

УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ
ФАКУЛТЕТ ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА
УНИВЕРЗИТЕТА У КРАГУЈЕВЦУ

Бр. 01-1/2980

06.09.2023 год.
КРАГУЈЕВАЦ

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ФАКУЛТЕТА ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА
УНИВЕРЗИТЕТА У КРАГУЈЕВЦУ**

Предмет: Извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Тихомира Мачкића, дипломираног машинског инжењера

На предлог Научно-наставног већа Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу од 22.06.2023. год. (број одлуке: 01-1/2035-17) и одлуком Већа за техничко-технолошке науке од 13.07.2023. год. (број одлуке: IV-04-503/10), именовани смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Тихомира Мачкића, дипломираног машинског инжењера, под насловом:

**„АНАЛИЗА РАДНИХ КАРАКТЕРИСТИКА И УНУТРАШЊИХ ТОКОВА
СНАГЕ СЛОЖЕНИХ ЦИКЛОПРЕНОСНИКА“**

На основу увида у приложену докторску дисертацију и извештаја Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације, која је одобрена за израду Одлуком Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу број 01-1/2534-14 од 27.08.2020. године и одлуком Већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу број IV-04-596/18 од 09.09.2020. године, на основу Правилника о пријави, изради и одбрани докторске дисертације Универзитета у Крагујевцу, Комисија подноси Научно-наставном већу следећи:

ИЗВЕШТАЈ

1. Опис докторске дисертације

Савремени развој производа захтева употребу компактнијих, лакших и јефтинијих механичких преносника снаге. Ове циљеве је веома тешко остварити са класичним преносницима снаге са фиксним осама, тако да постоји потреба замене ових преносника одговарајућим планетарним преносницима. Једно од могућих решења је употреба зупчаника са циклоидним профилем или *циклозупчаника*. Преносници снаге који користе циклозупчанике су углавном планетарни преносници снаге, а могу се краће назвати и *циклопреносници*. Циклопреносници имају низ предности у односу на класичне планетарне преноснике са еволвентним зупчаницима, као што су велики преносни однос, компактност, једноставна израда на савременим обрадним центрима и одличан степен искоришћења.

Достизање великих вредности преносног односа једностепених циклопреносника захтева израду веома малих и прецизно израђених осовиница и лежајева, што знатно поскупује израду. Због тога, постоји потреба да се једностепени циклопреносници замене двостепеним или вишестепеним (сложеним) циклопреносницима, како би се смањили габарити, повећали лежајеви и осовинице, смањила цена израде, смањиле центрифугалне силе и побољшао степен искоришћења, уз постизање истих преносних односа као код једностепених.

Значајан је и потенцијал сложених циклопреносника за примену код мењача, који је за сада недовољно истражен. Такође, због малих димензија и колонеарности вратила, могуће је директно постављање циклопреносника на вратило електромотора, што би омогућило израду веома компактних уређаја. У дисертацији је представљена једна потпуно нова варијанта једностепеног циклопреносника, која се базира на тзв. степенастим циклозупчаницима, чиме се значајно смањују димензије преносника.

Докторска дисертација кандидата Тихомира Мачкића обрађује проблеме који су веома актуелни и имају вишеструки значај у области сложених планетарних преносника снаге. У дисертацији је дат детаљан приказ досадашњих истраживања, који се баве анализом тока снаге и степена искоришћења сложених планетарних преносника класичне концепције и циклопреносника. Такође је дат и приказ актуелних истраживања који се баве утицајем мазива и одређивања тренутног коефицијента трења, при спрезању зупчаника са циклоидним профилем.

Први део дисертације бави се анализом једностепених циклопреносника. Објашњена је аналогија између класичних планетарних преносника и циклопреносника, као и начин формирања једностепеног циклопреносника. Приказане су и анализирани две варијанте једностепеног циклопреносника, од којих је једна класична варијанта, која се данас најчешће користи код једностепених циклоредуктора и друга са степенасто постављеним и везаним циклозупчаницима. За обе варијанте израђени су математички модели за одређивање степена искоришћења, приказан је алгоритам и развијен је рачунарски програм у коме је имплементиран сложени математички модел. Извршена је анализа утицаја различитих улазних параметара на промену основног степена искоришћења.

Други део дисертације проучава радне карактеристике, унутрашње токове снаге и губитке код сложених циклопреносника. Због јасније термиолошке разлике, дефинисан је појам *структурни слаг*, код сложених циклопреносника, који се односи на саставне једностепене циклопреноснике, у склопу сложеног циклопреносника. У дисертацији је приказана методологија која омогућава одређивање и процену радних карактеристика, губитака и унутрашњих токова снаге сложених циклопреносника. Развијен је алгоритам и рачунарски програм, базиран на приказаној методологији, за двостепене варијанте циклопреносника.

У завршном делу дисертације, кандидат је извршио експерименталну верификацију дефинисане методологије и математичких модела. Израђени су физички модели оба типа једностепеног циклопреносника, како би се проверио сложени математички модел за процену губитака снаге једностепених циклопреносника. Осим тога, израђени једностепени циклопреносници су искоришћени како би се формирали двостепени сложени циклопреносници, и то једна варијанта са поделом снаге и две варијанте са

циркулацијом унутрашње снаге. Изведена је упоредна анализа теоријских и експерименталних резултата. Дати су закључци и препоруке за будућа истраживања.

2. Значај и допринос докторске дисертације са становишта актуелног стања у одређеној научној области

Докторска дисертација кандидата Тихомира Мачкића, дипломираног машинског инжењера, под насловом „Анализа радних карактеристика и унутрашњих токова снаге сложених циклопреносника“, представља резултат оригиналног научно-истраживачког рада кандидата у области која се односи на степен искоришћења, радне карактеристике и унутрашње токове снаге сложених планетарних преносника са циклозупчаницима.

Постоји значајан број радова и публикација, који се баве проучавањем унутрашњих токова снаге и губитака сложених планетарних преносника. Углавном се базирају на два основна приступа, односно две групе метода. Прва група обухвата методе директног приступа, где је неопходно извршити кинематичку и статичку анализу, како би се одредио ток снаге и коначно израчунао степен искоришћења. Друга група обухвата методе индиректног приступа, и за разлику од директне методе, за одређивање тока снаге довољно је само познавање вредности основних преносних односа и улазних угаоних брзина.

Користећи се научним резултатима компетентних истраживача, кандидат је извршио детаљан преглед стања развоја и истраживања циклопреносника, са посебним освртом на радове који анализирају степен искоришћења циклопреносника. Детаљна анализа је омогућила да се дефинишу парцијални губици снаге, који настају у току спрезања и рада циклопреносника.

Применом одговарајуће аналогije, између класичних планетарних преносника и циклопреносника, кандидат је представио сложени математички модел, за процену степена искоришћења простих циклопреносника. Такође, значај и допринос докторске дисертације је чињеница да је кандидат приказао утицај различитих фактора и параметара, на промену основног степена искоришћења простог циклопреносника. Дефинисан је карактер промене контактних сила, као и брзина у току спрезања. Предложена је употреба игличастих лежајева, као ваљчића на венцима и дисковима, што доприноси значајном смањењу губитака.

Осим тога, кандидат је урадио детаљну систематизацију и анализу истраживања губитака сложених планетарних преносника снаге. Због постизања великих преносних односа у једном степену, анализа сложених циклопреносника се (због могуће практичне примене) највише базирала на двостепеним циклопреносницима. Коришћен је структурни Волфов симбол, који је значајно олакшао анализу. Кандидат је веома јасно образложио услове и ситуације у којима се јавља подела и циркулација снаге код двостепених циклопреносника.

Суштински значај и допринос ове дисертације огледа се у дефинисању методологије, која омогућава поуздано одређивање радних карактеристика (преносних односа, обртних момената и угаоних брзина), сила, контактних притисака, губитака и степена

искоришћења сложених циклопреносника. Приказани су матрични начини записа и поступак уноса система кинематичких и статичких једначина, чиме је олакшана имплементација методологије и формираног математичког модела на рачунару. Модел се одликује веома великом поузданошћу у процени степена искоришћења и парцијалних губитака сложених циклопреносника. Осим тога, даје прегледне информације о домену преносних односа и степена искоришћења одређене варијанте двостепеног циклопреносника, као и токовима унутрашње снаге кроз преносник.

На основу свега наведеног, Комисија сматра да резултати и закључци ове дисертације имају велики допринос и значај, али и отварају простор за даља истраживања у овој области. Спроведене методологије, приказани математички модели и анализе, имају велики потенцијал и могу допринети већој имплементацији и значајној примени сложених циклопреносника у савременим производима, посебно у области ауто индустрије и роботике, односно у свим производима где се захтевају компактни преносници снаге, са великим преносним односом.

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

Комисија сматра да докторска дисертација, кандидата Тихомира Мачкића под насловом „Анализа радних карактеристика и унутрашњих токова снаге сложених циклопреносника“, представља резултат оригиналног научно-истраживачког рада у актуелној научној области. Један од аспеката оригиналности докторске дисертације јесте провера на плагијаризам помоћу софтвера iTechnicate, где је идентификовано укупно 3% идентичног текста. Анализом теоретских основа и доступних научно-истраживачких радова који се баве датом проблематиком, кандидат је тему обрадио темељно и студиозно. У погледу предмета истраживања и добијених нумеричких и експерименталних резултата, може се закључити да ова докторска дисертација представља јединствени научни рад.

Оригиналност научног рада, истраживања и резултата остварених у оквиру докторске дисертације, огледају се у следећем:

- Формирани су теоријски модели обе варијанте једностепеног циклопреносника, представљен је математички модел, алгоритам и урађен рачунарски програм за процену степена искоришћења;
- Одређен је и приказан утицај геометријских и кинематичких параметара на промену основног степена искоришћења;
- Дефинисани су могући унутрашњи токови снаге код једностепених и двостепених диференцијалних циклопреносника, као и услови при којима долази до поделе и циркулације унутрашње снаге;
- Извршена је систематизација означавања структурних шема варијанти двостепених циклопреносника;
- Представљена је методологија за процену вредности парцијалних губитака, степена искоришћења и радних карактеристика сложених циклопреносника;

- Приказан је поступак и начин формирања математичког модела, за произвољно одабрану структурну шему сложеног циклопреносника (без обзира на број степени слободe);
- Развијен је рачунарски програм који омогућава процену области примене и добијање конкретних вредности радних карактеристика, парцијалних губитака и степена искоришћења двостепеног циклопреносника;
- Урађена су експериментална истраживања степена искоришћења једностепених и одговарајућих варијанти двостепених циклопреносника и извршено поређење са теоријских резултатима.

4. Преглед остварених резултата рада кандидата у одређеној научној области

4.1. Биографија кандидата

Тихомир Мачкић је рођен 25. јануара 1973. године у Бањој Луци. После завршене Металске школе у Бањој Луци 1991. године и стицања звања машинског техничара, уписао се на Машински факултет у Бањој Луци, где је дипломирао 2002. године на смеру за производно машинство. После дипломирања је радио као конструктор у фабрици алатних машина „Јелшинград“ у Бањој Луци. Од 2004. до 2011. године је радио као професор информатике у Економској школи у Бањој Луци и као професор машинске групе предмета у Техничкој школи у Бањој Луци. У јануару 2011. године изабран је у звање асистента за ужу научну област Машинске конструкције и запослен на Катедри за механику и конструкције Машинског факултета у Бањој Луци. Звање вишег асистента је стекао 2014. године. Учествовао је у извођењу наставе на предметима у оквиру Катедре за механику и конструкције.

Докторске академске студије први пут је уписао школске 2011/12. године на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, на студијском програму Машинско инжењерство. Положио је све испите предвиђене наставним планом и програмом докторских академских студија, са просечном оценом 10,00 и одобрена му је израда докторске дисертације под насловом „Анализа радних карактеристика и унутрашњих токова снаге сложених циклопреносника“ под менторством др Ненада Марјановића, редовног професора.

За време рада на Машинском факултету учествовао је као сарадник на два научно-истраживачка пројекта, са успешно реализованим обукама и радионицама. У оквиру програма SEEPUS, обавио је студијске боравке на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу. Од 2011. године, члан је Асоцијације за дизајн, елементе и конструкције АДЕКО.

4.2. Референце кандидата

Као аутор или коаутор, кандидат је објавио 18 научно-стручних радова у домаћим и међународним часописима и конференцијама. Међу објављеним радовима, истичу се 4 рада у часописима са SCI листе, који су цитирани у докторској дисертацији. Објављени радови кандидата су следећи:

Рад у међународном часопису (категорија М23)

1. **Mačkić, T.**, Blagojević, M., Babić, Z., Kostić, N.: Influence of design parameters on cyclodrive efficiency, Journal of the Balkan Tribological Association, 19(4), pp. 497- 507, ISSN 1310-4772, 2013.
2. Ivanović, L., **Mačkić, T.**, Stojanović, B.: Analysis of the Instantaneous Friction Coefficient of the Trochoidal Gear Pair, Journal of the Balkan Tribological Association, 22(1), pp. 281-293, ISSN 1310-4772, 2016.
3. Tomović, R., Ivanović, L., **Mačkić, T.**, Stojanović, B., Glišović, J.: Prediction of Oil Film Thickness in Trochoidal Pump, Transactions of the Canadian Society for Mechanical Engineering, 45(3), pp. 374-385, ISSN 0315-8977, 2021.
4. **Mačkić, T.**, Marjanović, N., Tica, M., Troha, S., Milutinović, M., Rašović, N.: Analysis of Power Losses in Constrained Cycloid Drive. Tehnički vjesnik, 30(4), Doi: 10.17559/TV-20230426000572, ISSN 1330-3651, 2023.

Саопштење са међународног скупа штампано у целини (категорија М33)

1. **Mačkić, T.**, Blagojević, M., Babić, Ž.: Analysis of Parameters That Have An Impact On Cyclo Drive Efficiency. Conference on Mechanical Engineering Technologies and Applications” COMETA 2012, East Sarajevo - Jahorina, 2012, 28 - 30. Novembar, pp. 331-338, ISBN 978-99938-655-5-1.
2. **Mačkić, T.**, Babić, Ž., Blagojević, M., Jotić, G., Škundrić, J.: An Analysis of Lubrication Regime Between The Contact Elements of Cycloid Reducer, 11 International Conference on Accomplishments in Electrical and Mechanical Engineering and Information Technology DEMI, Banja Luka, 2013, 30 May - 1 June, pp. 77-82, ISBN 978-99938-39-46-0.
3. Pejašinović, Ž., Jotić, G., **Mačkić, T.**: Analysis of Elastic Elements Properties of Axial Force Transducers, 11 International Conference on Accomplishments in Electrical and Mechanical Engineering and Information Technology DEMI, Banja Luka, 2013, 30 May - 1 June, pp. 89-94, ISBN 978-99938-39-46-0.
4. **Mačkić, T.**, Babić, Ž., Kostić, N., Blagojević, M.: Cyclo Drive Efficiency, 13 th International Conference on Tribology SERBIATRIB 2013, Kragujevac, 2013, 15-17 Maj, pp. 230-233, ISBN 978-86-86663-98-6.
5. Kostić, N., Blagojević, M., Marjanović, V., **Mačkić, T.**, Bojić, M.: Application of New Power Transmission for Exploitation of Wind Energy, Second International Conference on Renewable Electrical Power Sources MKOIEE, Beograd, 2013, 16-18. Oktobar, Zbornik rezimea radova, ISBN 978-86-81505-68-7.
6. Tica, M., Radulović, N., **Mačkić, T.**: Product Design Case Study: Conceptual Solution of Hand Drill/Angle Grinder Table Stand, Conference on Mechanical Engineering Technologies and Applications” COMETA 2018, East Sarajevo - Jahorina, 2018, 27 - 30. Novembar, pp. 351 -358, ISBN 978-99976-719-4-3.
7. **Mačkić, T.**, Jotić, G., Tica, M., Ilić, J.: Mechanical Properties of Modified Flipwing Hydrokinetic Turbines, 14th International Conference on Accomplishments in Electrical

and Mechanical Engineering and Information Technology DEMI, Banja Luka, 2019, 24 - 25 May, pp. 385-390, ISBN 978-99938-39-85-9.

8. Kraišnik, M., Ilić, J., Jotić, G., **Mačkić, T.**, Anić, J.: Comparing The Accuracy of Master Model And Their Replicas Produced By Rapid Tooling Using Vacuum Casting, 14th International Conference on Accomplishments in Electrical and Mechanical Engineering and Information Technology DEMI, Banja Luka, 2019, 24 - 25 May, pp. 37-42, ISBN 978-99938-39-85-9.
9. **Mačkić, T.**, Tica, M., Šuba, R.: Transmission Characteristic of Simple Cycloid Drive With Stepped Planets, 9th International Scientific Conference IRMES 2019, Kragujevac, Serbia, 2017, 5-7 septembar, pp. 106-108, ISBN 978-86-6335-061-8.
10. Tica, M., **Mačkić, T.**: Digital Transformations in Mechanical Engineering, Trends in Education in the Field of Machine Elements and Systems. 10th International Scientific Conference IRMES 2022, Proceedings, 26 May 2022, Belgrade, Serbia, pp 41-52, ISBN 978-86-6060-119-5.
11. **Mačkić, T.**, Marjanović, N., Jotić, G., Tica, M., Đurić, Ž.: Influence of Cycloid Disk Profile Correction on Contact Force. 15th International Conference on Accomplishments in Mechanical and Industrial Engineering - DEMI 2021, Banja Luka, Bosnia and Herzegovina. 28-29.05.2021, pp. 282-285, ISBN 978-99938-39-92-7.

Рад у врхунском часопису националног значаја (категорија M51)

1. **Mačkić, T.**, Ćatić, D., Milovanović, Z.: Analiza stabla otkaza protočnog parnog kotla TE Ugljevik, Energija, ekonomija, ekologija –EEE, List saveza energetičara, Broj 3-4, str. 309-314, ISSN 0354-8651, 2014.

Рад у часопису националног значаја (категорија M53)

1. **Mačkić, T.**, Tica, M.: Analysis of Speed Ratios of Simple Cycloid Drive with Stepped Planets. Acta Technica Corviniensis – Bulletin of Engineering TOME XIII [2020] | Fascicule 4 [October – December], 105-108, [e-ISSN: 2067–3809].
2. Tica, M., **Mačkić, T.**, Marjanović, N., Troha, S., Milutinović, M.: Analysis of Gear Ratios of Two Different Types of Cycloid Drive Train. IETI Transactions on Engineering Research and Practice, (2022 /12 /01), 18 - 23, [https://doi.org/10.6723/TERP.202212_6\(2\).0003](https://doi.org/10.6723/TERP.202212_6(2).0003).

5. Оцена испуњености обима и квалитета у односу на пријављену тему

Докторска дисертација кандидата Тихомира Мачкића под насловом „**Анализа радних карактеристика и унутрашњих токова снаге сложених циклопреносника**“, по обиму и садржају одговара теми прихваћеној од стране Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу. По квалитету обиму и резултатима истраживања у потпуности задовољава све научне, стручне и законске услове за израду докторских дисертација.

Докторска дисертација је написана на 176 страна, при томе садржи 96 слика, 26 табела, при чему је цитирано 100 библиографских података. Дисертацију чини десет поглавља, којима претходи резиме рада, на српском и енглеском језику, и садржај рада, док се на крају рада налазе списак литературе и прилози. Претходно поменуто поглавља су наведена према следећем редоследу:

1. Увод;
2. Једноstepени циклопреносник;
3. Геометријске, кинематичке и статичке карактеристике простог циклопреносника;
4. Основни stepен искоришћења;
5. Диференцијални једноstepени циклопреносник;
6. Двостепени циклопреносници;
7. Методологија за одређивање радних карактеристика, губитака и унутрашњих токова снаге сложених циклопреносника;
8. Анализа радних карактеристика, губитака и токова снаге ограничених двостепених циклопреносника;
9. Експериментална верификација;
10. Закључна разматрања;

У првом (уводном) поглављу дисертације, дате су основне информације о планетарним преносницима са циклозупчаницима, извршен је преглед стања истраживања, као и идентификација предмета истраживања, дефинисани су циљеви и методологија истраживања. Такође, ово поглавље садржи и уопштени приказ садржаја докторске дисертације.

У другом поглављу представљена је сличност класичних планетарних преносника и циклопреносника. Приказана су два типа једноstepеног циклопреносника. Дефинисана су основна правила која одређују stepене искоришћења, односе између угаоних брзина и обртних момената, као и услове при којима настаје самокочивост.

Детаљна анализа геометријских, кинематичких и статичких карактеристика простог циклопреносника и сагледавање њиховог утицаја на основни stepен искоришћења, обрађена је у трећем поглављу. Приказани су изрази који дефинишу брзине и оптерећења, која се јављају између спрегнутих елемената.

У четвртном поглављу је извршена анализа основног stepена искоришћења. Дефинисани су изрази за парцијалне губитке снаге (за обе варијанте једноstepеног циклопреносника). Детаљно је истражена промена Херцовог притиска, режима подмазивања и тренутног коефицијента трења између спрегнутих елемената. Формиран је сложени математички модел, приказани су алгоритам и рачунарски програм за одређивање основног stepена искоришћења, парцијалних губитака снаге и радних карактеристика. Извршена је упоредна анализа радних карактеристика за оба типа једноstepеног циклопреносника, као и утицаја промене основног преносног односа на силе, губитке унутар циклопреносника и stepене искоришћења.

У петом поглављу су приказани изрази који одређују преносне односе и stepене искоришћења диференцијалног једноstepеног циклопреносника. Урађена је анализа могућих токова спољашње и унутрашње снаге, који могу настати у диференцијалном циклопреноснику, као и појава тзв. бескорисне снаге.

У шестом поглављу извршена је систематизација и детаљно су објашњени и представљени двостепени циклопреносници. Посебно је анализиран двостепени циклопреносник са два спојна вратила, од којих је једно спољашње, а друго унутрашње, тзв. прости двостепени циклопреносник. Израђен је јединствени начин означавања варијанти, коришћењем структурних симбола. Приказане су сличности које постоје између простог двостепеног и једноступеног циклопреносника. Детаљно су анализирани и приказани могући токови снаге, као и услови при којима се јавља циркулирајућа снага код простих двостепених циклопреносника, са једним степеном слободе кретања или тзв. ограничених двостепених циклопреносника.

У седмом поглављу је приказан математички модел, који дефинише релације између угаоних брзина и обртних момената сложеног циклопреносника. Представљене су две основне методе за решавање унутрашњег тока снаге и одређивање укупног степена искоришћења сложених планетарних преносника. Методе су додатно унапређене и прилагођене, како би се извршила нумеричка анализа сложених циклопреносника. Дефинисана је методологија за одређивање радних карактеристика и унутрашњих токова снаге за реално изводљиве варијанте сложених циклопреносника, без обзира на број степени слободе. Методологија омогућава добијање вредности угаоних брзина и обртних момената свих вратила сложеног циклопреносника, као и вредности сила и контактних притисака на зупцима и ваљчићима.

Осмо поглавље обухвата систематску анализу радних карактеристика различитих варијанти ограничених двостепених циклопреносника. Израђен је програм који имплементира претходно формиране математичке моделе. Издвојене су варијанте у којима се појављује циркулирајућа снага и извршена је статистичка анализа параметара који утичу на величину циркулирајуће снаге, као и услови при којима долази до појаве самокочивости.

У деветом поглављу извршена је експериментална верификација нумеричких резултата. Детаљно је описан поступак и услови експерименталног испитивања. Испитане су обе варијанте једноступеног циклопреносника, при чему је приказан утицај појединих геометријских и кинематичких параметара на укупни степен искоришћења. У циљу експерименталне верификације методологије и математичког модела, израђене су и испитане варијанте ограниченог двостепеног циклопреносника са поделом и циркулацијом снаге. Испитивање је вршено на пробном столу у отвореном колу снаге.

На крају дисертације је приказан списак коришћене литературе и прилози са табелама, у којима су дати резултати експерименталних испитивања.

На основу свега наведеног, Комисија сматра да докторска дисертација по обиму истраживања и квалитету добијених резултата у потпуности испуњава постављене циљеве и одговара пријављеној теми дисертације.

6. Научни резултати докторске дисертације

Кандидат Тихомир Мачкић, дипломирани машински инжењер, је у оквиру докторске дисертације извршио систематску анализу постојећих знања и искустава из области губитака снаге, радних карактеристика, степена искоришћења и унутрашњих токова снаге простих и сложених циклопреносника. У току израде дисертације, кандидат је

извршио нумеричке прорачуне и експериментална испитивања и дошао до резултата и закључака који су значајни, како у научном, тако и практичном смислу.

Најважнији резултати докторске дисертације су следећи:

- Детаљан преглед стања истраживања у области степена искоришћења, губитака снаге, радних карактеристика и унутрашњих токова снаге циклопреносника;
- Представљено је и анализирано ново конструкционо решење једноступеног цикло-преносника са тзв. степенастим циклозупчаницима;
- Формиран је математички модел, приказан алгоритам и урађен рачунарски програм за процену радних карактеристика, губитака снаге и степена искоришћења једноступених циклопреносника;
- Утврђен је утицај релевантних фактора на степен искоришћења једноступених циклопреносника, као и промена коефицијента трења између спрегнутих елемената;
- Дефинисани су могући токови унутрашње снаге, појава тзв. „бескорисне снаге“ код једноступених циклопреносника и услови при којима се јавља подела и циркулација снаге код двоступених циклопреносника;
- Осмишљен је одговарајући начин означавања структура простих двоступених циклопреносника, коришћењем модификованог Волфовог симбола;
- Развијена је методологија за одређивање радних карактеристика, губитака и унутрашњих токова снаге сложених циклопреносника;
- Извршена је анализа радних карактеристика и унутрашњих токова снаге ограничених двоступених циклопреносника;
- Развијен је математички модел и израђен рачунарски програм за анализу и одређивање радних карактеристика, парцијалних губитака, унутрашњих токова снаге и степена искоришћења двоступених циклопреносника;
- Урађена су експериментална мерења броја обртаја, обртних момената и степена искоришћења на израђеним моделима простих и сложених циклопреносника;
- Извршена је упоредна анализа и установљена је мала разлика између теоријских и експерименталних резултата.

7. Применљивост резултата у теорији и пракси

Резултати докторске дисертације кандидата Тихомир Мачкића, дипломираног машинског инжењера, под насловом „Анализа радних карактеристика и унутрашњих токова снаге сложених циклопреносника“, применљиви су и корисни, како у теорији, тако и у пракси.

Проблематика разматрана у оквиру ове дисертације од изузетног је значаја при пројектовању сложених циклопреносника. Развијени математички модели одликују се великом поузданошћу и могу се користити за прелиминарну процену радних карактеристика и степена искоришћења циклопреносника. Могућност прелиминарне процене радних карактеристика и степена искоришћења, омогућава издвајање групе реално изводљивих варијанти, уочавање структура у којима се јавља циркулација снаге и избор оптималне варијанте сложеног циклопреносника. Осим тога, добијене

вредности радних карактеристика представљају основу за напонско-деформациону анализу спрегнутих елемената преносника.

Предложена методологија за одређивање радних карактеристика, губитака и унутрашњих токова снаге могуће је применити, уз одговарајуће корекције, и на другим сложеним планетарним преносницима снаге. Методологија представља основу за надоградњу и имплементацију утицаја додатних губитака, који не зависе од оптерећења, али имају утицај на укупни степен искоришћења.

8. Начин презентовања резултата научној јавности

Кандидат је у дисертацији дао систематичан и детаљан приказ добијених резултата, који су проистекли као резултат нумеричких и експерименталних испитивања. Део научних резултата је већ верификован објављивањем научно-стручних радова, у међународним и домаћим часописима и конференцијама.

Комисија сматра да истраживања и необјављени резултати, ове докторске дисертације, представљају обиман и користан материјал за даљу публикацију радова у међународним и домаћим часописима и конференцијама у области механичких преносника снаге.

ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ КОМИСИЈЕ

Докторска дисертација кандидата Тихомира Мачкића, дипломираног машинског инжењера, под насловом „**Анализа радних карактеристика и унутрашњих токова снаге сложених циклопреносника**“, под менторством проф. др Ненада Марјановића, одговара теми прихваћеној од стране Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу и Већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу.

Кандидат је у приказу свог рада користио одговарајућу методологију излагања, која је у складу са универзитетским нормама.

Докторска дисертација по квалитету, обиму и приказаним резултатима истраживања у потпуности задовољава законске услове и универзитетске норме прописане за израду докторске дисертације.

Кандидат је показао да влада методологијом научно-истраживачког рада и поседује способност системског приступа и коришћења литературе. Осим тога, користећи своје професионално образовање, показао је способност да сложеној проблематици приступи свеобухватно, у циљу добијања конкретних и применљивих резултата.

С обзиром на актуелност проблематике која је обрађена и остварене резултате, чланови комисије сматрају да кандидат Тихомир Мачкић, дипломирани инжењер машинства, и поднета докторска дисертација, испуњавају све услове који се у поступку оцене писаног дела докторске дисертације захтевају Законом о високом образовању, Статутом Универзитета у Крагујевцу и Статутом Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу.

На основу свега наведеног, Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Тихомира Мачкића, дипломираног машинског инжењера, предлаже Научно-наставном већу Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу и Већу за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу, да докторску дисертацију кандидата под називом:

**„Анализа радних карактеристика и унутрашњих токова снаге сложених
циклопреносника“**

прихвате као успешно урађену и да кандидата позову на јавну одбрану докторске дисертације.

У Крагујевцу, Новом Саду и Бањој Луци
Септембар 2023. године

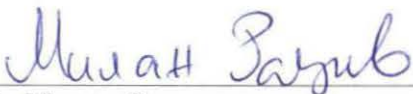
ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

1. 

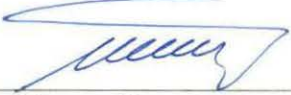
Др Лозица Ивановић, редовни професор, Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, ужа научна област: Машинске конструкције и механизација, председник;

2. 

Др Блажа Стојановић, редовни професор, Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, ужа научна област: Машинске конструкције и механизација, члан;

3. 

Др Милан Рацков, ванредни професор, Факултет техничких наука Универзитета у Новом Саду, ужа научна област: Машински елементи, механизми и инжењерске графичке комуникације, члан;

4. 

Др Милан Тица, ванредни професор, Машински факултет Бања Лука, Универзитет у Бањој Луци, ужа научна област: Машинске конструкције, члан;

5. 

Др Милош Матејић, доцент, Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, ужа научна област: Машинске конструкције и механизација, члан;