

Задатак

Погон радне машине остварује се електромотором снаге $P_{EM}=10,4 \text{ kW}$ и учестаности обртаја $n=960 \text{ o/min}$. Пречник малог каишника је $d_{w1}=315 \text{ mm}$, осно растојање $a=1500 \text{ mm}$, преносни однос $u=1,5$, а степен корисности $0,96$. Радна машина ради у врло тешким условима рада па је фактор спољних динамичких сила 1.3 . Каиш је плjosнати од савитљиве коже. Фактор проклизавања је $0,02$. Одредити:

1. снагу и учестаност обртања радне машине,
2. пречник већег каишника и дужину каиша,
3. номинално и меродавно оптерећење,
4. силу претходног притезања каиша (занемарити утицај масе каиша),
5. силе у каишу у току рада,
6. напоне у каишу у току рада,
7. радни век каиша,
8. приказати Велеров дијаграм.

Остали подаци:

$$b = 40 \text{ [mm]}$$

$$h = \delta = 8 \text{ [mm]}$$

$$\rho = 1 \cdot 10^3 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$$

$$\sigma_{N0} = 4,5 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

$$N_{0(u=1)} = 10^7$$

$$m = 5 \text{ [mm]}$$

$$\mu = 0,2$$

$$S_\mu = 1,2$$

$$T = \text{const.}$$

Решење:

1. Снага и учестаност обртања радне машине.

Снага радне машине:

$$P_{RM} = P_{EM} \cdot \eta = 10,4 \cdot 0,96 = 9,984 \text{ [kW]} \approx 10 \text{ [kW]}$$

Учестаност обртања радне машине:

$$n_{RM} = \frac{n_{EM}}{u} = \frac{960}{1,5} = 640 \text{ [min}^{-1}\text{]}$$

2. Пречник већег каишника и дужину каиша.

За фактор проклизавања $f_k = 0,02$ и дати преносни однос $u = 1,5$ добија се пречник већег каишника:

$$u = \frac{d_{w2}}{d_{w1}} \cdot \frac{1}{1 - f_k} \Rightarrow d_{w2} = d_{w1} \cdot (1 - f_k) \cdot u = 315 \cdot (1 - 0,02) \cdot 1,5 = 463 \text{ [mm]}$$

Обвојни углови:

$$\sin \gamma = \frac{d_{w2} - d_{w1}}{2 \cdot a} = \frac{463 - 315}{2 \cdot 1500} = 0,04933 \Rightarrow \gamma = \sin^{-1} 0,04933 = 2,83^\circ$$

$$\beta_1 = 180^\circ - 2 \cdot \gamma = 180 - 2 \cdot 2,83 = 174,34^\circ$$

$$\beta_2 = 180^\circ + 2 \cdot \gamma = 180 + 2 \cdot 2,83 = 185,66^\circ$$

Дужина каиша:

$$L = 2 \cdot a \cdot \cos \gamma + \left(\frac{d_{w1}}{2} \cdot \beta_1 + \frac{d_{w2}}{2} \cdot \beta_2 \right) \cdot \frac{\pi}{180^\circ} = 2 \cdot 1500 \cdot \cos 2,83^\circ + \left(\frac{315}{2} \cdot 174,34^\circ + \frac{463}{2} \cdot 185,66^\circ \right) \cdot \frac{\pi}{180^\circ} = 4225,8 \approx 4226 \text{ [mm]}$$

!!! Коментар: стандардна вредност је 4 000 mm што указује на то да би требало кориговати осно растојање.

3. Номинално и меродавно оптерећење.

$$F_t = \frac{2 \cdot T_1}{d_{w1}} = \frac{2 \cdot 103,4}{315 \cdot 10^{-3}} \approx 657 \text{ [N]} - \text{номинално}$$

Где је обртни момент:

$$T_1 = \frac{P_{EM}}{\omega_{EM}} = \frac{10,4 \cdot 10^3}{100,5} = 103,4 \text{ [Nm]}$$

$$\omega_{EM} = \frac{n_{EM} \cdot \pi}{30} = \frac{960 \cdot \pi}{30} = 100,5 \text{ [s}^{-1}\text{]}$$

$$F_{tmer} = F_t \cdot c_A = 657 \cdot 1,3 = 854 \text{ [N]} - \text{меродавно}$$

Где је фактор спољних динамичких сила задат 1,3.

4. Сила претходног притезања каиша.

$$F_p = \frac{e^{\mu\beta_1} + 1}{e^{\mu\beta_1} - 1} \cdot \frac{S_\mu \cdot c_A \cdot F_t}{2} = \frac{e^{0,2 \cdot 174,34^\circ \cdot \frac{\pi}{180^\circ}} + 1}{e^{0,2 \cdot 174,34^\circ \cdot \frac{\pi}{180^\circ}} - 1} \cdot \frac{1,2 \cdot 1,3 \cdot 657}{2} \approx 1735 \text{ [N]}$$

5. Силе у каишу (ремену) у току рада.

Сила у вучном огранку:

$$F_1 = \frac{e^{\mu\beta_1}}{e^{\mu\beta_1} - 1} \cdot S_\mu \cdot c_A \cdot F_t = \frac{e^{0,2 \cdot 174,34^\circ \cdot \frac{\pi}{180^\circ}}}{e^{0,2 \cdot 174,34^\circ \cdot \frac{\pi}{180^\circ}} - 1} \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 657 \approx 2248 \text{ [N]}$$

Сила у повратном огранку:

$$F_2 = \frac{1}{e^{\mu\beta_1} - 1} \cdot S_\mu \cdot c_A \cdot F_t = \frac{1}{e^{0,2 \cdot 174,34^\circ \cdot \frac{\pi}{180^\circ}} - 1} \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 657 \approx 1223 \text{ [N]}$$

Сила која растеже каиш услед деловања центрифугалне силе:

$$F_c = \rho \cdot v^2 \cdot A = 1 \cdot 10^3 \cdot 15,8^2 \cdot 320 \cdot 10^{-6} = 80,2 \text{ [N]}$$

Где су:

$\rho = 1 \cdot 10^3$ – густина гуме (материјала од кога је израђен каиш) дата задатком,

$v = \frac{d_{w1}}{2} \cdot \omega_1 = \frac{315 \cdot 10^{-3}}{2} \cdot 100,5 = 15,8 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$ – обимна брзина на мањем каишнику,

$A = b \cdot h = 40 \cdot 8 = 320 \text{ [mm}^2\text{]} = 320 \cdot 10^{-6} \text{ [m}^2\text{]}$ – површина попречног пресека каиша.

6. Напони у каишу (ремену) у току рада.

Напони услед истезања каиша:

$$\sigma_1 = \frac{F_1}{A} = \frac{2248}{320} = 7,02 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

$$\sigma_2 = \frac{F_2}{A} = \frac{1223}{320} = 3,82 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

$$\sigma_c = \frac{F_c}{A} = \frac{80,2}{320} = 0,25 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

Напони услед савијања каиша:

$$\sigma_{s1} = \frac{h \cdot E}{d_{w1}} = \frac{8 \cdot 40}{315} = 1,02 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

$$\sigma_{s2} = \frac{h \cdot E}{d_{w2}} = \frac{8 \cdot 40}{463} = 0,69 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

Највећи напон у каишу:

$$\sigma_{max} = \sigma_1 + \sigma_{s1} + \sigma_c = 7,02 + 1,02 + 0,25 = 8,3 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

Најмањи напон у каишу:

$$\sigma_{min} = \sigma_2 + \sigma_c = 3,82 + 0,25 = 4,07 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

7. Радни век каиша.

$$L_h = c_s \cdot c_{NR} \cdot \frac{N_0}{3600 \cdot f_s} \cdot \left(\frac{\sigma_{N0}}{\sigma_{max}} \right)^m = 1,65 \cdot 1 \cdot \frac{10^7}{3600 \cdot 7,9} \cdot \left(\frac{4,5}{8,3} \right)^5 = 27,3 \text{ h}$$

Где су:

$$f_s = \frac{x \cdot v}{L} = \frac{2 \cdot 15,8}{4} = 7,9 \text{ [Hz]} - \text{учестаност савијања каиша (x - број каишника),}$$

c_s - фактор утицаја савијања каиша (таблица 9.3 на стр.335),

$c_s = 1,45 \div 1,85 = 1,65$ - усвојена средња вредност,

c_{NR} - временски фактор (таблица 9.3 на стр.335), једнак 1 јер је константан обртни момент.

8. Велеров дијаграм.

Број промена напона до појаве прслине:

$$N_{(u=1)} = N_{0(u=1)} \cdot \left(\frac{\sigma_{N0}}{\sigma_{max}} \right)^m = 10^7 \cdot \left(\frac{4,5}{8,3} \right)^5 = 0,047 \cdot 10^7 \text{ [циклуса]} - \text{број циклуса до појаве прслине са максималним напонам при преносном односу 1}$$

$$N = c_s \cdot c_{NR} \cdot N_{0(u=1)} \cdot \left(\frac{\sigma_{N0}}{\sigma_{max}} \right)^m = 1,65 \cdot 1 \cdot 10^7 \cdot \left(\frac{4,5}{8,3} \right)^5 = 0,077736 \cdot 10^7 \text{ [циклуса]} - \text{број циклуса до појаве прслине са максималним напонам при преносном односу 1,5}$$

