



Broj: 02/1-442/1
Datum: 15.04.2022

UNIVERZITET CRNE GORE

- Odboru za doktorske studije -

- Senatu -

O V D J E

U prilogu dostavljamo Odluku Vijeća Elektrotehničkog fakulteta sa sjednice od 14.04.2022. godine i **obrazac D1**, sa pratećom dokumentacijom, za kandidata MSc **Aldina Kajevića**, na dalje postupanje.



DEKAN,

Prof. dr Saša Mujović





Broj: 02/1-442
Datum: 14.07.2022

Na osnovu člana 64 Statuta Univerziteta Crne Gore, u vezi sa članom 35 Pravila doktorskih studija, Vijeće Elektrotehničkog fakulteta u Podgorici, na sjednici od 14.04.2022. godine, donijelo je

ODLUKU

Daje se pozitivno mišljenje i prihvata Izvještaj Komisije za ocjenu prijave doktorske disertacije: „**Razvoj dinamičkog modela sinhronne mašine u prirodnom sistemu koordinata**“, kandidata MSc Aldina Kajevića.

-VIJEĆE ELEKTROTEHNIČKOG FAKULTETA-

DEKAN,

Prof. dr Saša Mujović



Dostavljeno:

- Odboru za doktorske studije,
- Senatu,
- u dosije,
- a/a.



OCJENA PODOBNOSTI DOKTORSKE TEZE I KANDIDATA

OPŠTI PODACI O DOKTORANDU	
Titula, ime i prezime	MSc, Aldin Kajević
Fakultet	Elektrotehnički fakultet UCG
Studijski program	EA
Broj indeksa	1/20
Podaci o magistarskom radu	„Uticaj broja štapova rotora na pulsacije elektromagnetskog momenta četvoropolnog trofaznog asinhronog motora“ Električne mašine, Elektrotehnički fakultet UCG, 2020. godine, srednja ocjena „A“
NASLOV PREDLOŽENE TEME	
Na službenom jeziku	Razvoj dinamičkog modela sinhronne mašine u prirodnom sistemu koordinata
Na engleskom jeziku	Development of synchronous machine dynamical model in natural frame of reference
Datum prihvatanja teme i kandidata na sjednici Vijeća organizacione jedinice	14.04.2022. god.
Naučna oblast doktorske disertacije	Elektroenergetika – električne mašine
Za navedenu oblast matični su sljedeći fakulteti	
Elektrotehnički fakultet	
A. IZVJEŠTAJ SA JAVNE ODBRANE POLAZNIH ISTRAŽIVANJA DOKTORSKE DISERTACIJE	
<p>Javna odbrana polaznih istraživanja doktorske disertacije radnog naslova „Razvoj dinamičkog modela sinhronne mašine u prirodnom sistemu koordinata“ kandidata MSc Aldina Kajevića, održana je 07. 04. 2022. godine u Svečanoj sali Elektrotehničkog fakulteta UCG u terminu od 9.00h do 10.00h.</p> <p>Kandidat je uspješno obrazložio temu, cilj i hipoteze istraživanja. Presentirao je konkretnu mašinu čije parametre računski određuje kao i talasne oblike magnetomotorne sile namotaja armature i pobudnog namotaja. Detaljno je opisao konkretni prigušni namotaj i funkcije namotaja njegove dvije karakteristične petlje. Prikazao je izvorni matematički model u prirodnom sistemu koordinata čija dopuna, u smislu uzimanja u obzir prigušnog namotaja i njegovo rešavanje je njegov osnovni cilj. Kandidat je takođe Komisiji predočio planove i ciljeve daljih istraživanja.</p> <p>Nakon izlaganja kandidata, članovi Komisije su komentarisali temu i ciljeve istraživanja kao i dosadašnje rezultate. Nakon toga su članovi komisije postavili pitanja na koja je kandidat uspješno odgovorio. Odbrana polaznih istraživanja je završena kroz diskusiju članova Komisije i kandidata, kroz koju su članovi Komisije kandidatu ukazali i na eventualne dodatne pravce budućeg istraživanja.</p>	

B. OCJENA PODOBNOSTI TEME DOKTORSKE DISERTACIJE**B1. Obrazloženje teme**

Zbog svojih dobrih karakteristika i dokazanih performansi, sinhrona električna mašina imaju dugu istoriju upotrebe, prvenstveno u oblasti proizvodnje električne energije. Iako su ove električne mašine opsežno proučavane i implementirane, danas se ponovo budi interes za unapređenjem njihovog dizajna. Taj interes je dijelom posledica sve rigoroznijih zahtjeva u smislu energetske efikasnosti, ali je vezan i sa standardima kvaliteta električne energije, sa usklađenošću sa električnom mrežom, napretkom u materijalima i tehnologijama. Takođe, značanja unapređenja u računarskim resursima omogućavaju upotrebu modernih dizajnerskih tehnika i alata u cilju postizanja što optimalnijeg dizajna. Današnji moćni računari omogućavaju upotrebu složenijih modela sinhrona mašine koji mogu uzeti u obzir sve više ranije zanemarenih efekata i konstrukcijskih elemenata mašine.

Jedan od bitnih elemenata sinhrona mašine koji je često zanemaran prilikom modeliranja ili je u modele inkorporiran na prilično uopšten način, uvođenjem fiktivnih namotaja po d i q osi, jeste prigušni namotaj.

U cilju optimizacije dizajna ove, kao i ma koje druge električne mašine, neophodno je razviti precizne i pouzdane matematičke modele, što je i osnovni motiv za predloženu temu.

Osnovna ideja je razvoj dinamičkog matematičkog modela sinhrona mašine u prirodnom sistemu koordinata sa akcentom na inkorporiranje prigušnog namotaja u model. Takav model će se bazirati na teoriji funkcija namotaja i inkorporiraće prigušni namotaj, onakav kakav je, uzimajući u obzir njegovu realnu prostornu raspodjelu i parametre. Tako razvijen model će biti iskorišćen za analizu uticaja prigušnog namotaja na različite performanse mašine.

B2. Cilj i hipoteze

Cilj predložene teme disertacije je razvoj dinamičkog modela sinhrona mašine u prirodnom sistemu koordinata, baziranog na teoriji funkcije namotaja. Pritom će posebna pažnja biti posvećena modeliranju prigušnog namotaja koji u dostupnoj literaturi nije modeliran na ovaj način. Model će biti razvijen na konkretnom primjeru sinhrona mašine. Rezultati dobijeni iz modela će biti validirani poređenjem sa rezultatima iz standardnog dq modela kao i sa poznatim analitičkim izrazima, prije svega onim koji daje vremensku promjenu struje sinhronog generatora u režimu simetričnog trofaznog kratkog spoja. U cilju validacije modela planiran je razvoj paralelnog modela u komercijalnom softveru baziranom na metodi konačnih elemenata. Ukoliko to realne okolnosti budu dozvolile, planirana je i eksperimentalna validacija na laboratorijskoj mašini male snage – istina mjerenjem samo onih struja koje su dostupne mjerenju a to nije slučaj sa strujama prigušnog namotaja. Razvijeni model će biti upotrijebljen za: a) analizu spektralnog sadržaja struje u prigušnom ali i svim ostalim namotajima u mašini; b) analizu uticaja iskošenja žljebova statora ili rotora za proizvoljan ugao na gore pomenuti spektralni sadržaj; c) analizu načina formiranja prigušnog namotaja sa ciljem smanjivanja Džulovih gubitaka u njemu u stacionarnom radnom režimu mašine; d) analizu načina formiranja prigušnog namotaja sa aspekta stabilnosti mašine u nestacionarnim i nesimetričnim radnim režimima.

Hipoteza je da će razvijeni model sinhrona mašine baziran na teoriji funkcije namotaja pokazati zadovoljavajući stepen poklapanja sa rezultatima iz komercijalnih softvera, uz znatno kraće vrijeme potrebno za dobijanje istih rezultata. Za očekivati je da će program

baziran na razvijenom modelu zbog brzine izvršavanja omogućiti jednostavno i brzo izvođenje simulacija za različite izmjene u dizajnu prigušnog namotaja čime će omogućiti lakše dolaženje do zaključaka o optimalnom rešenju.

B3. Metode i plan istraživanja

Na samom startu će biti pribavljeni detaljni konstrukcijski i električni parametri realne sinhronne mašine sa prigušnim namotajem. Na osnovu konstrukcijskih parametara biće određeni parametri potrebni za model sinhronne mašine baziran na teoriji funkcije namotaja. Dobijeni parametri će omogućiti razvoj modela i njegovu implementaciju u softverskom paketu MATLAB. Prilikom implementacije modela biće korišćene metode numeričke integracije. Iz modela će biti moguće dobiti razvijeni elektromagnetski moment, struje statorskog, pobudnog i prigušnog namotaja u vremenskom domenu, sa kompletnim spektralnim sadržajem. Rezultati simulacija će biti detaljno analizirani putem brze Furijeove transformacije.

U cilju validacije modela baziranog na teoriji funkcije namotaja biće razvijen i model baziran na metodi konačnih elemenata. Za FEM model biće korišćeni isti konstrukcijski parametri, odnosno model će biti razvijen za istu mašinu. Rezultati simulacija iz ovog modela će takođe biti detaljno analizirani. Poređenjem rezultata iz ova dva modela će se moći doći do zaključka o validnosti rezultata dobijenih iz novorazvijenog modela.

Nakon izvršene validacije modela će biti analiziran uticaj iskošenja žljebova statora ili rotora na spektralni sadržaj struja u svim namotajima kao i način formiranja prigušnog namotaja a u cilju minimizacije Džulovih gubitaka u prigušnom namotaju u stacionarnom radnom stanju.

B4. Naučni doprinos

Očekivani naučni doprinos jeste razvoj brzog i pouzdanog dinamičkog modela sinhronne mašine sa prigušnim namotajem, baziranog na teoriji funkcije namotaja, u prirodnom sistemu koordinata. Na taj način bi se jedan bitan element sinhronne mašine, prigušni namotaj, uzeo u obzir na realan i prirodan način, sa svim njegovim detaljima i realnom prostornom raspodjelom za razliku od uobičajenog i ustaljenog pristupa koji taj namotaj modelira uvođenjem fiktivnih namotaja po dvije međusobno poprečne ose. Ovaj model bi zbog svoje brzine izvršavanja trebao omogućiti jednostavno sagledavanje uticaja iskošenja žljebova statora ili rotora kao i uticaja rasporeda štapova prigušnog namotaja na različite performanse mašine.

B5. Finansijska i organizaciona izvodljivost istraživanja

Osnovni način validacije modela čiji je razvoj predmet ove doktorske disertacije biće poređenje rezultata iz modela sa rezultatima iz drugog, paralelnog modela koji će biti razvijen u komercijalnom softveru baziranom na metodi konačnih elemenata. Ovo je posledica činjenice da se struje u prigušnom namotaju nijesu dostupne mjerenju. Istina je da postoje načini za mjerenje i ovih struja ali su oni izuzetno tehnološki složeni i vrlo skupi tako da u ovom slučaju ne dolaze u obzir. U slučaju da se tokom vremena otvori mogućnost mjerenja na nekoj od mašina manje snage, i u tom slučaju svih ostalih struja izuzev struja u prigušnom namotaju, ta će se mogućnost svakako iskoristiti.

Sve u svemu, smatramo da je istraživanje izvodljivo i u finansijskom i u organizacionom smislu.

Mišljenje i prijedlog komisije

Komisija za ocjenu prijave doktorske disertacije je, nakon detaljnog razmatranja prijave teme

doktorske disertacije, kvaliteta odbrane polaznih istraživanja i odgovora na postavljena pitanja, mišljenja da su polazna istraživanja kandidata MSc Aldina Kajevića originalan naučni poduhvat koji će dati vrijedan doprinos oblasti modeliranja sinhronne mašine i njene analize kako sa aspekta njenog dizajna tako i sa aspekta detaljnijeg istraživanja uticaja dizajna prigušnog namotaja na stabilnost ove mašine na poremećaje. Metode i ciljevi istraživanja su precizno definisani. Razvoj teorije funkcije namotaja i njena primjena za analizu različitih vrsta električnih mašina daje dobru osnovu za istraživanje u oblasti sinhronih mašina, posebno sa aspekta analize prigušnog namotaja. Kandidat će razvojem ovog modela i njegovom primjenom na sinhronu mašinu sa prigušnim namotajem biti u mogućnosti da analizira spektar struja u prigušnom namotaju, izračuna Džulove gubitke u ovom namotaju kao i da analizira uticaj dizajna ovog namotaja kako na efikasnost mašine u stacionarnom radnom režimu tako i na njeno ponašanje u tranzijentnim i nesimetričnim radnim režimima.

Imajući sve prethodno navedeno na umu, Komisija smatra da je tema istraživanja aktuelna i da odgovara nivou istraživanja za izradu doktorske disertacije. Stoga je Komisija jednoglasno donijela odluku o tome da je kandidat uspješno odbranio polazna istraživanja pa predlaže Vijeću Elektrotehničkog fakulteta i Senatu Univerziteta Crne Gore da odobri nastavak rada na doktorskoj disertaciji kandidata MSc Aldina Kajevića.

Prijedlog izmjene naslova
Prijedlog promjene mentora i/ili imenovanje drugog mentora
Planirana odbrana doktorske disertacije

Septembar 2024. godine

Izdvojeno mišljenje
Napomena
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

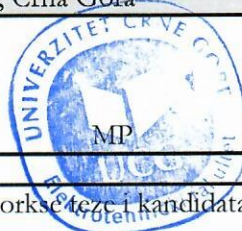
Komisija za ocjenu podobnosti teme i kandidata

 Prof. dr Gojko Joksimović, Elektrotehnički fakultet,
Univerzitet Crne Gore, Crna Gora

 Prof. dr Zoran Miljanić, Elektrotehnički fakultet,
Univerzitet Crne Gore, Crna Gora

 doc. dr Martin Čalasan, Elektrotehnički fakultet,
Univerzitet Crne Gore, Crna Gora

U Podgorici, 11. 04. 2022. godine



11. 04. 2022. g.

DEKAN

Prof. dr Saša Mujović

PRILOG

PITANJA KOMISIJE ZA OCJENU PODOBNOSTI DOKTORSKE TEZE I KANDIDATA	
Prof. dr Gojko Joksimović	1. Kakav oblik struje kandidat očekuje u prigušnom namotaju u ustaljenom radnom režimu? <hr/> <hr/>
Prof. dr Zoran Miljanić	1. Koji komercijalni softver kandidat planira da koristi? <hr/> <hr/>
doc. dr Martin Čalasan	1. Kolega Čalasan nije postavio pitanje kandidatu već je samo komentarisao planiranu temu i cilj istraživanja. <hr/> <hr/>
PITANJA PUBLIKE DATA U PISANOJ FORMI	
ZNAČAJNI KOMENTARI	
<p>Kolega Zoran Miljanić je izrazio svoja pozitivna očekivanja i nadu da će predloženi model, prije svega zbog brzine izvršavanja, naći široku primjenu u analizi stabilnosti elektroenergetskog sistema, oblasti koja postaje sve zahtjevnija sa porastom udjela distribuirane proizvodnje električne energije.</p> <p>Kolega Martin Čalasan se posebno vrlo pohvalno izrazio o predloženoj temi kao vrlo interesantnoj i kao temi koja otvara čitavo polje za moguća istraživanja.</p>	

Na osnovu člana 33 Zakona o upravnom postupku ("Službeni list CG", br. 56/14, 20/15, 40/16 i 37/17), člana 115 Zakona o visokom obrazovanju ("Službeni list CG", br. 44/14, 52/14, 47/15, 40/16, 42/17, 71/17, 55/18, 3/19, 17/19, 47/19, 72/19, 74/20 104/21) i službene evidencije, a po zahtjevu studenta Kajević Bešir Aldin, izdaje se

UVJERENJE O POLOŽENIM ISPITIMA

Student **Kajević Bešir Aldin**, rođen **21-04-1995** godine u mjestu **Rožaje**, opština **Rožaje**, Republika **Crna Gora**, upisan je studijske **2020/2021** godine, u **I** godinu studija, kao student koji se **samofinansira** na **doktorske akademske studije**, studijski program **ELEKTROTEHNIKA**, koji realizuje **ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET - Podgorica** Univerziteta Crne Gore u trajanju od **3 (tri)** godine sa obimom **180** ECTS kredita.

Student je položio ispite iz sljedećih predmeta:

Redni broj	Semestar	Naziv predmeta	Ocjena	Uspjeh	Broj ECTS kredita
1.	1	ENERGETSKA ELEKTRONIKA - NAPREDNI KURS	"A"	(odličan)	8.00
2.	1	ISTORIJA IDEJA I TEORIJA U ELEKTROTEHNICI	"A"	(odličan)	8.00
3.	1	METODOLOGIJA NAUČNO-ISTRAŽIVAČKOG RADA	"A"	(odličan)	8.00
4.	1	MODELOVANJE I DINAMIKA ELEKTRIČNIH MAŠINA	"A"	(odličan)	8.00
5.	2	MONITORING I DIJAGNOSTIKA ELEKTRIČNIH MAŠINA	"A"	(odličan)	8.00

Zaključno sa rednim brojem **5**.

Ostvareni uspjeh u toku dosadašnjih studija je:

- srednja ocjena položenih ispita **"A" (10.00)**
- ukupan broj osvojenih ECTS kredita **40.00** ili **66.67%**
- indeks uspjeha **6.67**.

Uvjerjenje se izdaje na osnovu službene evidencije, a u svrhu ostvarivanja prava na: (dječji dodatak, porodičnu penziju, invalidski dodatak, zdravstvenu legitimaciju, povlašćenu vožnju za gradski saobraćaj, studentski dom, studentski kredit, stipendiju, regulisanje vojne obaveze i slično).

Broj:
Podgorica, 23.12.2021 godine



SEKRETAR,

PO OVLASTI SEKRETARA
Referent službe
Slavko Petrović