

ПРИМЉЕНО: 31. 08. 2010			
ОРГ ЈЕДИН:	БРОЈ:	ПРИЛОГ:	ВРЕДНОСТ:
	932/1		

УНИВЕРЗИТЕТ У ПРИШТИНИ
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА
КОСОВСКА МИТРОВИЦА

На седници Наставно-научног већа Факултета техничких наука у Косовској Митровици, одржаној дана 16.06.2010. године именована је Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације:

„Вишемоторни регулисани електрични погон са променљивом структуром механичке спреге“

кандидата мр Саше Штаткића, дипл.инж. електротехнике у следећем саставу:

1. др Миролуб Јевтић, ред. проф., Факултет техничких наука у Косовској Митровици- председник;
2. др Борислав Јефтенић ван. проф., Електротехнички факултет у Београду – ментор;
3. др Небојша Митровић ред. проф., Електронски факултет у Нишу - члан.

На основу прегледа докторске дисертације Комисија доноси следећи:

ИЗВЕШТАЈ О УРАЂЕНОЈ ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ

Биографски подаци о кандидату

Саша Штаткић је рођен 13.10.1967. године у Призрену. Дипломирао је на Електротехничком факултету у Приштини 12.07.1992. године. Као асистент приправник примљен је на Електротехнички факултет у Приштини 02.12.1992. године и асистирао на предметима: Електромоторни погони, Регулација електромоторних погона, Електромеханичко претварање енергије и Енергетски претварачи.

На Електротехничком факултету у Београду 24.12.1997. године одбранио је магистарску тезу под насловом "Векторско управљање асинхроним мотором у погонима са изнадмодулационим режимима инвертора" под менторством проф. др Борислава Јефтенића. Након тога изабран је за асистента на електротехничком факултету у Приштини на истим предметима. Од пресељења факултета 1999 године у Косовску Митровицу наставио је рад на истим предметима у новим условима. Аутор је и коаутор радова из области Електромоторних погона и коаутор збирке задатака "Електромоторни погони".

Од 2002. године мр Саша Штаткић активно учествује у истраживањима и пројектима које спроводи Лабораторија за Електромоторне погоне Електротехничког факултета у Београду.

Значај и допринос докторске дисертације

Први и основни допринос докторске дисертације кандидата Саше Штаткића је у изради оригиналног динамичког модела регулисаног вишемоторног погона са променљивом механичком спрегом између поједених погона. Развијен је динамички модел двомоторног погона са асинхроним кавезним моторима, који се користи за покретање возног механизма са две гусенице.

Развијени модел је верификован кроз упоређење експериментално снимљених дијаграма тренутних вредности момената и брзина мотора, са временским дијаграмима момената и брзина који су добијени симулацијама помоћу модела. Поменута поређења извршена су са резултатима из више различитих експеримента, у различитим режимима кретања возног механизма.

У дисертацији је подробно анализиран утицај додатних отпорних сила које се јављају у току кретања возног механизма са две гусенице по криволинијској путањи. Идентификован је утицај угаоне еластичне деформације конструкције возила која настаје у току кретања по криволинијској путањи, постављене су одговарајуће аналитичке релације, које су затим интегрисане у динамички модел возног механизма. Посебно су анализирани прелазни процеси који настају након завршетка кретања по криволинијској путањи као последица ове еластичне деформације, тј. утицаја торзионог момента који делује на конструкцију возила у односу на његову вертикалну осу.

Као допринос у анализи вишемоторних погона може се навести и идентификација компоненти оптерећења мотора које се не могу мерити. У раду је спроведена идентификација средње вредности компоненти оптерећења сваког погона на основу обраде експерименталних резултата и примене аналитичких релација о укупном моменту оптерећења на појединим гусеницама.

Други оригинални допринос ове дисертације, који је од посебног интереса за практичну примену, је алгоритам управљања кретањем возног механизма са две гусенице по унапред дефинисаној трајекторији. Овај алгоритам је испитан на развијеном динамичком моделу, а затим и експериментално проверен његовом имплементацијом на реалном постројењу.

Развијени алгоритам за контролисано кретање по криволинијској путањи значајно повећава управљивост возног механизма и омогућује брз и тачан одзив на управљачке команде.

Оцена да је урађена докторска дисертација резултат оригиналног научног рада кандидата у одговарајућој научној области

Научни допринос кандидата представља оригинални прилог у области анализе и синтезе регулисаних вишемоторних погона о чему сведоче публиковани радови на међународним конференцијама. Резултати досадашњег научно-истраживачког рада кандидата јасно показују да кандидат поседује све услове за самосталан научни рад.

Преглед остварених резултата рада кандидата у одређеној научној области

Основни научно-истраживачки резултати у докторској дисертацији могу се сврстати у следеће категорије:

1. Развој динамичког модела возног механизма са две гусенице коришћењем стандардних софтверских алата за симулацију динамичких система, који обухвата моделовање утицаја физичких појава код механичке спреге са променљивом структуром. За моделовање спреге погонског точка и гусеничне траке употребљен је нелинеарни динамички модел једног зупчастог пара.

Подужне и попречне силе трења гусеница при кретању по криволинијској путањи моделоване су у зависности од подужних и попречних компоненти релативних брзина према тлу.

Утицај спрега сила који делује на возило при кретању по криволинијској путањи узет је у обзир преко деловања момента торзије услед угаоне еластичне деформације конструкције.

2. Помоћу динамичког модела и експериментално измерених величина извршена је идентификација компоненти оптерећења које се не могу измерити.

3. Развој алгоритма за управљање возним механизмом са две гусенице у реалном времену који је имплементиран у стандардни програмабилни логички контролер.

Направљен је универзални софтверски модул који се базира на развијеном алгоритму за управљање возним механизмом са две гусенице. Универзални софтверски модул је направљен коришћењем програмских језика намењених процесном управљању, и представља лако интеграбилан и флексибилан део надређеног управљачког система једне сложене технолошке целине као што су багери на површинским коповима.

Универзалност развијеног алгоритма управљања огледа се у могућности примене софтверског модула код регулисаних погона возних механизма са две гусенице са умреженим актуаторима за асинхроне кавезне моторе или једносмерне моторе са независном побудом. Интеграбилност развијеног софтверског решења проистиче из могућности његовог једноставног обједињавања у управљачки систем. Прилагодљивост софтверског модула огледа се у подешавању параметара софтверског модула и повезивању са подређеним деловима управљачког система правилним софтверским адресирањем улазних и излазних променљивих.

Оцена о испуњености обима и квалитета у односу на пријављену тему

Докторски рад написан је на 174 страница, а подељен је у 12 поглавља која представљају заокружене целине. У оквиру ових поглавља текстуални део је допуњен и илустрован са 106 слика и 4 табеле. Урађена докторска дисертација по обиму и квалитету испуњава постављене захтеве у односу на предложену тему.

При оцени научне заснованости пријављене теме докторске дисертације постављени су следећи основни захтеви:

- детаљна анализа вишемоторних погона са променљивом структуром механичке спреге као област која се све чешће сусреће у пракси, а није довољно обрађена у научној литератури;
- потпуна разрада динамичког модела вишемоторног погона са променљивом структуром механичке спреге;
- развој алгоритма за управљање кретањем возила са две гусенице;
- практична верификација добијених резултата на двомоторном погону са асинхроним моторима који се напајају из претварача учестаности са имплементираним алгоритмом директне контроле момента.

У току научно-истраживачког рада и израде докторске дисертације при испуњавању постављених захтева примењене су савремене методе симулације и анализе специфичних динамичких појава, као и високо софистицирана опрема за мерење.

Ради одређивања динамичких карактеристика оптерећења при променама механичке спреге уважене су у динамичком моделу све физичке појаве које имају доминантан утицај на прелазне процесе у току кретања возног механизма са две гусенице по криволинијској путањи.

Научни резултати докторске дисертације

Кандидат је на примеру возног механизма са две гусенице и посебним погонима развио оригиналну методологију за одређивање међусобног утицаја погона који су спрегнути посредством променљиве механичке спреге. На основу кинематике возног механизма и релација које описују интеракцију између гусенице и тла при кретању по криволинијској путањи, утврђено је да се подужне и попречне компоненте отпора кретања на једној гусеници мењају у времену по експоненцијалном закону.

У дисертацији је разрађена процедура за одређивање компоненти оптерећења на спољашњој и унутрашњој гусеници у току кретања по криволинијској путањи на основу обраде експерименталних резултата и примене основних релација из динамичког модела.

Посебна пажња у раду посвећена је верификацији резултата симулација упоређењем са експерименталним резултатима. Сва изведена упоређења су потврдила исправност изведеног модела.

Применљивост и корисност резултата у теорији и пракси

Верификација динамичког модела и алгоритма управљања извршена је на практично реализованом вишемоторном погону возног механизма багера СРс 400 на површинском копу Дрмно. Овај багер се налази у сталној експлоатацији на угљеном систему копа Драмно.

Примењени алгоритам управљања је у значајној мери побољшао маневарске способности багера, односно повећао његову технолошку ефикасност у свим условима рада и захтеваним полупречницима скретања, што је несумњива практична корист остварених резултата.

Код великог броја рударских машина на површинским коповима користе се возни механизми са две гусенице и засебним погонима са различитим опсегом снага и брзина. Код свих оваквих машина резултати докторске дисертације могу бити примењени. Алгоритам управљања је применљив на сваком возном механизму са две гусенице који се покреће помоћу регулисаних погона, а који су повезани посредством одговарајућег комуникацијског протокола у заједничку мрежу са индустријским контролером. Наведено произилази из универзалности алгоритма управљања, који се може захваљујући техничким карактеристикама стандардних индустријских контролера, комуникационих протокола и претварача примени код сваке рударске машине, уз одговарајуће корекције с обзиром на конфигурацију подсистема за издавање команди.

Теоријском анализом компоненти отпорних сила кретања одређене су аналитичке зависности за компоненте отпорних сила које се физички не могу измерити. Познавање ових зависности доприноси прецизнијем одређивању бочних динамичких напрезања гусеничних трака у току кретања по криволинијској путањи, што може да користи ефикаснијем одржавању возног механизма.

Презентовани резултати научној јавности

Резултати дисертације и резултати које је кандидат остварио у области регулисаних вишемоторних погона који су претходили изради дисертације публиковани су и доступни широј научној јавности.

Из области вишемоторних регулисаних погона на гусеничним возним механизмима кандидат је објавио 5 радова на међународним конференцијама.

1. S. Štatkić, N. Rašić, B. Jeftenić, „*Višemotorni regulisani pogoni na transportima rudarskih mašina*”, XIII Međunarodni simpozijum Energetska elektronika Ee 2005, Novi Sad, Novembar 2005.
2. N. Rašić, B. Jeftenić, S. Štatkić, „*Višemotorni regulisani pogon na transportu rotornog bagera SRs 2000*”, Konferencija ETRAN-a, Beograd, 6-8 juna 2006.god.
3. B. Jeftenić, N. Rašić, S. Štatkić „*Primena frekventnih pretvarača na pogonu transporta rudarskih mašina*”, VII međunarodni simpozijum „Mehanizacija i automatizacija u rudarstvu i energetika”, MAREN 2006, Beograd, septembar 2006, ISBN 86-7352-175-0
4. S. Štatkić, N. Rašić, B. Jeftenić, M. Bebić, „*Controlled multi-motor crawler travel drives on open pit mining machines*“, ACEMP.2007., Bodrum Turkey, Volume , Issue , 10-12 Sept. 2007 , Page(s):812 – 817, IEEE Conferences, DOI: 10.1109/ACEMP.2007.4510611
5. S. Štatkić, B. Jeftenić, M. Bebić, „*Controlled multi motor crawler drive with adjustable steering radius on open pit mining machines*“, 20th International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion, SPEEDAM 2010, June 2010, Pisa, Italy, IEEE Conferences, DOI: 10.1109/SPEEDAM.2010.5545030

Из области вишемоторних регулисаних погона на системима са трачним транспортерима кандидат је објавио 9 радова на међународним конференцијама и један у домаћем часопису.

1. D. Ignjatović, M. Bebić, B. Jeftenić, D. Jevtić, N. Rašić, S. Štatkić „*Verifikacija modela trakastog transportera sa asinhronim pogonima sa rotorskim upuštačima*”, VII međunarodni simpozijum „Mehanizacija i automatizacija u rudarstvu i energetika”, MAREN 2006, Beograd, septembar 2006. ISBN 86-7352-175-0
2. M. Ivković, P. Cvejić, D. Ignjatović, M. Bebić, B. Jeftenić, D. Jevtić, N. Rašić, S. Štatkić „*Optimizacija tračnih transportera uvođenjem regulisanih asinhronih pogona sa frekventnim pretvaračima*”, VII međunarodni simpozijum „Mehanizacija i automatizacija u rudarstvu i energetika”, MAREN 2006, Beograd, septembar 2006. ISBN 86-7352-175-0
3. M. Bebić, B. Jeftenić, D. Jevtić, N. Rašić, L. Ristić, S. Štatkić „*Primena regulisanih asinhronih pogona napajanih iz frekventnih pretvarača na tračnim transporterima*”, XIV Međunarodni simpozijum Energetska elektronika – Ee 2007 Novi Sad, Novembar 2007
4. B. Jeftenić, M. Bebić, L. Ristić, D. Jevtić, N. Rašić, S. Štatkić, „*Increase of Energy Efficiency on Belt Conveyors by application of controlled induction motor*”, Industrial Energy and Environmental Protection in Southeast Europe, IEEP 2008, 24-28 June 2008, Serbia, Zlatibor
5. B. Jeftenić, M. Bebić, L. Ristić, D. Jevtić, N. Rašić, D. Ignjatović, S. Štatkić, „*Primena savremenih regulisanih pogona na rudarskoj mehanizaciji*”, International Symposium Power Plants 2008 Vrnjačka Banja, 28.-31.10.2008., Zbornik radova na CD-u, ISSN: 978-86-7877-011-1, st.1-10 .
6. B. Jeftenić, M. Bebić, L. Ristić, D. Jevtić, I. Mihailović, N. Rašić, S. Štatkić, „*Basic concept of remote control of multi motor drive of belt conveyor with uniform load distribution*” International Conference Electrical Drives and Power Electronics, October 2009, Dubrovnik, ISBN 978-953-6037-55-8
7. B. Jeftenić, M. Bebić, L. Ristić, D. Jevtić, I. Mihailović, N. Rašić, S. Štatkić, „*Daljinski nadzor i upravljanje regulisanim pogonima sistema tračnih transportera*” 15th International Symposium on Power Electronics, October 2009, Novi Sad.

8. B. Jeftenić, L. Ristić, M. Bebić, S. Štatkić, N. Rašić, D. Jevtić, M. Gvozdrenović, „Razvoj algoritma za regulaciju brzine sistema tračnih transportera” 15th International Symposium on Power Electronics, October 2009, Novi Sad.
9. B. Jeftenić, L. Ristić, M. Bebić, S. Štatkić, „Controlled Induction Motor Drives Supplied by Frequency Converters on Belt Conveyors – Modeling and Commissioning”, IECON 2009, the 35th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, 3-5 November 2009, Porto, Portugal
DOI : 10.1109/IECON.2009.5414671
10. B. Jeftenić, L. Ristić, M. Bebić, S. Štatkić, D. Jevtić, I. Mihailović, N. Rašić, „Realization of System of Belt Conveyors Operation with Remote Control”, Integritet i vek konstrukcija, ZAJEDNIČKO IZDANJE DRUŠTVA ZA INTEGRITET I VEK KONSTRUKCIJA (DIVK) I INSTITUTA ZA ISPITIVANJE MATERIJALA (IMS), ISSN 1451-3749, Vol 10, No 1, April 2010., UDK/UDC: 621; pp. 21-31

Из области вишемоторних регулисаних погона у папирној индустрији кандидат је објавио један рад у међународном часопису, и 3 рада на међународним конференцијама.

1. B. Jeftenić, S. Statkić, M. Bebić, L. Ristić, „New concept of electrical drives for paper and board machines based on energy efficiency principles”, Thermal Science 4/2006, Časopis termičara Srbije i Crne gore, Vol. 10 (Suppl.), Number 4, Belgrade 2006, pp. 1-240. (UDC:676.026.23/.25, BIBLID:0354-9836, 10(2006), Suppl., 4, 63-78)
2. С. Штаткић, Б. Јефтенић, М. Бебић „Енергетски ефикасан погон тангентног премотача у фабрици картона Умка”, Други међународни симпозијум о заштити животне средине, април 2009.год. К.Митровица, ISBN 987-86-80893-23-5, стр. 516-522
3. Б. Јефтенић, М. Бебић, Л. Ристић, С. Штаткић, Д. Јевтић, Н.Рашић, М. Крговић, М. Милојевић, М. Белинчевић, "Ретроспектива развоја електромоторних погона у папирној индустрији код нас у последњих 10 година и планови за будућност", XV Међународни симпозијум из области целулозе, папира, амбалаже и графике СРА&G, ISBN 978-86-7401-259-8, pp. 41-49, Златибор, 2009
4. B. Jeftenic, M. Bebic, L. Ristic, S. Statkic, "Universal control block for paper machine drives", Industrial Technology (ICIT), 2010 IEEE International Conference on Vi a del Mar, Chile
DOI: 10.1109/ICIT.2010.5472759

Из области вишемоторних регулисаних погона у различитим индустријским апликацијама кандидат је објавио 4 рада на међународним конференцијама.

1. Jeftenic Borislav, Bebic Milan, Sasa Statkic: „Controlled Multi-Motor Drives“, International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion, SPEEDAM 2006. 23. - 26.5.2006, pp.1392 – 1398. DOI: 10.1109/SPEEDAM.2006.1649985
2. Neša Rašić, Borislav Jeftenić, Milan Bebić, S. Štatkić, „Regulisani pogon radnog točka rotornog bagera SRs 1300”, Konferencija ETRAN-a, Beograd, 6-8 juna 2006.god.
3. B. Jeftenić, N. Rašić, M. Bebić, D. Jevtić, S. Štatkić „Primena frekventnih pretvarača na pogonu radnog točka bagera”, VII međunarodni simpozijum „Mehanizacija i automatizacija u rudarstvu i energetika”, MAREN 2006, Beograd, septembar 2006. ISBN 86-7352-175-0
4. B. Jeftenić, N. Rašić, S. Štatkić „Primena frekventnih pretvarača na pogonu okreta rudarskih mašina”, VII međunarodni simpozijum „Mehanizacija i automatizacija u rudarstvu i energetika”, MAREN 2006, Beograd, septembar 2006. ISBN 86-7352-175-0

Закључак и предлог

На основу детаљне анализе предметне дисертације, Комисија сматра да је развојем јединственог динамичког модела возног механизма са две гусенице кандидат дао оригиналан научни допринос у области проучавања, анализе и примене вишемоторних регулисаних погона, а имајући у виду да динамички модел оваквог система није до сада публикован. Кандидат је оригиналним приступом одредио динамичка својства компоненти оптерећења код погона са променљивом структуром механичке спреге. На основу измерених вредности момената мотора и развијеног динамичког модела идентификовао је утицај појединачних компоненти оптерећења на свакој гусеници код возног механизма са две гусенице.

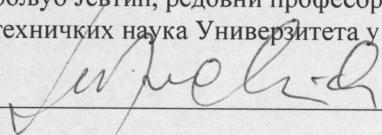
Кандидат је развио оригинални софтвер за управљање двомоторним погоном гусеничног транспорта у реалном времену и практично га применио.

Комисија предлаже Наставно-научном већу Факултета техничких наука у Косовској Митровици да урађену дисертацију мр Саше Штаткића под насловом „**Вишемоторни регулисани електрични погон са променљивом структуром механичке спреге**“ прихвати и одобри њену усмену јавну одбрану.

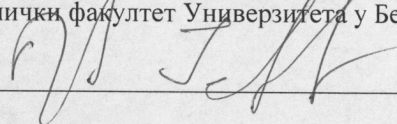
У Косовској Митровици
14.08.2010. године

Чланови Комисије:

1. др Мирољуб Јевтић, редовни професор - председник
Факултет техничких наука Универзитета у Приштини



2. др Борислав Јефтенић, ванредни професор - ментор
Електротехнички факултет Универзитета у Београду



3. др Небојша Митровић, редовни професор - члан
Електронски факултет Универзитета у Нишу

