

# Vaje

Tilen Pintarič

15. december 2022

## Contents

<b>Zobniki z evolventnim ozobjem</b>	<b>2</b>
Naloge pri preračunu zobniških parov glede na podane podatke . . . .	2
Primer za 2. tip naloge . . . . .	2
Izračunaj natančno medosno razdaljo ubiranja zobnikov . . . . .	2
Zaokrožite medosno razdaljo na naslednje večje celo število v mm	3
Razdelitev profilnih premikov v skladu z standardom . . . . .	4
Naloga za seminarsko . . . . .	4
Izračunam nominalni moment . . . . .	5
Zasnova zobnikov (št. zob, modul) . . . . .	5
Natančna določitev zobnikov (profilni premiki, medosna razdalja, geometrija zobnikov) . . . . .	6
Določim natančne profilne premike za natančno ubiranje zob . . .	6

## Zobniki z evolventnim ozobjem

### Naloge pri preračunu zobniških parov glede na podane podatke

1. Imamo en zobnik in medosno razdaljo -> določiti drug zobnik
2. Imamo oba zobnika -> izračunati medosno razdaljo
3. (Pri seminarski) Imamo podano prestavno razmerje in moč -> izračunaj/določi ostale parametre (modul, št. zob, profilni premiki, medosje...)

### Primer za 2. tip naloge

Imamo zobnika:

$$z_1 = 16$$

$$z_2 = 30$$

$$m = 3$$

$$\alpha = 20 \text{ deg}$$

$$\beta = 15 \text{ deg}$$

$$x_1 = 0.2$$

$$x_2 = 0.1$$

### Izračunaj natančno medosno razdaljo ubiranja zobnikov

Formula 2 ( $\cos \alpha_{wt}$  je izračunan z formulo 3):

$$a = \frac{m_n * (z_1 + z_2)}{2 * \cos \beta} * \frac{\cos \alpha_t}{\cos \alpha_{wt}} \quad \alpha_{wt} \text{ je neznan}$$

$$a = \frac{3 * (16 + 30)}{2 * \cos 15 \text{ deg}} * \frac{\cos 20,65 \text{ deg}}{\cos 22,4 \text{ deg}}$$

$$a = 72,3014 \text{ mm}$$

$$\alpha_t = \arctan \frac{\tan \alpha_n}{\cos \beta}$$

$$\alpha_t = 20,65 \text{ deg}$$

Formula 3:

$$\text{inv} \alpha_{wt} = 2 * \frac{x_1 + x_2}{z_1 + z_2} * \tan \alpha_n + \text{inv} \alpha_t$$

$$\text{inv} \alpha_{wt} = 2 * \frac{0.2 + 0.1}{16 + 30} * \tan 20 \text{ deg} + 0,01646$$

$$\text{inv} \alpha_{wt} = 0,02121$$

$\check{\alpha}_t$  je v radianih

$$\text{inv}\alpha_t = \tan \alpha_t - \check{\alpha}_t$$

$$\text{inv}\alpha_t = \tan 20,65 \text{ deg} - 20,65 \text{ deg} * \frac{\pi}{180 \text{ deg}}$$

$$\text{inv}\alpha_t = 0,01646$$

$$\text{inv}\alpha_{wt} = \tan \alpha_{wt} - \check{\alpha}_{wt}$$

$$\text{inv}\alpha_{wt} = 0,02121$$

Potrebno je rešiti zgornjo diferencialno enačbo. Dobimo rezultat  $\alpha_{wt} = 0,391 \text{ rad}$  in spremenimo v stopinje  $\alpha_{wt} = 0,391 * \frac{180 \text{ deg}}{\pi} = 22,403 \text{ deg}$ . Ali razberemo vrednost iz tabele 2.2 iz knjige za zobniška gonila, kjer dobimo  $\alpha_{wt} = 22,4 \text{ deg}$ . Vstavimo  $\alpha_{wt}$  nazaj v prvo enačbo (formula 2)

**Zaokrožite medosno razdaljo na naslednje večje celo število v mm**

Zaokrožim  $a = 73 \text{ mm}$  in preračunam nove zobnike

$$a = \frac{m_n(z_1 + z_2)}{2 * \cos \beta} * \frac{\cos \alpha_t}{\cos \alpha_{wt}} \quad \alpha_{wt} \text{ je neznan, izpostavimo}$$

$$\alpha_{wt} = \arccos \frac{m_n * (z_1 + z_2)}{2 * \cos \beta} * \frac{\cos \alpha_t}{a}$$

$$\alpha_{wt} = \arccos \frac{3 * (16 + 30)}{2 * \cos 15 \text{ deg}} * \frac{\cos 20,65}{73}$$

$$\alpha_{wt} = 23,698 \text{ deg}$$

Še uporabimo formulo 3:

$$\text{inv}\alpha_{wt} = \frac{2 * (x_1 + x_2)}{z_1 + z_2} * \tan \alpha_n + \text{inv}\alpha_t \quad x_1 + x_2 \text{ izpostavimo}$$

$$x_1 + x_2 = (\text{inv}\alpha_{wt} - \text{inv}\alpha_t) * \frac{z_1 + z_2}{2 * \tan \alpha_n}$$

$$x_1 + x_2 = (0,0255 - 0,01646) * \frac{16 + 30}{2 * \tan 20 \text{ deg}}$$

$$x_1 + x_2 = 0,571255$$

$$\text{inv}\alpha_{wt} = \tan \alpha_{wt} - \check{\alpha}_{wt}$$

$$\text{inv}\alpha_{wt} = \tan 23,698 \text{ deg} - 23,698 \text{ deg} * \frac{\pi}{180 \text{ deg}}$$

$$\text{inv}\alpha_{wt} = 0,0255$$

$$inv\alpha_t = 0.01646 \quad \text{nisem prepričan od kod?}$$

Za preverit, če je rezultat približno pravilen:  $(0,571255 - 0.3) * m \approx 73 - 72,3014$

### Razdelitev profilnih premikov v skladu z standardom

Graf v knjigi (str. 59)

Na x os:

$$x = \frac{z_{n1} + z_{n2}}{2}$$

$$x = \frac{17,6 + 33,01}{2}$$

$$x = 25,305$$

Na y os:

$$x = \frac{x_1 + x_2}{2}$$

$$x = \frac{0,571255}{2}$$

$$x = 0,286$$

$$Z_{n1} = \frac{Z_1}{\cos^2 \beta_B * \cos \beta}$$

$$Z_{n1} = \frac{16}{\cos^2 14,076 \text{ deg} * \cos 15 \text{ deg}}$$

$$Z_{n1} = 17,6$$

$$Z_{n2} = \frac{30}{\cos^2 14,076 \text{ deg} * \cos 15 \text{ deg}}$$

$$Z_{n2} = 33,01$$

Iz grafa:

$$x_1 = 0.39$$

$$x_2 = 0.5713 - 0.39 = 0.1813$$

### Naloga za seminarsko

Imamo elektromotor z  $11kW$ , ki se vrti z  $1430min^{-1}$ . Zasnujte in preračunajte zobniški par reduktorja, če je zahtevana prestava  $i = 3$ , delovni stroj je s področja papirniške industrije, pričakovani so lahko sunki, ozobje naj bo uravnoteženo. Reduktor obratuje  $24ur/dan$ .  $\beta = 15 \text{ deg}$ .

Določite vse parametre ozobja in obremenitev ležajev in gredi.

### Izračunam nominalni moment

$$P_N = T_N * \omega \quad T_N \text{ je neznan}$$

$$T_N = \frac{P_N}{\omega}$$

$$T_N = \frac{11000W}{2 * \pi * \frac{1430}{60}}$$

$$T_N = 73,46Nm$$

Upoštevam faktor obratovanja -> graf iz predavanj:

Srednji zagonski moment elektromotreja, lahke sunke DS, zobniško gonilo, zlom zob, 24ur/dan ->  $K_A = 1,78$

$$T = 73,46 * K_A$$

$$T = 73,46 * 1,78$$

$$T = 130,76Nm$$

### Zasnova zobnikov (št. zob, modul)

Zobnik  $z_1$  izberemo po želji. Najbolje čim manjšega, da so dimenzije čim manjše.

$$z_1 = 15$$

$$z_2 = i * z_1 = 3 * 15 = 45$$

Izračun modula:

$$m_n \geq \sqrt[3]{\frac{Y_{Fa1} * \cos^2 \beta * 2 * 10^3 * T}{z_1^2 * \frac{b_1}{d_1} * \frac{\sigma_{Flim1}}{S_F}}}$$

$Y_{Fa1}$  - koeficient oblike zob  $f(x, z_n)$  -> iz grafa str. 175 = 2,85

$\sigma_{Flim1}$  - trajna trdnost v korenu zob -> knjiga str. 175-176

$S_F$  - koeficient varnosti proti zlomu

$$\frac{b}{d} - \frac{\text{širina zob}}{\text{delilni premer}} = 0,5 \text{ (izberemo)}$$

$$\alpha - m * z$$

$$\sigma_{Flim} = A_2 x + B_2$$

$x$  - trdota po Brinellu/Vickersu

$A_2$  in  $B_2$  - konstante

Vzamemo C45:

$$A_2 = 0$$

$$B_2 = 461 \text{ (Srednja kakovost)}$$

Vstavimo podatke v enačbo za  $m_n$

$$m_n = \sqrt[3]{\frac{2,85 * \cos^2 15 \text{ deg} * 2 * 10^3 * 130,76 Nm}{15^2 * 0,5 * \frac{416 \frac{N}{mm^2}}{1,7}}}$$

$$m_n = 2,84 mm$$

**Natančna določitev zobnikov (profilni premiki, medosna razdalja, geometrija zobnikov)**

Vsota profilnih premikov (za dobro ozobje)

$$x_1 + x_2 = 0,2$$

Približna medosna razdalja:

$$a = \frac{m * (z_1 + z_2)}{2 * \cos \beta} + m_n * (x_1 + x_2)$$

$$a = \frac{3 * (15 + 45)}{2 * \cos 15 \text{ deg}} + 3 * (0,2)$$

$$a = 93,775$$

Vzamem standardno medosno razdaljo  $a = 94 mm$

**Določim natančne profilne premike za natančno ubiranje zob**

$$a = \frac{mn * (z_1 + z_2)}{\cos \beta} * \frac{\cos \alpha_t}{\cos \alpha_{wt}} \quad \alpha_{wt} \text{ ni znan, izpostavimo}$$

$$\alpha_{wt} = \arccos\left(\frac{m_n * (z_1 + z_2)}{2 * \cos \beta} * \frac{\cos \alpha_t}{a}\right)$$

$$\alpha_{wt} = \arccos\left(\frac{3 * (15 + 45)}{2 * \cos 20,65 \text{ deg}} * \frac{\cos 15 \text{ deg}}{94}\right)$$

$$\alpha_{wt} = 21,94577 \text{ deg}$$

$$\alpha_t = \arctan\left(\frac{\tan \alpha_n}{\cos \beta}\right)$$

$$\alpha_t = \arctan\left(\frac{\tan 20 \text{ deg}}{\cos 15 \text{ deg}}\right)$$

$$\alpha_t = 20,65 \text{ deg}$$

$$inv\alpha_{wt} = \frac{2 * (x_1 + x_2)}{z_1 + z_2} * \tan \alpha_n + inv\alpha_t$$

$$x_1 + x_2 = (inv\alpha_{wt} - inv\alpha_t) * \frac{z_1 + z_2}{2 * \tan \alpha_n} \quad \text{ne vem kako dalje}$$

$$\begin{aligned} inv\alpha_{wt} &= \tan \alpha_{wt} - \check{\alpha}_{wt} \\ &= \tan 21,94577 - 21,94577 * \frac{\pi}{180 \text{ deg}} \\ &= 0,0198997 \end{aligned}$$