

UNIVERZA V LJUBLJANI

Fakulteta za strojništvo

ZAGONSKA SKLOPKA

Strojni elementi I – 6. vaja

Miha Zibelnik

Ljubljana, 2005

KAZALO

1. Definicija naloge:.....	3
2. Zahteve naloge:.....	4
3. Opis preizkuševališča in potek preizkusa:.....	5
4. Izpeljave in preračuni po preikusu:.....	6
4.1. Izpeljava koeficienta trenja:	6
4.2. Diagrami karakteristik sklopke:.....	7
4.2.1. Vrtilni momenti:.....	8
4.2.2. Vrtilne hitrosti:.....	8
4.2.3. Diagram zdrsa:.....	8
4.2.4. Diagram moči:.....	9
4.2.5. Diagram koeficienta trenja:.....	9
4.3. Ostali preračuni:.....	11
4.3.1. Delo trenja in pospeševanja:.....	11
4.3.2. Toplotni preračun sklopke:.....	11
5. Preračun lastne sklopke:.....	13
6. Zaključek:.....	15
7. Literatura:.....	16

1. Definicija naloge:

Za zagonsko sklopko s tornimi segmenti je potrebno teoretično določiti osnovne obratovalne karakteristike in jih primerjati z eksperimentalno dobljenimi rezultati (poteki). Zagonska sklopka je montirana v transmisijo moči tako, da je njen notranji del (rotor) pritrjen na štrcelj elektromotorja, njen zunanji del (plašč) pa prevzema vlogo jermenice za pogon s ploščatim jermenom EKSTREMULTUS.

Podatki:

- koeficient trenja med utežjo in utorom: $\mu_b = 0.24$
- koeficient trenja med utežjo in plaščem sklopke: $\mu_{up} = 0.42$
- torna obloga: azbest TIP A-400
- podatki o masi sklopke:
 - masa sklopke brez uteži: $m_{skl} = 15684 \text{ g}$
 - masa ene uteži s torno oblogo: $m_u = 140,93 \text{ g}$
 - število uteži: $n_u = 14$
- premer jermenice na sklopki: $d_1 = 165 \text{ mm}$
- premer jermenice na vztrajniku: $d_2 = 147,4 \text{ mm}$
- prestavno razmerje jermenskega prenosa: $i = d_2/d_1 = 0.893$
- težiščni polmer uteži: $R_u = 51.3 \text{ mm}$
- notranji polmer odgonskega bobna: $R = 65.0 \text{ mm}$
- število vrtljajev elektromotorja: $n_{m,max} = 1480 \text{ min}^{-1}$
- debelina jermena: $\delta_2 = 2 \text{ mm}$
- širina jermena: $b = 70 \text{ mm}$
- toplotna prevodnost jermena: $\lambda_2 = 0.16 \frac{W}{mK}$,
- toplotna prestopnost: $\alpha_1 = \alpha_2 = 25 \frac{W}{m^2K}$,
- najvišja dovoljena temperatura plašča sklopke: $\vartheta_{dop} = 45^{\circ} C$.

2. Zahteve naloge:

V sklopu naloge je potrebno:

- Opisati potek meritev karakteristik zagonske sklopke na preskuševališču in komentirati dobljene rezultate.
- Narisati shemo preskuševališča s pripadajočimi opisi sestavnih delov
- Izpeljati enačbo za izračun koeficienta trenja μ v odvisnosti od obratovalnih pogojev in vplivnih geometrijskih karakteristik sklopke za tri fizikalne modele.
- Narisati diagrame karakteristik sklopke $M_{tr}(t)$, $M_{kor}(t)$, $M_{po}(t)$, $\omega_{skl}(t)$, $\omega_{EM}(t)$, diagram zdrsa kot funkcijo časa $s(t)$, diagram koeficienta trenja kot funkcijo časa $\mu(t)$, diagram koeficienta trenja kot funkcijo zdrsa $\mu(s)$, diagram moči trenja kot funkcijo časa $P_{tr}(t)$ in diagram moči pospeševanja kot funkcijo časa $P_{pos}(t)$.
- Z uporabe ene od metod numerične integracije izračunati delo trenja W_{tr} in delo pospeševanja W_{pos} .
- Teoretično izračunati najvišjo temperaturo na plašču sklopke po končanem prvem zagonu ter potreben čas ohlajanja, da bo temperatura sklopke $v_{skl} = v_{ok} + 5^{\circ}C$. Temperatura okolice je $20^{\circ}C$.
- Izračunati minimalni potrebni čas med dvema zaporednima vklopoma, da temperatura ne naraste preko dovoljene meje (ϑ_{dop}).
- Dimenzionirati je potrebno zagonsko sklopko, ki omogoča zagon in obratovanje naprave z naslednjimi pogoji:

Podatki 14:

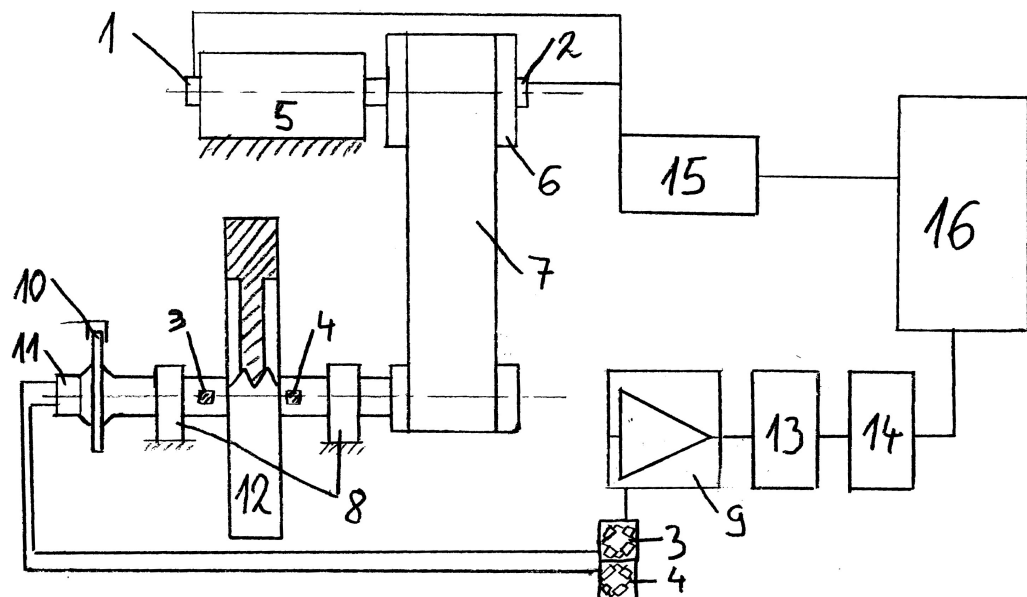
$$\begin{aligned}J_{cel} &= 10 \text{ kgm}^2 \\n_0 &= 1000 \text{ min}^{-1} \\M_{kor} &= 15 \text{ Nm} \\S &= 2,5 \\\vartheta_{dop} &= 45 \text{ }^{\circ}C\end{aligned}$$

3. Opis preizkuševališča in potek preizkusa:

Zagonska sklopka je montirana na os elektromotorja in poganja jermen, ki prenaša moment na vztrajnik. Med jermenicama na sklopki in pri vztrajniku imamo določeno prestavno razmerje i .

Na merilnem mestu 3 (točke so označene na skici preizkuševališča) smo merili koristen navor, na mestu 4 pa celoten navor, na mestu 1 število vrtljajev motorja, na mestu 2 število vrtljajev sklopke. Vse te signale smo preko odjemne glave (pozicija 11) in merilne verige odpeljali v osebni računalnik, kjer smo jih obdelali.

Ko smo si ogledali preizkuševališče, smo naredili preizkus. Ko smo prvič zagnali elektromotor, nam je spodrsnil jermen, ker je bil od prejšnjih skupin preveč segret. Ko ga je laborant znova nastavil, smo poizkusili še enkrat in tokrat smo dobili rezultate, ki so vidni v diagramih. Ko je sklopka prijela in gnala vztrajnik s hitrostjo elektromotorja, smo z zavoro zaustavili vztrajnik.



- 1,2 – merilnika hitrosti
- 3,4 – senzorja za momenta z
- 5 – elektromotor
- 6 – sklopka
- 7 – jermen
- 8 – ležaj
- 9 – ojačevalnik
- 10 – zavora
- 11 – odjemna glava
- 12 – vztrajnik
- 13 – multiplikator
- 14 – A/D pretvornik

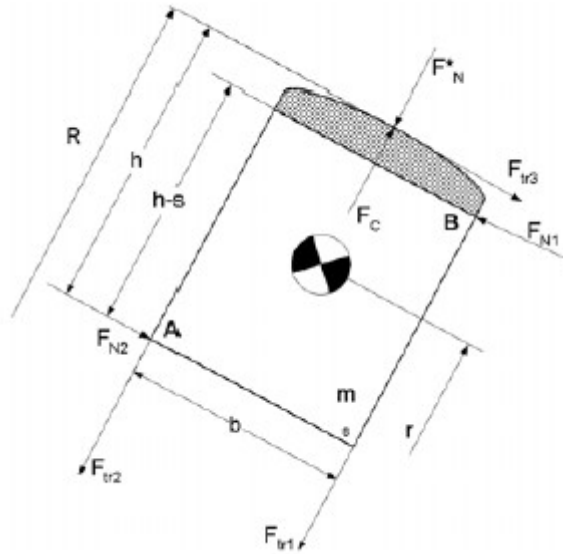
15 – digitalni števec

16 – računalnik

4. Izpeljave in preračuni po preikusu:

4.1. Izpeljava koeficienta trenja:

1. model



$$-F_N^* + F_C - F_{N1} \cdot \mu_b - F_{N2} \cdot \mu_b = 0 \quad (1)$$

$$F_{N1} - F_{N2} - F_N^* \cdot \mu_{sp} = 0 \quad (2)$$

$$F_{N2} = F_{N1} - F_N^* \cdot \mu_{sp}$$

$$-F_N^* + F_C - F_{N1} \cdot \mu_b - (F_{N1} - F_N^* \cdot \mu_{sp}) \cdot \mu_b = 0 \quad (2 \rightarrow 1)$$

$$F_{N1} = \frac{F_N^* \cdot (-1 + \mu_{sp} \cdot \mu_b) + F_C}{2 \cdot \mu_b} \quad (3)$$

$$F_N^* \cdot \mu_{sp} \cdot h - F_{N1} \cdot (h - s) + F_{N1} \cdot \mu_b \cdot b - F_C \cdot \frac{b}{2} + F_N^* \cdot \frac{b}{2} = 0 \quad (4)$$

$$F_N^* \cdot (\mu_{sp} \cdot h + \frac{b}{2}) + \frac{F_N^* \cdot (-1 + \mu_{sp} \cdot \mu_b) + F_C}{2 \cdot \mu_b} \cdot (\mu_b \cdot b + s - h) - F_C \cdot \frac{b}{2} = 0 \quad (3 \rightarrow 4)$$

$$F_N^* = F_C \frac{h - s}{\mu_{sp} \cdot \mu_b \cdot (h + s + \mu_b \cdot b) + h - s} \quad (5)$$

$$M_{tr} = R \cdot \mu_{sp} \cdot n_u \cdot F_C \cdot \frac{h - s}{\mu_{sp} \cdot \mu_b \cdot (h + s + \mu_b \cdot b) + h - s} \quad (6)$$

$$\mu_{sp} \cdot (M_{tr} \cdot \mu_b \cdot (h + s + \mu_b \cdot b) + R \cdot n_u \cdot F_C \cdot (s - h)) = M_{tr} \cdot (s - h)$$

$$F_C = m_u \cdot \omega_m^2 \cdot r$$

$$\mu_{sp} = \frac{M_{tr} \cdot (s - h)}{M_{tr} \cdot \mu_b \cdot (h + s + \mu_b \cdot b) + R \cdot n_u \cdot m_u \cdot \omega_m^2 \cdot r \cdot (s - h)} \quad (7)$$

2. model:

$$-F_N^* + F_C + F_{N1} \cdot \mu_b + F_{N2} \cdot \mu_b = 0 \quad (1)$$

$$F_{N1} - F_{N2} - F_N^* \cdot \mu_{sp} = 0 \quad (2)$$

$$F_{N2} = F_{N1} - F_N^* \cdot \mu_{sp}$$

$$-F_N^* + F_C + F_{N1} \cdot \mu_b + (F_{N1} - F_N^* \cdot \mu_{sp}) \cdot \mu_b = 0 \quad (2 \rightarrow 1)$$

$$F_{N1} = \frac{F_N^* \cdot (1 + \mu_{sp} \cdot \mu_b) - F_C}{2 \cdot \mu_b} \quad (3)$$

$$F_N^* \cdot \mu_{sp} \cdot h - F_{N1} \cdot (h - s) - F_{N1} \cdot \mu_b \cdot b - F_C \frac{b}{2} + F_N^* \cdot \frac{b}{2} = 0 \quad (4)$$

$$F_N^* \cdot (\mu_{sp} \cdot h + \frac{b}{2}) - \frac{F_N^* \cdot (1 + \mu_{sp} \cdot \mu_b) + F_C}{2 \cdot \mu_b} \cdot (\mu_b \cdot b + h - s) - F_C \frac{b}{2} = 0 \quad (3 \rightarrow 4)$$

$$F_N^* = F_C \frac{s - h}{\mu_{sp} \cdot \mu_b \cdot (h + s - \mu_b \cdot b) + s - h} \quad (5)$$

$$M_{tr} = R \cdot \mu_{sp} \cdot n_u \cdot F_C \cdot \frac{s - h}{\mu_{sp} \cdot \mu_b \cdot (h + s - \mu_b \cdot b) + s - h} \quad (6)$$

$$\mu_{sp} \cdot (M_{tr} \cdot \mu_b \cdot (h + s - \mu_b \cdot b) + R \cdot n_u \cdot F_C \cdot (h - s)) = M_{tr} \cdot (h - s)$$

$$F_C = m_u \cdot \omega_m^2 \cdot r$$

$$\mu_{sp} = \frac{M_{tr} \cdot (h - s)}{M_{tr} \cdot \mu_b \cdot (h + s - \mu_b \cdot b) + R \cdot n_u \cdot m_u \cdot \omega_m^2 \cdot r \cdot (h - s)} \quad (7)$$

3. model:

$$F_N^* = F_C$$

$$M_{tr} = F_C \cdot R \cdot \mu_{sp} \cdot n_u$$

$$\mu_{sp} = \frac{M_{tr}}{m_u \cdot \omega_m^2 \cdot r \cdot R \cdot n_u}$$

4.2. Diagrami karakteristik sklopke:

4.2.1. Vrtilni momenti:

Na tem diagramu so prikazana spreminjanja momenta sklopke M_{skl} , koristnega momenta M_{kor} in moment pospeševanja M_{pos} v odvisnosti od časa.

$$M_{pos}(t) = M_{skl}(t) - M_{kor}(t)$$

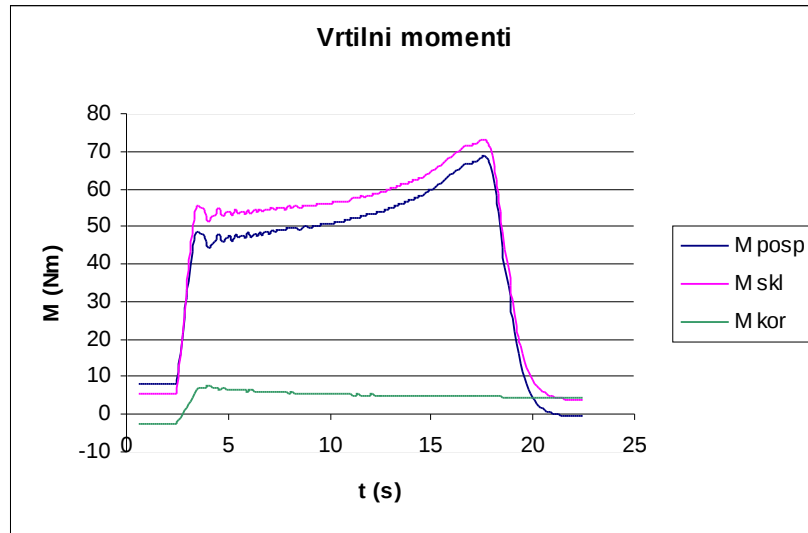


Diagram vrtilnih momentov

4.2.2. Vrtilne hitrosti:

Diagram predstavlja spreminjanje kotne hitrosti elektromotorja in sklopke v času zagona:

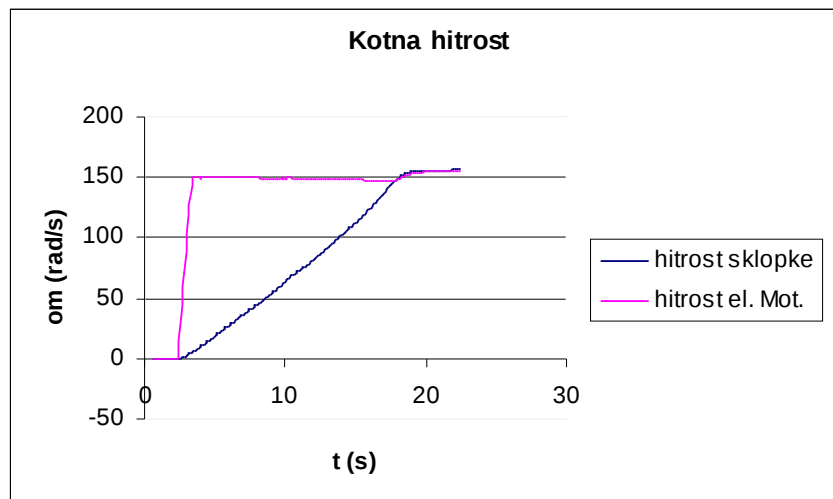


Diagram kotnih hitrosti

4.2.3. Diagram zdrsa:

Zdrs je definiran kot relativna normirana razlika med n_m in n_{skl} :

$$S = \frac{n_m - n_{skl}}{n_m}$$

Diagram poteka zdrsa v odvisnosti os časa:

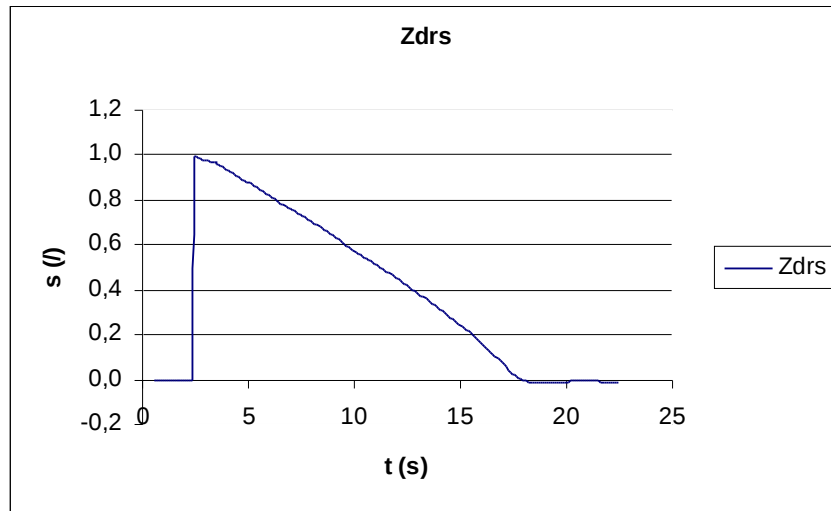


Diagram zdrsa (slipa)

4.2.4. Diagram moči:

Moč trenja je definirana kot:

$$P_{tr} = M_{tr}(t) \cdot [\omega_m(t) - \omega_{skl}(t)],$$

moč pospeševanja pa kot:

$$P_{pos} = M_{pos}(t) \cdot \omega_{skl}$$

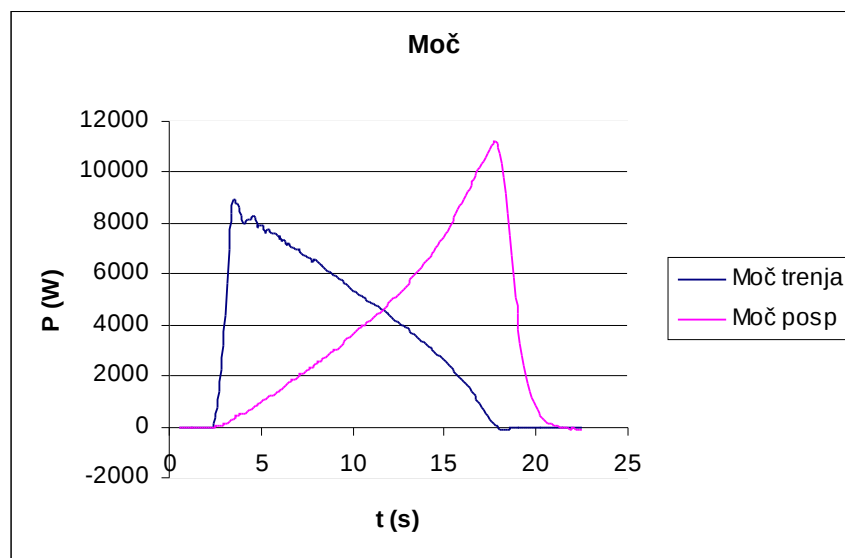
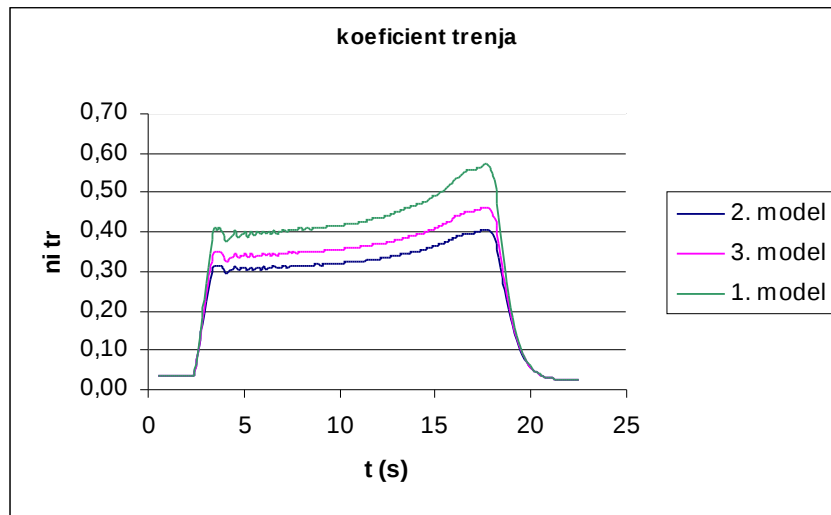


Diagram moči

4.2.5. Diagram koeficienta trenja:

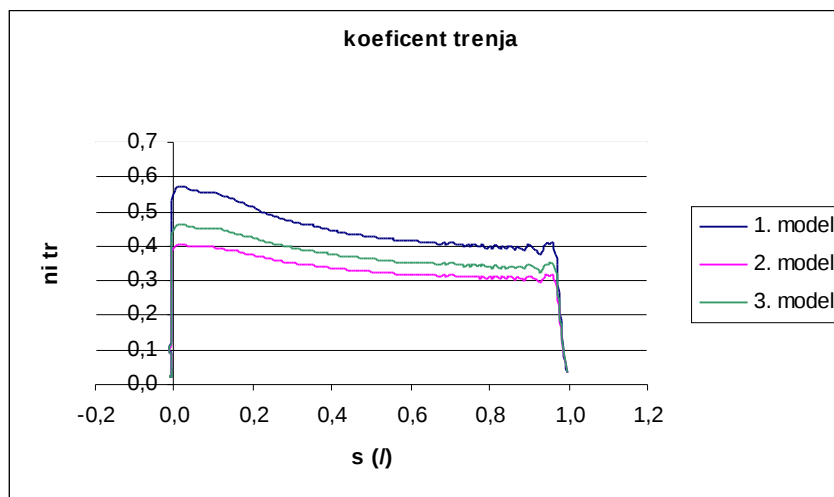
Koeficient trenja sem že prej izpeljal po treh modelih. Za vsak model sem nato izrisal grafa, prvi koeficient trenja v odvisnosti od časa $\mu_{tr}(t)$, drugi pa v odvisnosti od slipa $\mu_{tr}(s)$:

1.



Koeficient trenja v odvisnosti od časa

2.



Koeficient trenja v odvisnosti od zdrsa

4.3. Ostali preračuni:

4.3.1. Delo trenja in pospeševanja:

Delo trenja in pospeševanja sem izračunal s trapezno formulo:

$$W_{tr} = \sum_{i=1}^N \frac{P_{tr,i} + P_{tr,i+1}}{2} \cdot (t_{i+1} - t_i)$$

$$W_{pos} = \sum_{i=1}^N \frac{P_{pos,i} + P_{pos,i+1}}{2} \cdot (t_{i+1} - t_i)$$

Rezultata sta:

$$W_{tr} = 74,18 \text{ kJ}$$

$$W_{pos} = 77,596 \text{ kJ}$$

4.3.2. Toplotni preračun sklopke:

Po enačbi: $W_{tr} = Q = mc(\vartheta_{\max} - \vartheta_{ok})$ izračunam ϑ_{\max} :

$$\vartheta_{\max} = \vartheta_{ok} + \frac{Q}{mc}, \quad \text{kjer je:}$$

m – masa plašča sklopke (prebral sem jo iz sestavne skice v predlogi);

$m = 10,9 \text{ kg}$.

c – specifična toplota jekla (prebral iz strojniškega priročnika);

$c = 460 \text{ J/kgK}$.

Q – pri zagonu nastala toplota, ki pa je enak delu trenja;

$Q = W_{tr} = 74,18 \text{ kJ}$

ϑ_{ok} – temperatura okolice;

$\vartheta_{ok} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$.

Tako dobim: $\vartheta_{\max} = 34,8 \text{ }^\circ\text{C}$.

Sprememba temperature pri enem zagonu je: $\Delta\vartheta = 14,8 \text{ }^\circ\text{C}$.

Pri preizkusu v laboratoriju se nam je sklopka segrela iz $39,7 \text{ }^\circ\text{C}$ na $48,7 \text{ }^\circ\text{C}$, tako da je sprememba temperature bila le $9 \text{ }^\circ\text{C}$.

Da bi določil čas ohlajanja enega zagona do temperature $\vartheta_{ok} + 5 \text{ }^\circ\text{C}$, potrebujem formulo:

$$-mc \cdot \frac{d\tau}{dt} = (k_1 \cdot A_1 + k_2 \cdot A_2) \cdot \tau, \quad \text{kjer je:}$$

$$\tau = (\vartheta - \vartheta_{ok}),$$

$$k_1 = \alpha_1 = 25 \text{ W/m}^2\cdot\text{K} \quad - \text{ toplotna prehodnost pod površino } A_1,$$

$$k_2 = \frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} = 12,54 \text{ W/m}^2\cdot\text{K} \quad - \text{ toplotna prevodnost pod površino } A_2,$$

$$A_1 = \pi \cdot d_1 \cdot D_1 - A_2 + \pi \cdot \left(\left(\frac{d_1}{2} \right)^2 - \left(\frac{d_2}{2} \right)^2 \right) = 0,07306 \text{ m}^2,$$

$$A_2 = \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot d_1 \cdot b = 0,01814 \text{ m}^2,$$

$$d_1 = 165 \text{ mm},$$

$$d_2 = 80 \text{ mm},$$

$$D_1 = 125 \text{ mm}.$$

Sledi da je:

$$\int_{\tau_{\max}=\Delta\tau}^{5^\circ\text{C}} -mc \cdot \frac{d\tau}{\tau} = \int_0^{t(25^\circ\text{C})} (A_1 \cdot k_1 + A_2 \cdot k_2) dt$$

$$-mc \cdot \ln\left(\frac{5^\circ\text{C}}{\Delta\tau}\right) = (A_1 \cdot k_1 + A_2 \cdot k_2) \cdot t(25^\circ\text{C})$$

$$t(25^\circ\text{C}) = 2648,19\text{s} = 44,14 \text{ min}$$

Počakati moramo 44 minut in 9 sekund, da se sklopka pri enem zagonu ohladi na $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Če pa imamo sklopko segreto na mejo dovoljene temp. ($\vartheta_{dop} = 45 \text{ }^\circ\text{C}$), pa moramo počakati za ponovni zagon toliko časa, da se sklopka ohladi za $\Delta\vartheta$:

$$\int_{\tau_{dop}=20^\circ\text{C}}^{\tau_{dop}-\Delta\tau=20^\circ\text{C}} -mc \cdot \frac{d\tau}{\tau} = \int_0^{t_{ohl}} (A_1 \cdot k_1 + A_2 \cdot k_2) dt$$

$$-mc \cdot \ln\left(\frac{10,2^\circ\text{C}}{25^\circ\text{C}}\right) = (A_1 \cdot k_1 + A_2 \cdot k_2) \cdot t_{ohl}$$

$$t_{ohl} = 2187,21\text{s} = 36,45 \text{ min}$$

5. Preračun lastne sklopke:

Moji dani podatki so:

$$\begin{aligned} J_{cel} &= 10 \text{ kgm}^2 \\ n_0 &= 1000 \text{ min}^{-1} \\ M_{kor} &= 15 \text{ Nm} \\ S &= 2,5 \\ \vartheta_{dop} &= 45 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Celotni moment ali moment motorja:

$$M_{cel} = M_{em} = S \cdot M_{kor} = 37,5 \text{ Nm}$$

Iz tega lahko sedaj izračunam moč motorja:

$$P_{em} = M_{em} \cdot n_0 \cdot \pi / 30 = 3927 \text{ W}$$

Motor, ki ga bom uporabljal, bo moral imeti vsaj 4 kW.

Da lahko izračunam čas pospeševanja, potrebujem moment pospeševanja:

$$M_{pos} = M_{cel} - M_{kor} = 22,5 \text{ Nm}$$

Iz tega lahko sedaj izračunam kotni pospešek po enačbi:

$$M_{pos} = J_{cel} \cdot \alpha \Rightarrow \alpha = \frac{M_{pos}}{J_{cel}} = 2,25/\text{s}^2$$

Sledi izračun časa pospeševanja:

$$\begin{aligned} \omega_k &= \omega_z + \alpha \cdot t_{pos}, & \omega_k &= \pi \cdot n_0 / 60, & \omega_z &= 0, \\ t_{pos} &= \frac{\omega_k}{\alpha} = 46,54 \text{ s} \end{aligned}$$

Sedaj moram dimenzionirati velikost in plašč sklopke, da bo dovolj hitro odvajala toploto za vsaj dva zagona zaporedoma, da ne bo preseгла dopustne temperature, ki je 45 °C. Pomagal si bom s toplotnim preračunom.

Podatki:

$$\begin{aligned}d_1 &= 200 \text{ mm} \\d_2 &= 130 \text{ mm} \\d_3 &= 170 \text{ mm} \\l &= 170 \text{ mm} \\c &= 110 \text{ mm} \\b &= 70 \text{ mm}\end{aligned}$$

Ostali podatki so enaki kot prej.

Ker me zanima maksimalna temperatura pri enem zagonu, uporabim enačbo:

$$W_{tr} = Q = mc(\vartheta_{\max} - \vartheta_{ok}) \Rightarrow \vartheta_{\max} = \vartheta_{ok} + \frac{Q}{mc}$$

Zanima me masa sklopke, ki je iz jekla:

$$m_{skl} = \rho_j \cdot V_{skl} \qquad \rho_j = 7850 \text{ kg/m}^3$$

Izračunati moram volumen celotne sklopke:

$$V_{skl} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (d_1^2 - d_2^2) \cdot (D_1 - D_2) + \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (d_1^2 - d_3^2) \cdot D_2 = 0,00205 \text{ m}^3$$

$$m_{skl} = V_{skl} \cdot \rho_j = 16,07 \text{ kg}$$

Sedaj moram izračunati toploto, ki jo sklopka odda ob zagonu:

$$\begin{aligned}Q = W_{tr} &= \int_0^{t_{pos}} P_{tr} \cdot dt = \int_0^{t_{pos}} M_{cel} (\omega_{EM} - \alpha \cdot t_{pos}) \cdot dt = M_{cel} (\omega_{EM} \cdot t_{pos} - \alpha \cdot \frac{t_{pos}^2}{2}) = \\&= 91385 \text{ W}\end{aligned}$$

Tako lahko sedaj izračunam toploto, ki jo bo oddala sklopka ob enem zagonu:

$$\begin{aligned}\vartheta_{\max} &= \vartheta_{ok} + \frac{Q}{mc} = 32,36 \text{ °C} \\ \Delta\vartheta &= 12,36 \text{ °C}\end{aligned}$$

To pomeni, da lahko sklopko zaženemo:

$$n = \frac{\vartheta_{dop} - \vartheta_{ok}}{\Delta\vartheta} = 2,02 \text{ krat, da ne presežemo dopustne temperature: } \vartheta_{dop} = 45 \text{ °C.}$$

Zanima še čas, ko se bo sklopka po enem zagonu ohladila na $\vartheta_{ok} + 5 \text{ °C}$. Uporabim:

$$-mc \cdot \frac{d\tau}{dt} = (k_1 \cdot A_1 + k_2 \cdot A_2) \cdot \tau$$

$$k_1 = \alpha_1 = 25 \text{ W/m}^2$$

$$k_2 = \frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} = 12,54 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$A_1 = \pi \cdot d_1 \cdot D_1 - A_2 + \pi \cdot \left(\left(\frac{d_1}{2} \right)^2 - \left(\frac{d_2}{2} \right)^2 \right) = 0,12951 \text{ m}^2,$$

$$A_2 = \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot d_1 \cdot b = 0,02199 \text{ m}^2,$$

$$\int_{\tau_{\max}=\Delta\tau}^{5^\circ\text{C}} -mc \cdot \frac{d\tau}{\tau} = \int_0^{t(25^\circ\text{C})} (A_1 \cdot k_1 + A_2 \cdot k_2) dt$$

$$-mc \cdot \ln\left(\frac{5^\circ\text{C}}{\Delta\tau}\right) = (A_1 \cdot k_1 + A_2 \cdot k_2) \cdot t(25^\circ\text{C})$$

$$t(25^\circ\text{C}) = 1904,46\text{s} = 31,74 \text{ min}$$

Na koncu pa še izračun časa med dvema vklopoma po ϑ_{dop} :

$$t = \frac{-mc \cdot \ln\left(\frac{\tau_{\text{dop}} - \tau_{\text{ok}} - \Delta\tau}{\tau_{\text{dop}} - \tau_{\text{ok}}}\right)}{(A_1 \cdot k_1 + A_2 \cdot k_2)} = 1435,16 \text{ s} = 23,92 \text{ min.}$$

6. Zaključek:

Po teoretični razlagi delovanja sklopke ter predstavitvijo merilnega sistema (merjeni podatki) smo zagnali elektromotor. V prvem poizkusu nam je spodrsel jermen, ker je bil od prejšnjih skupin preveč segret. Ko ga je laborant namestil smo drugič uspešno zagnali elektromotor. Delovanje sklopke je bilo takoj opaziti, motor se je vrtel z veliko večjimi vrtljaji kot sklopka, jermen in vztrajnik. V nekaj sekundah sta se elektromotor in sklopka vrtela z istimi vrtljaji. Sledilo je izklop elektromotorja ter prisilno zaviranje vztrajnika zaradi njegove velike vztrajnostne mase.

Pri merjenju temperature plašča sklopke je prišlo do odstopanja, ker se toplota širi tudi po gredi ne le v plašč sklopke.

Pri hitrosti motorja se med zagonom zelo dobro vidi, kako hitrost motorja "počepne", preden jo ujame hitrost sklopke.

Nihanja v rezultatih so tudi vpliv okolice na preizkuševališče.

Pri toplotnem preračunanju sem upošteval, da je kot $\varphi = 180$, čeprav ni čisto tak kot, vendar ni velike napake.

7. Literatura:

[1] Listi iz vaj (Zagonska sklopka)

[2] Bojan Kraut: Krautov strojniški priročnik; Tehniška založba Slovenije, Ljubljana 2000