

SREDNJA ELEKTRO IN STROJNA ŠOLA KRANJ
Kidričeva 55
4000 Kranj

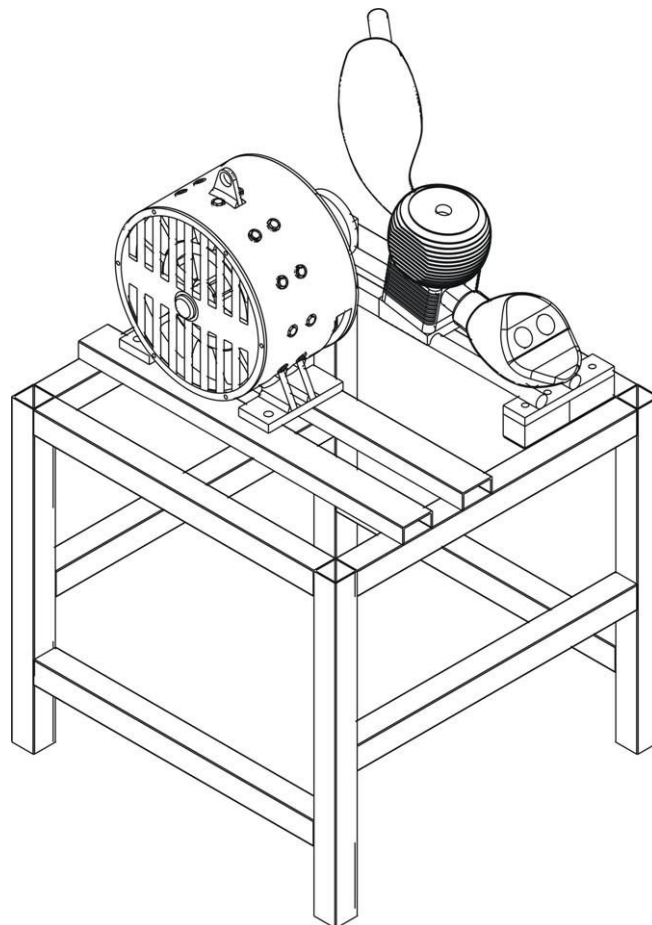
Avtor: Grega Krč
Mentor: dipl. inž. str. Tomaž Štular

TESTNA NAPRAVA

ZA TESTIRANJE MOTORJEV Z NOTRANJIM

IZGOREVANJEM

Raziskovalna naloga



Kranj, maj 2003

Raziskovalna naloga je v celoti avtorsko delo, tako skice kot tekst.

UVOD.....	3
HIPOTEZA	4
NAČIN RAZISKOVANJA.....	5
RAZISKOVALNA NALOGA.....	6
ISKANJE IN PRIMERJANJE OBSTOJEČIH NAPRAV	6
NAČIN DELOVANJA TESTNIH NAPRAV	7
Ravnotežni način zaviranja	7
Neravnotežni način zaviranja	8
IZDELAVA TESTNE NAPRAVE.....	8
Vgrajene komponente:	8
Preračun pomembnejših strojnih elementov:	9
1. Določitev vztrajnika:	9
2. Določitev gumijastih dušilcev	10
3. Preračun nosilcev, na katerih stoji elektromagnetna zavora, na upogib 11	
Računalniški izračuni in izris krivulj.....	14
Meritve.....	15
ZAKLJUČEK.....	16
VIRI IN LITERATURA	17

UVOD

Več let se že ukvarjam s popraviljanjem in izboljševanjem dvotaktnih motorjev, vendar so bili vsi rezultati, katere sem dosegal, subjektivni, zato sem se določil, da si napravim testno napravo za testiranje karakteristik motorjev z notranjim izgorevanjem.

Iz ljudskega izročila sem izvedel za obstoj testnih naprav, a mi nihče ni znal povedati, na kakšen način pravzaprav delujejo, niti kako izgledajo. Tu nekje pa se raziskovanje začne.

HIPOTEZA

Zadal sem si nalogo izdelati najboljšo testno napravo za testiranje motorjev z notranjim izgorevanjem, kar najboljšo v okviru mojih finančnih in tehničnih zmožnosti:

Naprava naj bi bila zmožna prikazati graf moči in navora motorja v odvisnosti od obratov, za motorje moči do 10kW in območjem merjenja do 14000 min⁻¹. Omogočati bi morala merjenje vsaj ene temperature na motorju. Meritve pa morajo biti ponovljive. Mora biti samostoječa in čim lažja.

NAČIN RAZISKOVANJA

Moj način dela je na začetku izhajal iz raziskovanja ljudskih govoric, poskušal sem tudi z internetom, vendar je dokaj neuspešno. Predvsem so mi bili v pomoč posamezniki, ki se ukvarjajo z podobnimi konjički kot jaz. Kasneje se je raziskovanju priključilo tudi poznavanje strojnih elementov, mehanike, energetike, računalništva in računalniških programov Ms Word , Ms Excel, Corel Draw in CAD modelatorja AutoDesk Inventor Series.

Raziskovanje sem razdelil na tri področja:

1. ISKANJE IN PRIMERJANJE OBSTOJEČIH NAPRAV

Če sem želel izdelati testno napravo, sem moral najprej ugotoviti kakšne naprave se uporabljajo v take namene.

2. NAČIN DELOVANJA TESTNIH NAPRAV

Na podlagi raziskav iz prve točke sem moral ugotoviti način delovanja zavor in določiti njihovo uporabnosti. Zato sem preizkusil tudi nekaj lastnih modelov, da sem se lažje opredelil. Šele s pomočjo teh podatkov sem se lahko odločil kakšno testno napravo si želim in kakšno bom izdelal.

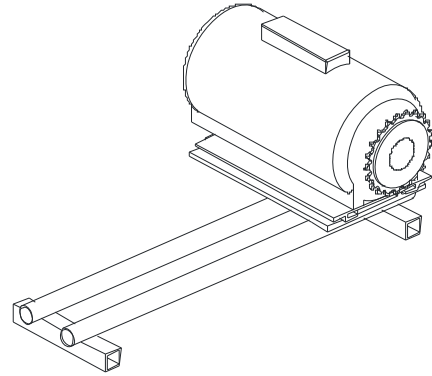
3. IZDELAVA TESTNE NAPRAVE

Konstruiranje popolnoma nove, neodvisne testne naprave iz zbranih informacij.

RAZISKOVALNA NALOGA

ISKANJE IN PRIMERJANJE OBSTOJEČIH NAPRAV

Prva oseba, s katero sem prišel v stik in je imela to napravo, je g. Stane Zupan. Napravo si je izdelal sam po načrtih iz neke revije. Naprava zavira preizkušeni motor z notranjim izgorevanjem z enosmernim elektromotorjem iz viličarja, kateri je predelan v dinamo. Zaviranje je konstantno in je izvedeno preko uporovnih vezav, različnih jakosti, ki so porabniki elektrike elektromotorja. Naprava je zelo primitivna, vendar zelo uporabna, saj z subjektivnim primerjanjem lahko dokaj točno določimo karakteristiko preizkušenega motorja v primerjavi z nekim drugim preizkušenim motorjem, ne moremo pa ji določiti moči ali navora. Naprava mu je služila za preizkušanje motorjev ToMoS UMO 06 s katerimi so nekdanje dirkali v državnem prvenstvu v kartingu.

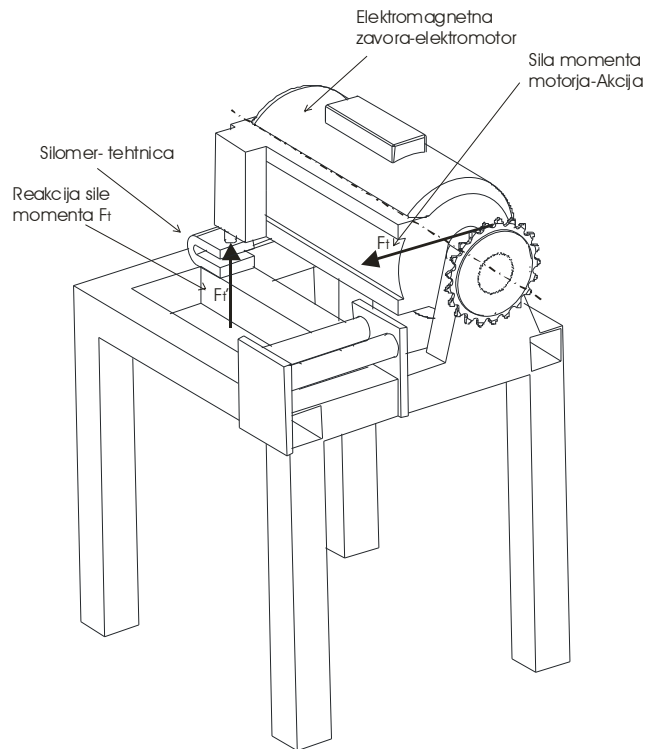


Ta naprava je slovenski karting sceni prinesla razvoj in posledica so razne podobne, uporabo puhalnika ali pa vodne črpalke namesto elektromotorja ipd. Ob tem je bilo veliko govora o testnih napravah z računalniško podporo in vztrajnikom, katere izrišejo krivuljo moči motorja v odvisnosti od obratov. Kmalu za tem pa sta g. Marko Bajželj in g. Tone Rotar v Italiji kupila testni napravi takega tipa. Ta naprava zavira pospeševanje preizkušenega motorja s pomočjo mase vztrajnika, računalnik pa v času pospeševanja, glede na pospešek v majhnih intervalih, izračunava navor zaviranja in iz navora moč motorja. Naprava deluje po pričakovanjih in res je mogoče določiti krivuljo moči motorja, vendar ne omogoča kontinuiranega testiranja, saj ko motor pospeši do končnih obratov, je treba uteži za ponovni test zmanjšati kotno hitrost, kar pa pri uteži mase 250 kg ni ravno enostavno. Zato na taki testni mizi ne moremo izvajati daljših vztrajnostnih preizkusov, kar pa je smisel dirkalnih motorjev.

Alternativa takim testnim napravam je naprava, katero uporabljajo na Strojni fakulteti v Ljubljani. Način zaviranja je podoben zaviranju naprave, katero je izdelal g. Stane Zupan, razlikuje se le v tem, da je stator vrtljivo vpet. Stator je oprt na silomer in ko elektromotor zavira preizkušeni motor, silomer kaže silo, ki povzroča enak moment kot preizkušeni motor. Sistem se mora v tem primeru vrteti enakomerno (ravnotežni pogoj), to dosežemo z nastavljanjem velikosti obremenitve na elektromotorju. Če želimo videti krivuljo navora motorja, moramo pri različnih vrtljajih izmeriti navor in ga vnesti v koordinatni sistem. Pogosteje merimo navor, natančnejša je krivulja. To je najnatančnejši način merjena navora in moči motorja, je pa najzamudnejši, saj je potrebno opraviti

veliko število testov, da ugotovimo celotno karakteristiko motorja. Na takih testnih napravah pa je možno simulirati npr. »celotno dirko«.

Za testne naprave najvišjega kakovostnega razreda, pa je v uporabi kombinacija prej naštetih testnih naprav – kombinacija vztrajnika in konstantne (elektromagnetne ali podobne) zavore. Podobno napravo uporablja italijansko podjetje IAME, katero izdeluje tekmovalne motorje za karting znamke Parila in Comet.



NAČIN DELOVANJA TESTNIH NAPRAV

Ugotovil sem, da testna naprava pretvori energijo preizkusnega motorja, v energijo, katero lahko kasneje izmerimo oziroma določimo. Z nekaj znanja iz dinamike in malo domišljije pa ugotovimo, da je načinov zaviranja ogromno. V grobem bi njihovo delovanje lahko razdelili na dve večji skupini:

Ravnotežni način zaviranja

To pomeni, da obremenimo motor pri določeni vrtilni frekvenci z enakomerno obremenitvijo, s katero bo še ohranjal enakomerno vrtilno frekvenco. Iz tega sledi, da je sistem uravnotežen. Na tak način lahko zaviramo z vodnimi, oljnimi, zračnimi črpalkami (nastavljanje pretoka), z dinami (nastavljanje jakosti toka), električno induktivnimi zavorami (nastavljanje jakosti magnetnih polj) ali pa z tornimi zavorami (nastavljanje sile trenja). Vsem tem načinom zaviranja, lahko posredno ali neposredno izmerimo navor zaviranja.

- Neposredno** merimo navor zaviranja z merjenjem sile, s katero se vrtljivo vpet stator zavore opira na mirujoče nosilno ohišje. In če to silo pomnožimo s pravokotno oddaljenostjo od osi vrtenja zavore, je rezultat navor preizkusnega motorja (če je prenosno razmerje med zavoro in preizkusnim motorjem enak ena).
- Posredno** pa merimo izhodno količino (jakost toka, hitrost vode, jakost magnetnih polj). Iz te količine pa lahko izračunamo moč katero porabljamo za zaviranje.

Od obeh načinov je najbolj uporaben neposreden, saj je za razliko od posrednega zaradi manjših nihanj pri temperaturi in manjših izgub podatki točnejši.

Neravnotežni način zaviranja

Pri tem načinu zaviramo pospeševanje kroženja. To izvajamo z vztrajniki. Motor poženemo do določene vrtilne frekvence in tam vzpostavimo enakomerno kroženje. To postane naša nična frekvenca. Nato začnemo z motorjem pospeševati, ob enem pa merimo čas pospeševanja. Ko motor doseže neko določeno frekvenco, odčitamo čas, ki ga je porabil za pospeševanje in iz časa in razlike med frekvencama izračunamo kotni pospešek. Iz kotnega pospeška in masnega vztrajnostnega momenta vztrajnika pa povprečni navor motorja v tem odseku. Na ta način dobimo približek krivulje navora v določenem odseku, tem gostejši so odseki - tem boljši približek krivulje navora imamo.

Prednost ravnotežnega načina pred neravnotežnim je predvsem v preprosti izdelavi, saj ne potrebuje dodatnih zavor za zaviranje vztrajnika. Poleg tega pa je trajanje testov pod obremenitvijo motorja lahko neskončno dolgo, kar je zelo zaželeno pri preučevanju delovanja motorja v točno določenem območju. Ne omogoča pa nam hitrega vpogleda v celotno sliko karakteristik motorja, saj je v ravnotežnem načinu potrebnih dokaj veliko število meritev v primerjavi z neravnotežnim, pri katerem je test opravljen v le nekaj sekundah, da dobimo krivuljo moči.

IZDELAVA TESTNE NAPRAVE

Glede na zaključke, ki sem jih dobil z raziskovanjem naprav za testiranje motorjev z notranjim izgorevanjem, sem se odločil do bom izdelal testno napravo, ki je kombinacija med vztrajnikom in elektromagnetno zavoro, vendar na elektromagnetni zavori ne bom meril navora, zato bo nepremično vpeta.

Vgrajene komponente:

Za zaviranje sem uporabil zračno hlajeno elektromagnetno zavoro na vrtilne tokove podjetja Mostovna Ljubljana, z zaviralnim momentom 12kpm pri 3000min^{-1} ($1\text{kp} = 9,80665\text{N}$, $12\text{kpm} = 117,7\text{Nm}$) in vzbujanjem 220V in 5A. Moč zaviranja je premosorazmerna z močjo elektromagnetnih vrtilnih tokov. Zavora ima delovno območje od 100 do 3000min^{-1} , vendar je vsak elektromotor najmanj trikrat varovan proti pobegu, zato mi je proizvajalec dovolil prevrtenje do 6000min^{-1} , če zavori odstranim vetrnico pa do 10000min^{-1} . Rotor zavore ima

masni vztrajnostni moment $0,2189\text{kgm}^2$ – določeno s pomočjo CAD modelatorja. Take zavore uporabljajo na dvigalih za zaviranje padanja tovora.

Za računalniški zajem podatkov sem uporabil zajemalnik podatkov DAQ, podjetja DMS, s pripadajočo programsko opremo. Zajemalnik je zmožen zajemati podatke z gostoto do 1ms skozi osem analognih vhodov. Štirje vhodi imajo tokovno ($4\text{-}20\text{mA}$), ostali štirje pa napetostno ($0\text{-}5\text{V}$) zanko za zajem podatkov. V zajemalniku je prostora za 265kB podatkov, kateri se prenašajo na osebni računalnik preko komunikacijskih vrat 485.

Obrate zavore in vztrajnika merim z tahogeneratorjem, s tokom 5mA in največjim dovoljenim št. obratov 8000min^{-1} , pri katerih je vsakih 1000min^{-1} 20V .

Ogrodje testne naprave je zvarjeno iz kvadratnih profilih cevi 60×60 .

Preračun pomembnejših strojnih elementov:

1. Določitev vztrajnika:

Za motor 10kW z največjim navorom 12Nm pri 8000min^{-1} in z razponom merjenja od 3000 do 14000min^{-1} . Določitev prestavnega razmerja med motorjem in vztrajnikom, ker je del vztrajnika tudi rotor elektromagnetne zavore, sem omejen z najvišjimi obrati rotorja (6000min^{-1}). Najkrajši preizkus sem časovno omejil na približno 10s .

DOLOČITEV PRESTAVNEGA RAZMERJA

$$i = \frac{n_m}{n_{el}} = \frac{14000}{6000} = 2,3$$

IZRAČUN MASNEGA VZTRAJNOSTNEGA MOMENTA ZA VZTRAJNIK

$$M_{\max} \cdot i \approx J_{sk} \cdot \alpha_k \quad \alpha_k = \frac{\Delta \omega}{\Delta t} = \frac{2 \cdot \pi \cdot \Delta n}{60 \cdot 10s} = \frac{2 \cdot \pi \cdot (14000 - 3000)}{60 \cdot 10}$$

$$J_{sk} \approx \frac{M_{\max} \cdot i}{\alpha_k} \quad \alpha_k = 115,2s^{-2}$$

$$J_{sk} \approx \frac{12 \cdot 2,3}{115,2} = 0,243kgm^2$$

$$J_{sk} \approx J_{el}$$

$0,243kgm^2 \approx 0,2189kgm^2 \rightarrow$ ne potrebujem dodatnega vztrajnika, ker ima že rotor elektromagnetne zavore dovolj velik masni vztrajnostni moment

LEGENDA UPORABLJENIH OZNAK:

$i \rightarrow$ prestavno razmerje med preizkusnim motorjem in elektromagnetno zavoro

$n_m \rightarrow$ obrati preizkusnega motorja

$n_{el} \rightarrow$ obrati elektromagnetne zavore

$M_{\max} \rightarrow$ največji navor preizkusnega motorja

$\alpha_k \rightarrow$ povprečni kotni pospešek celotnega preizkusa

$\Delta \omega \rightarrow$ razlika kotnih hitrosti

$\Delta t \rightarrow$ razlika časov – relativni čas trajanja preizkusa

$J_{sk} \rightarrow$ skupni masi vztrajnostni moment

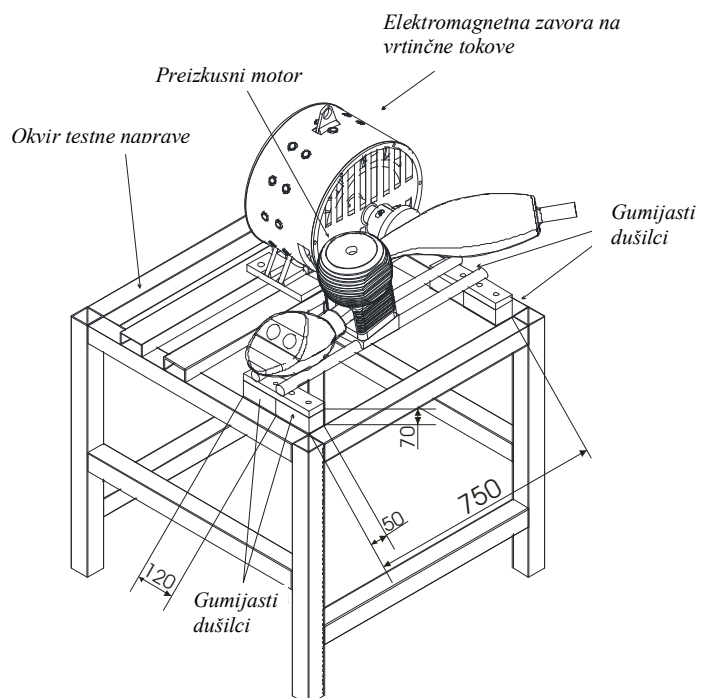
$J_{el} \rightarrow$ masni vztrajnostni moment rotorja elektromagnetne zavore

2. Določitev gumijastih dušilcev

Zaradi dokaj visokih vrtilnih frekvenc (obratov) preizkusnih motorjev sem se odločil, da standardno podnožje, kamor je privit motor, pritrdim na gumijasta dušila vibracij. Uporabil sem dva para dušil dimenzij 120x70x50 in jih namestil po skici.

Dušilci so najbolj obremenjeni na strig. Iz tega sledi:

$$\tau_s = \frac{F_t}{A} \leq \tau_{s dop}, \tau_{s dop} = 70 \frac{N}{mm^2}$$



$$\tau_s = \frac{F_t}{A} \leq \tau_{s\text{dop}}$$

$$\tau_s = \frac{1000\text{ N}}{24000\text{ mm}^2} \leq \tau_{s\text{dop}}$$

$$\tau_s \approx 4,1\bar{6} * 10^{-2} \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \leq 40 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Strižno silo izračunam iz navora motorja. Motorji imajo verižnike s povprečnim srednjim premerom 24mm.

$$F_t = \frac{M_{\text{max}}}{\frac{d}{2}} = \frac{12 * 2}{0,024} = 1\text{kN}$$

$$A = 120\text{mm} * 50\text{mm} * 4 = 24000\text{mm}^2$$

Dušilci so močno predimenzionirani!

LEGENDA UPORABLJENIH OZNAK:

$\tau_s \rightarrow$ Strižna trdnost

$\tau_{s\text{dop}} \rightarrow$ Dopustna strižna trdnost

$F_t \rightarrow$ Tangencialna- strižna sila

$A \rightarrow$ Strižna ravnina

$M_{\text{max}} \rightarrow$ Največji predvideni navor preizkusnega motorja

$d \rightarrow$ Povprečni srednji premer pogonskih verižnikov preizkusnih motorjev

3. Preračun nosilcev, na katerih stoji elektromagnetna zavora, na upogib

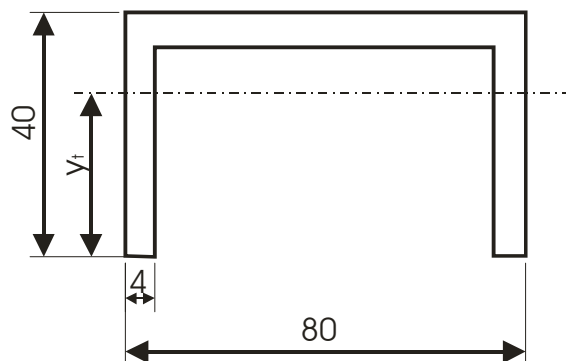
Na dva vzporedna nosilca poleg sile teže elektromagnetne zavore deluje tudi sila navora, ki povzroča zaviranje motorja. Ker profil ni standarden, je potrebno izračunati njegov upogibni odpornosti moment. Masa zavore je približno 100kg – dobljeno iz CAD modelatorja. Nosilca sta iz splošnega konstrukcijskega jekla $\sigma_{III}=75\text{N/mm}^2$.

DOLOČITEV TEŽIŠČA PROFILA NA SKICI

	A [mm ²]	y _t [mm]	A*y _t [mm ³]
1	3200	20	64000
2	-2592	18	-46656
Σ	608		17344

$$y_t = \frac{\sum A_i * y_{it}}{\sum A_i}$$

$$y_t = \frac{17344}{608} = 28,53\text{mm}$$



DOLOČITEV UPOGIBNEGA ODPORNOSTNEGA MOMENTA ZA PROFIL NA SKICI

$$J_{sk} = \frac{4^3 * 80}{12} + 4 * 80 * (40 - 28,53 - 2)^2 + 2 * \frac{36^3 * 4}{12} + 2 * 36 * 4 * (28,53 - 18)^2$$

$$J_{sk} = 92162,25 \text{ mm}^4$$

$$W_{\min} = \frac{J_{sk}}{e_{\min}}$$

$$W_{\min} = \frac{92162,25 \text{ mm}^4}{11,47 \text{ mm}} = 8035,07 \text{ mm}^3 = 8,03507 * 10^{-6} \text{ m}^3$$

IZRAČUN NAJVEČJEGA UPOGIBNEGA MOMENTA V TRAVEZAH

$$F_m = \frac{M_{\max} * 3}{\frac{400}{2}}$$

$$F_g = m * g$$

$$F_g = 100 * 9,81$$

$$F_m = \frac{12 \text{ Nm} * 3 * 2}{0,4 \text{ m}}$$

$$F_m = 180 \text{ N}$$

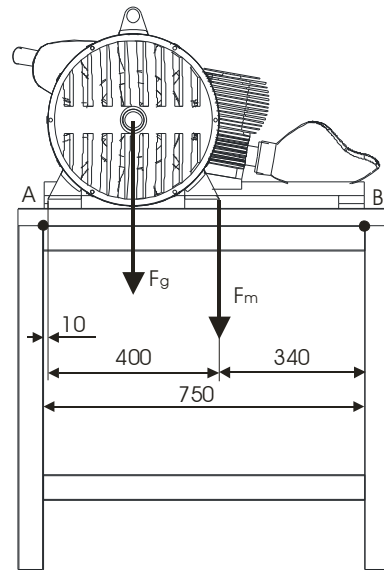
$$\Sigma M_i^A = 0$$

$$\frac{F_g}{2} * 10 + 400 * \left(\frac{F_g}{2} + F_m \right) - F_B * 750 = 0$$

$$F_B = \frac{\frac{F_g}{2} * 10 + 400 * \left(\frac{F_g}{2} + F_m \right)}{750}$$

$$F_B = \frac{\frac{100 * 9,81}{2} * 10 + 400 * \left(\frac{100 * 9,81}{2} + 180 \right)}{750}$$

$$\underline{\underline{F_B = 364,14 \text{ N}}}$$



$$\Sigma M_i^B = 0$$

$$\frac{F_g}{2} * 740 + 340 * \left(\frac{F_g}{2} + F_m \right) - F_A * 750 = 0$$

$$F_A = \frac{\frac{F_g}{2} * 740 + 340 * \left(\frac{F_g}{2} + F_m \right)}{750}$$

$$F_A = \frac{\frac{100 * 9,81}{2} * 740 + 340 * \left(\frac{100 * 9,81}{2} + 180 \right)}{750}$$

$$\underline{\underline{F_A = 787,92 N}}$$

Največji moment je v
prijemališču sile momenta

$$M_{\max} = 0,34m * F_b$$

$$\underline{\underline{M_{\max} = 123,8 Nm}}$$

IZRAČUN NAPETOSTI V MATERIALU V NAJBOLJ OBREMENJENEM PREREZU

$$\sigma_u = \frac{M_{\max}}{2 * W_{\min}} = \frac{123,8 Nm * 1000}{2 * 8035,07 mm^3} = 7,7 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_u \leq \sigma_{dopIII}$$

$$7,7 \frac{N}{mm^2} \leq 75 \frac{N}{mm^2} \rightarrow \text{močno predimenzionirano}$$

LEGENDA UPORABLJENIH OZNAK:

$y_t \rightarrow$ Oddaljenost težišča lika v y smeri

$e_{\min} \rightarrow$ Oddaljenost najbližjega robu profila od težišča

$J_{sk} \rightarrow$ Skupni upogibi vztrajnostni moment

$W_{\min} \rightarrow$ Upogibni odpornostni moment

$M_{\max} \rightarrow$ Največji navor preizkusnega motorja

$F_m \rightarrow$ Sila katero povzroča navor zaviranja

$m \rightarrow$ Masa elektromagnetne zavore

$g \rightarrow$ Zemeljski pospešek

$F_A \rightarrow$ Podporna sila v točki A

$F_B \rightarrow$ Podporna sila v točki B

$\sigma_u \rightarrow$ Upogibna napetost

$\sigma_{udop} \rightarrow$ Dopustna upogibna napetost

Računalniški izračuni in izris krivulj

Za to testno napravo sem se odločil, da bom meril navor motorja le z vztrajnikom, zato potrebujem samo merilnik obratov – tahogenerator. Zajemalnik podatkov zajame obrate zavore vsakih 100ms. To pomeni, da imam podatek o količini obratov zavore za vsako desetino sekunde od začetka testa. Iz teh podatkov lahko izračunam za vsak interval ene desetine sekunde povprečni navor in povprečno moč. Ko sestavim intervale po vrsti dobim približno krivuljo navora in moči motorja. Podatke mi zajemalnik shranjuje v txt računalniški format. Za njihovo obdelavo jih uvozim v program Excel, kjer si za vsak

interval izračunam navor po formuli $M_n = J_{el} * \alpha_{kn}$, $\alpha_{kn} = \frac{2\pi \Delta n}{\Delta t * 60} = \frac{2\pi(n_{n+1} - n_n)}{60 * 0,1s}$,

in moč po formuli $P_n = M_n \frac{\pi(n_{n+1} - n_n)}{60}$. Iz teh podatkov si pa izrišem približne krivulje.

LEGENDA UPORABLJENIH OZNAK:

α_{kn} → povprečni kotni pospešek n intervala

Δn → razlika obratov v n intervalu

Δt → razlika časov - 0,1s

J_{el} → masni vztrajnostni moment rotorja elektromagnetne zavore

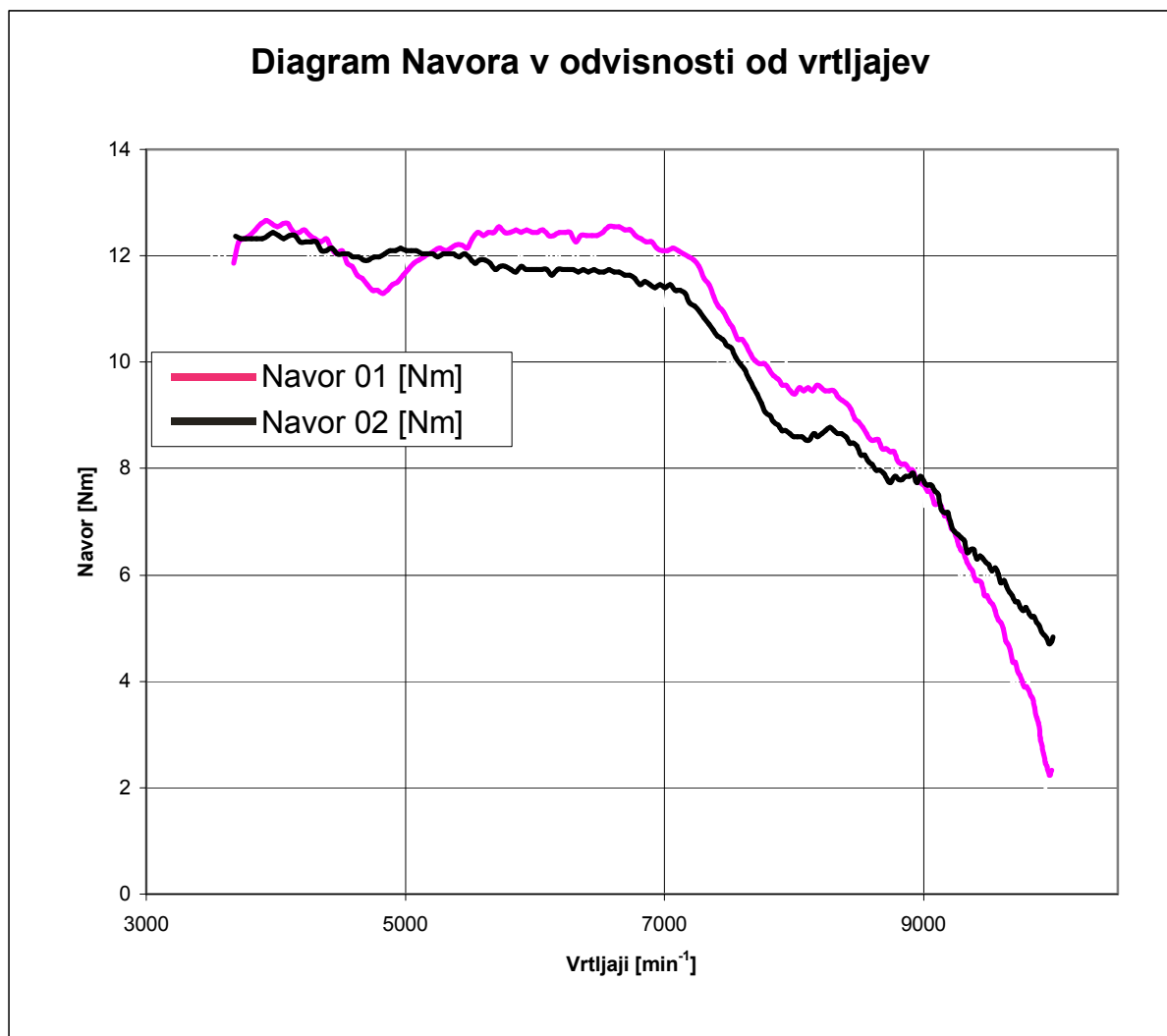
M_n → Povprečni navor v n intervalu

Meritve

Zaradi lastnosti motorjev z notranjim izgorevanjem, da neogreti motorji delujejo drugače kot ogreti, sem odločil, da izdelam testno napravo z elektromagnetno zavoro, kljub temu da preko nje ne bom izvajal meritev. Služi mi za ogrevanje in nastavljanje motorja pred testom in s tem zagotavlja večjo ponovljivost. Odstopanje med enakima testoma je največ 0,05 kW.

Raziskovalna naloga poleg strojniškega dela obsega tudi velik del elektronike, tu pa se zaplete. Zaradi pomanjkanja znanja elektronike, sem moral opustiti merjenje temperatur na preizkusnem motorju in merjenje sile navora na zavori. Zajemalnik mi to omogoča, ni pa mi uspelo povezati tipal z zajemalnikom. Kot kaže bom moral za rešitev teh težav postati še priučeni elektronik.

Rezultati meritev so izrisani grafi navorov in moči. V spodnjem grafu vam prikazujem krivulji navora v odvisnosti od obratov za gokart motor Parila Gazela. Razlika v krivuljah, je posledica različnih nastavitvitev uplinjača med testoma. Kot rezultat pa upoštevamo trendno črto vsake krivulje.



ZAKLJUČEK

Testna naprava je namenjena vsem motorjem z notranjim izgorevanjem z močjo do približno 10kW, vendar jo je moč z manjšimi dodelavami uporabljati tudi za močnejše motorje. Predvsem je pomembna predelava iz sedaj zračno hlajene elektromagnetne zavore, v vodno hlajeno in izdelava dodatnega vztrajnika. Izdelava tesne naprave pa zavzema znanje celotne srednje šole iz strojništva, elektronike, elektrotehnike in računalništva. Moja prva ideja je bila, da jo izdelam skupaj s še drugimi dijaki drugih tehničnih področij, vendar opažam, da je smelost mentorjev in dijakov na zelo nizkem nivoju. Kljub temu sem v projekt vložil vse svoje znanje, ves razpoložljiv čas in vsa razpoložljiva sredstva, in izdelal napravo, katere uporabnost prekaša marsikatero napravo iz trgovine. Izdatno mi je pri tem pomagal oče, z vztrajanjem pri mojem dodatnem izpopolnjevanju v poklicu in pri povezovanju teorije z prakso.

VIRI IN LITERATURA

- Učni program za mehaniko za poklic strojni tehnik, od prvega do četrtega letnika
- Učni program za energetiko za poklic strojni tehnik, od prvega do četrtega letnika
- Učni program za strojne elemente za poklic strojni tehnik, od prvega do četrtega letnika
- KRAUTOV STROJNIŠKI PRIROČNIK (izdaja 2001)
Bojan Kraut
- DVOTAKTNI MOTORJI (spreminjanje karakteristik motorja v teoriji in praksi)
F. Bizjan