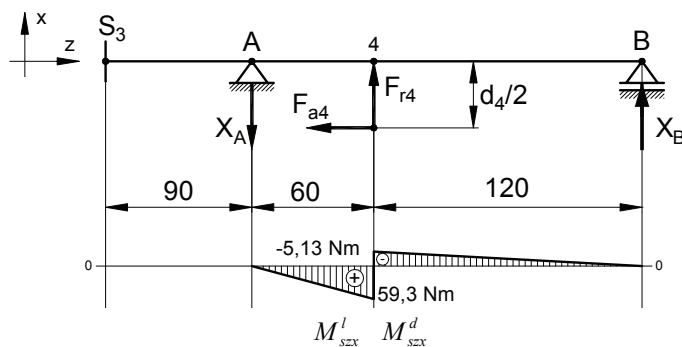
$$M_{s4y}^l = Y_A l_3 = 1670 \cdot 0,06 = 100,2 \text{ Nm} = M_{s4y}^d$$



b) Momenti savijanja u xz-ravni na mestu zupčanika 4:

$$M_{s4x}^l = X_A l_3 = 988,47 \cdot 0,06 = 59,3 \text{ Nm}$$

$$M_{s4x}^d = X_A l_3 - F_{a4} \frac{d_4}{2} = 59,3 \cdot 0,06 - 690,2 \frac{0,1876}{2} = -5,13 \text{ Nm}$$



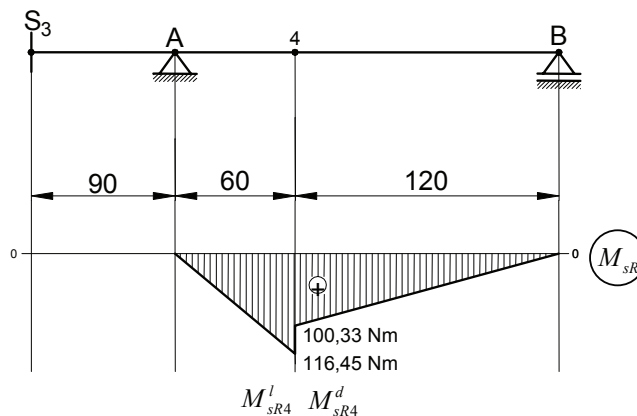
7. Intenzitet rezultujućih napadnih momenata

- rezultujući moment savijanja:

$$M_{sA} = M_{sS3} = M_{sB} = 0$$

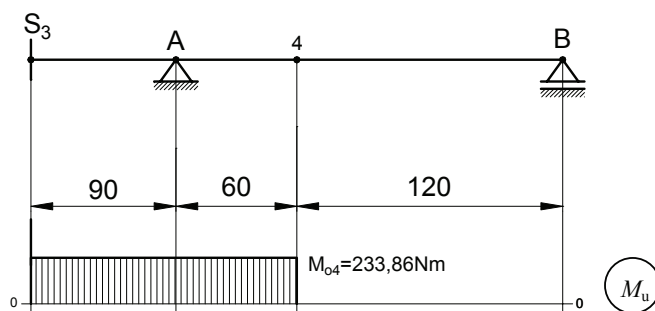
$$M_{sR4}^l = \sqrt{(M_{s4x}^l)^2 + (M_{s4y}^l)^2} = \sqrt{59,3^2 + 100,2^2} = 116,45 \text{ Nm}$$

$$M_{sR4}^d = \sqrt{(M_{s4x}^d)^2 + (M_{s4y}^d)^2} = \sqrt{(-5,13)^2 + 100,2^2} = 100,33 \text{ Nm}$$



8. Momenti uvijanja u karakterističnim presecima

$$M_{uS3} = M_{u4} = M_{o4} = 233,86 \text{ Nm}$$



9. Idealni (uporedni, fiktivni) momenti u karakterističnim presecima:

$$M_i = \sqrt{M_{RS}^2 + \left(\frac{\alpha_0}{2} M_u\right)^2}; \text{ gde je } \alpha_0 = \frac{\sigma_{D(-)s}}{\tau_{D(0)u}} = \frac{25}{19} = 1,316$$

a) idealni napadni moment na mestu spojnice S3; ako se zanemari težina spojnice G_{S3} onda je $M_{sRS3}=0$:

$$M_{iS3} = \sqrt{M_{sRS3}^2 + \left(\frac{\alpha_0}{2} M_{uS3}\right)^2} = \sqrt{0 + \left(\frac{1,316}{2} 233,86\right)^2} = 153,88 \text{ Nm}$$

b) idealni moment na mestu zupčanika 4:

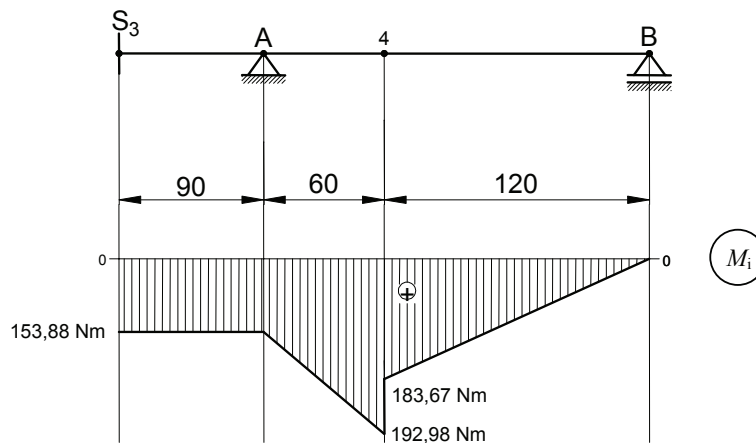
$$M'_{i4} = \sqrt{(M'_{sR})^2 + \left(\frac{\alpha_0}{2} M_{u4}\right)^2} = \sqrt{116,45^2 + \left(\frac{1,316}{2} 233,86\right)^2} = 192,98$$

$$M^d_{i4} = \sqrt{(M^d_{sR})^2 + \left(\frac{\alpha_0}{2} M_{u4}\right)^2} = \sqrt{100,33^2 + \left(\frac{1,316}{2} 233,86\right)^2} = 183,67$$

c) idealni moment na mestu oslonca B:

$$M_{iB} = 0, \text{ jer je } M_{sRB} = 0 \text{ i } M_{uB} = 0.$$

d) dijagram rezultujućeg momenta:



10. Prečnici vratila

Orijentacione vrednosti faktora dinamičke čvrstoće K_D (tabl.4.1):

$K_D = 1,6 \dots 2,0$ - na mestu uzdužnog žleba za klin (veza na mestu zupčanika);

$K_D = 1,5 \dots 2,1$ - na mestu promene prečnika vratila.

Minimalna vrednost stepena sigurnosti za ovaj slučaj $S_{\min} = 1,2 \dots 1,4$.

Dozvoljeni napon : $\sigma_{\text{doz}} = \frac{\sigma_{D(-)s}}{K_D S_{\min}}$.

Prečnik vratila na mestu spojnice:

$$d_{vS3} = \sqrt[3]{\frac{10M_l}{\sigma_{\text{doz}}}} = \sqrt[3]{\frac{10M_{lS3} S_{\min} K_D}{\sigma_{D(-)s}}} = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot 153,88 \cdot 1,3 \cdot 1,7}{250 \cdot 10^6}} = 0,0238 \text{ m} = 23,8 \text{ mm}$$

Prečnik vratila na mestu ležaja:

$$d_{vA} = d_{vS3}$$

Prečnik vratila na mestu zupčanika:

$$d_{v4} = \sqrt[3]{\frac{10M_{l4} S K_D}{\sigma_{D(-)s}}} = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot 192,98 \cdot 1,3 \cdot 1,7}{250 \cdot 10^6}} = 0,02574 \text{ m} = 25,74 \text{ mm}$$

Izračunate veličine prečnika vratila uvećavaju se za 10% i zaokružuju na prvu veću standardnu vrednost:

$$d_{vS} = 23,8 \cdot 1,1 = 26,1 \text{ mm} \quad \text{usvaja se} \quad d_{vS} = 26 \text{ mm}$$

$$d_{vA} = d_{vB} = 30 \text{ mm} \quad (\text{vrednost uslovljena prečnikom provrta ležaja})$$

$$d_{v4} = 25,74 \cdot 1,1 = 28,3 \text{ mm} \quad \text{usvaja se} \quad d_{v4} = 35 \text{ mm} \quad (\text{iz konstrukcionih razloga}).$$

11. Izbor kotrljajnih ležaja

a) Izbor ležaja u osloncu A

Ekvivalentno opterećenje:

$$F = F_A = XF_{rA} + YF_{aA}$$

gde je:

$F_{rA} = 1940,6 \text{ N}$ – radijalna komponenta opterećenja u osloncu A;

$F_{aA} = 690,2 \text{ N}$ – aksijalna komponenta opterećenja u osloncu A;

X – faktor radijalnog opterećenja [4];

Y – faktor aksijalnog opterećenja [4].

Potrebni podaci:

$T = 12000$ časova - zadati radni vek;

$n = 735 \text{ min}^{-1}$;

k_t – faktor temperature (tab.7.4 [4]).

Potrebna dinamička nosivost ležaja:

$$C \geq \frac{F}{k_t} \sqrt[3]{\frac{Tn}{10^6}} = F \sqrt[3]{\frac{12000 \cdot 44100}{10^6}} = F \cdot 8,08 \text{ kN} \Rightarrow \frac{C}{F} \geq 8,08 \text{ kN}$$

Podaci o prstenim jednoredim kugličnim kotrljajnim ležajima sa radijalnim dodirom tipa merne serije 60, 62, 63 i 64 za rukavac na mestu A vratila prečnika $d_v = 30 \text{ mm}$ (prečnik provrta ležaja $d = 30 \text{ mm}$) dati su u priloženoj tablici.

Ekvivalentno opterećenje za varijante 1, 2, 3, i 4:

$$1. \quad F = XF_{rA} + YF_{aA} = 0,56 \cdot 1940,6 + 1,47 \cdot 690,92 = 1086,736 + 1014,594 = 2101 \text{ N} = 2,1 \text{ kN}$$

$$2. \quad F = XF_{rA} + YF_{aA} = 0,56 \cdot 1940,6 + 1,60 \cdot 690,92 = 2191 \text{ N} = 2,19 \text{ kN}$$

$$3. \quad F = XF_{rA} + YF_{aA} = 0,56 \cdot 1940,6 + 1,67 \cdot 690,92 = 2240 \text{ N} = 2,24 \text{ kN}$$

$$4. \quad F = XF_{rA} + YF_{aA} = 1 \cdot 1940,6 + 0 \cdot 690,92 = 1941 \text{ N} = 1,94 \text{ kN}$$