

Vijeće Pomorskog fakulteta Kotor na sjednici koja je održana dana 16.01. 2024. godine, u skladu sa čl. 64. stav 2 Statuta Univerziteta i čl. 35. Pravila doktorskih studija, donijelo je sljedeću

O D L U K U

Usvaja se izvještaj Komisije za ocjenu polaznih istraživanja i podobnosti doktorske teze „Novi pristupi u modelovanju asinhronih mašina za različite vrste brodskih opterećenja“ kandidata mr Ilije Kneževića.

Predlaže se Senatu Univerziteta da prihvati kao podobnu doktorsku tezu pod nazivom „Novi pristupi u modelovanju asinhronih mašina za različite vrste brodskih opterećenja“ i kandidata mr Ilije Kneževića.

Ova odluka se dostavlja Odboru za doktorske studije i Senatu Univerziteta.

O b r a z l o ž e n j e

Vijeće Pomorskog fakulteta Kotor je na ovoj sjednici razmatralo Izvještaj komisije o ocjeni podobnosti doktorske teze „Novi pristupi u modelovanju asinhronih mašina za različite vrste brodskih opterećenja“ i kandidata mr Ilije Kneževića. U Izvještaju, komisija je predložila da se naziv teme „Novi pristupi u modelovanju asinhronih motorakoji pogone različite vrste brodskih opterećenja“ promijeni u „Novi pristupi u modelovanju asinhronih mašina za različite vrste brodskih opterećenja“.

Vijeće je u potpunosti saglasno sa navedenim izvještajem i stavom komisije o izmjeni naziva teme doktorske disertacije i o ocjeni polaznih istraživanja (obrazac D1) i isti prihvatilo, pa je odlučeno kao u dispozitivu.

Ova odluka se dostavlja Odboru za doktorske studije i Senatu Univerziteta.

VIJEĆE POMORSKOG FAKULTETA KOTOR

Kotor, 16.01. 2024.

Broj 01-

DEKANICA

Prof.dr Tatijana Dlačić

OCJENA PODOBNOSTI DOKTORSKE TEZE I KANDIDATA

OPŠTI PODACI O DOKTORANDU	
Titula, ime i prezime	MSc, Ilija Knežević
Fakultet	Pomorski fakultet Kotor Univerzitet Crne Gore
Studijski program	Pomorske nauke
Broj indeksa	01/22
Podaci o magistarskom radu	Naziv rada: „Primjena koncepta virtuelne instrumentacije u mjerenju procesnih veličina“, Naučna oblast: Pomorske nauke - Brodska elektrotehnika i elektronika, Institucija na kojoj su završene master studije: Pomorski fakultet Kotor Univerzitet Crne Gore, Godina završetka: novembar 2022. godine, Srednja ocjena: 9.15 (B).
NASLOV PREDLOŽENE TEME	
Na službenom jeziku	Novi pristupi u modelovanju asinhronih mašina za različite vrste brodskih opterećenja
Na engleskom jeziku	Novel Approaches in Modeling Induction Machines for Different Types of Shipboard Loads
Datum prihvatanja teme i kandidata na sjednici Vijeća organizacione jedinice	18.12.2023. godine
Naučna oblast doktorske disertacije	Pomorske nauke - Brodska elektrotehnika i elektronika
Za navedenu oblast matični su sljedeći fakulteti	
Pomorski fakultet Kotor	
A. IZVJEŠTAJ SA JAVNE ODBRANE POLAZNIH ISTRAŽIVANJA DOKTORSKE DISERTACIJE	
Javna odbrana polaznih istraživanja doktorske disertacije radnog naslova „Novi pristupi u modelovanju asinhronih mašina za različite vrste brodskih opterećenja“ kandidata MSc Ilije Kneževića održana je 27.12.2023. godine u Sali za sjednice Pomorskog fakulteta Kotor, u terminu od 17:00 do 18:30h pred komisijom u sastavu: 1. Doc. dr Martin Čalasan, Elektrotehnički fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor, 2. Prof. dr Tatijana Dlabač, Pomorski fakultet Kotor Univerziteta Crne Gore, komentator, 3. Doc. dr Stevan Kordić, Pomorski fakultet Kotor Univerziteta Crne Gore, član, 4. Prof. dr Maja Krčum, Pomorski fakultet Sveučilišta u Splitu, član, 5. Prof. dr Milutin Petronijević, Elektronski fakultet Univerziteta u Nišu, član Komisija je imenovana Odlukom Vijeća Pomorskog fakulteta Kotor br. 01-4099 od 18.12.2023. godine, na koju je data saglasnost Odbora za doktorske studije Univerziteta Crne Gore br. 01/2-1629/4 dana 21.12.2023. godine. Kandidat je precizno i sistematično obrazložio temu doktorske disertacije i dao pregled dosadašnjih istraživanja. Nakon toga je prikazao postavljene hipoteze i cilj same disertacije.	

Jedan od ciljeva istraživanja je modelovanje asinhronih mašina (AM) za brodska opterećenja različitih karakteristika i analitički proračun startnih karakteristika pogona. Pored toga, disertacija ima za cilj razvoj *black-box* modela AM, koji opisuje vezu parametara napajanja (napona U i frekvencije f) i izlazne brzine za razne vrste brodskih opterećenja, koristeći savremene matematičke pristupe u modelovanju sa neuralnim mrežama. Takođe, kandidat je prikazao naučno-istraživačke metode koje će primijeniti kako bi postigao postavljeni cilj. Na završetku, kandidat je izložio detaljan plan istraživanja i očekivani naučni doprinos.

Nakon javne odbrane polaznih istraživanja od strane kandidata, članovi Komisije su postavljali pitanja na koja je kandidat uspješno odgovorio, pruživši detaljna objašnjenja o dosadašnjim rezultatima istraživanja. Nakon usmene prezentacije i diskusije, članovi Komisije su dali preporuke kandidatu kako bi na što bolji i kvalitetniji način nastavio sa istraživanjima i radom na doktorskoj disertaciji.

Članovi Komisije su bili jednoglasni da je kandidat uspješno odbranio polazna istraživanja doktorske disertacije i da može nastaviti dalji rad.

B. OCJENA PODOBNOSTI TEME DOKTORSKE DISERTACIJE

B1. Obrazloženje teme

Elektroenergetski sistem broda (EESB), kao i elektroenergetski sistem na kopnu su veoma kompleksni. Najveći procenat opterećenja u EESB uzimaju asinhronne mašine (AM) za različite vrste brodskih opterećenja kao što su: pumpe, ventilatori, pramčani propeleri (eng. *Bow Thruster*), kompresori, dizalice i dr. To su najčešće 3-fazne AM sa kaveznim rotorom, koje se dominantno koriste zbog svoje jednostavnosti, robusnosti i niskih zahtjeva za održavanjem.

Dinamičko, odnosno matematičko, modelovanje AM čini sistem nelinearnih diferencijalnih jednačina koje opisuju svaku fazu mašine. Najčešće korišćeni pristupi u dinamičkom modelovanju AM su model u statorskom $\alpha\beta$ koordinatnom sistemu (*Klarkina transformacija*) i model u sinhrono-rotirajućem dq koordinatnom sistemu (*Parkova transformacija*).

Ova doktorska disertacija će se baviti novim pristupima u modelovanju AM za različite vrste brodskih opterećenja. Jedan od pravaca istraživanja biće modelovanje startovanja AM i izvođenja analitičke veze promjene brzine u funkciji vremena. Drugi pravac će se odnositi na primjenu neuralnih mreža u modelovanju AM. U ovom slučaju posebno će se analizirati start AM napajane iz pretvarača frekvencije i biti istraženi pristupi za modelovanje AM pri promjenljivim naponima i frekvenciji napajanja, a za slučaj različitih karakteristika brodskih opterećenja.

B2. Cilj i hipoteze

Ciljevi ove disertacije obuhvataju precizno, analitičko modelovanje polaznih karakteristika AM na brodovima. Jedan od ciljeva je izvršiti modelovanje i proračune startnih karakteristika AM za tri osnovna tipa opterećenja: linearno, gravitaciono i ventilatorsko opterećenje. Pored toga, disertacija teži razvoju i evaluaciji *black-box* modela AM, koji opisuje vezu ulaznih parametara napajanja (napona U i frekvencije f) i izlazne brzine za razne vrste brodskih opterećenja koje pogoni AM, koristeći savremene matematičke pristupe u modelovanju sa neuralnim mrežama. Ovaj pristup je dizajniran da razvije robusne modele koji mogu efikasno predvidjeti performanse AM pod različitim brodskim uslovima, čime se olakšava optimizacija i upravljanje EESB.

Hipoteze ove disertacije su:

- **Prva hipoteza:** Primjenom odgovarajućih matematičkih metoda, moguće je razviti analitička rješenja za modelovanje polaznih karakteristika (brzina-vrijeme, moment-vrijeme i struja-vrijeme) za različita opterećenja direktno startovanog AM u EESB-u, čime bi se olakšalo precizno podešavanje prekostrujnih zaštita i osigurala bolja stabilnost, pouzdanost i efikasnost mreže.

- **Druga hipoteza:** Moguće je razviti black-box model AM zasnovan na matematičkom modelovanju sa neuralnim mrežama koji će na osnovu ulaznih parametara napajanja precizno predviđati promjene brzine obrtanja AM pri različitim vrstama brodskog opterećenja.

B3. Metode i plan istraživanja

U procesu istraživanja polaznih karakteristika AM na brodovima, posebno pod različitim tipovima opterećenja, potrebno je primijeniti raznovrsne naučne metode kako bi se osigurala tačnost, sveobuhvatnost i primjenjivost rezultata u praksi.

U okviru ove doktorske disertacije, korišće se kombinacija kvalitativne i kvantitativne metodologije istraživanja. Na samom početku, pristupiti će se prikupljanju i analizi relevantne literature. Nakon toga, metodama dedukcije i indukcije, izvešće se određeni zaključci koji su ključni za modelovanje AM za različite vrste brodskih opterećenja. Nadalje, kvantitativni segment metodologije istraživanja obuhvataće niz eksperimentalnih mjerenja, koja će, između ostalog, biti sprovedena emulacijom različitih opterećenja pomoću *ActiveServo* programa na *LucasNulle* ispitnom stolu.

Ključni aspekt prilikom izrade ove doktorske disertacije predstavljaće metoda matematičkog modelovanja AM za različite vrste brodskih opterećenja. Takođe, korišće se komparativna metoda kako bi se uporedili rezultati dobijeni primjenom novih pristupa u modelovanju AM za različite vrste brodskih opterećenja s eksperimentalnim rezultatima, kao i s rezultatima dobijenim pomoću MATLAB/*Simulink* numeričkih simulacija. Za izradu *black-box* modela AM biće korišćena metoda modelovanja na bazi neuralnih mreža. Eksperimentalne metode će biti upotrebljene za mjerenja i verifikaciju proračuna za različite vrste brodskih opterećenja (linearni tip opterećenja, gravitacioni i ventilatorski) i pri praznom hodu AM.

Plan istraživanja u ovoj doktorskoj disertaciji obuhvata **dva ključna pravca**. Prvi pravac istraživanja fokusira se na predlog novih pristupa u analitičkom modelovanju brzina-vrijeme i struja-vrijeme karakteristike AM direktno startovane pri različitim brodskim opterećenjima. Drugi pravac istraživanja uvodi novi pristup u modelovanju AM koristeći tehnike dubokog učenja, posebno primjenom neuralnih mreža.

Pregledom postojeće literature utvrđeno je da su se dosadašnja istraživanja prevashodno fokusirala na modelovanje brzina-vrijeme karakteristike neopterećene AM. Međutim, praktične situacije podrazumijevaju rad AM pri različitim vrstama opterećenja, što se do sada u literaturi nije razmatralo. **Prvi pravac istraživanja** doktorske disertacije teži dobijanju preciznih matematičkih izraza za modelovanje brzina-vrijeme i struja-vrijeme karakteristika direktno startovanih AM pod uticajem specifičnih opterećenja prisutnih na brodovima. Prvo će se pristupiti modelovanju brzina-vrijeme karakteristike AM pri dominantnom tipu opterećenja na brodu, odnosno ventilatorskom opterećenju. Nakon toga, istraživanja će se preusmjeriti na modelovanje startnih karakteristika u slučajevima linearnog i gravitacionog tipa opterećenja. U okviru prvog istraživačkog pravca, cilj je izvesti po dva analitička izraza za karakteristiku brzina-vrijeme AM za svaki tip opterećenja. Prvi izraz temeljiće se na Kloss-ovoj jednačini za moment mašine, dok će drugi izraz biti baziran na momentu dobijenom iz Teveninove zamjenske šeme. Da bi se potvrdila tačnost izvedenih izraza, potrebno je najprije odrediti parametre zamjenske šeme za šta je neophodno izvesti oglede praznog hoda i kratkog spoja AM. U cilju validacije tačnosti i praktične primjenljivosti predloženih modela, rezultati dobijeni kroz predložene izraze upoređić se s rezultatima iz MATLAB/*Simulink* numeričkih simulacija. Na kraju, eksperimentalna validacija analitičkih modela biće sprovedena na laboratorijskom modelu pogona koji emulira različite karakteristike tipičnih brodskih opterećenja.

Drugi pravac istraživanja doktorske disertacije biće modelovanje AM koristeći moderne matematičke pristupe bazirane na tehnikama dubokog učenja, posebno neuralnih mreža. Ideja je da se posmatra rad AM u brodskom pogonu, pri napajanju iz pretvarača frekvencije. Prvi korak

istraživanja biće testiranje i snimanje odziva AM napajane iz pretvarača frekvencije i opterećene tipičnim karakteristikama mehaničkog opterećenja. Na taj način želi se postići cilj da se AM predstavi preko *black-box* modela, što znači da model posmatra sa ulazima - napon i frekvencija napajanja, a sa druge strane, kao izlaz, biće posmatrana promjena brzine za različite vrste opterećenja koje postoje na brodovima. Arhitektura neuralne mreže će se pažljivo osmisлити, gdje će se posebno obratiti pažnja na: broj skrivenih slojeva, broj neurona unutar svakog sloja, selekciju odgovarajućih aktivacionih funkcija. Parametri modela, poput stope učenja, optimizatora i funkcije gubitka, biće pažljivo odabrani da bi se postigao optimalan model. Cilj je postići visoku preciznost u predviđanju ponašanja AM, kako pod poznatim, tako i pod novim, nepoznatim uslovima. AM će biti posmatran kao *black-box* model, stavljanjem akcenta na ulazne i izlazne parametre motora, bez potrebe za razumijevanjem unutrašnje dinamike. Glavna svrha ovog pravca istraživanja je razviti model koji će jasno definisati vezu između ulaznog napona i frekvencije (U/f) i izlazne brzine AM za različite vrste brodskih opterećenja.

B4. Naučni doprinos

Očekivani naučni doprinosi ove disertacije će biti:

- Dobijanje tačnih analitičkih izraza za modelovanje brzina-vrijeme karakteristike direktno startovane AM za različite vrste brodskih opterećenja;
- Kreiranje *black-box* modela frekventno napajane AM kada pogoni različite vrste brodskih opterećenja, i
- Praktična validacija predloženih modela sprovedenih **kroz eksperimente** i numeričke simulacije, čime će se potvrditi njihova tačnost i primjenljivost u praksi.

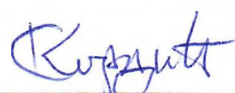
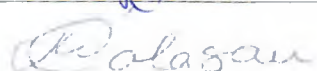
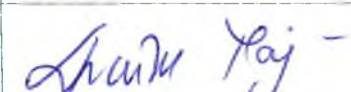
B5. Finansijska i organizaciona izvodljivost istraživanja

Komisija smatra da, uz posvećenost kandidata i podršku mentora i komentora, kandidat ima potencijal da stvori odgovarajuće organizacione okolnosti za izradu ove doktorske disertacije. Kada je riječ o finansijskoj izvodljivosti, sredstva potrebna za objavljivanje naučnih radova i za učešće i prezentacije na naučnim konferencijama biće finansirana iz sredstava Pomorskog fakulteta Kotor, a biće korišćene i sve pogodnosti koje nudi Ministarstvo prosvjete, nauke i inovacija kroz finansiranje podrške za naučno-istraživački rad.

Mišljenje i prijedlog komisije

Komisija za ocjenu prijave doktorske disertacije je, nakon razmatranja prijave teme i odbrane polaznih istraživanja, mišljenja da polazna istraživanja, na temu „*Novi pristupi u modelovanju asinhronih mašina za različite vrste brodskih opterećenja*“ kandidata MSc Ilije Kneževića, ukazuju da je u pitanju veoma značajno istraživanje koje ima veoma dobre početne rezultate i evidentan potencijal za ostvarenje prezentovanog cilja, odnosno za dokazivanje postavljenih hipoteza. Pravci i metodologija istraživanja, kao i izazovi koje treba prevazići, su prepoznati i precizno definisani. Kandidat će raditi na modelovanju asinhronih mašina za različite vrste brodskih opterećenja.

Komisija smatra da je predložena tema istraživanja veoma aktuelna i da po predviđenom obimu, sadržaju i postavljenim hipotezama odgovara nivou doktorskih studija, odnosno omogućava ostvarivanje originalnog naučno-istraživačkog doprinosa u oblasti. Stoga Komisija zaključuje da su početna istraživanja uspješno sprovedena i da je predložena tema disertabilna, te predlaže Vijeću Pomorskog fakulteta Kotor i Senatu Univerziteta Crne Gore da odobri nastavak rada na doktorskoj disertaciji pod naslovom „*Novi pristupi u modelovanju asinhronih mašina za različite vrste brodskih opterećenja*“ kandidatu MSc Iliji Kneževiću.

Prijedlog izmjene naslova		
Komisija predlaže da se naslov doktorske disertacije izmijeni iz: „ <i>Novi pristupi u modelovanju asinhronih motora koji pogone različite vrste brodskih opterećenja</i> “ u „ Novi pristupi u modelovanju asinhronih mašina za različite vrste brodskih opterećenja “.		
Prijedlog promjene mentora i/ili imenovanje drugog mentora		
(titula, ime i prezime, ustanova)		
Planirana odbrana doktorske disertacije		
Ljetnji semestar 2026.		
Izdvojeno mišljenje		
(popuniti ukoliko neki član komisije ima izdvojeno mišljenje)		
		Ime i prezime
Napomena		
(popuniti po potrebi)		
ZAKLJUČAK		
Predložena tema po svom sadržaju odgovara nivou doktorskih studija.	DA	NE
Tema je originalan naučno-istraživački rad koji odgovara međunarodnim kriterijumima kvaliteta disertacije.	DA	NE
Kandidat može na osnovu sopstvenog akademskog kvaliteta i stečenog znanja da uz adekvatno mentorsko vođenje realizuje postavljeni cilj i dokaže hipoteze.	DA	NE
Komisija za ocjenu podobnosti teme i kandidata		
<i>Presjednik</i> Doc. dr Stevan Kordić, Pomorski fakultet Kotor Univerziteta Crne Gore, Crna Gora		
<i>Mentor</i> Doc. dr Martin Čalasan, Elektrotehnički fakultet Univerziteta Crne Gore, Crna Gora		
<i>Komentor</i> Prof. dr Tatijana Dlabač, Pomorski fakultet Kotor Univerziteta Crne Gore, Crna Gora		
<i>Član</i> Prof. dr Milutin Petronijević, Elektronski fakultet Univerziteta u Nišu, Srbija		
<i>Član</i> Prof. dr Maja Krčum, Pomorski fakultet Sveučilišta u Splitu, Hrvatska		
U Kotoru,		
		DEKANICA Prof. dr Tatijana Dlabač
MP		

PRILOG

PITANJA KOMISIJE ZA OCJENU PODOBNOSTI DOKTORSKE TEZE I KANDIDATA	
<i>Predsjednik</i> Doc. dr Stevan Kordić, Pomorski fakultet Kotor Univerziteta Crne Gore, Crna Gora	1. Da li će se razmatrati utvrđeni set scenarija za učenje neuralne mreže? 2. Da li smatrate da bi naslov teme trebalo izmijeniti u pogledu jasnoće?
<i>Mentor</i> Doc. dr Martin Čalasan, Elektrotehnički fakultet Univerziteta Crne Gore, Crna Gora	1. Da li postoji mogućnost razvoja generalnog (univerzalnog) <i>black-box</i> modela AM?
<i>Komentor</i> Prof. dr Tatijana Dlabač, Pomorski fakultet Kotor Univerziteta Crne Gore, Crna Gora	1. Zašto je odabran pristup <i>black-box</i> modeliranju AM?
<i>Član</i> Prof. dr Milutin Petronijević, Elektronski fakultet Univerziteta u Nišu, Srbija	1. Da li će se i na koji način razmatrati uticaj neodređenosti i varijacije parametara AM na analitičke izraze za startne karakteristike? 2. Da li će predloženi <i>black-box</i> model biti adekvatan i u slučaju vektorskog upravljanja AM?
<i>Član</i> Prof. dr Maja Krčum, Pomorski fakultet Sveučilišta u Splitu, Hrvatska	1. Na koji način se kočenje AM razmatra u okviru modela? 2. Šta se podrazumijeva pod različitim vrstama brodskih opterećenja i da li se razmatraju prijelazna stanja?
PITANJA PUBLIKE DATA U PISANOJ FORMI	
(Ime i prezime)	
(Ime i prezime)	
(Ime i prezime)	
ZNAČAJNI KOMENTARI	