

UNI VERZITET U PRILITINI  
FAKULTET TEHNI^KIH NAUKA

Nau~no-nastavnom ve}u

Predmet: Referat Komisije o urađenoj magistarskoj тези

Odlukom Nau~no-nastavnog ve}a Fakulteta tehni~kih nauka u Kosovskoj Mitrovcu br. 1106/3-6 od 03.12.2008. godine imenovani smo za ~lanove Komisije za ocenu i odbranu magistarske teze pod naslovom „ Prilog opravdanosti rekonstrukcije pogonskih sistema radnog to~ka na bagerima srednje klase” kandidata Zorana Golubovi}a, diplomirani ma{ ,

Posle pregleda rukopisa magistarske teze, dostavljenih radova i ostale potrebne dokumentacije Komisija podnosi Nau~no-nastavnom ve}u slede}i

I ZVE[TAJ SA OCENOM URAĐENE  
MAGISTARSKE TEZE

1. Biografski podaci o kandidatu

*a) Li~ni podaci*

Zoran V. Golubovi}, diplomirani in`ewer ma{instva rođen je 25.01.1971. godine u Kosovskoj Mitrovcu. Osnovnu i srednju školu (ma{inski tehni~ar- konstruktor) zavr{io je u Kosovskoj Mitrovcu sa odličnim uspehom. [kol ske 1989/1990 godine upisao je Ma{inski fakultet u Prilini. Ma{inski fakultet je zavr{io [kol ske 1994. godine sa prose~nom ocenom 8 (osam). Poslediplomske studije upisao je [kol ske 2005/2006 na Fakultetu tehni~kih nauka u Kosovskoj Mitrovcu na katedri za Ma{inske konstrukcije i mehanizaciju i polo`io sve ispite predviđene nastavnim planom i programom fakulteta sa prose~nom ocenom 10 (deset).

Radni odnos je zasnovao 1995. godine kao asistent pripravnika na Katedri za ma{inske konstrukcije i mehanizaciju Ma{inskog fakulteta u Prilini. Bio je angažovan je na predmetima: Transportni uređaji, Pudarke i građevinske ma{ine, Motorna vozila, Naцртна геометрија. Сада је у радном односу на Факултету техничких наука у Косовској Митровици као сарадник на предметима Транспортни уређаји, Унутрашњи транспорт и Нацртна геометрија.

*b) Nau~no istra`iva~ki rad*

b1) Objavljeni radovi

Kandidat je uradio i objavi o slede}e nau~ne и стручне radove:

1. Lekić Z., Jevtić V., Golubović Z.: EINFLUSS DER FÖRDERGUTLEISTUNG AUF DIE BESCHLEUNIGUNGSZEIT DES BANDFÖDERERS, XIV international conference on material handling and handling and warehousing, Belgrade, 1996.

U radu je ispitano uticaj puweva transportne trake na vreme zal eta trakastog transportera. U pogon trakastog transportera je ugrađen asinhroni elektromotor sa kratkospojnim rotorom, sigurnosna turbospojnic a i mehani -ki reduktor. Za takav pogonski sistem je napravqen matemati -ki model -ijim su re{avawem dobijeni dijagramski prikazi promene karakteristi -nih veli -ina u funkciji vremena zal eta trakastog transportera. Kapacitet transportera je variran u granicama  $\pm 20\%$  od nominalnog kapaciteta, mewawem puweva trake. Dokazano je da turbospojnic a dozvoqava ove promene, a da se wihov uticaj ne odra`ava negativno na optere}ewa el emenata sistema. Jedino se vreme zal eta mewa proporcionalno promeni puweva trake.

2. Jevtić V., Golubović Z., Lekić Z.: MATHEMATISCHE MODELLIERUNG DES GRABWIDERSTANDSMOMENTES ALS GRUNDKOMPONENTE FÜR DAS DYNAMISCHE VERHALTEN DES SCHAUFELRADANTRIEBS, XIV international conference on material handling and handling and warehousing, Belgrade, 1996.

Otpor rezawa na radnom to -ku rotornog bagera je osnovna komponenta otpora kopawu i mo`e se predstaviti kao proizvod specifi -nog linearnog otpora kopawu  $k_1$  (kN/m) i sredwe sume du`ine reznih ivica no`eva  $L_{sr}$  (m). Kako je specifi -ni otpor kopawu  $k_1$  slu -ajna veli -ina, koja se mewa u zavisnosti od promena otkopne sredine, otpor rezawa ne mo`e biti predstavqen jednostavnom matemati -kom funkcijom.

U ovom radu je matemati -ki modeliran moment otpora kopawu  $M_t$  (kNm), koji daqe mo`e posl u`iti za posmatrawe dinamiki kog pona{awa pogonskog sistema radnog to -ka.

3. Z. Lekić, S. Makragić, Z. Golubović: SAVI JAWE NOSA ^A PROMENQI VOG PRESEKA, Jumex 97 XXII Jugosl ovenski kongres teorijske i primewene mehanike, Vrwa -ka Bawa, 2-7 jun 1997.

Nosa - promenqivog popre -nog preseka optere}en je na sredini koncentrisanom silom, a na krajevi ma je sl obodno osl owen. Pri menom teori je el asti -nosti nalene su funkcije napona za rebro i pojaseve iz uslova jednaki h dilatacija spojni h l inija rebra i pojaseva, -ime je def inisano naponsko stawe nosa -a. Funkcije napona su dobijene u obliku beskona -nog zbira trigonometrijskih funkcija. Upore}ivawem ovih rezul tata sa rezul tati ma dobijenih primenom Bernul li -Euler -ove pretpostavke uo -avaju se neznatna neslagawa.

4. S. Makragić, Z. Lekić, Z. Golubović: OSCILACIJE GREDE PROMENQI VOG POPRE ^NOG PRESEKA, Jumex 97 XXII Jugosl ovenski kongres teorijske i primewene mehanike, Vrwa -ka Bawa, 2-7 jun 1997.

U radu su posmatrane oscilacije grede promenqivog popre -nog preseka stepenaste promene du`raspona, optere}ene kontinualnim optere}ewem i koncentrisanom silom. Za navedeni problem napisana je diferencijalna jedna -ina i -tog raspona u bezdimenzijskim koordinatama. Zadovoqavawem uslova oslawawa, na osnovu matamati -kih transformacija do{lo se do frekventne jedna -ine iz koje su odre}ene karakteristi -ne vrednosti i wihova

korekcija. Na osnovu karakterističnih vrednosti određene su frekvencije oscilacija iz izraza za posmatrani problem.

Problem se može generalizovati i pomoću istog algoritma, za različite geometrijske uslove nosača i opterećenja, dolazi ti do rešenja konkretnog problema.

5. Z. Golubovič, V. Jevtič, Z. Lekić : DI NAMI^KO PONAČ AWE PLANETARNOG DELA REDUKTORA POGONSKOG SISTEMA RADNOG TOČKA ROTORNOG BAGERA, *Jumex 97 XXII Jugoslovenski kongres teorijske i primenjene mehanike, Vrba-ka Bawa, 2-7 jun 1997.*

U radu je analizirano dinamičko ponašanje planetarnog dela reduktora pogonskog sistema radnog točka rotornog bagera u nominalnom režimu rada. Opterećenje je definisano silom otpora koju masiv pruća reznog i vrtne radnog točka u procesu kopawa. Ta sila je stohastičkog i nestacionarnog karaktera i u najvećoj meri zavisi od karakteristične mase. U ovom radu ona je modelirana na osnovu merenja koja odgovaraju uslovima, u kojima pomenuti rotorni bager radi. Moment elektromotora definisan je svojom dinamičkom karakterističkom prema istraživanjima I. S. Pina-uk-a. U radu je uzeta u obzir promena krutosti pri gušenju zubaca zupčanika.

Kao rezultat rešenja matematičkog modela dobijeni su dijagrami vremenskih zavisnosti ugaonih koordinata i ugaonih brzina svih elemenata dinamičkog modela, kao i vremenske zavisnosti obimnih sila na zupčanici ma.

6. Lekić Z., Jevtič V., Makragić S., Golubovič Z. : TEHNIČKE PREDNOSTI PRIMENE HI DRODI NAMI^KIH SPOJNICA ZA POGON TRAKASTIH TRANSPORTERA, Sever, Subotica, 1997.

Pogonski sistem trakastih transportera radi u najnepovoljnijim uslovima u toku startovawa sa punom transportnom trakom na celoj dužini, što se dešava posle iznenadnog nestanka električne energije. Kod dugakih i brzih transportnih traka, kakve su na površinskim kopovima, može doći do nedozvoljenih preopterećenja elemenata pogonskih sistema. Postojeći trakasti transporteri se uglavnom pogone kliznokolutnim elektromotorima koji obezbeđuju postepeno zaletanje pokretnih masa transportera i transportovanog materijala. Primena kaveznih elektromotora velikih snaga je neopravdano i zlostala, zbog bojazni da bi došlo do jakog strujnog udara u mreži pri viševnom direktnom upućenju u rad.

U radu je ispitano zaletanje punog trakastog transportera pogonog kavezni elektromotorom, kada se izmeđumotora i reduktora ugradi hidrodinamička spojnica. Analiza je sprovedena za dva tipa hidrodinamičkih spojnica: sigurnosne hidrodinamičke spojnice i obimne hidrodinamičke spojnice.

Rezultati ispitivanja su grafički prezentovani, što omogućava lako uočavanje prednosti ovakve konfiguracije pogonskog sistema u odnosu na upotrebu klasičnih mehaničkih spojnica, kao i prednosti sigurnosne hidrodinamičke spojnice u odnosu na obimne hidrodinamičke spojnice.

7. Jevtič V., Golubovič Z., Lekić Z., Makragić S. : ANALIZA DINAMIČKIH PROCESA U POGONSKOM SISTEMU RADNOG TOČKA ROTOBAGERA SA HI DRODI NAMI^KOM SPOJNICOM, Sever, Subotica, 1997.

Otpori kopawa su zbog prirodne nehomogenosti tla stohastičke veličine, ne samo po svojoj intenzitetu već i po načinu promene u vremenu. Iako su ove promene uglavnom posredni karakterističke tla, oscilatorno kretanje reznog i vrtne i u zvoru sopstvenih oscilacija gipkih zatega strela rotora, kao

i pogona radnog to-ka i pogona obrtawa strele kao osnovnih kretawa u procesu kopawa.

Jedan od primarnih zadataka je spre-avawe nekontrolisanog pove}awa optere}ewa pogonskog sistema a time i cele ina-e izrazi to elasti~ne konstrukcije rotobagera. Analiza dinami~kih procesa u pogonskom si stemu radnog to-ka daje uporedne pokazateqe prednosti ugradwe hi drodinami~ke spojnice nad mehani~kom-frikcionom spojnicom kao za{titi pogonskog si stema od preoptere}ewa. Intenzi tet optere}ewa ~esto zahteva dva ili vi {e kinematskih lanaca prenosa snage od motora do radnog to-ka, o ~emu se u radu razmatra sa aspekta neophodne kompaktnosti ovi h pogonski h si stema.

b2) Publi kovane kwi ge, uxbeni ci , pri ru~ni ci , skri pte

Z. Lekij, Z. Gol ubovi } : ZBI RKA RE[ ENI H ZADATAKA I Z NACRTNE GEOMETRI JE, K. Mi trovi ca, 2004.

## 2. MAGI STARSKA TEZA

A.Komisija za ocenu teme i kandi data odre|ena odl ukom Nastavno-nau~nog ve}a br.393/3-3 od 15.05.2008. godi ne predl o`ila je realizaciju sl ede}ih zadataka u magi starskoj tezi koje je NNV prihvatilo:

### o *Predmet rada*

У раду треба испитати димачко понашање погонског система радног точка роторног багера средње класе у номиналном режиму рада. Испитивања треба вршити за два различита решења конструкције редуктора радног точка:

- механички редуктор са простим преносом,
- механички редуктор са планетарним преносом.

### o *Pri kaz problema*

Урађене анализе о поузданости роторног багера показују да најчешћи отказ рада роторног багера настаје због отказа у подсистему копања.

Редуктор радног точка као елемент подсистема копања учествује у отказу тог подсистема у преко 50% случајева.

Закључујемо да он представља слабо место у овом подсистему и зато треба тражити могућност за побољшање таквог стања. Побољшање треба очекивати заменом или реконструкцијом постојећег редуктора са простим преносом, редуктором са планетарним преносом.

Динамичка анализа понашања погонског система треба да да одговор на узроке тако честих отказа редуктора радног точка и оправданост поменути реконструкције.

### o *Nau-ni ci q rada*

Динамичко понашање погонског система радног точка роторног багера биће испитано решавањем његовог математичког модела. Математички модел представљају једначине кретања механичког модела кога добијамо редуцијом маса и сила посматраног система на

одабрани члан система. За решавање математичког модела потребно је моделирати момент отпора копању, момент погона (електромотора) и момент турбоспојнице.

○ *Osnovne hipoteze od kojih se polazi*

Специфични отпор копању као случајна величина мења се у зависности од откопне средине по Вејбуловом закону расподеле.

Момент мотора је описан његовом статичком карактеристиком.

Mase vrati la se zanemaruju te vrati la deluju kao opru`ni elementi.

Vrati la se pona{aju prema li nearnim zakoni ma elasti ~nosti.

Spregnuti zup~asti parovi pona{aju se prema li nearnom zakonu elasti ~nosti.

Pri gu{ewa u sistemu se zanemaruju.

○ *Metode koje }e se koristiti u istra`ivawu*

Predvi|ena je pri mena sl ede}ih i stra`iva~kih metoda:

- Аналитичке методе
- Графичке методе
- Експерименталне методе
- **Si stemsko i stra`ivawe**
- **Numeri ~ke metode**

○ *O~ekivani rezultati*

Резултати испитивања биће графички презентовани што ће омогућити лако уочавање предности конфигурације погонског система са планетарним редуктором у односу на редуктор са простим преносом.

○ *Okvirni sadr`aj magistarske teze*

Pored neophodnog uvoda, zak~uka i literature magistarska teza bi obuhvatala i sl ede}a pogl avqa:

- Pokazateqi pouzdanosti rotornog bagera
- Anal i za postoje}eg stawa na povr{ i nskim kopovima ugqa.
- Osnovni pri ncipi matemati ~kog opi sa i anal i za sopstveni h vi braci ja di nami ~kih sistema.
- Karakteristi ka momenta motora i turbospojni ce pogonskog sistema radnog to~ka
- Karakteristi ka momenta optere}ewa.
- Di nami ~ki model pogona sa kl asi ~nim reduktorom.
- Di nami ~ki model pogona sa pl anetarnim reduktorom.

**B. Realizacija magistarske teze**

Pri realizaciji magistarske teze odstupawa u naslovu, u odnosu na postavqene zadatke i u odnosu na vreme izrade.

Magistarska teza pi sana je srpskim }iri li ~nim pi smom na ukupno 110 strani ca teksta sa sl ede}im sadr`ajem:

- Uvod
- Kosovski ugqeni basen
- Konstrukti vna re{ewa pogonski h si stema rotobagera
- Pokazateqi pouzdanosti rotnog bagera
- Otpori pri kopawu otkri vke ugqa rotnim bagerom
- Asinhroni elektromotori sa kratkospojenim rotorom
- Turbospojnic
- Krutosti i pri gu{ewa el emenata reduktora
- Dinami ~ki prora-un podsi stema kopawa rotnog bagera
- Zakqu~ci
- Pri lozi
- Literatura

U uvodnom delu nas kandidate upozna sa ci qem magistarskog rada i sa materijom koju }e obraditi da bi do{ao do postavqenog ci qa.

Prvo poglavqe daje prikaz Kosovskog ugqenog basena i opisuje tehnolo{ki proces proizvodwe ugqa na wemu. Navedena je potrebna oprema za proizvodwu ugqa sa detaljnijim osvrtom na rotni bager.

Pouzdanost rotnog bagera na osnovu izmerenih podataka odre|ena je u drugom poglavqu magistarske teze. Definisani su pokazateqi pouzdanosti i za svaki podsi stem rotnog bagera odre|ene su funkcije pouzdanosti, funkcije intenziteta otkaza i funkcije gustine otkaza. Sve pobrojane funkcije su grafi ~ki prezentovane, odakle se dolazi do saznanja da je podsi stem za kopawe na rotnom bageru najnepouzdaniji podsi stem. Daqa analiza o uticaju pojedinih sklopova na pouzdanost podsi stema za kopawe otkri va da je reduktor slabo mesto u ovom podsi stemu. Kori { }ewem vremenske slike stawa za rotni bager sa klasi ~nim reduktorom i za rotni bager sa planetarnim reduktorom, dobijen je uporedni grafi ~ki prikaz funkcija pouzdanosti za oba bagera. Iz tog prikaza se jasno vidi da je bager sa planetarnim reduktorom u podsi stemu za kopawe pouzdaniji u radu. Navedena analiza pouzdanosti zahteva dugotrajna i skupa merewa na rotnim bagerima u radu. Ova analiza ne daje razloge nepouzdanosti podsl opova odnosno wi hovi h el emenata.

U narednim poglavqima kandidat vr{i matemati ~ko modelirawe podsi stema kopawa rotnog bagera. Za matemati ~ko modelirawe pogonskog si stema za kopawe kod rotobagera prvo treba matemati ~ki opisati moment otpora kopawu ugqa, moment pogonskog motora (asinhroni electromotor sa kratko spojenim rotorom) i moment koji prenosi turbospojnic.

Tre}e poglavqe defini {e otpor kopawu koji je stohasti ~ka veli ~ina koja najvi {e zavisi od osobina kopanog materijala. Opisane su metode za ispitivawe materijala koji se kopati na~ini odre|ivawu sile rezawa pri kopawu rotnim bagerom. Uz odre|ene pretpostavke, na osnovu izvr{eni h merewa, matemati ~ki je modelirana sila otpora pri kopawu za svaku ka{iku rotora pojedina~no. Sabirawem tih sila do{lo se do ukupne sile (momenta) otpora pri kopawu. Data je i grafi ~ka prezentacija pomenutih veli ~ina sa koje se jasno vidi nepovoqan karakter otpora pri kopawu.

Asinhroni elektromotor sa kratko spojeni m rotorom modeliran je u četvrtom poglavlju ove magistrske teze. Wegova mehanika karakteristički opisana je, metodom interpolacije, polinomom, a grafički prezentacija je data odgovarajućim dijagramom.

Hidrodinamički spojnik koja je ugrađena između elektromotora i planetarnog reduktora u pogonskom sistemu za kopanje matematički je opisana u petom poglavlju. Wena zajednička karakteristika, dobijena merenjem u laboratoriji, opisana je interpolacijom jednim polinomom. Grafički je prikazana i zajednička karakteristika i moment koji prenosi turbospojnik u prelaznom periodu.

Izrazi za određivanje krutosti i priгуčewa u pogonskom sistemu za kopanje dati su u šestom poglavlju.

U sedmom poglavlju izvršen je dinamički proračun pogonskog mehanizma pod sistema za kopanje na roto bageru. Proračun je izvršen za dva rešenja: 1. rešenje sa klasičnim reduktorom i 2. rešenje sa planetarnim reduktorom. Najpre su date opšte postavke za dinamički proračun pogonskih mehanizama. Zatim su na osnovu mehaničkih modela posmatranih sistema napravljeni njihovi dinamički modeli. Primenom Lagranževih jednačina druge vrste i Dalamberovog principa napisane su diferencijalne jednačine kretanja (matematički modeli) posmatranih sistema. Rešenja matematičkih modela dobijena su na računaru korišćenjem približnog metodu Runge-Kute za rešavanje diferencijalnih jednačina. Rezultati su grafički prezentovani i opisuju kretanja i opterećenja elemenata u posmatranim sistemima. Upoređivajući odgovarajućih rezultata za dva konstruktivna rešenja daju odgovor o njihovoj pouzdanosti u radu i o razlozima male pouzdanosti 1. rešenja.

Zaključni komentari o rezultatima do kojih se došlo ovom magistrskom tezom i o njihovoj primeni u praksi.

Pri lozi sadrže sledeće programe za računare:

- program za određivanje karakteristike motora,
- program za određivanje karakteristike turbospojnice,
- program za određivanje sile i momenta otpora kopawa,
- program za rešavanje matematičkih modela i
- program za računavanje momenata inercije i krutosti

### 3. ZAKLJUČAK I PREDLOG KOMISIJE

Na osnovu priloženih dokumenata i prezentovanih podataka u tačkama 1. i 2. ovog izveštaja o realizaciji postavljenih zadataka u magistrskoj tezi Komisija smatra da je kandidat pokazao samostalnost i kreativnost u rešavanju složenih problema iz oblasti mašinske tehnike. Način rešavanja zadatog problema je univerzalan i promenom ulaznih podataka primenljiv na mnogim mašinskim sistemima. Kandidat je u ovom radu izvanredno primenio znanja iz više oblasti tehnike. Kroz analizu rezultata ovog rada došlo je do zaključaka i njihova primena u praksi donosi pouzdanija rešenja.

Zato Komisija predlaže Nastavno-naučnom vešću Fakulteta tehničkih nauka da u celini prihvati rukopis magistarske teze kandida dipl. inž. Zorana Golubovića pod naslovom „Prilog opravdanosti rekonstrukcije pogonskih sistema radnog točka na bagerima sredwe klase” i zakaže javnu usmenu odbranu.

U Kosovskoj Mitrovcu  
12.01.2009. godine

Članovi komisije:

1. Dr Dragan Čamić, vanr. prof.  
FTN Kosovska Mitrovica-predsednik

---

2. Dr Zlatibor Lekić, vanr. prof.  
FTN Kosovska Mitrovica

---

3. Dr Слободан Макрагић, vanr. prof  
FTN Kosovska Mitrovica

---

4. Dr Iviča Ristić, docent  
Rudarsko geološki Fakultet Beograd

---