



Univerzitet Crne Gore
ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET

A:Džordža Vašingtona bb., 81000 Podgorica Crna Gora
T:+382 20 245 839 F:+382 20 245 839 E:etf@ucg.ac.me W:www.ucg.me/etf



Broj: 02/1-85/1
Datum: 22.01.2024.

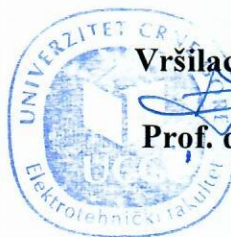
UNIVERZITET CRNE GORE

- Odboru za doktorske studije -

- Senatu -

OVDJE

U prilogu dostavljamo Odluku Vijeća Elektrotehničkog fakulteta sa sjednice od 17.01.2024. godine i **obrazac D1**, sa pratećom dokumentacijom, za kandidata MSc **Stevana Rakočevića**, na dalje postupanje.



Vršilac funkcije DEKANA,

Budimir Lutovac
Prof. dr Budimir Lutovac





Univerzitet Crne Gore
ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET

A: Džordža Vašingtona bb., 81000 Podgorica Crna Gora
T: +382 20 245 839 F: +382 20 245 839 E: etf@ucg.ac.me W: www.ucg.me/etf



Broj: 02/1-85
Datum: 17.01.2024

Na osnovu člana 64 Statuta Univerziteta Crne Gore, u vezi sa članom 35 Pravila doktorskih studija, Vijeće Elektrotehničkog fakulteta u Podgorici, na sjednici od 17.01.2024. godine, donijelo je

ODLUKU

Daje se pozitivno mišljenje i prihvata Izvještaj Komisije za ocjenu prijave doktorske disertacije: „**Predlozi za poboljšanje integracije fotonaponskih sistema u distributivnu mrežu bazirani na primjeni harmonijskih filtera i FACTS uređaja**“, kandidata MSc Stevana Rakočevića.

-VIJEĆE ELEKTROTEHNIČKOG FAKULTETA-



Vršilac funkcije DEKANA,
[Signature]
Prof. dr Budimir Lutovac

Dostavljeno:

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



Crna Gora
UNIVERZITET CRNE GORE
ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET

Primljeno:	15.01.2024
Org. jed.	02/11
Broj:	46
Prilog:	
Vrijed:	

UNIVERZITET CRNE GORE

Obrazac D1: Ocjena podobnosti doktorske teze i kandidata

OCJENA PODOBNOSTI DOKTORSKE TEZE I KANDIDATA

OPŠTI PODACI O DOKTORANDU	
Titula, ime i prezime	MSc Stevan Rakočević
Fakultet	Elektrotehnički fakultet
Studijski program	Energetika i automatika
Broj indeksa	2/22
Podaci o magistarskom radu	„Koodinirana alokacija i dimenzionisanje distribuiranih izvora električne energije i uređaja za fleksibilan prenos električne energije u radijalnoj distributivnoj mreži“, rad odbranjen 22.07.2022. godine
NASLOV PREDLOŽENE TEME	
Na službenom jeziku	“Predlozi za poboljšanje integracije fotonaponskih sistema u distributivnu mrežu bazirani na primjeni harmonijskih filtera i FACTS uređaja”
Na engleskom jeziku	“Proposals for improving photovoltaic systems integration to distribution network based on the implementation of harmonic filters and FACTS devices”
Datum prihvatanja teme i kandidata na sjednici Vijeća organizacione jedinice	14.01.2024. GOD.
Naučna oblast doktorske disertacije	Energetika i automatika
Za navedenu oblast matični su sljedeći fakulteti	
Elektrotehnički fakultet, Univerzitet Crne Gore	
A. IZVJEŠTAJ SA JAVNE ODBRANE POLAZNIH ISTRAŽIVANJA DOKTORSKE DISERTACIJE	
<p>Javna odbrana polaznih istraživanja doktorske disertacije radnog naslova "Predlozi za poboljšanje integracije fotonaponskih sistema u distributivnu mrežu bazirani na primjeni harmonijskih filtera i FACTS uređaja" održana je 12. januara 2024. godine u Svečanoj sali Elektrotehničkog fakulteta u vremenu od 11h do 12.30h.</p> <p>Kandidat je obrazložio temu, objasnio njen praktični značaj, predstavio ostvarene rezultate do sada sprovedenih istraživanja i ukazao na saradnju u realizaciji istraživanja sa različitim privrednim subjektima u zemlji, kao i akademskim i naučnim osobljem sa drugih univerzitetskih jedinica iz inostranstva. Takođe, kandidat je predočio Komisiji planove i ciljeve budućih istraživanja.</p> <p>Nakon izlaganja pripremljene prezentacije od strane kandidata, članovi Komisije su dali komentare i ukazali kandidatu na dodatne, potencijalne, pravce budućeg istraživanja. Usmena odbrana polaznih istraživanja je završena kroz diskusiju na pitanja postavljena od strane Komisije, na koja je kandidat uspješno odgovorio.</p>	

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

Priključivanje fotonaponskih sistema direktno na distributivnu mrežu pokazalo se kao obećavajuće rješenje za smanjivanje emisija CO₂ i povećanje efikasnosti prenosa električne energije do krajnjih korisnika. Međutim, za ostvarivanje prethodno navedenih benefita važno je sprovesti integraciju fotonaponskih sistema uzimajući u obzir njihovu nestacionarnu proizvodnju i njihov uticaj na stanje distributivnog sistema u pogledu vrijednosti gubitaka snage, naponskog profila i parametara kvaliteta električne energije. Prema tome, ova doktorska disertacija se bavi savremenim pristupima optimalne integracije fotonaponskih sistema u distributivnim mrežama, baziranih na primjeni harmonijskih filtera i FACTS uređaja, sa ciljem smanjivanja gubitaka snage i poboljšanja kvaliteta električne energije.

B2. Cilj i hipoteze

Cilj ove doktorske disertacije je razvoj metoda za optimalno lociranje fotonaponskih (PV) sistema u distributivnoj mreži, kao i za optimalno lociranje kondenzatora (SC), FACTS uređaja i harmonijskih filtera (HF) u distributivnim mrežama sa prethodno integrisanim PV. **Prva hipoteza** ove disertacije je da će novi predloženi metod za proračun harmonijskih tokova snaga dati tačna rješenja proračuna uz stabilnu konvergenijsku karakteristiku. **Druga hipoteza** je da će novi predloženi metod za optimalno lociranje PV, SC, FACTS sistema i HF pronaći optimalne lokacije uređaja minimizacijom višeciljne kriterijumske funkcije uz što efikasnije korišćenje računarskih resursa. **Treća hipoteza** ove disertacije je da će optimalno locirani PV doprinijeti smanjenju gubitaka snage, poboljšanju naponskog profila i očuvanja parametra kvaliteta električne energije u propisanim granicama. **Četvrta hipoteza** je da će optimalno lociranje SC i FACTS sistema u distributivnim mrežama sa integrisanim PV doprinijeti dodatnom smanjivanju gubitaka i poboljšanju naponskog profila sa aspekta eliminisanja uticaja nestacionarne proizvodnje PV na oscilacije napona u toku dana.

B3. Metode i plan istraživanja

Plan istraživanja ove doktorske disertacije definisan je u okviru dva pravca. **Prvi pravac** se odnosi na razvijanje metode za proračun harmonijskih tokova snaga u distributivnim mrežama. Drugi pravac se odnosi na razvijanje metoda za optimalno lociranje PV u distributivnoj mreži i za optimalno lociranje SC, FACTS sistema i HF u distributivnim mrežama sa prethodno integrisanim PV.

Kako je prethodno spomenuto u pregledu dosadašnjih istraživanja, za dobijanje stanja kvaliteta električne energije u distributivnim mrežama autori koriste DHLF baziran na N-R ili BFS metodama proračuna tokova snaga. Međutim, u standardnoj proceduri DHLF sastavni korak je inverzija matrice admitansi na harmonijskim učestanostima, što proračun čini numerički kompleksnijim pogotovo u slučaju velikih mreža. Dodatno, N-R metoda ima problem sa konvergencijom pri proračunu tokova snaga u distributivnim sistemima usljed najčešće radialne strukture i velike vrijednosti odnosa X/R, dok BFS metoda ne može da konvergira u prisustvu SC. Stoga, dio istraživanja ove doktorske disertacije biće fokusiran na razvijanju nove metode za DHLF u distributivnim mrežama. Radi prevazilaženja prethodno navedenih nedostataka N-R i BFS, metoda predložena u ovoj disertaciji biće bazirana na minimizacionom pristupu, odnosno definisanju kriterijumskih funkcija za proračun na osnovnim i harmonijskim frekvencijama i dobijanja rješenja DHLF kroz minimizaciju kriterijumskih funkcija. Metod predložen u okviru ove disertacije biće testiran kroz simulacije na standardnim IEEE testnim

mrežama, sa integrisanim nelinearnim potrošačima, DG i SC. Validnost dobijenih rezultata biće provjerena kroz poređenje sa rezultatima dobijenim komercijalnim softverskim alatima za proračun harmonijskih tokova snaga i rezultatima prezentovanim u dostupnoj literaturi.

Drugi pravac istraživanja ove doktorske disertacije biće fokusiran na unapređivanju dosadašnjih pristupa optimalne integracije PV u distributivnim mrežama. Kroz pregled postojećih istraživanja pokazalo se da autori za rješavanje navedenih problema predlažu metaheurističke i hibridne algoritme. Međutim, najveći nedostaci metaheurističkih algoritama su: nemogućnost postizanja globalno optimalnog rješenja, zavisnost rješenja od početnih uslova i varijacije rješenja u različitim instancama pokretanja identičnog algoritma. Stoga, u drugoj fazi istraživanja ove doktorske disertacije primat je na razvijanju numeričke metode za optimalno lociranje PV, SC, FACTS sistema i HF u distributivnim mrežama, koja će za razliku od metaheurističkih algoritama dati optimalno rješenje, nezavisno od zadatih početnih uslova i broja pokretanja algoritma. Ključni ciljevi optimizacije su: smanjivanje gubitaka snage, poboljšanje naponskog profila i minimizacija THD napona i struja, pri čemu će u ovoj doktorskoj disertaciji svi proračuni biti izvršeni u vremenskom domenu, uzimajući u obzir uticaj nesigurnosti proizvodnje PV i potrošnje konzuma na optimalno rješenje. Takođe, za razliku od radova u dostupnoj literaturi, pored simulacije predložene metode na standardnim IEEE testnim mrežama, u okviru istraživanja ove doktorske disertacije biće razmatrano i optimalno lociranje PV, SC, FACTS sistema i HF u realnim distributivnim mrežama na prostoru Crne Gore.

Tokom izrade ove doktorske disertacije biće korišćene različite vrste **materijala**. U procesu dobijanja rezultata simulacije biće korišćeni podaci o parametrima dalekovoda i snagama konzuma IEEE 18-čvorne, 33-čvorne i 69-čvorne testne mreže preuzetih iz baza IEEE, i podaci o dalekovodima i promjeni potrošnje na izvodima realnih distributivnih mreža na prostoru Crne Gore dobijenih od strane Crnogorskog Elektro-distributivnog Sistema (CEDIS). Dodatno, prilikom modelovanja nestacionarne proizvodnje PV biće korišćeni: podaci o sunčevoj insolaciji na prostoru Crne Gore u periodu od 2010. do 2022. godine preuzetih sa Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) i realna mjerenja izlazne snage postojećih PV instaliranih na distributivni sistem Crne Gore dobijena od strane Elektroprivrede Crne Gore (EPCG).

Metode korišćene u ovoj doktorskoj disertaciji zasnovane su na principima matematičkog programiranja. Konkretno, proračun harmonijskih tokova snaga biće formulisan kao nelinearni problem (eng. Non-Linear Programming - NLP) i riješen primjenom solvera CONOPT, dok će optimalno lociranje PV, SC, FACTS sistema i HF biti formulisani kao mješovito-cjelobrojni nelinearni problemi (eng. Mixed-Integer Non-Linear Programming - MINLP) i riješeni primjenom solvera BONMIN. U postupku rješavanja problema biće postavljene jednačine, ograničenja i kriterijumske funkcije optimalnih tokova snaga (eng. Optimal Power Flow – OPF). U okviru ove doktorske disertacije rješenja će biti dobijena minimizacijom višeciljne kriterijumske funkcije OPF, koja uključuje: gubitke snage, devijaciju napona, troškove rada uređaja i THD. Matematičko modelovanje i rješavanje navedenih problema biće izvršeno u programskom paketu General Algebraic Modelling Systems – GAMS. Prilikom poređenja dobijenih rezultata harmonijskih tokova snaga biće korišćeni alati za proračun harmonijskih tokova snaga dostupni u okviru komercijalnih softvera za analizu elektroenergetskih sistema: ETAP, DigSilent i NEPLAN. Dodatno, nesigurnost proizvodnje PV biće modelovana korišćenjem Beta raspodjele, dok će nesigurnost potrošnje konzuma biti modelovana korišćenjem Gausove raspodjele.

B4. Naučni doprinos

Očekivani naučni doprinosi ove disertacije su razvoj:

- Novog metoda za proračun harmonijskih tokova snaga u distributivnim sistemima sa PV proizvodnjom
- Novih metoda za optimalano lociranje PV, SC, FACTS sistema i HF u distributivnoj mreži, uzimajući u obzir nestacionarnost proizvodnje PV sistema i potrošnje konzuma.

B5. Finansijska i organizaciona izvodljivost istraživanja

Sredstva potrebna za publikacije naučnoistraživačkih radova i prezentacije istraživanja na konferencijama obezbijediće se kroz Fond za naučnoistraživački rad nastavnika Elektrotehničkog fakulteta, kao i kroz programe sufinansiranja naučnoistraživačkog rada Ministarstva prosvjete, nauke i inovacija.

Na organizacionu izvodljivost istraživanja negativan uticaj može imati preoterećenost kandidata poslovnim obavezama u HE Perućica.

Mišljenje i prijedlog komisije

Nakon usmenog izlaganja kandidata na javnoj odbrani polaznih istraživanja, diskusije nakon izlaganja, a imajući u vidu i priloženu dokumentaciju (PD obrazac), Komisija daje pozitivnu ocjenu polaznih istraživanja kandidata MSc Stevana Rakočevića. Komisija predlaže Vijeću Elektrotehničkog fakulteta da prihvate ovaj Izvještaj i odobre nastavak rada na doktorskoj disertaciji.

Komisija sa zadovoljstvom konstatuje da su u dosadašnjem toku istraživanja na doktorskoj disertaciji radnog naslova "*Predlozi za poboljšanje integracije fotonaponskih sistema u distributivnu mrežu bazirani na primjeni harmonijskih filtera i FACTS uređaja*" već ostvareni određeni rezultati, koji svojim obimom i kvalitetom ukazuju na aktuelnost teme i ozbiljnost istraživanja. Tome u prilog ide činjenica da je kandidat do sada objavio i dva rada u časopisima sa SCI/SCIE liste.

Prijedlog izmjene naslova

Prijedlog promjene mentora i/ili imenovanje drugog mentora

Planirana odbrana doktorske disertacije


Oktobar 2025. godine

Izdvojeno mišljenje

Nije bilo izdvojenih mišljenja.

Napomena

ZAKLJUČAK

Predložena tema po svom sadržaju odgovara nivou doktorskih studija.	DA	
Tema je originalan naučno-istraživački rad koji odgovara međunarodnim kriterijumima kvaliteta disertacije.	DA	
Kandidat može na osnovu sopstvenog akademskog kvaliteta i stečenog znanja da uz adekvatno mentorsko vođenje realizuje postavljeni cilj i dokaže hipoteze.	DA	
Komisija za ocjenu podobnosti teme i kandidata		
Prof. dr Vladan Vujičić, Elektrotehnički fakultet, Crna Gora	<i>V. Vujičić</i>	
Prof. dr Vladan Radulović, Elektrotehnički fakultet, Crna Gora	<i>V. Radulović</i>	
Doc. dr Martin Čalasan, Elektrotehnički fakultet, Crna Gora	<i>M. Čalasan</i>	
<p>U Podgorici, <i>17.01.24.</i></p> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: right;"> <p>DEKAN</p> <p><i>[Signature]</i></p> </div> </div>		

PRILOG

PITANJA KOMISIJE ZA OCJENU PODOBNOSTI DOKTORSKE TEZE I KANDIDATA	
Prof. dr Vladan Vujičić	<p>Da li način upravljanja invertorom koji se koriste za povezivanje PV sistema sa mrežom ima uticaj na harmonijske tokove snaga?</p> <p>Da li se invertori koji se koriste za povezivanje PV sistema sa mrežom mogu koristiti u regulaciji tokova reaktivne snage i u kojoj mjeri?</p>
Prof. dr Vladan Radulović	<p>Da li će se sprovesti nezavisno ili istovremeno lociranje DG i FACTS uređaja?</p> <p>Da li kod predloženog metoda za proračun harmonijskih tokova snaga u distributivnim sistemima sa PV proizvodnjom postoji problem rješavanja matrice admitansi?</p>
Doc. dr Martin Čalasan	<p>Na koji način je moguće eksperimentalno realizovati STATCOM uređaj?</p>
PITANJA PUBLIKE DATA U PISANOJ FORMI	
(Ime i prezime)	
(Ime i prezime)	
(Ime i prezime)	
ZNAČAJNI KOMENTARI	

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 Rakočević Raden Stevan, izdaje se

UVJERENJE O POLOŽENIM ISPITIMA

Student **Rakočević Raden Stevan**, rođen **13-08-1998** godine u mjestu **Nikšić**, opština **Nikšić**, Republika **Crna Gora**, upisan je studijske **2022/2023** 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	ALTERNATIVNI IZVORI ELEKTRIČNE ENERGIJE	"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	PRETVARAČKA KOLA ZA OBNOVLJIVE IZVORE ENERGIJE	"A"	(odličan)	8.00
5.	2	SISTEMI ZA SKLADIŠTENJE ENERGIJE U EES	"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, 22.01.2024 godine



PO OVLAŠĆENJU SEKRETARA
Referent studentske službe
Olivera Vučić