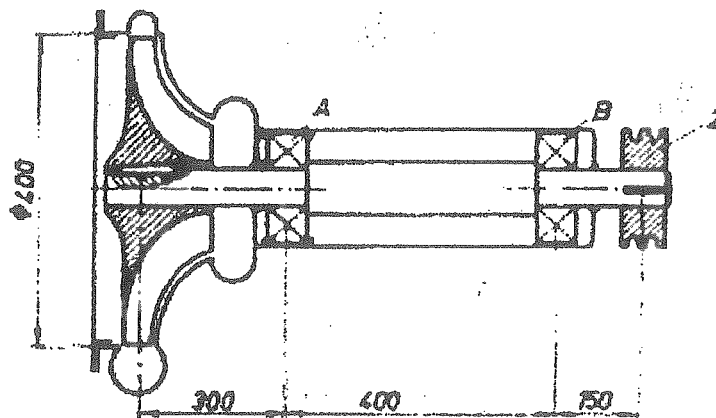


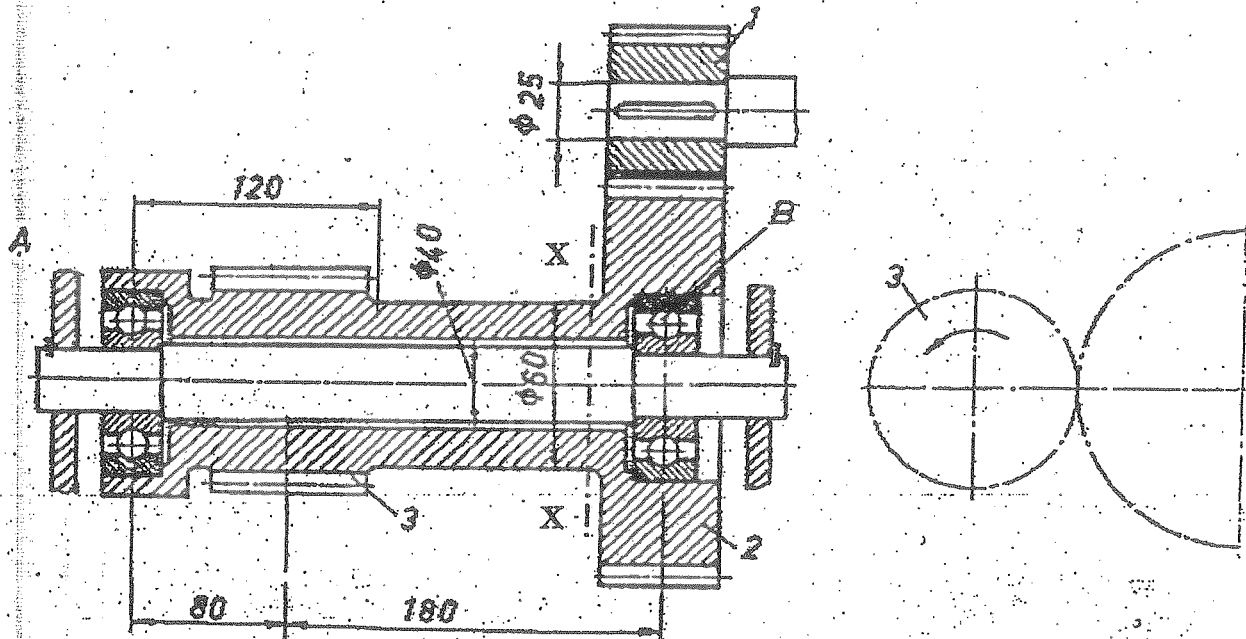
ISPITNI ZADATAK



Na slici je data centrifugalna pumpa koju pokreće elektromotor snage $P_{EM}=11$ kW pri broju okretaja $n_{EM}=1440$ min^{-1} preko trapeznog remenskog prenosnika sa prenosnim odnosom $i_R=1,2$ i stepena iskorištenja $\eta_R=0,98$. Potrebno je odrediti:

1. Napone u klinu bez nagiba koji vezuje obrtno kolo pumpe sa vratilom prečnika $d=30$ mm. Dužina klina je $l=45$ mm.
2. Nalijeganje glavčine obrtnog kola i vratila pod uslovima da najveći zazor odnosno preklop ne pređe 20 μm . Dati grafički prikaz izabranih tolerancijskih polja i tolerancije nalijeganja.
3. Ekvivalentni napon na mjestu oslonca A vratila izrađenog od Č.0545 ako je aksijalni pritisak od kola pumpe $F_s=4000$ N, a težina kola pumpe $G_p=300$ N. Težinu remenice zanemariti.
4. Nosivost remena remenskog prenosnika ako je ugrađeni remen tip "B" prema JUS G.E2.053 i 063, broj remena je 4, osno rastojanje 300 mm i prečnik male remenice $d_{R1}=200$ mm.

ISPITNI ZADATAK



Za sklop vratila reduktora jedne dizalice, koji prima pogon od elektromotora preko zupčastog para 1-2 i predaje je dalje, treba odrediti:

- Stepen sigurnosti bokova zúbaca zupčanika 2, ako je snaga koju prenosi zupčasti par najviše $P=1000\text{kW}$ pri broju obrtaja vratila $n_2=400\text{ min}^{-1}$, i ako su karakteristike zupčanika: $m_n=6\text{ mm}$, $Z_1=30$, $Z_2=134$, $\alpha_n=20^\circ$, $\beta=30^\circ$, $x_1=x_2=0$, viskoznost ulja $\nu=100\text{ mm}^2/\text{s}$, kvalitet izrade IT 7, $s_\alpha=1.75$, širina zupčanika $b=240\text{ mm}$, $K_{H\alpha}=1.1$, $K_{H\beta}=1.05$, $Z_\epsilon=0.755$, $Z_H=2.22$, $Z_N Z_\sigma Z_V Z_R Z_W Z_X=1.29$.
- Vijek kotrljajnog ležaja 6307 na mjestu oslonca B, ako ležaj prima i aksijalne sile.
- Parcijalni stepen sigurnosti protiv razaranja šupljeg vratila usljed uvijanja u presjeku X-X. Zadato je: pogon reverzibilan; $n_x > N_D$, radijus zaobljenja $r=5\text{ mm}$, materijal vratila Č.1530, fino strugano.

Zadatak je:

-1-

Zemica; 28.09.2008

$$P = 1000 \text{ kW}; n_2 = 400 \text{ min}^{-1}; m_n = 6 \text{ mm}; z_1 = 30; z_2 = 134$$

$$\alpha_n = 20^\circ; \beta = 30^\circ; x_1 = x_2 = 0; \nu = 100 \text{ mm}^2/\text{s}; IT = 7$$

$$\varepsilon_\alpha = 1,75; b = 240 \text{ mm}; K_{H\alpha} = 1,1; K_{H\beta} = 1,05; Z_\varepsilon = 0,755$$

$$Z_H = 2,22; Z_H \cdot Z_\beta \cdot Z_v \cdot Z_R \cdot Z_W \cdot Z_X = 1,29$$

Rješenje:

a.) a1) Prenosni odnos zupčanika "1-2":

$$i_{1-2} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{134}{30} = 4,47 \text{ w}$$

a2) Broj okretaja zupčanika "1":

$$n_1 = n_2 \cdot i_{1-2} = 400 \cdot 4,47 = 1786,7 \text{ min}^{-1} = 29,8 \text{ [s}^{-1}\text{]}$$

a.3.1) Ugaona brzina ω_1 :

$$\omega_1 = 2 \cdot \pi \cdot n_1 = 2 \cdot \pi \cdot 29,8 = 187,0 \text{ [s}^{-1}\text{]}$$

a.3.2) Ugaona brzina ω_2 :

$$\omega_2 = 2 \cdot \pi \cdot n_2 = 2 \cdot \pi \cdot 6,7 = 41,87 \text{ [s}^{-1}\text{]} \text{ (w)}$$

$$\omega_2 = 400 \text{ min}^{-1} = 6,7 \text{ [s}^{-1}\text{]} \text{ (w)}$$

a.4.) Obrtni moment na vratilu zupčanika z_2 je:

$$T_2 = \frac{P}{\omega_2} = \frac{1000 \text{ kW}}{41,87 \text{ s}^{-1}} = 23885,35 \text{ [Nm]}$$

a.5. Modul za kosozubce zupčanike:

$$m_t = \frac{m_n}{\cos \beta} = \frac{6}{\cos 30^\circ} = 6,93 \text{ mm}$$

a.6. Prečnici: podbrni kružnica zupčanika "1-2":

$$d_1 = m_t \cdot z_1 = 6,93 \cdot 30 = 207,90 \text{ mm}$$

$$d_2 = m_t \cdot z_2 = 6,93 \cdot 134 = 928,62 \text{ mm}$$

a.7. Ugao nagiba profila u glavnom presejku :

$$\checkmark \operatorname{tg} \alpha_t = \frac{\operatorname{tg} \alpha_n}{\cos \beta} = \frac{\operatorname{tg} 20^\circ}{\cos 30^\circ} = \frac{0,36}{0,87} = 0,41$$

$$\checkmark \alpha_t = \arctan 0,41 = 22^\circ 47'$$

a.8. Obimna brzina na zupčaniku z_2 :

$$\checkmark v_2 = z_2 \cdot r_2 \cdot \pi \cdot n_2 = z_2 \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \pi \cdot n_2 = r_2 \cdot \omega_2$$

$$\checkmark v_2 = 2 \cdot 0,464 \cdot \pi \cdot 6,7 = 19,52 \text{ [m/s]}$$

Pošto je $x_1 = x_2 = 0$ to je :

$$\checkmark d_t = d_w t; \quad d_1 = d_{w1}; \quad d_2 = d_{w2};$$

a.9. Tangencijalna (obimna) sila na zupčaniku „ z_2 “ :

$$\checkmark F_{t2} = \frac{T_2}{r_2} = \frac{23885,35}{0,464} = 51477,05 \text{ [N]}$$

a.10. Aksijalna sila na zupčaniku „ z_2 “ :

$$\checkmark F_{a2} = F_{t2} \cdot \operatorname{tg} \beta = 51477,05 \cdot \operatorname{tg} 30^\circ$$

$$\checkmark F_{a2} = 29720,30 \text{ [N]}$$

a.11. Radijalna sila na zupčaniku „ z_2 “ :

$$\checkmark F_{r2} = F_{t2} \cdot \frac{\operatorname{tg} \alpha_n}{\cos \beta} = 51477,05 \cdot \frac{\operatorname{tg} 20^\circ}{\cos 30^\circ} =$$

$$\checkmark F_{r2} = 21105,60 \text{ [N]}$$

0.12. Podioni korak zupčanika "1-2":

$$- P_t = m_t \cdot \pi = 6,93 \cdot \pi = 21,77 \text{ [mm]}$$

0.13. Osnovni korak zupčanika "1-2":

$$- P_{bt} = P_t \cdot \cos \alpha_t = 21,77 \cdot \cos 22,47^\circ$$

$$- P_{bt} = 20,12 \text{ [mm]}$$

0.14. Stepen sprezanja bočnih linija:

$$- \epsilon_B = \frac{b \cdot \tan \beta}{P_{bt}} = \frac{240 \cdot \tan 30^\circ}{20,12}$$

$$- \epsilon_B = 6,88$$

0.15. Ukupni stepen sprezanja zupčanika "1-2":

$$- \epsilon_\Sigma = \epsilon_\alpha + \epsilon_B = 1,75 + 6,88 = 8,63$$

0.16. Radni napon na mjestu dodira zubaca kosozubih zupčanika:

$$\sigma_H = Z_E \cdot Z_H \cdot Z_\epsilon \cdot Z_B \cdot Z_\beta \cdot \sqrt{\frac{F_{t2}}{d_2 \cdot b} \cdot \frac{u+1}{u} \cdot K_A \cdot K_V \cdot K_{H\beta} \cdot K_{H\alpha}}$$

- gdje je:

"Z_E" - faktor elastičnosti materijala; pa je za materijal zupčanika od čelika:

$$Z_E = 189,8 \sqrt{\text{mm}^2} \quad \text{za } \sigma_{el} = 125 \text{ ili } 415 \text{ MPa}$$

Z_H = 2,22 - faktor oblika zubaca (zadato);

Z_ε = 0,55 - faktor sprezanja zubaca (zadato);

"Z_B" - faktor ugla nagiba

$$Z_B = \sqrt{\cos \beta} = \sqrt{\cos 30^\circ} = 0,93$$

"Z_B" - faktor napora u tački B :

$$Z_B = \frac{\frac{t_{g\alpha_1} \cdot \cos \beta}{z_1} \cdot \cos \beta}{\sqrt{\frac{t_{g\alpha_1} \cdot t_{g\alpha_2}}{z_1 \cdot z_2}}} > 1$$

Za brojeve zubača Z_1 i $Z_2 > 20$ usvojiti $Z_B = 1$

"u" = $i_{1-2} = 4,47$ - prenosni odnos zupčanika "1-2" ;

"K_A" - faktor spoljnih dinamičkih sila (tab. 7.181. MP2)

K_A = 1,25 - za stalan obrtni moment sa malim promjenama.

"K_V" = faktor unutrašnjih dinamičkih sila :

$$K_V = k \cdot f_F + 1$$

k i f_F - iz dijagrama na sl. 7.358 u zavisnosti od kvaliteta tolerancija "IT7" (zadato), pa je:

$$k = 0,7$$

f_F - iz tabele za ISO IT7 kvalitet i

$$\frac{K_A \cdot F_t}{b} = 268,11 \left[\frac{N}{mm} \right] \text{ po je:}$$

$f_F = 1$ - usvojeno za toleranciju 350 μm

$$\underline{K_V = 0,7 \cdot 1 + 1 = 1,7}$$

$K_{H\beta} = 1,1$ - faktor neravnomjernosti opterećenja zubaca

$K_{H\alpha} = 1,05$ - faktor podučne raspodjele opterećenja

$$\sigma_H = 189,8 \cdot 2,22 \cdot 0,755 \cdot 0,93 \cdot 1 \cdot \sqrt{\frac{51477,05}{240 \cdot 928,62} \cdot \frac{4,47+1}{4,47} \cdot 1,25 \cdot 1,7 \cdot 1,1 \cdot 1,05}$$

$$\sigma_H = 246,42 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

a.17. Kritični napon i izdržljivost bokova zubaca je:

$$[\sigma_H]_M = \sigma_{Hlim} \cdot Z_N \cdot Z_S \cdot Z_L \cdot Z_V \cdot Z_R \cdot Z_W \cdot Z_X$$

- gdje je:

$\sigma_{Hlim} = 380 \text{ N/mm}^2$ - za čelik Č.0545 - trajna izdržljivost
(iz tab. 7.186. IMP2).

$$Z_N \cdot Z_S \cdot Z_V \cdot Z_R \cdot Z_W \cdot Z_X = 1,29 \text{ - (zadato)}$$

Z_L - faktor uticaja kvaliteta ulja:

$$Z_L = C_{ZL} + \frac{1 - C_{ZL}}{\left(0,6 + \frac{67}{\sqrt{v_{L0}}}\right)^2} = 0,72 + \frac{1 - 0,72}{\left(0,6 + \frac{67}{100}\right)^2} = 0,89$$

gdje je: v_{L0} - kinematska viskoznost ulja u mm^2/s na temperaturi ulja po je v_{L0} :

$v = 12,52 \text{ mm}^2/\text{s}$ - odmazivanje getoprijem
u ulje za $v = 15 \dots 23 \text{ mm}^2/\text{s}$

i $P > 200 \text{ kW}$

$v = 100 \text{ mm}^2/\text{s}$ - viskozitet ulja, po je

1,0129

$$\checkmark C_{zL} = 0,636 + \frac{\sigma_{\#lim}}{4375} = 0,636 + \frac{380}{4375} = 0,72$$

$$\checkmark [\sigma_{\#}]_M = 380 \cdot 1,29 \cdot 0,89 = 436,28 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

a.17. Stepen sigurnosti protiv razaranja bokova zubaca je:

$$\checkmark S_{\#} = \frac{[\sigma_{\#}]_M}{\sigma_{\#}} = \frac{436,28}{246,42} = 1,77$$

$$1,2 < S_{\#} < 1,8$$

6. Za ležaj 6307 za oslonac "B" je:

$$F_{rB} = F_{r2} = 21105,60 \text{ [N]} = 21,10 \text{ [kN]}$$

$$F_{aB} = F_{a2} = 29720,30 \text{ [N]} = 29,72 \text{ [kN]}$$

Ležaj 6307 je prstenasti kuglični ležaj sa radijalnim dodirnom oznake 6 (BC) za prečnik vanjske na mjestu ležaja "B" je $d = 35 \text{ mm}$.

$d=35\text{mm}$	
Ležaj	6307
C	26,0
C_0	17,6
F_a/F_r	1
F_a/C_0	
e	0,30
x	0,56
y	1,45
F	54,91
C_N	

Ekvivalentno opterećenje ležaja je:

$$F = V \cdot x \cdot F_r + y \cdot F_a$$

gdje je:

$V = 1$ - za prsten (unutrašnji) ležaj koji se okreće;

$$F = 1 \cdot 0,56 \cdot 21,10 + 1,45 \cdot 29,72$$

$$F = 54,91 \approx 55 \text{ [kN]}$$

Broj okretaja do razaranja ležaja je:

$$N = \left(\frac{C}{F} \right)^2 \cdot N_0 = \left(\frac{26,0}{54,91} \right)^2 \cdot 10^6 = 106,16 \cdot 10^6 \text{ [okretaja]}$$

gdje je: $\alpha = 3$ - za ležaje sa kuglicama,

$$N_0 = 10^6$$

Vrijeme rada ležaja je

$$t = \frac{N}{n_2} = \frac{106,16 \cdot 10^6}{6,7} = 15,845 \cdot 10^7 \text{ s}$$

C) Parcijalni stepen sigurnosti: usljed uvijanja vratila

Za materijal vratila č. 1530 je:

$$\tilde{\sigma}_{0.01} = 230 \div 310 \text{ [N/mm}^2\text{]} \text{ - (tab. 7.8. MP2) - jednosmjerna izdržljivost}$$

$$\tilde{\sigma}_{0.1} = 180 \div 200 \text{ [N/mm}^2\text{]} \text{ (tab. 7.8. MP2) - dvosmjerna izdržljivost}$$

$$R_m = 650 \div 820 \text{ [N/mm}^2\text{]} \text{ - za } d = 16 \div 40 \text{ mm}$$

$$E_m = 200 \text{ [GPa]} \text{ - za č. 1530}$$

$$S_L = \frac{\sqrt[3]{\beta_{su} \cdot \beta_2 \cdot \beta_3} \cdot \tilde{\sigma}_{0.01}}{R_m \cdot \tilde{\sigma}}$$

gdje je: $\beta_{su} = 0,78$ - faktor mjera (tab. 7.100; MP2)

$\beta_2 = 0,90 \div 0,95$ - faktor stanja površina pri uvijanju (tab. 7.101; MP2),

$\beta_3 = 1,5 \div 1,7$ - uticaj ojačanja površinskog sloja na izdržljivost vratila.

$\tilde{\sigma}$ = napon na uvijanje od momenta uvijanja

$$\tilde{\sigma} = \frac{T}{W} = \frac{100 \text{ kW}}{\frac{d^3 \pi}{16}} = \frac{100 \text{ kW}}{\frac{25^3 \cdot \pi}{16}} = 118,84 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

$W = \frac{d^3 \pi}{16}$ - otporni moment za vratila.

$\frac{A_{22}}{A_{11}} = 1,75$ - efektni koeficijent koncentracije napora i mjera na mjestaima koncentracije opterećenja u obrtnim dijelovima.

$$\beta_2 = 1,75 \cdot \sqrt[3]{0,78} = 1,75 \cdot 0,92 = 1,61$$

Slijedi da je parcijalni stepen sigurnosti α vrijedan

$$S_{\bar{c}} = \frac{0,78 \cdot 0,32 \cdot 16 \cdot 280}{1,365 \cdot 112,84} = 1,98$$

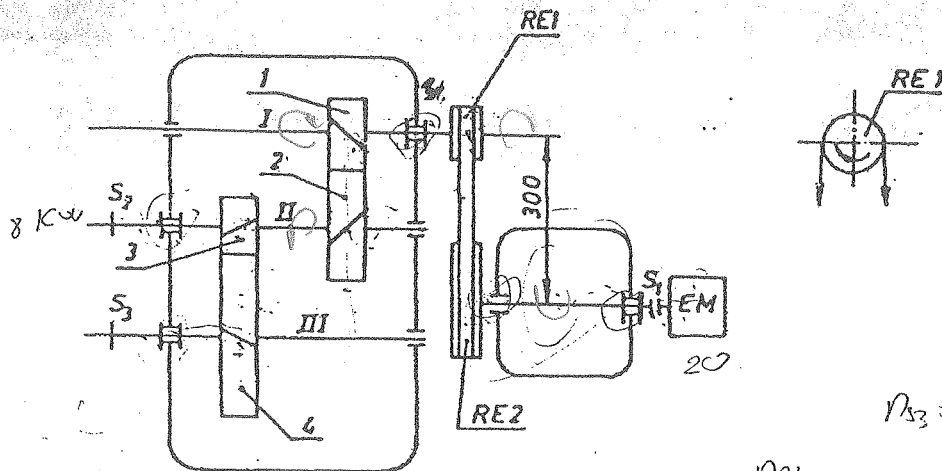
$1,5 < S_{\bar{c}} < 2,5$ - za manje tačne vrijednosti korištenih veličina.

Božo
Lefka

UNIVERZITET U SARAJEVU
MAŠINSKI FAKULTET U ZENICI

Konstrukcija
Zenica, 02.09.2002.god.

ISPITNI ZADATAK



$$n_{S2} = \frac{n_{EM}}{i_{R-2,92}}$$

$$n_{S3} = \frac{n_{S2}}{i_{Z4}}$$

Za prenosnik na slici koji se sastoji od elektromotora ($P_{EM}=20 \text{ kW}$ i $n_{EM}=1200 \text{ min}^{-1}$), spojke S1, remenskog prenosnika ($D_{RE1}=75 \text{ mm}$ i $D_{RE2}=150 \text{ mm}$, $\eta_R=0.92$ i $\xi_k=1$, i koeficijenta trenja po remenici: $\mu_R=0.2$), zupčastog para Z1 i Z2 sa $i_{1-2}=2,5$ i zupčastog para Z3 i Z4 sa $i_{3-4}=3,0$ (stepen iskorištenja svakog zupčastog para je $\eta_Z=0.98$) te izlaznih spojki S2 i S3, potrebno je:

1. Odrediti broj okretaja na izlaznim spojnica S2 i S3 kao i snagu na izlaznoj spojnici S3 ako je snaga na izlaznoj spojnici S2, $P_{S2}=8 \text{ kW}$.
2. Nacrtati shemu opterećenja vratila II, dijagrame momenata uvijanja i aksijalnih sila?
3. Odrediti potrebnu silu prethodnog pritezanja remena ako je stepen sigurnosti protiv proklizavanja 1,5.
4. Izračunati stepen sigurnosti protiv proklizavanja nepodešene zavrtnajske veze kojom su spojeni obodi krute spojnice S1, ako je veza ostvarena sa 6 vijaka M10 (JUS M. B1. 050) raspoređenih na krugu prečnika 120 mm sa prečnikom otvora za vijak 11 mm i koeficijentom trenja između dodirnih površina 0,12. Koeficijent trenja između zavojaka u navojnom spoju je 0,14, a moment pritezanja vijaka 30 Nm.

Izrada:

1

1) Brojevi obrtaja na izlaznim spojnicama

Ukupni prenos: odnos:

$$i_u = i_{R-1} \cdot i_{2-4} \cdot i_{1-2} = 0,5 \cdot 3 \cdot 2,5 = 3,75$$

Broj obrtaja spojke S₂:

$$n_{S2} = \frac{M_{EH}}{i_R \cdot i_{1-2}} = \frac{1200}{0,5 \cdot 2,5} = 960 \text{ min}^{-1}$$

Broj obrtaja spojke S₃:

$$n_{S3} = \frac{M_{EH}}{i_u} = \frac{1200}{3,75} = 320 \text{ min}^{-1}$$

Smaga na spojki S₃:

$$P_{R1} = P_{EH} \cdot \eta_R = 20000 \cdot 0,92 = 18400 \text{ W}$$

$$P_1 = P_{R1}$$

$$P_2 = P_1 \cdot \eta_{1-2} = 18400 \cdot 0,98 = 18032 \text{ W}$$

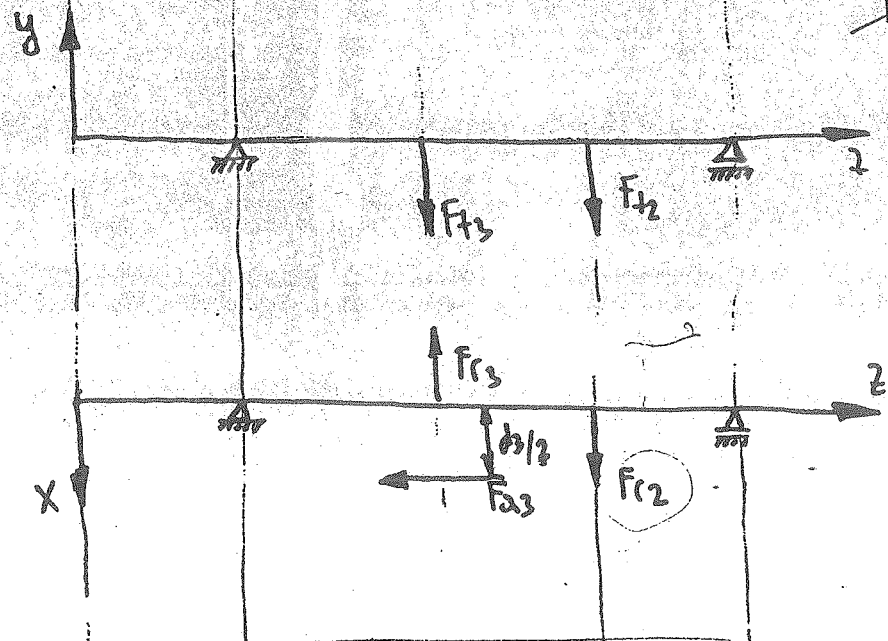
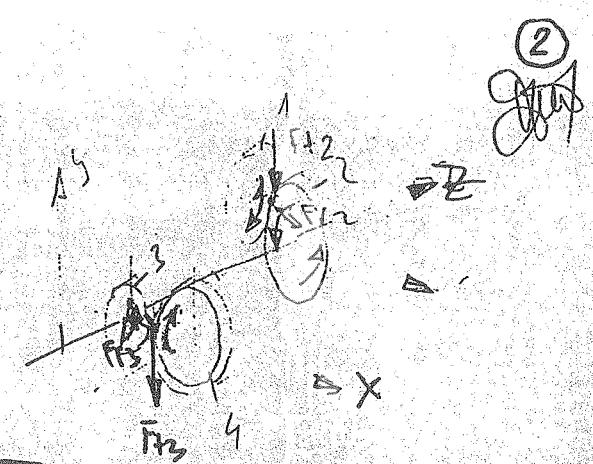
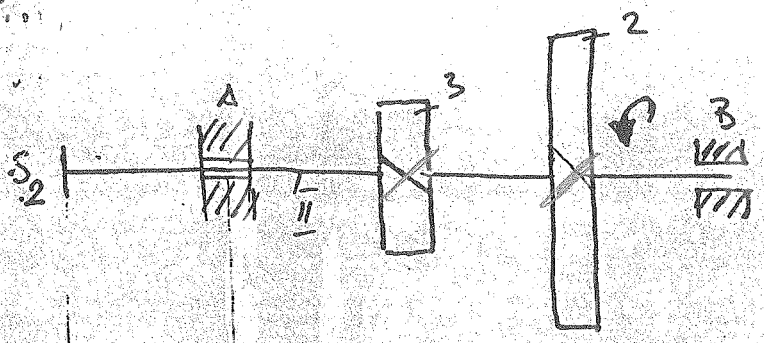
$$P_3 = P_2 - P_{S2} = 18032 - 8000 = 10032 \text{ W}$$

je: $P_{S2} = M_{S2} \cdot \omega_{S2} = 79,6 \cdot \frac{2\pi}{60} \cdot 960$ Zadatak

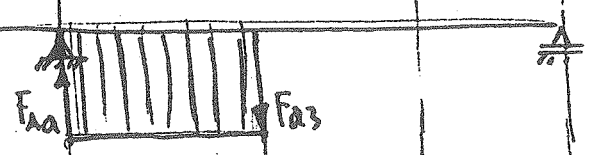
$$P_{S2} = 8000 \text{ W}$$

$$P_4 = P_3 \cdot \eta_{3-4} = 10032 \cdot 0,98 = 9831,36 \text{ W}$$

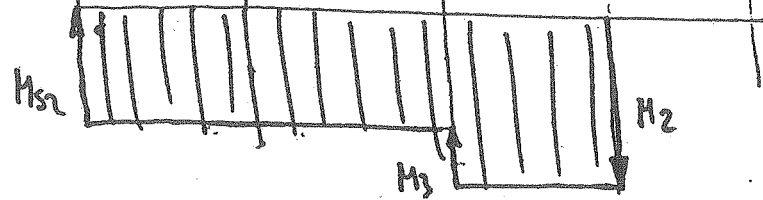
$$\underline{\underline{P_{S3} = P_4}}$$



(Fa)



(M)



[Signature]

Sila prethodnog pritiska remena

Obvojni ugao male remenice (β_1):

$$\beta_1 = \pi - 2 \cdot \beta = \pi - 2 \cdot 0,125 = 2,831 \text{ [rad]}$$

$$\sin \beta = \text{arc sin} \frac{D_2 - D_1}{2 \cdot a} = \text{arc sin} \frac{150 - 75}{2 \cdot 300} = 0,125$$

$$\beta = 7,18^\circ$$

$$F_p = \frac{F_{01}}{2} \cdot S_{\mu} \cdot \frac{e^{\mu \beta_1} + 1}{e^{\mu \beta_1} - 1} = \frac{1953,3}{2} \cdot 1,5 \cdot \frac{e^{0,2 \cdot 2,831} + 1}{e^{0,2 \cdot 2,831} - 1} = 5207,7 \text{ N}$$

$$\text{gdje } \gamma : F_{01} = \frac{2 \cdot M_{R1}}{D_1} = \frac{2 \cdot 73,25}{0,075} = 1953,3 \text{ N}$$

$$M_{R1} = M_1 = \frac{P_{R1}}{\omega_{R1}} = \frac{18400}{251,2} = 73,25 \text{ Nm}$$

$$\omega_{R1} = \frac{2 \cdot \pi}{60} \cdot n_{R1} = \frac{2 \cdot \pi}{60} \cdot 2400 = 251,2 \text{ s}^{-1}$$

$$n_{R1} = \frac{M_{R2}}{i \cdot R} = \frac{1200}{0,92 \cdot 0,5} = 2400 \text{ min}^{-1}$$

Obimna sila koji prenosi jedan vijak spojnice

$$F_{v1} = \frac{2 \cdot M_{s1}}{2 \cdot D_0} = \frac{2 \cdot 159,2}{6 \cdot 0,12} = 442,93 \text{ N}$$

$M_{s1} = \frac{P_{em}}{\omega_{em}} = \frac{20000}{\frac{2 \cdot \pi \cdot 1200}{60}} = 159,2 \text{ Nm}$

Obrotni moment kojim se ostvaruju sile pritiska:

$$T = T_M + T_{\mu} = F_p \cdot [r_2 \cdot \tan(\varphi + \rho_v) + r_{\mu} \cdot \mu] = F_p \cdot \left[\frac{9,026}{2} \cdot \tan(3,03 + 7,97) + 7,1 \cdot 0,12 \right] = 1,87 \cdot F_p = 3010 \text{ Nm}$$

$$F_p = F = 16042,8 \text{ N}$$

gdje γ za K10 JUS MB1.050

$$d = 10 \text{ mm}$$

$$d_2 = 9,076 \text{ mm} \quad \checkmark$$

$$d_1 = 8,16 \text{ mm} \quad \checkmark$$

$$\varphi = 3,03^\circ \quad \checkmark$$

$$s = 13 \text{ mm} \quad \checkmark$$

$$d_0 = 11 \text{ mm}$$

$$\mu_v = 0,14$$

$$\mu = 0,12$$

$$\rho_v = \arctg \mu_v = \arctg 0,14 = 7,97^\circ$$

$$d_s = s = \textcircled{17} \text{ mm} \quad 11 + 6 = 17$$

$$d_u = d_0 = 11 \text{ mm}$$

$$\sigma_{\mu} = \frac{1}{3} \frac{d_s^3 - d_u^3}{d_s^2 - d_u^2} = \frac{1}{3} \cdot \frac{17^3 - 11^3}{17^2 - 11^2} = 7,11 \text{ mm}$$

Stepen sigurnosti protiv proklizanja:

$$S_{\mu} = \mu \cdot \frac{F}{F_0} = 0,12 \cdot \frac{16042,8}{442,3} = 4,35$$

(4)
~~10/10~~

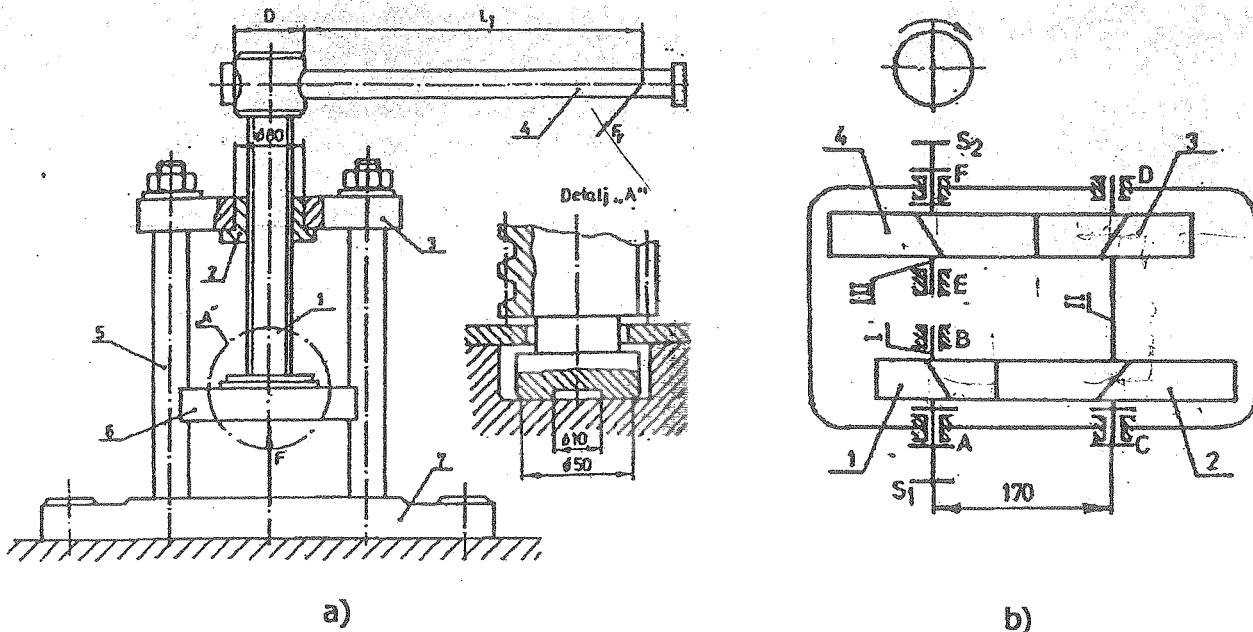
Belo

UNIVERZITET U ZENICI
MAŠINSKI FAKULTET U ZENICI

Konstulbaci
Zenica, 08.06.2004.god.

Stjepan
Sefer

ISPITNI ZADATAK



- 1) Odrediti silu presovanja koja se može ostvariti ručnom presom sa navojnim vretenom ako se na krajeve ručice djeluje silama $F_r=600\text{ N}$, kao i potreban broj obrtaja vretena da bi se ostvarilo aksijalno pomjeranje vretena za 180 mm. Zadati su sljedeći podaci: navoj dvovojni Tr 60x9, koeficijent trenja navojnog para $\mu_1=0.16$, koeficijent trenja na dodirnoj površini $\mu_2=0.15$, trenje između vođica 5 i klizača 6 treba zanemariti, materijal vretena Č.0545, $D=80\text{ mm}$, $L_1=1160\text{ mm}$, materijal navrtke P.Cu.Sn 12.
- 2) Provjeriti nosivost navojnog spoja ako je dužina nošenja navojnog spoja $l_n=85\text{ mm}$. Odrediti nalijeganje i grafički prikazati tolerancijska polja i dijagram tolerancije nalijeganja za vezu navrtke 2 i traverze 3 ostvarene u sistemu zajedničke unutrašnje mjere na sobnoj temperaturi. Kvalitet tolerancije spoljne i unutrašnje mjere je 8, a donje nazivno odstupanje spoljne mjere je $a_d=+146\text{ }\mu\text{m}$.
- 3) Za prikazani koaksijalni zupčasti reduktor, potrebno je odrediti: broj obrtaja, obrtni moment i potrebnu snagu na ulaznoj spojnici da bi se na izlaznoj spojnici ostvario obrtni moment 6000 Nm pri $n=20\text{ min}^{-1}$. Odrediti snagu koju prenosnik troši na savladavanje trenja. Zadati su ljeđeci podaci: $Z_1=18$, $Z_2=65$, $Z_3=16$, $Z_4=51$, $m_{n1,2}=4\text{ mm}$, $m_{n3,4}=5\text{ mm}$, $\alpha_n=20^\circ$, $X_1=X_2=0$, $X_3+X_4=0$, $\eta_{1-2}=0.98$, $\eta_{3-4}=0.98$.
- 4) Izračunati mjeru preko zuba i mjerni broj zuba zupčanika 1.

Izrada:

08.06.04

1
J.P.

1) Podaci za dvorajni mavao Tr 60 x 9:

$$d_2 = 55,5 \text{ mm}$$

$$d_3 = 50 \text{ mm}$$

$$A_3 = 1962 \text{ mm}$$

$$\varphi_0 = 5,9^\circ$$

$$H_1 = 4,5 \text{ mm}$$

$$\text{Ugao trenje: } \rho_v = \arctg \mu_1 = \arctg 0,16 = 9,09^\circ$$

Tr 60 x 9 (JUS M.80.062. ✓)

Obrotni moment ostvaren ručnom silom Fr:

$$T_r = F_r \cdot l_r = 600 \cdot 1200 = 720000 \cdot \text{mm} = 720 \text{ Nm} \checkmark$$

$$\text{gdje je: } l_r = l_1 + \frac{D}{2} = 1160 + \frac{80}{2} = 1200 \text{ mm.}$$

Ukupni moment koji se treba savladati ručnom silom:

$$T_r = T = T_m + T_{\mu} = F_p \left[\frac{d_2}{2} \left[\text{tg}(\varphi + \rho_v) + \frac{d_{sc}}{d_2} \mu_2 \right] \right]$$

$$\text{gdje je: } d_{sc} = \frac{2}{3} \frac{d_s^3 - d_u^3}{d_s^2 - d_u^2} = \frac{2}{3} \cdot \frac{50^3 - 10^3}{50^2 - 10^2} = 34,4 \text{ mm} \checkmark$$

Sila presovanja iznosi:

$$F_p = \frac{2 \cdot T_r}{d_2 \left[\text{tg}(\varphi + \rho_v) + \frac{d_{sc}}{d_2} \mu_2 \right]} = \frac{2 \cdot 720000}{55,5 \left[\text{tg}(5,9^\circ + 9,1^\circ) + \frac{34,4}{55,5} \cdot 0,15 \right]} = \underline{\underline{71888 \text{ N}}} \checkmark$$

Stepen iskoristenja mavaoog para:

$$\eta = \frac{\text{tg } \varphi}{\text{tg}(\varphi + \rho_v) + \frac{d_{sc}}{d_2} \mu_2} = \frac{\text{tg } 5,9^\circ}{\text{tg}(5,9^\circ + 9,1^\circ) + \frac{34,4}{55,5} \cdot 0,15} = 0,287 \checkmark$$

Potreban broj obrtaja vretena da bi se ostvarilo aksijalno pomjerenje $s = 180 \text{ mm}$.

$$n = \frac{s}{L} = \frac{180}{2 \cdot p} = \frac{180}{2 \cdot 9} = 10 \text{ obrtaja. } \checkmark$$

1

2. Za aktivnu dužinu navojnog spoja (visina navrtke) $l_n = 85 \text{ mm}$,
 broj navojaka u dodiru: $z_n = \frac{l_n}{p} = \frac{85}{9} = 9,44 \checkmark$

(2)

Projekcija dodirne površine jednog navojaka:

$$A \approx \pi d_2 \cdot H_1 = \pi \cdot 55,5 \cdot 4,5 = 784,2 \text{ mm}^2 \checkmark$$

Srednje opterećenje jednog navojaka:

$$F_1 = \frac{F_{p2}}{z_n} = \frac{71888}{9,44} = 7615,2 \text{ N} \checkmark$$

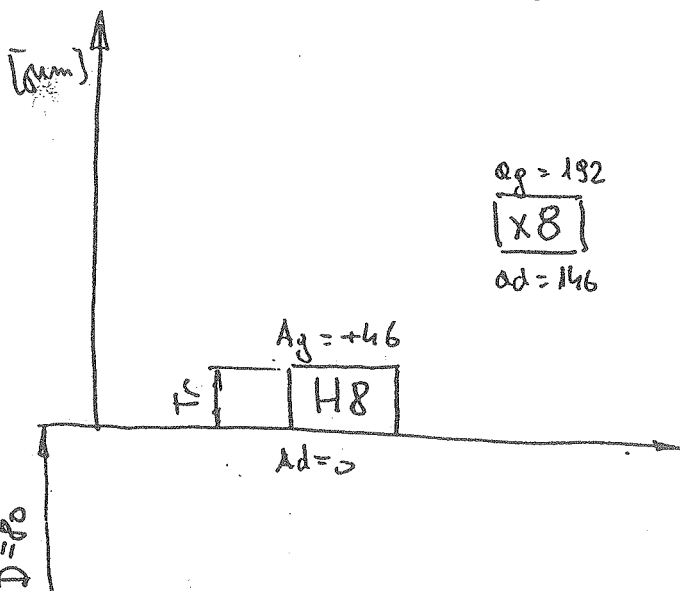
Srednja vrijednost površinskog pritiska na dodirnim površinama bokova navoja:

$$p = \frac{F_1}{A} = \frac{7615,2}{784,2} = 9,7 \text{ N/mm}^2 \leq p_{\text{dop}} \checkmark$$

gdje: dozvoljeni površ. pritisak navojaka za vrtno od čelika i navrtke
 od bronce s dobrim podmazivanjem: $p_{\text{dop}} = 30 \div 50 \text{ N/mm}^2$

Za nazivni prečnik $\phi 80$ i sistem zajedničke unutrašnje mjere (H),
 i IT8 te $a_d = +146 \mu\text{m}$ sledi: $T_r = 46 \mu\text{m}$.

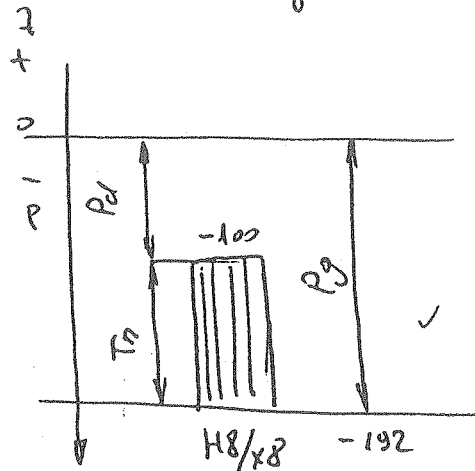
Tolerancija spoljne mjere je IT8 i $D = 80 \text{ mm} \Rightarrow T_o = 46 \mu\text{m}$,
 to je $a_g = a_d + T_o = 146 + 46 = 192 \mu\text{m}$. Ovim odstupenji odpuvra
 tolerancijsko polje "X" po 8 tolerancija malijeg prečnika $\phi 80 \text{ H8/x8}$,



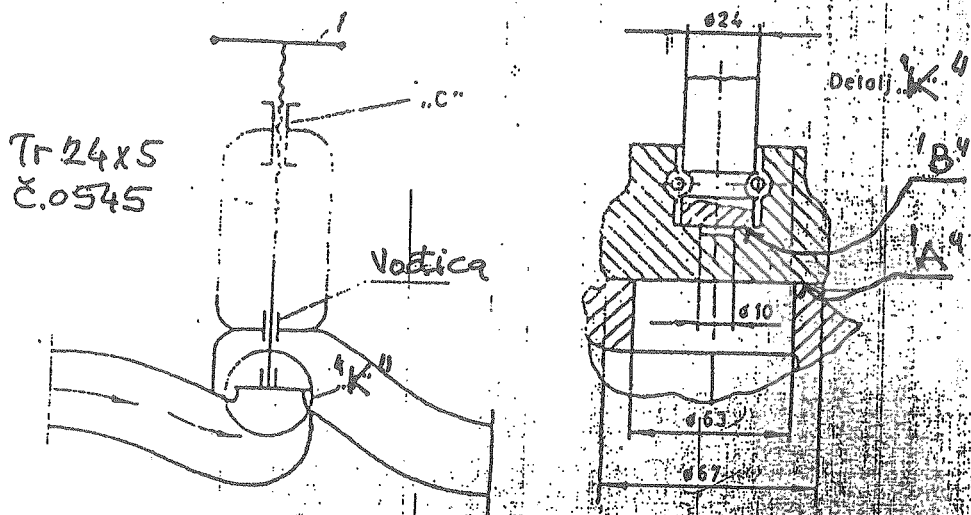
$$a_g = 192$$

$$\boxed{\text{x8}}$$

$$a_d = 146$$



(6)

ISPITNI ZADATAK
-prvi parcijalni-

- Ventil za zatvaranje cijevi sa vodom pod pritiskom zatvara se pomoću ventila sa trapeznim navojem Tr24x5.
- 1) Odrediti najveći obrtni moment pri pritezanju na ručnom točku vretena 1 pod uslovom da površinski pritisak na dodirnoj površini sjedišta ventila A ne pređe 20 N/mm^2 . Koefficient trenja uzeti 0.15.
 - 2) Pri djelovanju vode u datom smjeru sa pritiskom $p=16 \text{ bara}$, proračunati površinske pritiske na dodirnim površinama A i B (na dodirnim površinama sjedišta i tijela ventila odnosno vretena i sjedišta) i u navojnom spoju C ako je visina navrtke 35 mm.
 - 3) Nacrtati dijagrame napadnih opterećenja navojnog vretena i provjeriti stepene sigurnosti u karakterističnim presjecima na kraju procesa pritezanja.

a) zrada:

1) Potrebna sila pritezanja

$$F_p = A \cdot p_d = 4,08 \cdot 200 = 816 \text{ kN} \quad 8160 \text{ N}$$

gdje je:

$$A = (6,7^2 - 6,3^2) \cdot \frac{\pi}{4} = 4,08 \text{ cm}^2$$

- dodatno površino na gubljenje reznika.

Moment pritiska na sedlo ključa: $T_n = F_p \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \sin(\alpha) = 8160 \cdot \frac{21,5}{2} \cdot \sin(4,25^\circ + 8,53^\circ) = 19897,3 \text{ Nm}$

gdje $\alpha = \arctan\left(\frac{f}{d_2}\right) = \arctan\left(\frac{0,15}{21,5}\right) = 0,4^\circ$

$$M = \frac{1}{2} \cdot \frac{F_p \cdot p_d \cdot d_2}{2} = 10948,65 \text{ Nm}$$

Moment pritiska na sedlo ključa: $T_n = F_p \cdot p_d \cdot \frac{d_2}{2} = 8160 \cdot 200 \cdot \frac{21,5}{2} = 17556000 \text{ Nm}$

$$T_n = F_p \cdot p_d \cdot \frac{d_2}{2} = 8160 \cdot 200 \cdot \frac{21,5}{2} = 17556000 \text{ Nm}$$

$$p_n = \frac{1}{3} \cdot \frac{F_p \cdot p_d}{A} = \frac{1}{3} \cdot \frac{8160 \cdot 200}{4,08} = 132653,8 \text{ N/mm}^2$$

Ukupni moment:

$$T = T_{M1} + T_n = 19897,3 + 10948,65 = 30845,95 \text{ Nm}$$

b) Sila koje djeluje na poluprec vesikla:

$$F^i = A_i \cdot p_n = \frac{63^2 \cdot \pi}{4} \cdot 132653,8 = 4985 \text{ N}$$

Ukupna sila koje djeluje na površinu A:

$$F_A = F_p - F^i = 8160 - 4985 = 3175 \text{ N}$$

Sila koje djeluje na površinu B:

$$F_B = F_p + F^i = 8160 + 4985 = 13145 \text{ N}$$

Srednji površinski pritisak na:

- dodatnoj površini A:

$$p_A = \frac{F_A}{A_A} = \frac{3175}{4,08} = 777,45 \text{ N/mm}^2$$

$$p_B = \frac{F_B}{A_B} = \frac{13145}{24} = 547,71 \text{ N/mm}^2$$

1

- dodatnoj površini B:

$$p_B = \frac{F_B}{A_B} = \frac{13145}{24} = 547,71 \text{ N/mm}^2$$

$$A_B = (24^2 - 10^2) \cdot \frac{\pi}{4} = 373,66 \text{ mm}^2$$

Broj navojaka u debljini:

$$z = \frac{h_0}{p} = \frac{35}{5} = 7$$

Srednje opterećenje jednog navojaka:

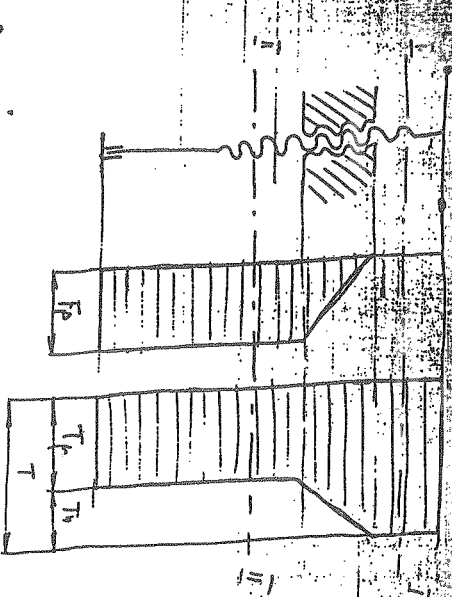
$$F_n = \frac{F}{z} = \frac{13145}{7} = 1877,8 \text{ N}$$

Srednji površinski pritisak između navojaka i navojnog spoja:

$$p_c = \frac{F_n}{A_n} = \frac{1877,8}{168,7} = 11,126 \text{ N/mm}^2$$

$$A_n = d_2 \cdot T \cdot H = 21,5 \cdot \pi \cdot 2,5 = 424,15 \text{ mm}^2$$

Ukupni opterećenje ključa: $T_n = 19897,3 \text{ Nm}$



Prisjekl T-I:

$$v = 0, \quad \tau = \frac{T}{W_0} = \frac{30845,95}{1266,325} = 24,33 \text{ N/mm}^2$$

$$W_0 = 0,2 \cdot d_3^3 = 0,2 \cdot 18,5^3 = 1266,325 \text{ mm}^3$$

$$d_3 = 18,5 \text{ mm}$$

Wzrost: ... = 0,05%

$$T_T = (T) \cdot \gamma_T = 200 \cdot 0,933 \cdot 1,1 = 205 \text{ N/mm}^2$$

$$T_T = 200 \text{ N/mm}^2$$

$$\gamma_1 = 0,933 \text{ za } d = 24 \text{ mm, a uslijed } \Rightarrow$$

$$\gamma_T = 1,1 \text{ napojenost}$$

$$\gamma_1 = \frac{\gamma_1 \cdot \gamma_2}{\gamma_2 - d_1} \cdot (d - d_1)$$

$$\gamma_1 = 1 - \frac{1 - 0,93}{30 - 12} \cdot (24 - 12) = 0,933$$

Stepen napojenosti u presjeku I-I:

$$S = \frac{T_{IH}}{T} = \frac{205}{24,33} = 8,44$$

Presjek I-I:

$$\frac{F}{A_3} = \frac{8160}{269} = 30,33 \text{ N/mm}^2$$

$$A_3 = 269 \text{ mm}^2$$

$$\tau = \frac{T_H}{W_0} = \frac{10991,5}{0,2 \cdot 10^3} = 54,95 \text{ N/mm}^2$$

Kritični naponi:

$$\sigma_{TH} = \sigma_T \cdot \gamma_T = 200 \cdot 0,933 \cdot 1,1 = 202,4$$

$$\sigma_T = 200 \text{ N/mm}^2$$

$$\gamma_1 = 1 - \frac{1 - 0,92}{30 - 12} (24 - 12) = 0,946$$

$$\gamma_T = 1,1 \text{ - teza napoj}$$

$$\sigma_{\tau} = \frac{\sigma_{TH}}{\sigma} = \frac{312,4}{30,33} = 10,3$$

$$T_{IH} = 205 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{\tau} = \frac{T_{IH}}{T} = \frac{205}{8,673} = 23,62$$

$$S = \frac{\sigma_T \cdot \sigma_{\tau}}{\sqrt{\sigma_T^2 + \sigma_{\tau}^2}} = \frac{205 \cdot 23,62}{\sqrt{205^2 + 10,3^2}} = 9,44$$

Izrada:

2. Naponi u remenici:

Broj dobrije remenice:

$$\omega = \frac{2 \cdot T \cdot M}{60} = \frac{2 \cdot 11 \cdot 1433}{60} = 152 \text{ s}^{-1}$$

Osnovna sila:

$$F_0 = \frac{2 \cdot M_0}{d_p} = \frac{2 \cdot 100}{0,125} = 1600 \text{ N}$$

$$\text{gdy } \gamma: M_0 = \frac{P}{\omega} = \frac{15 \cdot 10^3}{150} = 100 \text{ Nm}$$

Ukupna vučna sila:

$$F_1 = F_0 \cdot \frac{F}{2} = 800 + \frac{1600}{2} = 1600 \text{ N}$$

Osnovna brzina remenice:

$$v = \frac{\pi \cdot d_p \cdot \omega}{60} = \frac{3,14 \cdot 0,125 \cdot 150}{60} = 0,38 \text{ m/s}$$

Napona: Osnovni naponi u remenici u vucnom dijelu:

$$\sigma_{T1} = \frac{F_1}{A_3} = \frac{1600}{165} = 9,7 \text{ N/mm}^2$$

Normalni naponi u presjeku I-I:

$$\sigma_{T1} = \frac{F_1}{A_3} = \frac{1600}{165} = 9,7 \text{ N/mm}^2$$

Normalni naponi u presjeku I-I: Naponi preko remenice:

$$\sigma_{S1} = \frac{M_0}{d_p} \cdot E_s = \frac{100}{0,125} = 800 = 4,4 \text{ N/mm}^2$$

Ukupni naponi u remenici:

$$\sigma_{max} = \sigma_{T1} + \sigma_{S1} = 9,7 + 0,11 + 4,4 = 14,2 \text{ N/mm}^2$$

Pri promjeni presjeka remenice na 1,6 dozić se:

$$\text{Osnovna brzina: } v = \frac{d_p \cdot \omega}{2} = 1,6 \cdot \frac{150}{2} = 120 \text{ m/s}$$

Ukupna osnorna sila na remenici:

$$F_0' = \frac{2 \cdot M_0}{d_p} = \frac{2 \cdot 100}{1,6} = 125 \text{ N}$$

ve vrijednost ukupne sile u vucnim ograncima:

$$F_1' = F_p + \frac{F_0'}{2} = 800 + \frac{1000}{2} = 1300 \text{ N}$$

Novi naponi iznose:

$$\sigma_1' = \frac{F_1'}{2 \cdot A_1} = \frac{1300}{4 \cdot 143} = 2,27 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_c' = \rho \cdot v'^2 = 1,25 \cdot 10^3 \cdot 15^2 \cdot 10^{-6} = 0,28 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{s1}' = \frac{h}{d_p'} \cdot E_s = \frac{11}{200} \cdot 50 = 2,75 \text{ N/mm}^2$$

Max. napon:

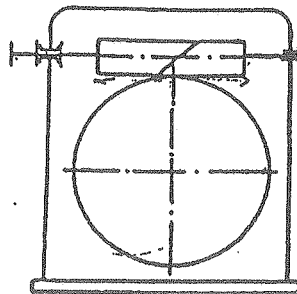
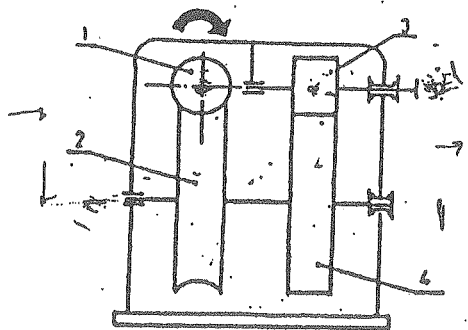
$$\sigma_{max}' = \sigma_1' + \sigma_c' + \sigma_{s1}' = 2,27 + 0,28 + 2,75 = \underline{\underline{5,3 \text{ N/mm}^2}}$$

Faktor smanjenja napona zbog povucanja presjeka remenika:

$$\frac{\sigma_{max}}{\sigma_{max}'} = \frac{7,3}{5,3} = \underline{\underline{1,37}}$$

19-23

ISPITNI ZADATAK



$n_{\text{izl}} = \frac{n_{\text{ul}}}{k_{\text{sp}} \cdot k_{\text{v}}}$

Dvostepeni zupčasti prenosnik sa jednim ulaznim i jednim izlaznim vratilom, čije su ose međusobno upravne, sastoji se od jednog pužnog para ($Z_1=1, Z_2=28, m=6\text{mm}, x=0, \alpha_n=20^\circ, \mu=0.03, a=120\text{mm}, \beta=0$) i jednog cilindričnog para ($\beta>0, x_3=0.2, m_n=3.5\text{mm}, Z_3=18, Z_4=50, \alpha_n=20^\circ, \eta_{\text{sp}}=0.98$). Pogonska mašina je elektromotor snage 9 kW i $n_{\text{EM}}=980\text{ min}^{-1}$.

Na ulaznom i izlaznom vratilu zupčanici su simetrično postavljeni u odnosu na oslonce vratila. Sva vratila prenosnika su statički određena. Spoj vratila elektromotora i ulaznog vratila prenosnika (vratilo puža) ostvaren je pomoću krute spojnice sa obodima (tzv. prirubna spojnica). Obodi ove spojnice spojeni su pomoću četiri nepodešena zavrtnja M12, koji su ravnomjerno raspoređeni na krugu prečnika $D=120\text{mm}$.

- Odrediti broj obrtaja na izlaznoj spojnici. $\text{F}_T = \frac{2M_s}{D_n}$
- Odrediti ugao nagiba β i smjer zavojnice kod cilindričnog zupčastog para, tako da oslonci srednjeg vratila prenosnika nose samo radijalne sile. Prikazati šemu opterećenja i dijagram momenata uvijanja i aksijalnih sila za ovo vratilo.
- Ukupni moment pritezanja nepodešenih zavrtnja M12 ako su poznati sljedeći podaci:
 - koeficijent trenja na dodirnim površinama oboda krute spojnice i između navojaka zavrtnja i navrtke $\mu_b=0.12$;
 - koeficijent trenja na mjestu dodira navrtke i podloge $\mu=0.14$;
 - stepen sigurnosti protiv proklizavanja $S_\mu=2.0$;
 - prečnik otvora za zavrtnj $D_0=14\text{ mm}$;
- Nalijeganje dva mašinska dijela, iste tačnosti izrade, treba ostvariti tako da ekstremna vrijednost zazora bude tri puta veća od ekstremne vrijednosti preklopa. Dati grafički prikaz ovog nalijeganja (oznaku tolerancijskih polja i njihov položaj u odnosu na nultu liniju) u sistemu zajedničke unutrašnje mjere (rupe).



senje:

koj obrtaje na izlaznoj spojnici.

$$n_{izl} = \frac{n_{ul}}{i_{3-4} \cdot i_{1-2}} = \frac{980}{\frac{18}{50} \cdot \frac{28}{1}} = 99,22 \text{ min}^{-1}$$

Aksijalna sila kod pužnog točka:

$$F_{a2} = F_{t1} = \frac{M_{t1}}{\frac{d_m}{2}} = \frac{89,7 \cdot 10^3}{\frac{72}{2}} = 2436 \text{ N}$$

$$\text{gdje } \mu: M_{t1} = \frac{P_{EM}}{\omega_{EM}} = \frac{9 \cdot 10^3}{102,6} = 87,74 \text{ Nm}$$

$$\omega_{EM} = \omega_1 = \omega_{ul} = 2 \cdot \pi \cdot n_{ul} = 2 \cdot \pi \cdot \frac{980}{60} = 102,6 \text{ s}^{-1}$$

$$d_m = q \cdot m = 12 \cdot 6 = 72 \text{ mm}$$

$$q = \frac{2 \cdot a}{m} - z_2 = \frac{2 \cdot 120}{6} - 28 = 12 \text{ - pužni broj}$$

Aksijalna sila na zupčniku 4.

$$F_{a4} = F_{t4} \cdot \tan \beta = \frac{M_{t4}}{\frac{d_4}{2}} \cdot \tan \beta$$

$$\cos \beta = \frac{21 \text{ mm}}{d_4}$$

$$\text{slou radotkiva } \vec{F}_{a4} = -\vec{F}_{a2}$$

$$F_{a2} = \frac{M_{t4}}{\frac{d_4}{2}} \cdot \tan \beta \Rightarrow \tan \beta = \frac{F_{a2} \cdot d_4}{2 \cdot M_{t4}} \text{ odnosno } \beta = \arctg \frac{F_{a2} \cdot m \cdot z_4}{2 \cdot M_{t4}}$$

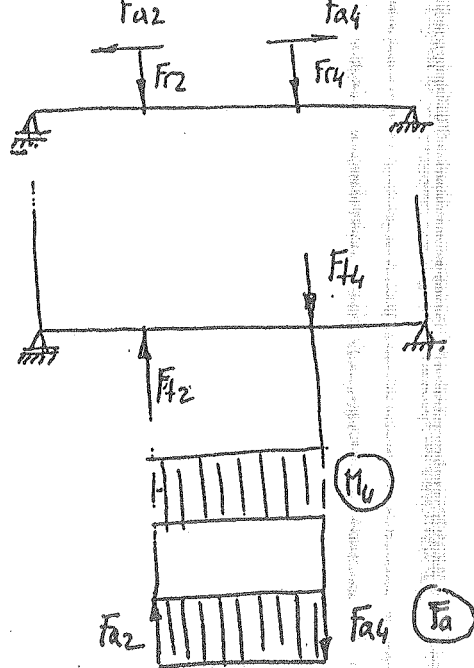
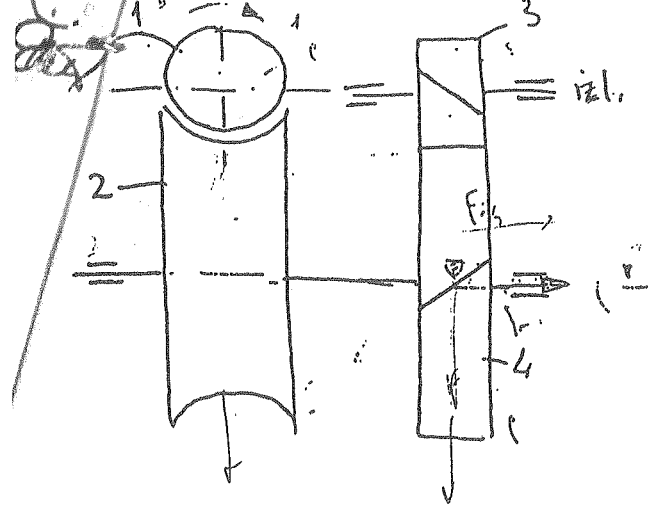
$$\text{gdje } \mu: M_{t4} = M_{t2} = M_{t1} \cdot i_{1,2} \cdot \eta_{1,2} = 89,7 \cdot 28 \cdot 0,73 = 1792 \text{ Nm}$$

$$\eta_{1,2} = \frac{\tan \gamma_m}{\tan(\gamma_m + \rho)} = \frac{\tan 4,7636^\circ}{\tan(4,7636^\circ + 1,718^\circ)} = 0,73$$

$$\gamma_m = \arctg \frac{z_1}{2} = \arctg \frac{1}{12} = 4,7636^\circ$$

$$\rho = \arctg \mu = \arctg 0,03 = 1,718^\circ$$

$$\text{shjrd. da } \mu: \beta = \arctg \frac{2436 \cdot 3,5 \cdot 50}{2 \cdot 1792 \cdot 10^3} = \underline{\underline{6,830^\circ}}$$



2) ~~moment prikolazje~~ zavrtnjska vzeta (M12):

Podaci o zavrtnju M12:

$$p = 1,95 \text{ mm}$$

$$d_2 = 10,863 \text{ mm}$$

$$d_3 = 9,853 \text{ mm}$$

$$A_3 = 76,2 \text{ mm}^2$$

$$\psi = 2,94^\circ$$

$$s = 19 \text{ mm}$$

$$D_0 = 14 \text{ mm}$$

Ugao trenja: $\rho_m = \arctg \mu = \arctg 0,12 = 6,84^\circ$

Poluprecnik ~~na kojem djeluje sila trenja~~ na kojem djeluje sila trenja:

$$r_t = \frac{1}{3} \frac{s^3 - D_0^3}{s^2 - D_0^2} = \frac{1}{3} \cdot \frac{19^3 - 14^3}{19^2 - 14^2} = 8,313 \text{ mm}$$

Potrebne sile na dodirnim površinama da se krute spajnice po jednom zavrtnju:

$$F_{b1} = s \cdot \frac{M_{t1}}{R} \cdot \frac{f_r}{1 \cdot \sin \rho} = 2 \cdot \frac{877 \cdot 10^3}{60} \cdot \frac{1}{1 \cdot 4 \cdot 0,12} = 6090 \text{ N}$$

$$R = \frac{D}{2} = \frac{120}{2} = 60 \text{ mm}$$

Potrebne sile prikolazje da bi se na dodiru otvorilo sila F_{b1} :

$$F_{p1} = (1,5 \div 4) \cdot F_{b1} = 1,5 \cdot F_{b1} = 1,5 \cdot 6090 = 9135 \text{ N}$$

$$F'_{b1} = 1 \cdot 6090 = 6090 \text{ N}$$

moment otpora i medu navojaka zavrtača i navrtke T_n :

(5)
OK

$$T_n = F_{p1} \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \operatorname{tg}(\varphi + \rho) = 9135 \cdot \frac{10,863}{2} \cdot \operatorname{tg}(2,94^\circ + 0,84^\circ) = 8552 \text{ N}$$

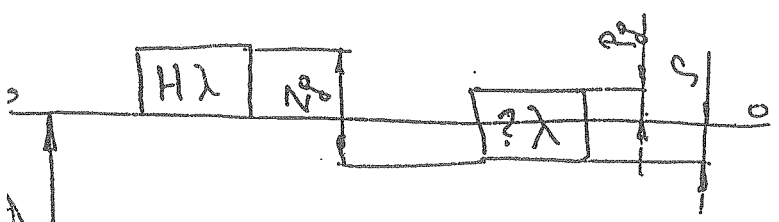
ent za savlađavanje otpora trenja na dohvatanju površini navrtke i podlozi:

$$T_{\mu} = F_p \cdot \mu \cdot p = 9135 \cdot 0,14 \cdot 0,14 = 10631 \text{ Nmm}$$

u moment priklapanja:

$$T_p = T_n + T_{\mu} = 8552 + 10631 = 19183 \text{ Nmm}$$

Iz uslove zadatka: $Z_g = 3 \cdot P_g \Rightarrow$ mehanizmasu najjeftiniji u sistemu zadržite unutrašnje zupce.



sila:

$$T + p = 3(T - p)$$

$T_r = T_o = T$ uslov zadatka da je IT isto.

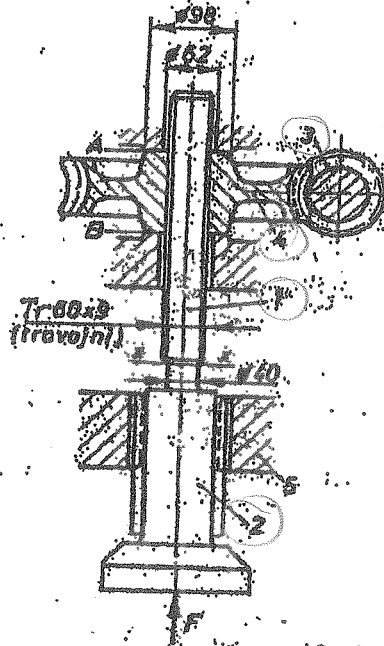
Te ce dobiti: $p = \frac{T}{2} \Rightarrow$ pološtaj tolerancijskog pošta unutrašnjeg dyjeb -
- spoljsnje zupce - u odnosu na multu liniju je
odredan stavom oznakom "js". (~~js~~)

najveći najjeftiniji je: $\boxed{d \ H\lambda / j_s \lambda}$

oči λ odnosno IT se kreće od 0,1...18, a $d [\text{mm}] = 3 \dots 500 \text{ mm}$

ISPITNI ZADATAK

-Prvi parcijalni-



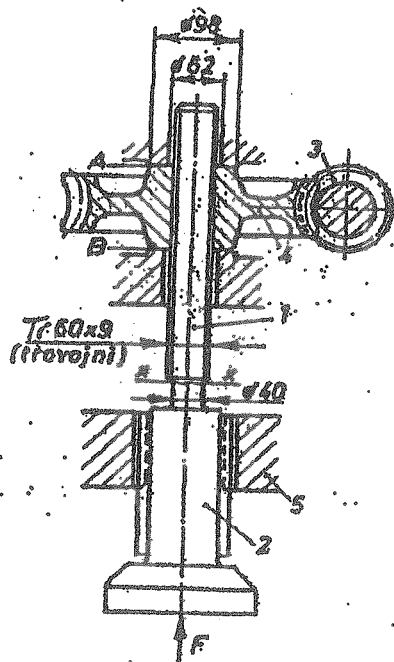
Pomoću prese, prikazane na slici, ostvaruje se pri presovanju pritisak na pritiskivaču 100 kN. Obrtanjem pužnog zupčanika u oba smjera vreteno se aksijalno kreće naniže ili naviše. Brzina kretanja vretena i pritiskivača iznosi $v=4.2$ m/min. Obrtanje vretena se sprječava na vodicama 5.

Za sklop vretena 1, prikazan na slici potrebno je odrediti:

1. Veličinu obrtnog momenta na vretenu u trenutku djelovanja sile 100 kN na pritiskivaču. Vrijednost svih koeficijenata trenja usvojiti 0,06. Vreteno je sa kosim trovojn timer navojem Tr 60x9.
2. Nacrtati dijagrame raspodjele opterećenja navojnog vretena u trenutku presovanja. Sopstvene težine elemenata i pužnog zupčanika zanemariti. Odrediti površinski pritisak na više opterećenom ležištu (A, B) u kome se oslanjaju pužni zupčanik sa vretenom i pritiskivačem.
3. Proračunati stepen sigurnosti protiv dinamičke izdržljivosti loma vretena u presjeku x-x. Faktore koncentracije napona za sva naprezanja usvojiti $\beta_k=1.4$. Vreteno je fino strugano i izrađeno od Č.1530.

Zadato je: $\xi_R=1.2$, $\rho=3.43^\circ$, $n_\Sigma > N_0$.

ISPITNI ZADATAK



Pomoću prese, prikazane na slici, ostvaruje se pri presovanju pritisak na pritiskivaču 100 kN. Obrtanjem pužnog zupčanika u oba smjera vreteno se aksijalno kreće naniže ili naviše. Brzina kretanja vretena i pritiskivača iznosi $v=4.2$ m/min. Obrtanje vretena se sprječava na vodičama 5.

Za sklop vretena 1, prikazan na slici potrebno je odrediti:

1. Veličinu obrtnog momenta i snagu koju je potrebno ostvariti na pužu u trenutku djelovanja sile 100 kN na pritiskivaču. Vrijednost svih koeficijenata trenja usvojiti 0,06. Vreteno je sa kosim trovojn timer navojem Tr 60x9.
2. Nacrtati dijagrame raspodjele opterećenja navojnog vretena u trenutku presovanja. Sopstvene težine elemenata i pužnog zupčanika zanemariti. Odrediti površinski pritisak na više opterećenom ležištu (A, B) u kome se oslanjaju pužni zupčanik sa vretenom i pritiskivačem.
3. Provjeriti vijek pužnog para na osnovu izdržljivosti bokova zubaca ako je puž izrađen od poboljšanog čelika, a pužni zupčanik od kalajne bronz (PcuSn14), a stepen sigurnosti iznosi $S=1,2$.
4. Proračunati stepen sigurnosti protiv dinamičke izdržljivosti loma vretena u presjeku x-x. Faktore koncentracije napona za sva naprezanja usvojiti $\beta_k=1.4$. Vreteno je fino strugano i izrađeno od Č.1530.

Zadato je: $\xi_r=1.2$, $m_n=10$ mm, $q=8$, $Z_3=4$, $Z_4=32$, $b_1=60$ mm, $K_A=1.5$, $\rho=3.43^\circ$, $n_z > n_d$.

zrada:

-1. Obrtni moment na pužnom zupčniku

$$T_4 = T_n + T_f = 601,5 + 240 = 841,5 \text{ Nm}$$

$$T_n = F \frac{d_2}{2} \operatorname{tg}(\varphi + \rho_n) = 100 \cdot 10^3 \cdot \frac{55,5}{2} \operatorname{tg}(8,8 + 3,43) = 601497 \text{ Nm} = 601,5 \text{ Nm}$$

$$\varphi = \operatorname{arctg} \frac{L}{\pi \cdot d_2} = \operatorname{arctg} \frac{3 \cdot 9}{\pi \cdot 55,5} = 8,8^\circ$$

Podaci za navj. Tr 60x9:

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

$$p = 9 \text{ mm}$$

$$d_2 = 55,5 \text{ mm}$$

$$d_3 = 50,5 \text{ mm}$$

$$A_3 = 2003 \text{ mm}$$

$$T_f = F \cdot r_m \cdot \mu = 100 \cdot 10^3 \cdot 40 \cdot 0,06 = 240 \text{ Nm}$$

$$r_m = \frac{d_s + D_o}{4} = \frac{98 + 62}{4} = \frac{160}{4} = 40 \text{ mm}$$

$$d_s = 98 \text{ mm}$$

$$D_o = 62 \text{ mm}$$

Obrtni moment na pužu:

$$T_3 = \frac{T_4}{i_{3-4} \cdot \eta_{3-4}} = \frac{841,5}{8 \cdot 0,866} = 121,5 \text{ Nm}$$

$$i_{3-4} = \frac{z_4}{z_3} = \frac{32}{4} = 8$$

$$\eta_{3-4} = \frac{\operatorname{tg} \rho}{\operatorname{tg}(\rho + \varphi)} = \frac{\operatorname{tg}(26,56)}{\operatorname{tg}(26,56 + 3,43)} = 0,866$$

$$\rho = \operatorname{arctg} \frac{z_3}{2} = \operatorname{arctg} \frac{4}{8} = 26,56^\circ$$

Potrebna snaga na puzi:

$$P_3 = T_3 \cdot \omega_3 = 121,5 \cdot 130,27 = 15,827 \cdot 10^3 \text{ W}$$

$$\omega_3 = 2\pi n_3 = 2\pi \cdot 20,733 = 130,27 \text{ s}^{-1}$$

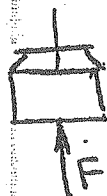
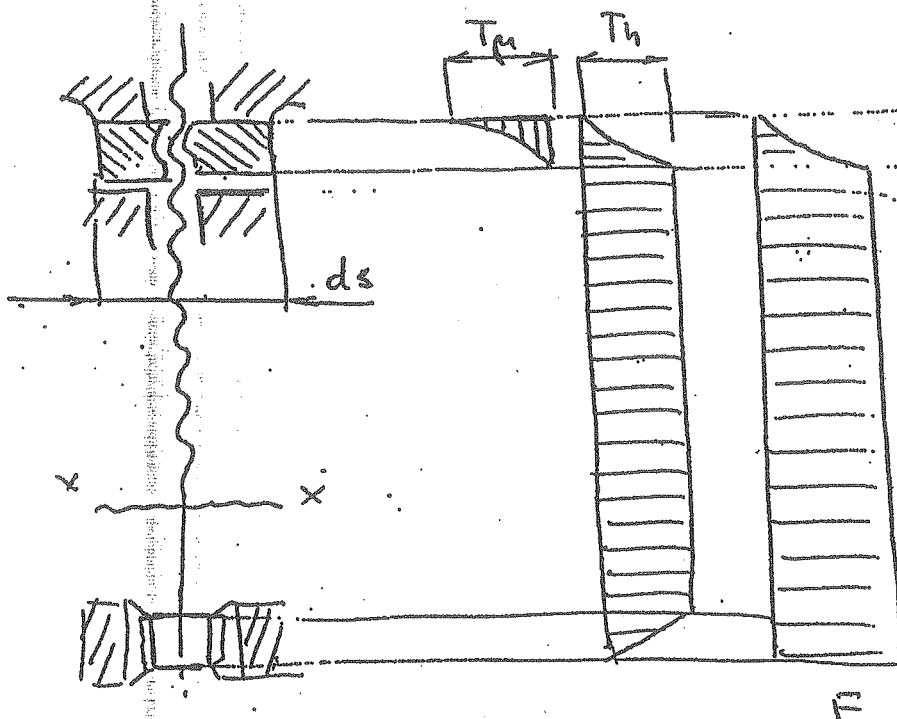
$$n_3 = n_4 \cdot i_{3-4} = 155,5 \cdot 8 = 1244 \text{ min}^{-1} = 20,73 \text{ s}^{-1}$$

$$n_4 = \frac{V}{L} = \frac{4,2 \cdot 10^3}{3 \cdot 9} = 155,5 \text{ min}^{-1}$$

Površinski pritisak u ležištu A:

$$p_A = \frac{F}{A} = \frac{100 \cdot 10^3}{4235} = 22,2 \text{ N/mm}^2$$

$$A = \frac{\pi}{4} (98^2 - 62^2) = 4253 \text{ mm}^2$$



3. Faktor rednog vijeka

$$Z_h = \frac{[\sigma_{HK}]_H}{\sigma_{HK} Z_n} = \frac{197,4}{370 \cdot 0,685} = 0,778$$

Gdje je:

$$Z_n = \left[\frac{1}{(7,5 \cdot n_2 + 1)} \right]^{\frac{1}{8}} = \left[\frac{1}{(7,5 \cdot 2,6 + 1)} \right]^{\frac{1}{8}} = 0,685$$

$$n_2 = n_4 = 2,6 \text{ s}^{-1}$$

$$\sigma_{HK} = 370 \text{ N/mm}^2 \text{ za P.CuSn14}$$

$$T_2 = T_4 = 841,5 \text{ Nm}$$

$$K_A = 1,5$$

$$Z_E = 150 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right] \text{ za P.CuSn14}$$

$$d_1 = d_{m1} = z_1 \cdot m = 8 \cdot 10 = 80 \text{ mm} \quad (z_2 \times z_1)$$

$$d_2 = m \cdot z_2 = 10 \cdot 32 = 320 \text{ mm}$$

$$a = 0,5 (d_1 + d_2) = 0,5 (80 + 320) = 200 \text{ mm}$$

$$Z_S = 2,76 \text{ za } \frac{d_{m1}}{a} = \frac{80}{200} = 0,4 \text{ i pri } Z_I;$$

$S = 1,2$ step. sigurnost.

$$[\sigma_{HK}]_H = \sigma_H \cdot S = 164,5 \cdot 1,2 = 197,4 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_H = Z_E \cdot Z_S \cdot \sqrt{\frac{T_2 K_A}{a^3}} = 150 \cdot 2,76 \cdot \sqrt{\frac{841,5 \cdot 10^3 \cdot 1,5}{200^3}} = 164,5 \text{ N/mm}^2$$

$$Z_h = \left(\frac{25000}{t} \right)^{\frac{1}{6}} \Rightarrow t = \frac{25000}{Z_h^6} = \frac{25000}{0,22} = \underline{\underline{113636}} \text{ [h]}$$

4. Radni napori u presjeku x-x

$$\sigma_g = \frac{F}{A} = \frac{100 \cdot 10^3}{1256} = 79,6 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_g = \frac{T_n}{W_p} = \frac{601,5 \cdot 10^3}{12566} = 47,86 \text{ N/mm}^2$$

Odje je:

$$A = \frac{d^2 \pi}{4} = \frac{40^2 \pi}{4} = 1256 \text{ mm}^2$$

$$W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16} = \frac{\pi \cdot 40^3}{16} = 12566 \text{ mm}^3$$

Radni napori (pritisak i uvijanje):

U presjeku x-x mećma - norezan nauj pa je prirodovna izdruživost vrćena ze jednosmjerni pamyřni napora i $\sigma_{sr}/\sigma_g = \text{const}$,

$$\sigma_{DM} = \frac{\sigma_D(-1)M}{1 - \text{ctg} \beta \text{tg} \alpha_n} = \frac{223,3}{1 - 0,5 \cdot \text{tg} 37,754^\circ} = 364,45 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{DM} = 378 \text{ N/mm}^2$$

za $M_2 > M_D$ $\sigma_D(-1)M = \sigma_D(-1) \cdot \xi_1 \cdot \xi_2 \cdot \xi_3 \cdot \xi_R = 220 \cdot 0,9 \cdot 0,94 \cdot 1 \cdot 1,2 = 223,3 \text{ N/mm}^2$

Odje je: $\sigma_D(-1) = 220 \text{ N/mm}^2$ za č. 1530.

$$\text{ctg} \beta = \sigma_{sr}/\sigma_g = 0,5$$

$$\text{tg} \alpha_n = 1 + \left[1 - \frac{2 \sigma_D(-1)}{\sigma_D(0)} \right] \cdot \xi_1 \cdot \xi_2 \cdot \xi_3 \cdot \xi_R = 1 + \left[1 - \frac{2 \cdot 220}{360} \right] \cdot 0,9 \cdot 0,94 \cdot 1 \cdot 1,2$$

$$\text{tg} \alpha_n = 0,774$$

$$\alpha_n = 37,754^\circ$$

$$\sigma_{DM} = \sigma_T \cdot \xi_1 = 420 \cdot 0,9 = 378 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_T = 420 \text{ N/mm}^2 \text{ za č. 1530}$$

$$\left. \begin{array}{l} \xi_{15} = 0,9 \\ \xi_{14} = 0,78 \end{array} \right\} d = 40 \text{ mm}$$

$$\xi_2 = 0,94 \text{ fimo struganje}$$

Uvijanj:

$$T_{DM} = \frac{T_{D(-)M}}{1 - \text{ctg } \beta \cdot \text{tg } \alpha} = \frac{158,22}{1 - 0,5 \cdot 0,56} = 219,75 \text{ N/mm}^2 < T_{TM} = 250 \text{ N/mm}^2$$

$m_E > m_D$

$$T_{D(-)M} = T_{D(-)} \cdot \gamma_1 \cdot \gamma_2 \cdot \gamma_3 \cdot \gamma_R = 180 \cdot 0,78 \cdot 0,94 \cdot 1 \cdot 1,2 = 158,22 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{ctg } \beta = T_{SE} / T_g = 0,5$$

$$\text{tg } \alpha = 1 + \left[1 - \frac{2 T_{D(-)}}{T_{D(+)}} \right] \cdot \gamma_1 \cdot \gamma_2 \cdot \gamma_3 \cdot \gamma_R = 1 + \left[1 - \frac{2 \cdot 180}{240} \right] \cdot 0,78 \cdot 0,94 \cdot 1 \cdot 1,2$$

$$\text{tg } \alpha = 0,56$$

$$\alpha = 29,25^\circ$$

$$T_{TM} = T_T \cdot \gamma_1 = 320 \cdot 0,78 = 250 \text{ N/mm}^2$$

$$T_T = (0,6 \dots 0,8) \cdot \sigma_T = 0,8 \cdot \sigma_T = 0,8 \cdot 400 = 320 \text{ N/mm}^2$$

Stepeni sigurnosti:

$$S_\sigma = \frac{\sigma_{DM}}{R_k \cdot \sigma_g} = \frac{364,45}{1,4 \cdot 79,6} = 3,27 ; \quad S_\tau = \frac{T_{DM}}{R_k \cdot T_g} = \frac{219,75}{1,4 \cdot 47,5} = 3,3$$

Ukupni step. sigurnosti:

$$S = \frac{S_\sigma \cdot S_\tau}{\sqrt{S_\sigma^2 + S_\tau^2}} = \frac{3,27 \cdot 3,3}{\sqrt{3,27^2 + 3,33^2}} = 2,32$$



7

UNIVERZITET U SARAJEVU
MAŠINSKI FAKULTET U ZENICI

Zenica, 05.09.2000.god.

✓

ISPITNI ZADATAK
-drugi parcijalni ispit-

str

1. Elektromotor EM pogoni transporter preko cilindričnog para sa kosim zupcima 1 i 2, para cilindričnih zupčanika sa pravim zupcima 3 i 4, te lančanog prenosnika 5 i 6 sa valjkastim lancem prema JUS M.C1.820. Obodna sila na bubnju je $F_t=5896$ N, a brzina trake je $v=2.12$ m/s sa promjerom bubnja $D_b=500$ mm.

2. Proračunom treba odrediti:

- snagu i broj okretaja elektromotora ne uzimajući u obzir gubitke ($\eta_{uk}=1$),
- osnovne veličine cilindričnog para sa kosim zupcima, na osnovu proračuna čvrstoće podnožja,
- osnovne veličine i oznaku valjkastog lanca lančanog prenosnika.

3. Zadano je:

a) za cilindrični par sa kosim zupcima:

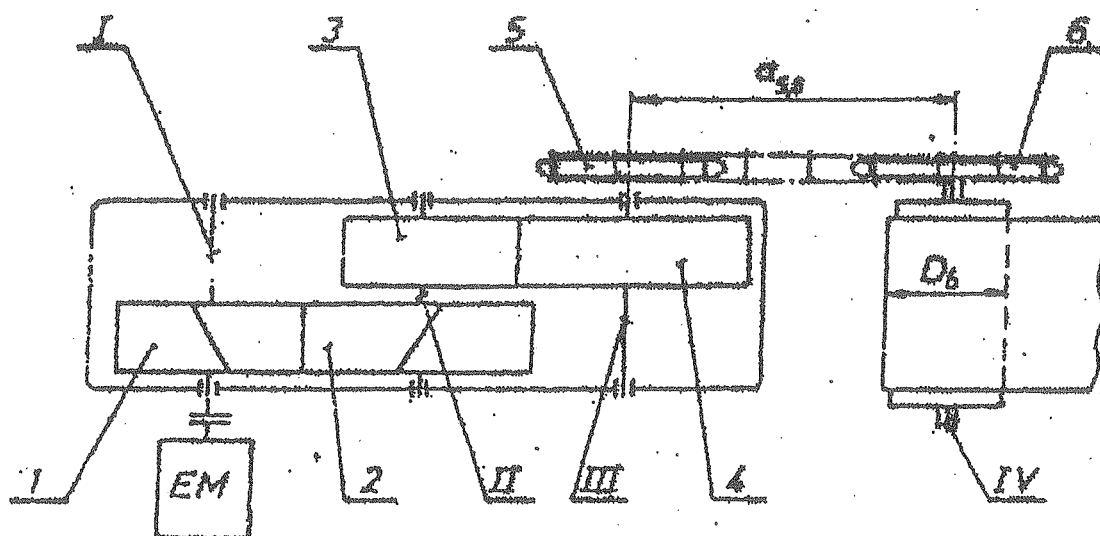
$$z_1=23, z_2=66, K_{FF}=2.5, Y_{FP}=1.6, \psi=15, Y_\beta=0.835, Y_s=0.6, \sigma_{Flim}=165 \text{ N/mm}^2, S_F=1.6,$$

b) za cilindrični par sa pravim zupcima:

$$z_3=25, z_4=62,$$

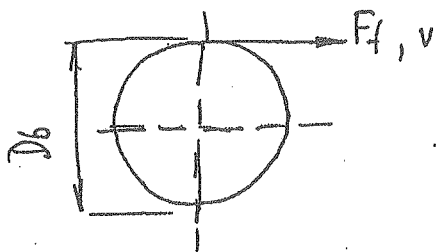
c) za lančani prenosnik:

$$z_5=19, z_6=76, \text{lanac: jednostruki, } c=1.5, a_{5,6}=445 \text{ mm.}$$



Rjesenje

a) Snaga i broj obrtaja: ✓



$$r_b = \frac{D_b}{2} = \frac{500}{2} = 250 \text{ mm}$$

$$\omega_b = \frac{v_b}{r} = \frac{2,12}{0,125} = 8,48 \text{ s}^{-1}$$

$$T_b = F_t \cdot r_b = 5896 \cdot 250 = 1\,474\,000 \text{ Nmm} = 1\,474 \text{ Nm}$$

$$P_b = T_b \omega_b = 1\,474 \cdot 8,48 = 12\,500 \text{ W} = 12,5 \text{ kW}$$

$$P_{EM} = P_b = 12,5 \text{ kW} \quad (\eta_{uk} = 1 \text{ uslov vodstva})$$

$$m_b = \frac{\omega_b}{2\pi} = \frac{8,48}{2 \cdot \pi} = 1,35 \text{ s}^{-1} = 81 \text{ min}^{-1}$$

$$M_{EM} = m_b \cdot z_1 \cdot z_2 \cdot z_3 \cdot z_4 \cdot z_5 \cdot z_6 = m_b \cdot \frac{z_2}{z_1} \cdot \frac{z_4}{z_3} \cdot \frac{z_6}{z_5} = 1,35 \cdot \frac{66}{23} \cdot \frac{62}{25} \cdot \frac{76}{19} = 38,435'$$

b) Osm. velicine cilind. pora so kosim zupcima

$$S_F = \frac{[\sigma_F]_H}{\sigma_F} \Rightarrow \sigma_F = \frac{[\sigma_F]_H}{S_F} = \frac{\sigma_{Flim} \cdot Y_{FF}}{S_F} = \frac{165 \cdot 1,6}{1,6} = 165 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_F = Y_{Fa} Y_{Sa} Y_B Y_\epsilon \cdot \frac{F_{t1}}{b \cdot m} \cdot \underbrace{K_A K_V K_F K_{F\beta}}_{K_{FF} = 2,5} = Y_{Fa} Y_{Sa} Y_B Y_\epsilon \cdot \frac{2T_1}{\psi_d z_1 m^3} \cdot K_{FF}$$

$$F_{t1} = \frac{2T_1}{z_1 m} = \frac{2T_{EM}}{z_1 m}$$

$$T_{EM} = \frac{P_{EM}}{\omega_{EM}} = \frac{12\,500}{2 \cdot \pi \cdot M_{EM}} = \frac{12\,500}{2 \cdot \pi \cdot 38,43} = 51,8 \text{ Nm}$$

$$m \geq \sqrt[3]{\frac{2T_1}{\psi_d \sigma_F} K_{FF} \cdot Y_{Fa} Y_{Sa} Y_B Y_\epsilon} = \sqrt[3]{\frac{2 \cdot 51\,800}{15 \cdot 23 \cdot 165} \cdot 2,5 \cdot 2,5 \cdot 1,8 \cdot 0,835 \cdot 0,6} = 2,1$$

usvojeno $m = 2,5 \text{ mm}$

$$Y_\beta = 1 - 0,25 \epsilon_\beta = 0,835 \Rightarrow \epsilon_\beta = 0,66$$

$$X_\beta = 1 - \epsilon_\beta \cdot \frac{\beta}{120^\circ} \Rightarrow \beta = 30^\circ$$

$$Z_h = \frac{z_1}{\omega^3 \beta} = \frac{23}{\omega^3 30^\circ} = 35,41$$

$$Z_0 \quad X_1 = 0$$

$$F_a = 2,51$$

$$Y_{sa} = 1,8$$

Dim. geom. dimenzji: $b = 4 \cdot m = 37,5 \text{ mm}$

$$d_1 = m \cdot z_1 = 57,5 \text{ mm}$$

$$d_2 = m \cdot z_2 = 165 \text{ mm}$$

lancic

$$\text{Udejna snaga: } P_D = \frac{P}{k \cdot m} = \frac{12,5}{0,8 \cdot 1} = 15,625 \text{ kW}$$

$m = 1$, jednostek. lanec

$$k = 0,8 \text{ za } C = 1,5$$

Iz tablice 48.8. N.E II za $M_5 = M_b \cdot i_5 = 6 = 1,35 \cdot \frac{76}{19} = 5,4 \text{ N}^{-1}$ i $P_D = 15,625 \text{ kW}$

$$h = 25,4 \quad ; \quad b = 17,02$$

$$\text{roj elasto: } X = \frac{2 \cdot a}{h} + \frac{z_1 + z_2}{2} + \left(\frac{z_2 - z_1}{2\pi} \right)^2 \frac{1}{a} = \frac{2 \cdot 445}{25,4} + \frac{19 + 76}{2} + \left(\frac{76 - 19}{2\pi} \right)^2 \frac{25}{44}$$

$$X = 87,24$$

$$\text{uv. } X = 87 \rightarrow \text{lanec. JUS M.CI.82} \Rightarrow \boxed{1 \times 25,4 \times 17,02 \times 87}$$

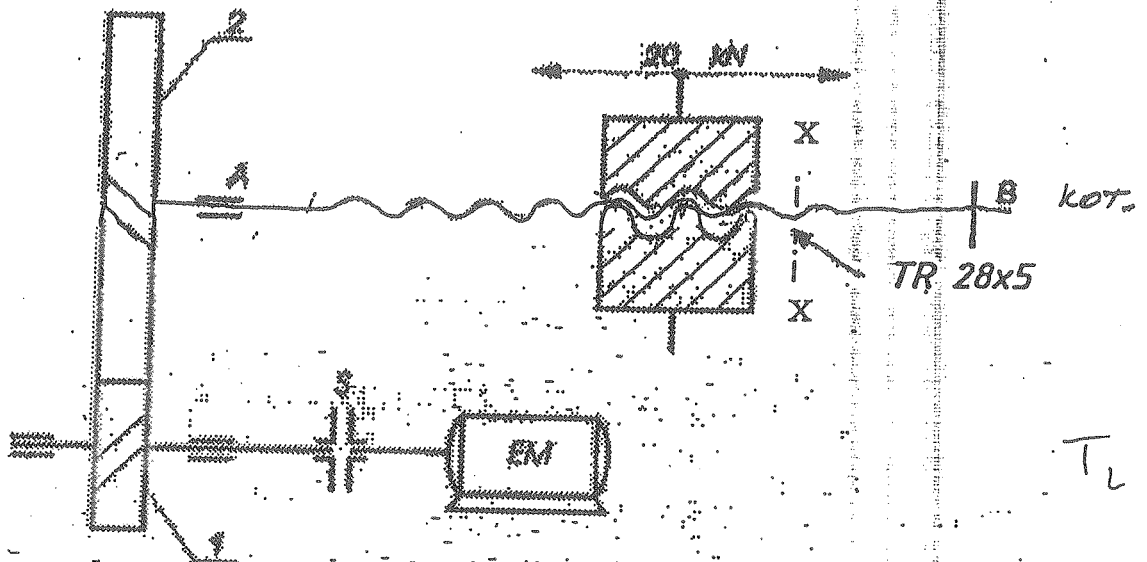
Podsmi predmici:

$$d_s = \frac{h}{180} = \frac{25,4}{180} = 141,32 \text{ mm} \quad ; \quad d_b = \frac{h}{180} = \frac{25,4}{180} = 614,64 \text{ mm}$$

UNIVERZITET U ZENICI
 MAŠINSKI FAKULTET U ZENICI

Zenica, 19.02.2007.god.

ISPITNI ZADATAK



Navojno vreteno alatne mašine pogonjeno je preko para cilindričnih zupčanika sa kosim zupcima. Maksimalna aksijalna sila na navrtki je 20. kN pri brzini 1 m/min.

Potrebno je:

1. odrediti maksimalni obrtni moment i broj okretaja zupčanika 2. potreban za pokretanje navrtke, ako je $\mu_v = 0.15$,
2. dimenzionisati aksijalni ležaj u osloncu B ($d = 25$ mm), koji prima cjelokupno aksijalno opterećenje, za predviđeni radni vijek od 300 sati,
3. nacrtati shemu opterećenja i izračunati stepen sigurnosti navojnog vretena u presjeu x-x, materijal vretena Č.0545.

$F_{amax} = 20 \text{ kN}$

$V = 1 \text{ m/min}$

$\mu_v = 0,15$

①
 $F_A = 20 \text{ kN} = 20000 \text{ [N]}$
 $V = 1 \text{ m/min} = 1000 \text{ mm/s}$
 $\mu = 0,15$

②
 $V = m_v \cdot L \Rightarrow n_v = \frac{V}{L} = \frac{1000}{5} = 200 \text{ [1/min]}$
 $L = 5 \text{ mm} - \text{odgovaraju } P \text{ (korak k u)}$

$n_1 = n_2 = 200 \text{ [1/min]}$
 $T_2 = \frac{P_2}{\omega_2}$

$\omega_2 = 2\pi n_2 = 2\pi \cdot 200 = 1256 \text{ [rad/s]}$
 $T_{nv} = F_a \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \tan(\varphi + \rho_n)$

$\rho_n = \arctan \mu = \arctan 0,15 = 8,53^\circ$

$T_{nv} = 20 \cdot 12,75 \cdot \tan(12,59) = 56,95 \text{ [Nm]}$

usvajemo: $\eta_{22} = 0,98 \text{ (0,95; ... 0,98)}$

$T_2 = \frac{T_{nv}}{\eta_{22}} = T_{nv}$

$T_2 = \frac{P_2}{\omega_2} \Rightarrow P_2 = T_2 \omega_2 = 56,95 \cdot 1,26 = 71,75 \text{ [k]}$

$\omega_2 = 2\pi n_2 = 2\pi \cdot 200 = 1256 \text{ [rad/s]}$

$P_2 = T_2 \omega_2 = 56,95 \cdot 20,93 = 1192,15 \text{ [W]} = 1,19 \text{ [kW]}$

~~WLC~~

200 [1/min]
 $3,33 \text{ [m/s]}$
 200 [1/min]

$200 \text{ mm/s} = 100^\circ$
 $0,2 \text{ m/s}$

TR 28 x 5

③
 $P = 5 \text{ mm}$
 $d = 28 \text{ v}$
 $d_3 = 27,5 \text{ v}$
 $d_2 = 25,5 \text{ v}$
 $M_1 = 2,5$
 $A_3 = 398 \text{ mm}^2$
 $\varphi = 4,06^\circ$

$\omega_2 = 2\pi n_2$

$T_2 = P$

$T_2 = \frac{P_2}{\omega_2}$

$d = 25 \text{ mm}$
 $l = 300 \text{ [h]}$

dimenzije

BC $(40 \cdot 5) = (J = 25)$

$F_a = 20 \text{ [kN]} = 20000 \text{ [N]}$

$50 : 5 = 25$

$25 : 5 = 5$

prstenasti jednodimenzijalni kuglični ležaj 1
 pa prsteni su konstatno valjatičasti, ?
 kolosnici ležajni su kuglični, }

05 1,00

0205

$F_r = 0 \text{ [N]}$
 $\gamma = 0$

$C \text{ [N]}$	26500
C_0	19300

$F_{Ek} = x F_r + \gamma F_a$

$F_E =$

10800

6990

$N = C \sqrt[3]{\frac{N_0}{N \Sigma}} = C \sqrt[3]{\frac{10^6}{216 \cdot 10^6}} = C \sqrt[3]{\frac{1}{216}}$

$Z = 3600 \cdot \pi \cdot t = 3600 \cdot 200 \cdot 300 = 216 \cdot 10^6$

$\frac{1}{3,33} \cdot 0,77^m$

$N = C \left(\frac{1}{216} \right)^{0,33} = C \cdot (0,004)^{0,33} = \boxed{C \cdot 0,199}$

$C \cdot 0,169$

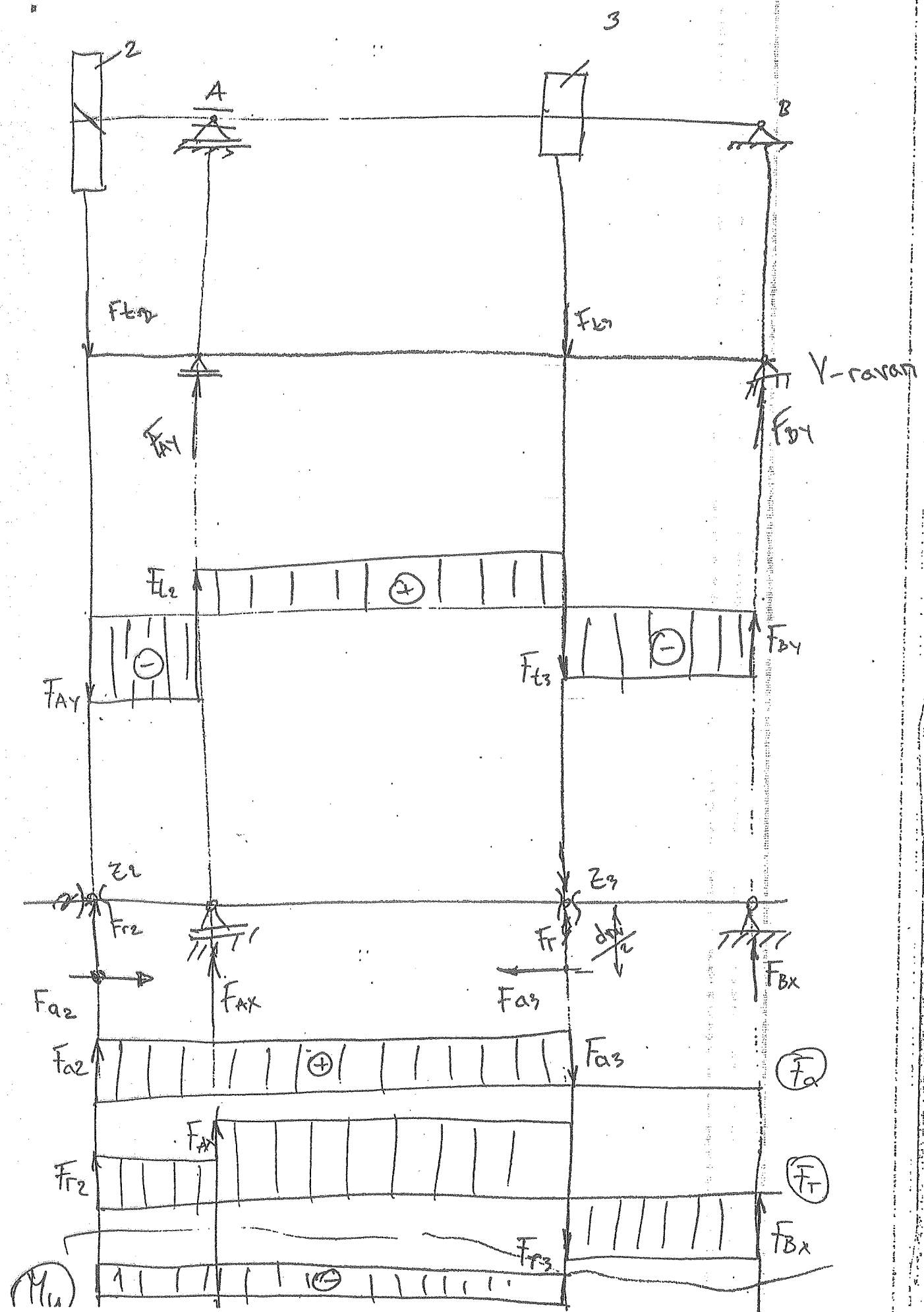
$C_N > F$ - Uslov za izbor ležaj's

$x = 1$
 $\gamma = 0$

$F_{Ek} = x F_r + \gamma F_a = 1 \cdot 0 + 0 \cdot 20000 = 0$

5273,5

$C_0 = 0,161 \cdot C$



$$d = 25 \text{ mm}$$

$$t = 300 \text{ [h]}$$

$$F_A = 2 \text{ [kN]} = 2000 \text{ [N]} \text{ - predpostavka, da se oteži } \underline{20 \text{ kN}}$$

$$\underline{6205}$$

$$\frac{C}{10800}$$

$$\frac{C_0}{6950}$$

$$\frac{x}{1}$$

$$\frac{y}{0}$$

$$\cancel{C_N = C \cdot 0,199}$$

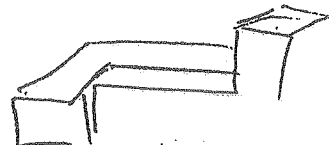
$$C_N = C \sqrt[3]{\frac{10^{12}}{216 \cdot 10^6}} = C \sqrt[3]{\frac{1}{216}} = \sqrt[3]{C \cdot 0,161} = C_N$$

$$\underline{30205}$$

$$\frac{C}{26500}$$

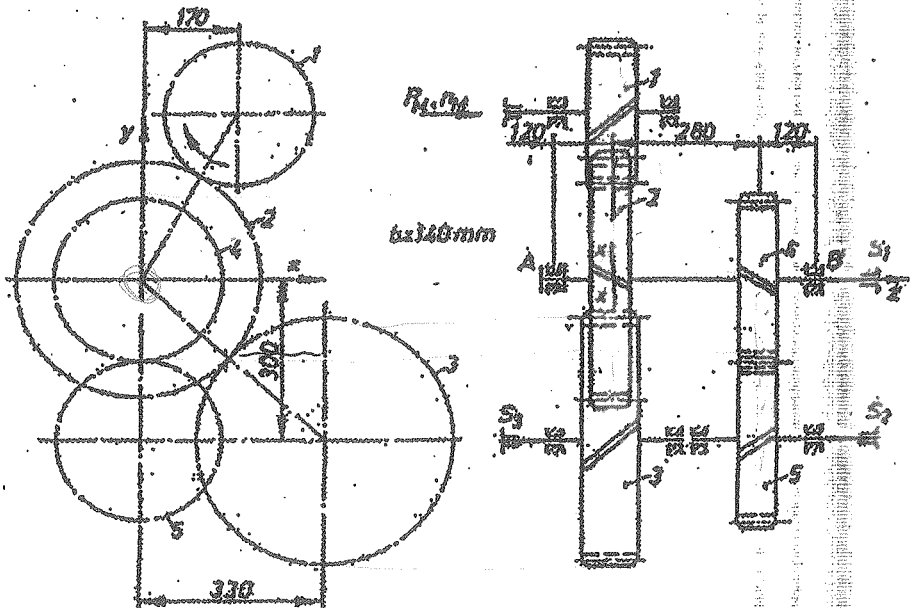
$$\frac{C_0}{19300}$$

$$C_N = 26500 \cdot 0,161 = \underline{4266,5 \text{ [N]}}$$



ISPITNI ZADATAK

-Drugi parcijalni-



Prenosnik prikazan na slici prima snagu od elektromotora preko zupčanika 1, a predaje je za savladavanje radnog otpora preko spojnice S1 i S2 (po $\frac{1}{4}$ snage) i $\frac{1}{2}$ snage preko spojnice S3. Snaga EM je 425 kW pri broju okretaja 850 min^{-1} , svih izlaznih vratila 504 min^{-1} .

Za sklop prikazan na slici potrebno je odrediti:

- 1) potrebne prečnike kinematskih kružnica zupčanika 1, 2 i 3, obrtne momente na zupčanicima i obimne sile na mjestima sprezanja. Gubici usljed trenja na jednom zupčastom paru iznosi 2%. $\eta = 0,98$
- 2) opterećenja vratila zupčanika 2 i 4. Nacrtati shemu opterećenja i dijagrame momenata uvijanja i aksijalnih sila za dati smjer vrtnje.

Rešava:

1. Prečnica kinematskih krutina. zupčanika 2 i 3 morajh biti jednaka.
Prečna slike sledi.

$$d_{w2} = d_{w3} = \sqrt{330^2 + 300^2} = 445,98206 \text{ mm. } \checkmark$$

$$d_{w1} = d_{w2} / u_{1-2} = 445,98206 / 1,6865 = 264,44237 \text{ mm. } \checkmark$$

Kinematski prenosni odnos:

$$u_{1-2} = i' = \frac{n_1}{n_2} = \frac{85}{50} = 1,6865 \checkmark$$

Obrtni momenti:

$$T_1 = \frac{P}{\omega_1} = \frac{425 \cdot 10^3}{89,01} = 4775 \text{ Nm, } \checkmark$$

$$\omega_1 = 2 \cdot \pi \cdot n_1 = 2 \cdot \pi \cdot \frac{85}{60} = 89,01 \text{ s}^{-1}$$

$$T_2 = T_1 \cdot u_{1-2} \cdot \eta_{1-2} = 4775 \cdot 1,6865 \cdot 0,98 = 7892 \text{ Nm, } \checkmark$$

$$T_3 = \frac{T_2}{2} \cdot u_{2-3} \cdot \eta_{2-3} = \frac{7892}{2} \cdot 1,0 \cdot 0,98 = 3867 \text{ Nm, } \checkmark$$

$$T_4 = \frac{T_3}{4} = \frac{3867}{4} = 966,75 \text{ Nm. } \checkmark$$

$$T_5 = T_4 \cdot u_{3-4} \cdot \eta_{3-4} = 966,75 \cdot 1,0 \cdot 0,98 = 947,41 \text{ Nm. } \checkmark$$

Obimne sile:

$$1-2: F_{t1} \approx F_{t2} = \frac{T_1}{r_{w1}} = \frac{4775}{0,132} = 36,19 \cdot 10^3 \text{ N. } \checkmark$$

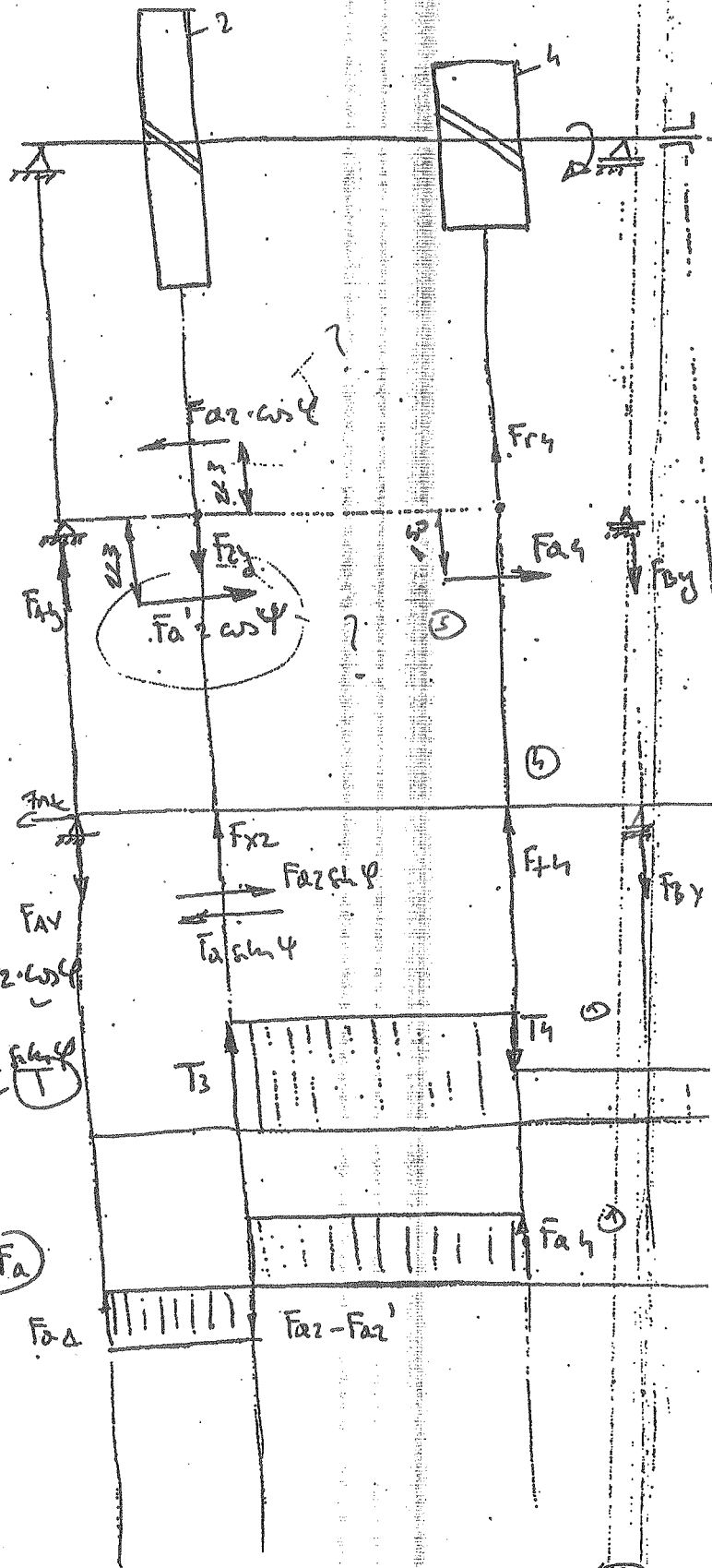
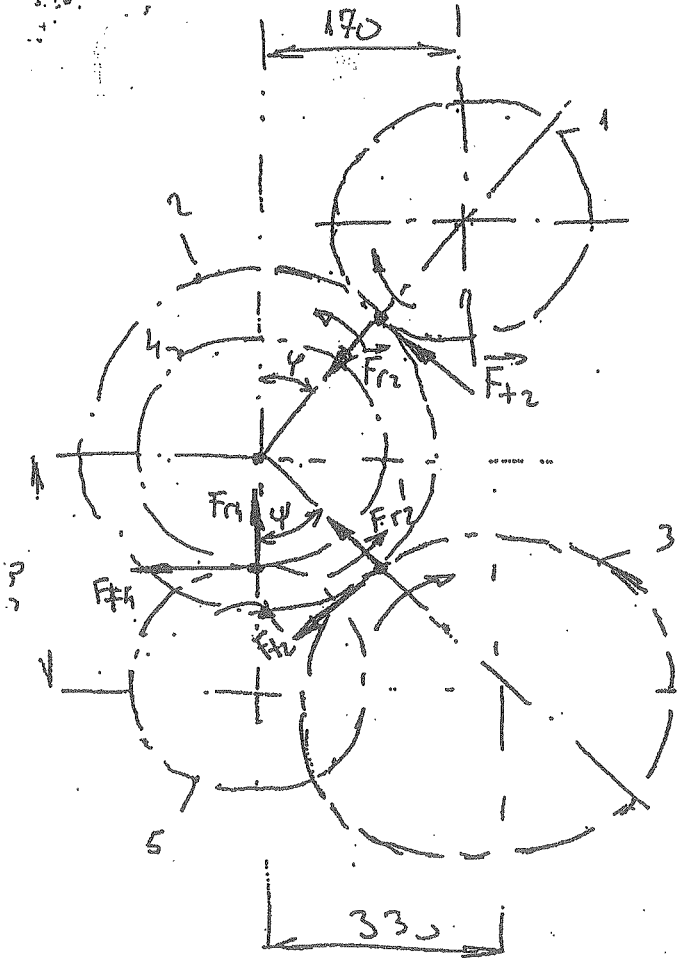
$$2-3: F_{t2} \approx F_{t3} = \frac{T_2}{\frac{d_{w2}}{2}} = \frac{7892}{0,4459} = 17,7 \cdot 10^3 \text{ N. } \checkmark$$

$$4-5: F_{t4} \approx F_{t5} = \frac{T_4}{r_{w4}} = \frac{966,75}{0,150} = 6,44 \cdot 10^3 \text{ N. } \checkmark$$

$$r_{w4} = \frac{300}{2} = 150 \text{ mm} - \text{slika. } \checkmark$$

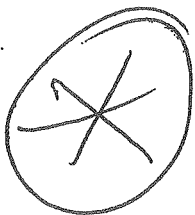
$$\frac{d_4}{2} + \frac{d_5}{2} = 300 \text{ (12)} \Rightarrow d_4 =$$

2) Opterećenje vratila II:



$$F_{y2} = F_{t2} \cdot \sin \psi + F_{r2} \cos \psi - F_{t2} \sin \psi - F_{r2} \cos \psi$$

$$F_{x2} = F_{t2} \cdot \cos \psi + F_{r2} \sin \psi + F_{t2} \cos \psi + F_{r2} \sin \psi$$



(Fa)

F_{aΔ}

F_{a2} - F_{a2'}

(13)

Σ (25)

100/25 = 4

1. 7
 2. 9 + 3 = 12
 + 2 = 14

1. 7 = 22
 2. 14 = 42
 3. 6 18
 4. 3 9
 5. 3. 9 / 100

$\Sigma = 33 = 100 \text{ bodova}$

1 ~ 3 boda.

①

IZRAĐA

12.9.1996.

N ① KARAKTERISTIKE ELEKTROMOTORA

1.1. Obrtni moment glodača

$$T_{gl} = \frac{F_{gl} \cdot D_{gl}}{2} = \frac{100\,000 \cdot 2\,000}{2} = 10^8 \text{ Nmm},$$

1.2. Broj okretaja glodača

$$n_{gl} = \frac{v}{D \pi} = \frac{1,05}{2 \cdot \pi} = 0,1671 \text{ s}^{-1} = 10 \text{ min}^{-1}$$

1.3. Snaga koji troši glodač

$$P_{gl} = T_{gl} \omega_{gl} = 10^8 \cdot 2\pi \cdot 0,1671 = 104\,992\,026,5 \frac{\text{Nm}}{\text{s}}$$

$$P_{gl} = 104\,992 \text{ W} = 104,992 \text{ kW}$$

1.4. Ukupan stepen iskoristena pogona

$$\eta = \eta_R \eta_{5-6} \eta_{el} = 0,96 \cdot 0,97 \cdot 0,97 = 0,903$$

1.5. Potrebna snaga elektromotora

$$P_{EM} = \frac{P_{gl}}{\eta} + \frac{P_P}{\eta_R} = \frac{104,992}{0,903} + \frac{13,5}{0,96} =$$

$$P_{EM} = 130,72 \text{ kW}$$

1.6. Ukupni radni stepen odnos

$$i = i_{1-2} i_{3-4} i_{5-6} = \frac{z_2}{z_1} \cdot \frac{z_4}{z_3} \cdot \frac{z_6}{z_5} = \frac{37}{14} \cdot \frac{81}{16} \cdot \frac{115}{25} = 144,$$

1.7. Potrebni minuti broj okretaja elektromotora

$$n_{EM} = i n_{gl} = 144,7 \cdot 10 = 1447 \text{ min}^{-1} = 24,119 \text{ s}^{-1}$$

2. INTENZITETI AKTIVNIH SILA

2.1. Prečnici kinematskih krugova

$$d_4 = \frac{m n_4 z_4}{\cos \beta_4} = \frac{12 \cdot 81}{\cos 14^\circ} = 1001,756 \text{ mm}$$

$$d_5 = \frac{2a}{i_{5-6} + 1} = \frac{2 \cdot 1135,25}{4,6 + 1} = 405,446 \text{ mm}$$

2.2. Obrtni moment zupčanika 5

$$T_5 = \frac{T_{gl}}{i_{5-6} \cdot \eta_{5-6}} = \frac{10^8}{4,6 \cdot 0,97 \cdot 0,97} = 23.104.613 \text{ Nmm}$$

2.3. Obrtni moment zupčanika 4

$$T_4 = T_5 + T_{pumpe} = T_5 + \frac{P_p}{2\pi n_4} = T_5 + \frac{P_p}{\eta_{gl} \cdot i_{5-6} \cdot 2\pi}$$

$$T_4 = 23.104.613 + \frac{13,5 \cdot 10^6}{0,1671 \cdot 4,6 \cdot 2\pi} = 23.104.613 + 2.795.243$$

$$T_4 = 25.899.856 \text{ Nmm}$$

2.4. Sile na zupčaniku 5

$$F_{t5} = \frac{2T_5}{d_5} = \frac{2 \cdot 23.104.613}{405,446} = 113.971,3 \text{ N}$$

$$F_{r5} = F_{t5} \cdot \tan \alpha = 113.971,3 \cdot \tan 20^\circ = 41.482,1 \text{ N}$$

$$F_{a5} = 0$$

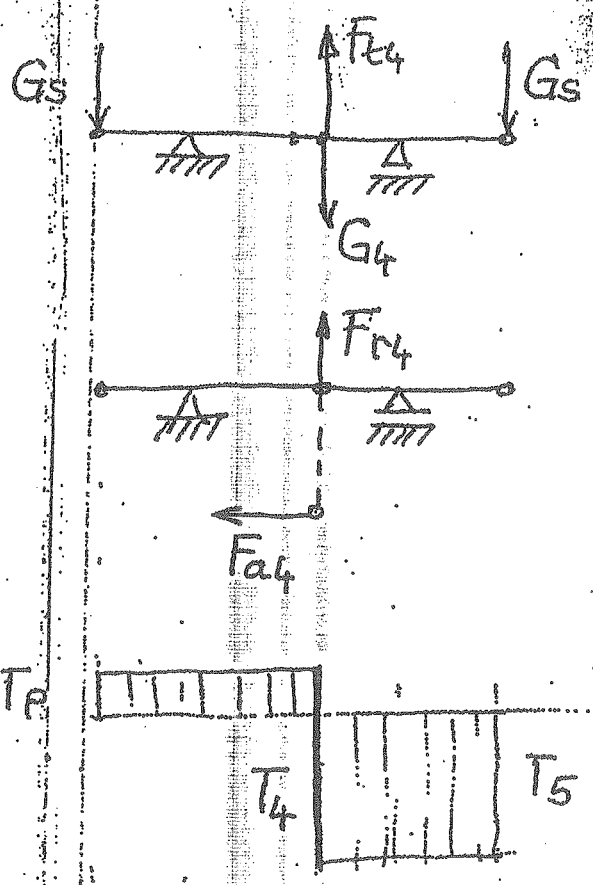
2.5. Sile na zupčaniku 4:

$$F_{t4} = \frac{2T_4}{d_4} = \frac{2 \cdot 25.899.856}{1001,756} = 51.708,9 \text{ N}$$

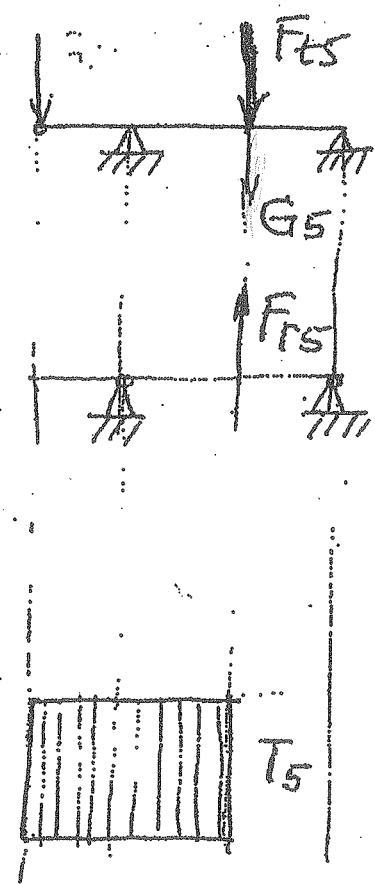
$$F_{r4} = F_{t4} \cdot \tan \alpha_n / \cos \beta_4 = \frac{51.708,9 \cdot \tan 20^\circ}{\cos 14^\circ} = 19.396,6 \text{ N}$$

$$F_{a4} = F_{t4} \cdot \tan \beta_1 = 51.708,9 \cdot \tan 14^\circ = 12.892,4 \text{ N}$$

2.6. Vratilo 7

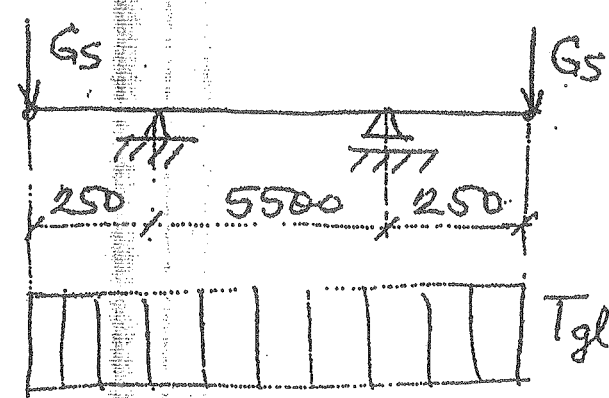


Vratilo 8



3. VRATILO 9 W

3.1. Shema opterećenja



3.2. Moment savijanja

$$T_t = T_{gl} = 10^8 \text{ Nmm}$$

Moment savijanja

$$M_s = G_5 \cdot 250 = 2000 \cdot 250$$

$$M_s = 500\,000 \text{ Nmm}$$

3.3. Polarni otporni moment presjeka vratila

$$W_0 = \frac{\pi d_g^3}{16} = \frac{\pi \cdot 130^3}{16} = 431\,379,9 \text{ mm}^3$$

3.4. Maksimalni tangencijalni napon u vratilu

$$\tau_t = \frac{T_t}{W_0} = \frac{10^8}{431\,379,9} = 231,8 \text{ N/mm}^2$$

3.5. Njegovodavna karakteristika materijala vratila od čelika Č.0545 je $T_D(0) = 170 \dots 240$ N/mm² pri se glodalo okrece samo u jedno smjeru prilikom rada.

3.6. Učepu sigurnosti.

$$S = \frac{T_D(0) \cdot \epsilon_1 \cdot \epsilon_2 \cdot \epsilon_3}{\beta_k \cdot T_t} = \frac{170 \dots 240}{231,8} = 0,73 \dots 1,03$$

što je nedovoljno.

W ④ ZUPČASTI PAR 5-6 W

4.1. Ugao dodirnice

$$\cos \alpha_{wt} = \frac{m(z_5 + z_6) \cos \alpha_n}{2a} = \frac{16(25 + 115) \cos 20^\circ}{2 \cdot 1135,25} = 0,92$$

$$\alpha_{wt} = 22,01747^\circ$$

4.2. Zbir faktora pomjeranja profila je

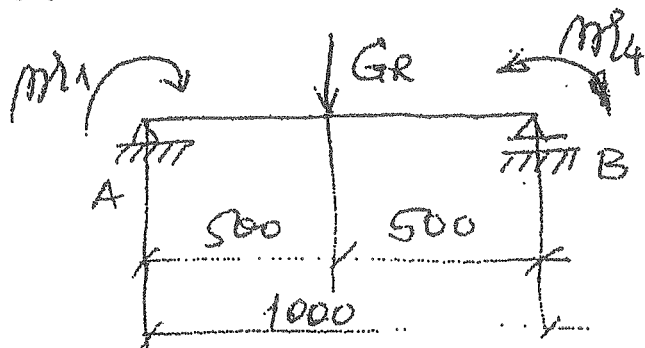
$$x_5 + x_6 = (\text{inv} \alpha_{wt} - \text{inv} \alpha_n) \frac{z_5 + z_6}{2 \cdot \text{tg} \alpha_n}$$

$$x_5 + x_6 = (0,020102 - 0,014904) \frac{25 + 115}{2 \cdot \text{tg} 20^\circ} = 0,9998 \sim 1$$

$$\text{inv} \alpha_{wt} = \text{tg} \alpha_{wt} - \frac{\alpha_{wt}}{180^\circ} = \text{tg} 22,01747^\circ - \frac{22,01747^\circ}{180^\circ}$$

$$\text{inv} \alpha_{wt} = 0,40438 - 0,38424 = 0,020102$$

5. REAKCIJE OSLOŃACA REDUKTORA



$$M_1 = T_{ul} = \frac{P_{EM}}{\omega_{EM}} = \frac{130,72 \cdot 10^3}{2\pi \cdot 24,11^\circ}$$

$$M_1 = 862,586 \text{ Nm}$$

(5)

12.9.1996

$$\Sigma M_A = 0$$

$$M_1 + \frac{G \cdot R \cdot l}{2} - F_B \cdot l + M_4 = 0$$

$$F_B = \frac{M_1 + G \cdot R / 2 + M_4}{l} = \frac{862,586 + 26000 \cdot 1/2 + 25899,85}{1}$$

$$F_B = \cancel{12037,27} \text{ N } (41762,442 \text{ N})$$

$$\Sigma M_B = 0 \quad M_1 + F_A \cdot l - \frac{G \cdot R \cdot l}{2} - M_4 = 0$$

$$F_A = \frac{-M_4 - M_1 + \frac{G \cdot R \cdot l}{2}}{l} = \frac{-25899,85 - 862,586 + \frac{26000}{2}}{1}$$

$$F_A = \cancel{38037,27} \text{ N } (-13762,442 \text{ N})$$

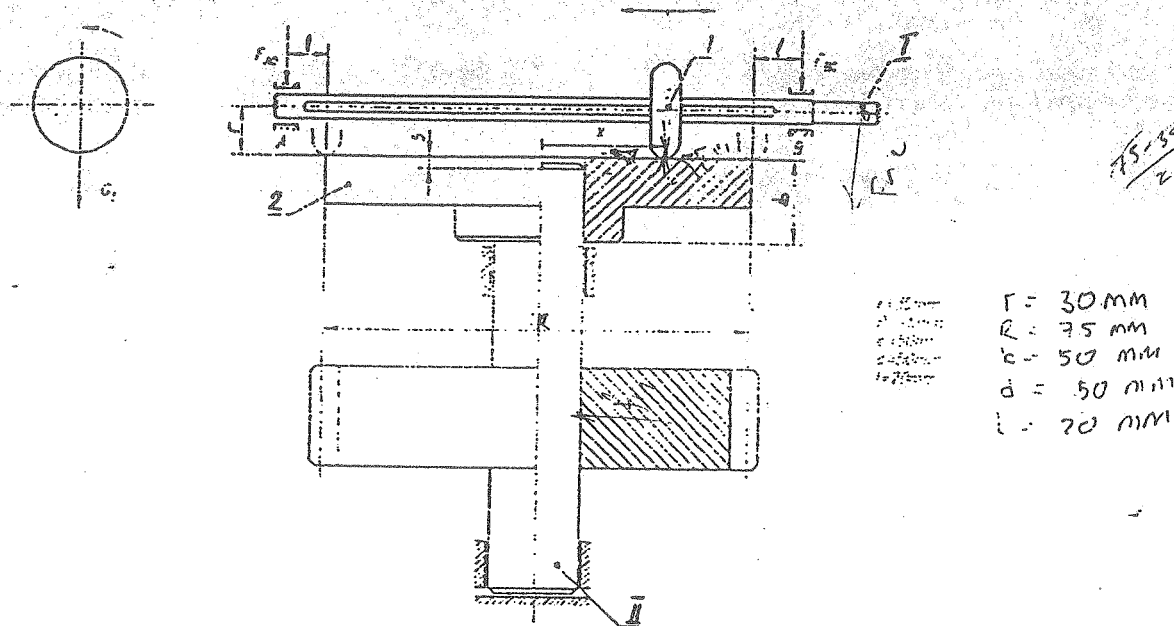
Bećo

Refa

UNIVERZITET U SARAJEVU
MAŠINSKI FAKULTET U ZENICI

Warwick
Zenica, 05.07.2002.god.

ISPITNI ZADATAK



Mehanički prenosnik prikazan na slici sastoji se od jednog frikcionog para i jednog zupčastog para (cilindrični par sa pravim zupcima). Elektromotor snage $P=5\text{kW}$ i učestalosti obrtanja $n=1550 \text{ min}^{-1}$ pokreće pogonsko vratilo I. Veza frikcionog točka (2) i vratila II ostvarena je čvrstim nalijeganjem. Intenzitet sile pritiska, na dodirnim površinama frikcionog para, reguliše se zavojnim pritisnim oprugama koje djeluju na oslonce vratila I.

- Odrediti intenzitet sile pritiska na dodirnim površinama frikcionog para, da bi se ukupna snaga elektromotora prenijela sa vratila I na vratilo II sa stepenom sigurnosti protiv proklizavanja frikcionog para $S_{pr}=1,5$, ako je koeficijent trenja kod frikcionog para $\mu=0,3$.
- Dimenzionirati zavojnu oprugu (d , D_{SR} , z_{ef}) u osloncu B za krajnji desni položaj frikcionog točka I ($x=R$). Materijal opruge Č.4230, krutost opruge $c=98 \text{ kN/m}$, modul klizanja $G=0,83 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$, $K=D_{SR}/d=2,5$, $\tau_{udop}=700 \text{ N/mm}^2$.
- Odrediti graničnu temperaturu na kojoj dato čvrsto nalijeganje, vratila II i frikcionog točka 2, $\phi 50 \text{ H8/u8}$ postaje neizvjesno. Materijal frikcionog točka 2 je SL, a vratila II Č.0645.
- Nacrtati šemu opterećenja vratila II, dijagrame momenata uvijanja i aksijalnih sila.

Zrada:

1
✍

Obrtni moment EM, vratio I:

$$T_{EM} = T_I = \frac{P_{EM}}{\omega_{EM}} = \frac{5 \cdot 10^3}{162,3} = 30,8 \text{ Nm}$$

dje je:

$$\omega_{EM} = \omega_I = 2 \cdot \pi \cdot \frac{n_{EM}}{60} = 2 \cdot \pi \cdot \frac{1550}{60} = 162,3 \text{ s}^{-1}$$

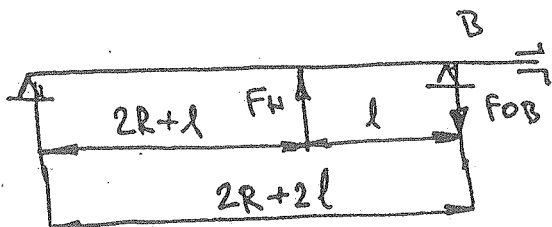
tangencijalna sila na fiksacionom toku 1:

$$F_{t1} = \frac{T_I}{r} = \frac{30,8}{0,03} = 1026,6 \text{ N}$$

sila pritiska, normalna sila na dodirnim površinama fiksionog para 1-2:

$$F_{p1-2} = F_{H1-2} = \frac{F_{t1}}{\mu} \cdot S_{\mu} = \frac{1026,6}{0,3} \cdot 1,5 = 5133,3 \text{ N} \quad (4)$$

Radno opterećenje opruge u osloncu „B“ za položaj $x=R$:



$$\Sigma M_A = 0$$

$$F_B = F_H \cdot \frac{2R+l}{2(l+R)} = 5133,3 \cdot \frac{150+20}{2 \cdot (20+75)}$$

$$F_B = 4592,95 \text{ N}$$

većnik žice opruge:

$$d \geq \sqrt{\frac{16 \cdot F_b \cdot R}{\pi \cdot T_{udop}} \cdot \frac{R}{d} \cdot \mathcal{J}_e} = \sqrt{\frac{16 \cdot 4610}{\pi \cdot 700} \cdot 1,25 \cdot 1,746} = 8,55 \text{ mm}$$

usvoje se: $d = 9 \text{ mm}$

$$k = \frac{D}{d} = 2,5 ; \quad \frac{R}{d} = 1,25 ;$$

$$\mathcal{J}_e = \frac{4 \cdot k - 1}{4 \cdot k - 4} + \frac{0,615}{k} = \frac{4 \cdot 2,5 - 1}{4 \cdot 2,5 - 4} + \frac{0,615}{2,5} = 1,746$$

napis opruge u obrnuci 3: $f_3 = \frac{F_{03}}{c} = \frac{4610}{98000} = 0,047 \text{ m} = 47 \text{ mm}$ (2)

Efektivni broj zavoja:

$$Z_{ef} = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot D \cdot c^3} \cdot \frac{f_3}{F_{03}} = \frac{0,83 \cdot 10^5 \cdot 9^4}{8 \cdot 22,5^3} \cdot \frac{47}{4610} = 60,9$$

$D_{sc} = 9 \cdot 2,5 = 22,5 \text{ mm}$ (6)

c) Gremicna temp. na kraju dno cirkula mol. je przi postoji merovisano:

$\phi 50 \text{ H8/u8}$

$A_g = +0,0331$

$A_d = 0$

$a_g = +0,109$

$a_d = +0,070$

$d_s = 9 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

$d_u = 12 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

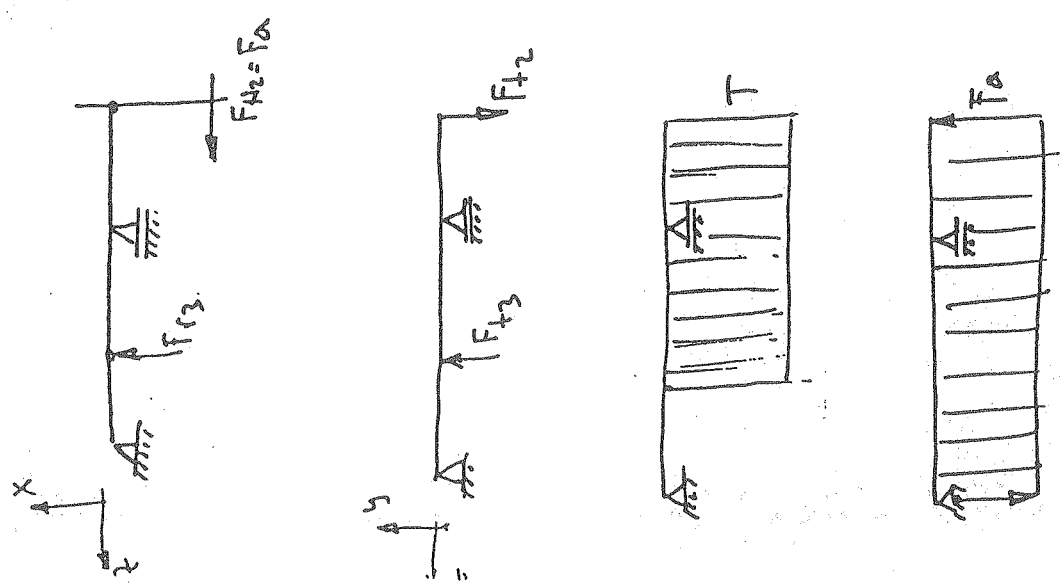
$$\Delta t = \frac{P_d}{d(d_u - d_s)} = \frac{-0,031}{50(12 - 9) \cdot 10^{-6}} = -206,6$$

$P_g = -109 \mu\text{m}$

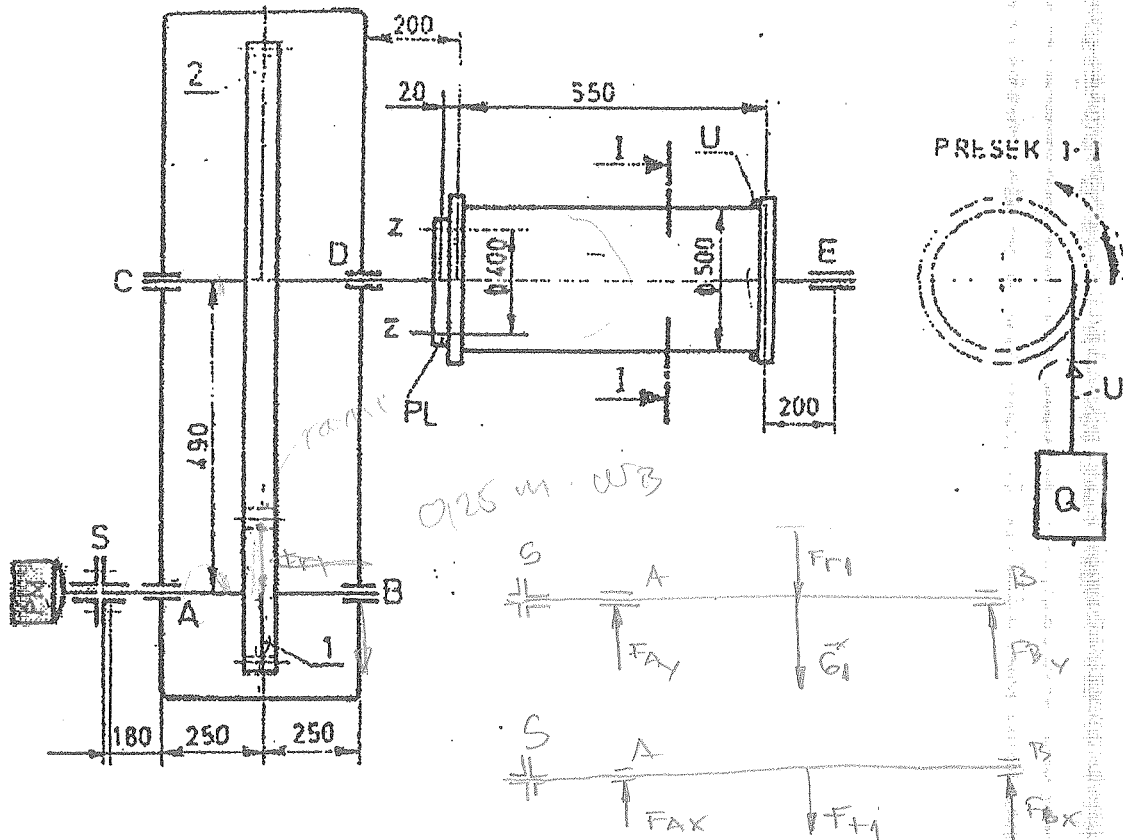
$P_d = -31 \mu\text{m}$

$t = t_0 + \Delta t = 20 - 206,6 = -186,6^\circ\text{C}$ (5)

d) Šema opterećenja vratila II:



ISPITNI ZADATAK



Namotavanjem užeta "U" na bubanj podiže se teret od 4 kN. Vratilo pogonskog motora okreće se sa 300 min^{-1} , a bubanj za podizanje tereta šest puta sporije. Materijal vratila je Č.0645. Težinu užeta zanemariti. Zupčanici 1 i 2 su pravozubi sa uglom dodirnice 20° .

Gubitke u prenosu zanemariti.

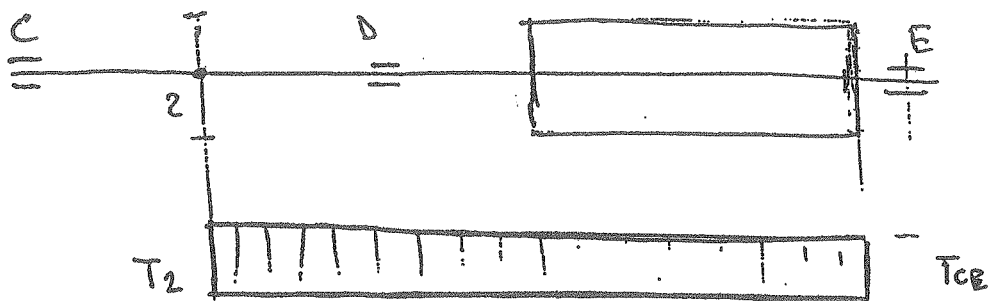
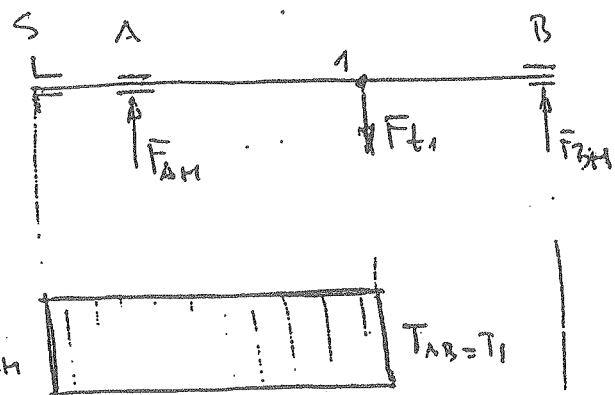
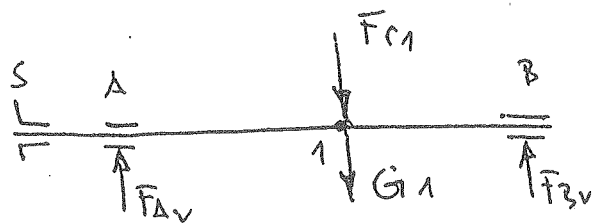
Potrebno je:

1. Nacrtati shemu opterećenja vratila AB, te dijagrame momenata uvijanja vratila AB i CE.
2. Izračunati prečnik vratila AB na mjestu spojnice S ako je stepen sigurnosti protiv dinamičkog loma $S_D=2.5$. Težina zupčanika 1 je 200 N.
3. Dimenzionisati podešeni vijak Z za vezivanje bubnja sa pločom PL koja je klinom vezana za vratilo DE, ako je vijak od čelika 5.6. Broj vijaka u vezi $z=10$, a faktor neravnomjernosti raspodjele opterećenja: $\xi_r=2$ i stepen sigurnosti $S=4$.

izrada:

1
20/1

Shema opterećenja uređaja AB:



5

2) Prečnik vratila na mjestu S:

(2)

Zupčanik 1 je pogončki sa $n_1 = 300 \text{ min}^{-1}$, prenosi odnos $i_{1,2} = 6$ jer se bubanj okreće 6 puta sporije od EH (ZADATO ZHODATUK).

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{M_{EH}}{M_B} = 6 \Rightarrow M_2 = M_3 = \frac{M_1}{6} = \frac{300}{6} = 50 \text{ min}^{-1} = 0,83 \text{ s}^{-1}$$

Snaga potrebna za podizanje tereta $G = 4 \text{ kN}$ je:

$G = F$ - sila u užetu.

$$P_B = F \cdot v = F \cdot R_B \omega_B = 4000 \cdot 0,25 \cdot 5,236 = 5236 \text{ W} = 5,24 \text{ kW}$$

$$v = v_B = \frac{D_B \cdot \pi \cdot M_B}{60} = \frac{0,5 \cdot 3,14 \cdot 50}{60} = 1,31 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right] - \text{dodatna brzina bubnja}$$

$$\omega_B = \frac{\pi \cdot M_B}{30} = \frac{\pi \cdot 50}{30} = 5,236 \left[\text{s}^{-1} \right]$$

Moment uvijanja bubnja:

$$T_B = F \cdot R_B = 4000 \cdot \frac{0,5}{2} = 1000 \text{ Nm}$$

$$\text{ili } T_B = \frac{P_B}{\omega_B} = \frac{5236}{5,236} = 1000 \text{ Nm}$$

Kako sistem radi bez gubitaka to je: $P_B = P_{EH} = \underline{\underline{5,24 \text{ kW}}}$

Obrtni moment spojnice:

$$T_S = \frac{P_S}{\omega_S} = \frac{5236}{31,4} = 166,7 \text{ Nm}$$

$$\text{gdje je: } \omega_S = \frac{\pi \cdot n_S}{30} = \frac{\pi \cdot 300}{30} = 31,4 \left[\text{s}^{-1} \right]$$

3
 Izimajući da se radi o normalnom pogonu vratib je u redu
 izloženo naizmjenična promjenjivom opterećenju ($R=-1$) jer
 se okreće u dva smjera.

2 materijal vratib č. 0645 $T_{D(-1)} = 160 \div 190 \text{ N/mm}^2 = 175 \text{ N/mm}^2$

Dopustena naprezanja ne uvijeri: $T_{udop} = \frac{T_{D(-1)}}{S_D} = \frac{175}{2,5} = 70 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

Precnik vratila na mjestu spojnice iznosi:

$$d_s = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot T_s}{\pi \cdot T_{udop}}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 166,7 \cdot 10^3}{\pi \cdot 70}} = 23 \text{ mm} \dots$$

sljed žlijebe za klin na mjestu spojnice povećava se računsko
 vrijednost precnika za 10%.

$$d_s' = 23 \cdot 1,1 = 25,28 \text{ mm}, \text{ te se usvaja prva veća}$$

standardna vrijednost preme R20 (DJS A. A0. 001);

$$\underline{d_s'' = 28 \text{ mm}}, \quad 24 \text{ [st. INP]} \quad (12)$$

Dimenzioniranje vijaka z:

Vijci su podigneni kvaliteta 5.6 i napregnuti na smicanje.

Veličine obodne sile na precniku na kojem su vijci raspoređeni

$$F_{V1} = \frac{2 \cdot T_B \cdot \rho}{z \cdot D_2 \cdot f_r} = \frac{2 \cdot (1000)}{10 \cdot 0,40} = 1000 \text{ N} \checkmark$$

$f_r = 2$ - faktor neravnomjernosti raspodjele opterećenja

④

Napen smičové ž:

$$\tau = \frac{F_{v1}}{A_2} \Rightarrow A_2 = \frac{F_v}{\tau} ; A_2 = \frac{D_2^2 \cdot \pi}{4}$$

Dopusteni napen : $\tau_{sdop} = \frac{\tau_{D6-1}_s \cdot \gamma_1 \cdot \gamma_2 \dots}{s} \doteq \frac{135}{4} = 33,75 \frac{N}{mm^2}$

gdz ž: $\tau_{D6-1}_s = (0,9 \dots 0,95) \tau_{D6-1}_u = (0,9 \dots 0,95) (130 \div 160) =$
 $= 130,5 \div 137,5 \doteq 135 \frac{N}{mm^2}$
 za čelík 5.6 \approx č. 5545
 ??

Precnik slozbe iznosi:

$$D_2 = d_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{v1}}{\pi \cdot \tau_{sdop}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1000}{\pi \cdot 33,75}} = 6,14 \text{ mm.}$$

Isvojje x prvi veci standardni precnik slozbe vijka prema JUS M.B1.061:

$D_2 = 7,2 \text{ mm}$ što odgovara vijku M6.

⑤

$\Sigma 22$
 $100 : 22 = 4,5$

$$f_{se} = f(z_n = 24,53; x_s = 0,1) = 1,84 \text{ st. l. l. s. p.}$$

$$e = 0,2 + 0,8 / Ed = \underline{0,6848}$$

$$d_{ut} = d_{ut} = d_n \approx x_s = 0$$

$$Ed = f_{vd} \cos \beta / (\min. \pi \cdot \text{const.}) = 19,5065 \cdot \cos 0^\circ / 4 \cdot \pi \cdot \cos 20^\circ$$

$$Ed = 1,65$$

$$z_{v5} = 24,53$$

$$z_{v6} = z_v / \cos \delta_v = 28 / \cos 54,96 = 48,17$$

$$r_{v5} = r_{m5} / \cos \delta_5 = 40 / \cos 34,84 = 49,157 \text{ mm}$$

$$r_{v6} = r_{m6} / \cos \delta_6 = 56 / \cos 54,96 = 96,34$$

$$d = r_{v5} + r_{v6} = 145,49 = \underline{145,5 \text{ mm}}$$

$$h_{a m 1} = m_n (1 + x) = 4(1 + 0,1) = 4,4$$

$$h_{a m 2} = m_n (1 - x) = 4(1 - 0,1) = 3,6$$

$$r_{v a 5} = r_{v 5} + h_{a m 5} = 53,852$$

$$r_{v a 6} = r_{v 6} + h_{a m 6} = 96,34 + 3,6 = 99,94 \text{ mm}$$

$$r_{v b 5} = r_{v 5} \cos \delta_5 = 49,157 \cdot \cos 20^\circ = 46,192 \text{ mm}$$

$$r_{v b 6} = r_{v 6} \cos \delta_6 = 96,34 \cdot \cos 20^\circ = 90,529 \text{ mm}$$

$$f_{vd} = \sqrt{r_{v a 1}^2 - r_{v b 1}^2} + \sqrt{r_{v a 2}^2 - r_{v b 2}^2} - d_n \cos \delta$$

$$f_{vd} = \sqrt{53,852^2 - 46,192^2} + \sqrt{99,94^2 - 90,529^2} - 145,5 \cdot \cos 20^\circ$$

$$f_{vd} = 27,886 + 41,3845 - 138,764 = \underline{19,5065}$$

$$f(z_n = 24,58; x_5 = 0,2) = 1,84 \quad \text{d.l.1.3} \quad \text{Pc.}$$

$$Y_a = 0,2 + 0,8 / \epsilon_d \approx \underline{0,6848} \quad \text{dnt} = \text{dnt} = \text{dn} \quad \alpha = \beta = 0^\circ$$

$$\epsilon_d = g_{vd} \cos \beta / (m_{n1} \cdot \pi \cdot \cos \alpha) = 19,5065 \cdot \cos 0^\circ / (4 \cdot \pi \cdot \cos 20^\circ)$$

$$\epsilon_d = 1,65$$

$$z_{v5} = 24,58$$

$$z_{v6} = z_v / \cos \delta_v = 28 / \cos 54,96^\circ = 48,17^\circ$$

$$r_{v5} = r_{m5} / \cos \delta_5 = 40 / \cos 35,54^\circ = 49,157 \text{ mm}$$

$$r_{v6} = r_{m6} / \cos \delta_6 = 56 / \cos 54,96^\circ = 96,34$$

$$d = r_{v5} + r_{v6} = 145,49 = \underline{145,5 \text{ mm}}$$

$$h_{am1} = m_{n1} (1+x) = 4(1+0,2) = \underline{4,8}$$

$$h_{am2} = m_{n2} (1+x) = 4(1-0,2) = \underline{3,2}$$

$$r_{va5} = r_{v5} + h_{am5} = 53,957$$

$$r_{va6} = r_{v6} + h_{am6} = 96,34 + 3,2 = 99,54 \text{ mm}$$

$$r_{vb5} = r_{v5} \cos \delta_{v5} = 49,157 \cdot \cos 20^\circ = 46,192 \text{ mm}$$

$$r_{vb6} = r_{v6} \cos \delta_{v6} = 96,34 \cdot \cos 20^\circ = 90,529 \text{ mm}$$

$$g_{vd} = \sqrt{r_{va1}^2 - r_{vb1}^2} + \sqrt{r_{va2}^2 - r_{vb2}^2} - d \cos \delta_{vd}$$

$$g_{vd} = \sqrt{53,957^2 - 46,192^2} + \sqrt{99,54^2 - 90,529^2} - 145,5 \cdot \sin 20^\circ$$

$$g_{vd} = 27,886 + 41,3845 - 49,764 = \underline{19,5065}$$