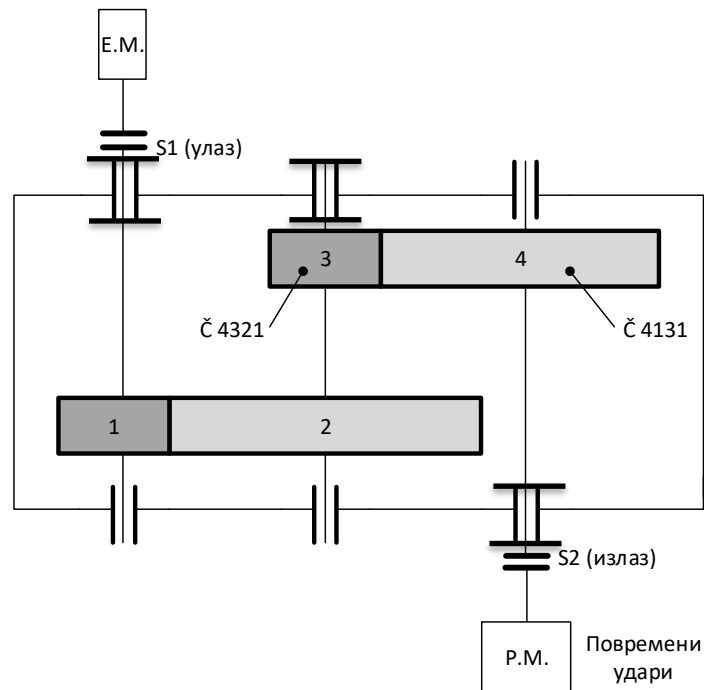


Задатак:



Подаци:

$$n_{ul} = 1440 \text{ min}^{-1}$$

$$z_1 = 37$$

$$z_2 = 158$$

$$z_3 = 20$$

$$z_4 = 81$$

$$m_{n_{3-4}} = 4,5 \text{ mm}$$

$$x_3 = 0,3$$

$$x_4 = 0$$

$$\beta_{3-4} = 0^\circ$$

$$b_{3-4} = 80 \text{ mm}$$

$$\eta_{1-2} = \eta_{3-4} = 0,98$$

$$IT8$$

Тражи се: Проверити степене сигурности бокова и подножја зубаца зупчаника 3 и 4. Зупчаник 4 је површински каљен. Снага електромотора је 20 [kW].

$$P_{EM} = P_{S_1} = P_{ul} = 20 \text{ [kW]}$$

$$P_2 = P_1 \cdot \eta_{1-2} = 20 \cdot 0,98 = 19,6 \text{ [kW]} = P_3$$

$$P_4 = P_{S_2} = P_{izl} = 19,6 \cdot 0,98 = 19,21 \text{ [kW]} \text{ или } P_{S_2} = P_{S_1} \cdot \eta_{uk} = P_{S_1} \cdot \eta_{1-2} \cdot \eta_{3-4} = 20 \cdot 0,98^2 = 19,21 \text{ [kW]}$$

$$P_g = \Delta P = P_{S_1} - P_{S_2} = 20 - 19,21 = 0,79 \text{ [kW]}$$

$$i_{1-2} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{158}{37} = 4,2703 \rightarrow i_{1-2} = \frac{n_{ul}}{n_{izl}} = \frac{n_{ul}}{n_2} \rightarrow n_2 = \frac{n_{ul}}{i_{1-2}} = \frac{1440}{4,2703} = 337,2 [^\circ/min]$$

$$i_{3-4} = \frac{z_4}{z_3} = \frac{81}{20} = 4,05 \rightarrow i_{3-4} = \frac{n_{ul}}{n_{izl}} = \frac{n_3}{n_4} = \frac{n_2}{n_{S_2}} \rightarrow n_{S_2} = \frac{n_2}{i_{3-4}} = \frac{337,2}{4,05} = 83,3 [^\circ/min]$$

$$n_{EM} = n_{s_1} = n_1 = n_{ul} = 1440[^\circ/min] \rightarrow \omega_1 = \frac{\pi n_1}{30} = \frac{\pi \cdot 1440}{30} = 150,8[rad/s] = \omega_{s_1} = \omega_{EM} = \omega_{ul}$$

$$n_2 = n_3 = 337,2[^\circ/min] \rightarrow \omega_2 = \frac{\pi n_2}{30} = \frac{\pi \cdot 337,2}{30} = 35,3[rad/s] = \omega_3$$

$$n_4 = n_{s_2} = 83,3[^\circ/min] \rightarrow \omega_4 = \frac{\pi n_4}{30} = \frac{\pi \cdot 83,3}{30} = 8,7[rad/s] = \omega_{s_2} = \omega_{izl}$$

$$T_{EM} = T_{s_1} = T_{ul} = T_1 = \frac{P_1}{\omega_1} = \frac{20 \cdot 10^3}{150,8} = 132,6 [Nm]$$

$$T_2 = T_3 = \frac{P_2}{\omega_2} = \frac{19,6 \cdot 10^3}{35,3} = 555 [Nm]$$

$$T_4 = T_{s_2} = T_{izl} = \frac{P_4}{\omega_4} = \frac{19,21 \cdot 10^3}{8,7} = 2202,9 [Nm]$$

$$S_H = \frac{[\sigma_H]}{\sigma_H}$$

$$\sigma_H = Z_E Z_H Z_\varepsilon Z_\beta \sqrt{\frac{F_{t3}}{b_3 d_3} \frac{u_{3-4} + 1}{u_{3-4}}} K_A K_V K_{H\alpha} K_{H\beta}$$

$$K_A = 1,25 \quad \text{-Фактор спољашњих динамичких сила (Т8.7)}$$

$$K_V = f\left(IT; \frac{v_3 z_3}{100}; \varepsilon_\beta\right) = 1,0413 \quad \text{-Фактор унутрашњих динамичких сила (Т8.7)}$$

$$\varepsilon_\beta = 0 \rightarrow K_V = K_{V\alpha} = f\left(IT; \frac{v_3 z_3}{100}\right) = f(8; 0,32) = 1,04$$

$$IT8$$

$$\frac{v_3 z_3}{100} = \frac{1,6 \cdot 20}{100} = 0,3178 \sim 0,32$$

$$v_3 = r_3 \omega_3 = \frac{d_3}{2} \cdot \frac{\pi n_3}{30} = \frac{m_3 \cdot z_3}{2} \omega_3 = \frac{4,5 \cdot 20}{2} \cdot 35,3 = 1,589 \sim 1,6 \left[\frac{m}{s}\right]$$

$$K_{H\alpha} = f\left(\frac{F_t K_A K_V}{b}; IT; \frac{\text{отврднуте}}{\text{неотврднуте}} \text{површине бокова}; \frac{\text{прави}}{\text{коси}} \text{зупци}\right) = (> 100; IT8; \text{отврднуте}; \text{прави}) = 1,2 \quad \text{(Т8.8)}$$

$$\frac{F_t K_A K_V}{b} = \frac{12333 \cdot 1,25 \cdot 1,04}{80} = 200,68 > 100 \left[\frac{N}{mm}\right] \quad \text{једин. оптерећење (Т8.8)}$$

$$K_{H\beta} = K_{F\beta}^{1,39} = 1,377^{1,39} = 1,56 \quad \text{-Фактор утицаја неравномерности расподеле оптерећења дуж зубаца у спреси}$$

$$K_{F\beta} = 1 + (K_\beta - 1) f_w f_p f_l = 1 + (1,2 - 1) 1,45 \cdot 1 \cdot 1,3 = 1,377$$

$$K_\beta = f(IT; b) = (8; 80) = 1,2$$

$$f_w = f\left(\frac{F_t K_A K_V}{b}\right) = f(200,7) = 1,45$$

$$f_p = 1 \quad \text{-}\check{C}/\check{C}$$

$$f_l = 1,3$$

$$z_E = \sqrt{0,175E} = 189,8 \sqrt{\frac{N}{mm^2}} \text{ -Фактор еластичности спрегнутих материјала}$$

$$z_H = \frac{1}{\cos \alpha_{3-4}} \sqrt{\frac{2 \cos \beta_{b_{3-4}}}{\operatorname{tg} \alpha_{w_{3-4}}}} = \frac{1}{\cos 20^\circ} \sqrt{\frac{2}{\operatorname{tg} 20,9^\circ}} = 2,435 \text{ -Фактор облика бока зупца}$$

$$\operatorname{inv} \alpha_{w_{3-4}} = \frac{x_3 + x_4}{z_3 + z_4} \operatorname{tg} \alpha_{3-4} + \operatorname{inv} \alpha_{3-4} = \frac{0,3 + 0}{20 + 81} \operatorname{tg} 20^\circ + \operatorname{inv} 20^\circ = 0,01707 \rightarrow \alpha_{w_{3-4}} = 20,9^\circ$$

$$\operatorname{inv} 20^\circ = 0,01420 \quad (\text{T8.4})$$

$$z_\epsilon = \sqrt{\frac{4-\epsilon_\alpha}{3} (1 - \epsilon_\beta) + \frac{\epsilon_\beta}{\epsilon_\alpha}} = \sqrt{\frac{4-\epsilon_\alpha}{3}} = \sqrt{\frac{4-1,62}{3}} = 0,89 \text{ - Фактор утицаја степена спрезања}$$

$$\epsilon_\beta = 0$$

$$\epsilon_\alpha = f(u; z_3 + z_4) = f(4,05; 101) = 1,62 \quad (\text{T4.8})$$

$$z_\beta = \sqrt{\cos \beta} = \sqrt{\cos 0^\circ} = 1 \text{ -Фактор утицаја нагиба зубаца}$$

$$\sigma_H = 189,8 \cdot 2,435 \cdot 0,89 \cdot 1 \sqrt{\frac{12333}{80 \cdot 90} \cdot \frac{4,05 + 1}{4,05} \cdot 1,25 \cdot 1,04 \cdot 1,2 \cdot 1,59} = 939,3 \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$

$$\sigma_H = \sigma_{H1} = \sigma_{H2}$$

$$[\sigma_H]_{3-4} = \sigma_{H_{lim3-4}} \cdot z_L \cdot z_V \cdot z_R \cdot z_W \cdot z_X \cdot z_N \cdot z_\sigma \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$

$$\sigma_{H_{lim3}} = 1480 \left[\frac{N}{mm^2} \right] \text{ - Динамичка издржљивост бока зупчаника модела (T8.11)}$$

$$\sigma_{H_{lim4}} = 1200 \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$

$$z_L = f(v_{40}; \sigma_{H_{lim}}) = (300; \geq 1200) \sim 1,04 = z_{L3} = z_{L4} \text{ - Фактор утицаја вискозности уља}$$

$$v_{40} = f\left(\frac{F_t K_A K_V}{b \cdot m_n}; v\right) = (44,6; 1,59) = 300$$

$$\frac{F_t K_A K_V}{b \cdot m_n} = \frac{12333 \cdot 1,25 \cdot 1,04}{80 \cdot 4,5} = 44,6$$

$$v_3 = 1,59$$

$$z_V = f(v; \sigma_{H_{lim}}) = (1,59; \geq 1200) \sim 0,95 = z_{V3} = z_{V3} \text{ - Фактор утицаја брзине клизања}$$

$$z_R = f(R_f; \sigma_{H_{lim}}) = 0,98 = z_{R3} = z_{R4} \text{ - Фактор утицаја храпавости бокова зубаца}$$

$$R_r = \frac{R_{z3} + R_{z4}}{2} \cdot \sqrt[3]{\frac{100}{a}} = 3,8 [\mu m]$$

$$R_{r(\text{брушење за } z_3)} \rightarrow R_{z3} = 3 - 4 [\mu m]$$

$$R_{r(\text{глодање за } z_4)} \rightarrow R_{z4} = 5 - 7 [\mu m]$$

$$a = m_n \cdot \frac{(z_1 + z_2)}{2} \cdot \frac{\cos(\alpha_n)}{\cos(\alpha_w)} = 228,585 [\text{mm}]$$

$Z_W = 1 = Z_{W1} = Z_{W2}$ -Фактор утицаја разлике у тврдоћи бокова

$Z_X = 1 = Z_{X1} = Z_{X2}$ -Фактор утицаја величине зупца

$Z_N = 1$ - Фактор временске издржљивости

$Z_\sigma = 1$ - Фактор радне издржљивости

$$[\sigma_H]_3 = 1480 \cdot 1,04 \cdot 0,95 \cdot 0,98 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1438,8 \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$

$$[\sigma_H]_4 = 1200 \cdot 1,04 \cdot 0,95 \cdot 0,98 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1174,4 \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$

$$S_{H3} = \frac{[\sigma_H]_3}{\sigma_H} = \frac{1438,8}{939,3} = 1,53$$

$$S_{H4} = \frac{[\sigma_H]_4}{\sigma_H} = \frac{1174,4}{939,3} = 1,25$$

Коментар: Оба зупчаника ће издржати оптерећење

$$S_F = \frac{[\sigma_F]}{\sigma_H}$$

$$\sigma_F = Y_{Fa} Y_{Sa} Y_\varepsilon Y_\beta \frac{F_t}{b m_n} K_A K_V K_{Fa} K_{F\beta}$$

$$Y_{Fa3} = f(z_{n3}; x_3) = f(z_3; x_3) = f(20; 0,3) = 2,42 \quad \text{-Фактор облика зупца (Т8.12)}$$

$$Y_{Fa4} = f(z_{n4}; x_4) = f(80; 0) = 2,24$$

$$Y_{Sa3} = f(z_{n3}; x_3) = f(z_3; x_3) = f(20; 0,3) = 1,71 \quad \text{-Фактор концентрације напона у подножју зубаца (Т8.12)}$$

$$Y_{Sa4} = f(z_{n4}; x_4) = f(80; 0) = 1,77$$

$$Y_\varepsilon = 0,25 + \frac{0,75}{\varepsilon_\alpha} = 0,25 + \frac{0,75}{1,62} = 0,713 = Y_{\varepsilon 3} = Y_{\varepsilon 4} \quad \text{- Фактор крака силе}$$

$$Y_\beta = 1 - \varepsilon_\beta \frac{\beta^\circ}{120^\circ} = 1 = Y_{\beta 3} = Y_{\beta 4} \quad \text{- Фактор нагиба зубаца}$$

$$\sigma_{F3} = Y_{Fa3} Y_{Sa3} Y_\varepsilon Y_\beta \frac{F_t}{b m_n} K_A K_V K_{Fa} K_{F\beta} = 2,42 \cdot 1,71 \cdot 0,713 \cdot 1 \cdot \frac{12333}{20 \cdot 4,5} \cdot 1,25 \cdot 1,04 \cdot 1,2 \cdot 1,377 = 217,4 \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$

$$\sigma_{F4} = Y_{Fa4} Y_{Sa4} Y_\varepsilon Y_\beta \frac{F_t}{b m_n} K_A K_V K_{Fa} K_{F\beta} = 2,24 \cdot 1,77 \cdot 0,713 \cdot 1 \cdot \frac{12333}{20 \cdot 4,5} \cdot 1,25 \cdot 1,04 \cdot 1,2 \cdot 1,377 = 208,3 \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$

$$[\sigma_F] = \sigma_{Flim} Y_{ST} Y_{RT} Y_{\delta R} Y_X Y_N Y_\sigma$$

Трајна динамичка издржљивост подножја зубаца зупчаника модела (Т8.11):

$$\sigma_{Flim3} = 416 \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$

$$\sigma_{Flim4} = 336 \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$

$$Y_{ST} = 2$$

$Y_{RT} = f(R_z; mater.)$ - Фактор утицаја разлике у храпавости (Т8.13)

$$Y_{RT3} = f(4; cemen.) = 1,05$$

$$Y_{RT4} = f(6; pov. kalj.) = 1,03$$

$Y_{\delta R} = f(Y_{Sa}; mater.)$ - Фактор утицаја разлике у осетљивости на концентрацију напона (Т8.13)

$$Y_{\delta R3} = f(1,71; cemen.) = 0,99$$

$$Y_{\delta R4} = f(1,77; pov. kalj.) = 1$$

$Y_X = f(m_n; mater.)$ - Фактор утицаја разлике у величини зубаца (Т8.13)

$$Y_{X3} = f(4,5; cemen.) = 1$$

$$Y_{X4} = f(4,5; pov. kalj.) = 1$$

$Y_N = 1$ - Фактор временске издржљивости (Т8.13)

$Y_{\sigma} = 1$ - Фактор радне издржљивости (z_{σ})

$$[\sigma_F]_3 = \sigma_{Flim3} Y_{ST} Y_{RT3} Y_{\delta R3} Y_X Y_N Y_{\sigma} = 416 \cdot 2 \cdot 1,05 \cdot 0,99 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 864,9 \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$

$$[\sigma_F]_4 = \sigma_{Flim4} Y_{ST} Y_{RT4} Y_{\delta R4} Y_X Y_N Y_{\sigma} = 336 \cdot 2 \cdot 1,03 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 692,2 \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$

$$S_{F3} = \frac{[\sigma_F]_3}{\sigma_{F4}} = \frac{864,9}{217,4} = 3,98$$

$$S_{F4} = \frac{[\sigma_F]_4}{\sigma_{F4}} = \frac{692,2}{208,3} = 3,32$$

Коментар: Неће доћи долома зубаца у подножју

-