

## NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU ELEKTROTEHNIČKOG FAKULTETA U BEOGRADU

Komisija za studije II stepena Elektrotehničkoj fakulteta u Beogradu na sednici održanoj 12.11.2013. godine imenovala nas je za članove komisije za pregled i ocenu master rada dipl. ing. Ivane Đorđević pod nazivom „Uticaj jačine probojnog električnog polja u korona omotaču na dinamiku povratnog udara atmosferskog pražnjenja“. Komisija je pregledala rad i Nastavno-naučnom veću ETFa podnosi sledeći

### IZVEŠTAJ

#### 1. Osnovni podaci o kandidatu

Dipl.-Ing. Ivana O. Đorđević je rođena 11.09.1979. godine u Ivanjici. Završila je Gimnaziju u Ivanjici, sa odličnim uspehom. Diplomirala je na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu je 2008. godine na odseku za Fizičku elektroniku, smer Nanoelektronika, optoelektronika i laserska tehnika sa prosečnom ocenom 8.03. Master studije na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu je upisala u oktobru 2013. godine na odseku za Fizičku elektroniku, smer Nanoelektronika, optoelektronika i laserska tehnika. Položila je sve ispite na Master studijama sa prosečnom ocenom 9.8.

#### 2. Cilj rada

Razvijena tehnika trigerovanja atmosferskih pražnjenja (AP) oblak-zemlja (Camp Blanding, Florida, SAD) je omogućila precizna merenja intenziteta horizontalnog i vertikalnog električnog polja u blizini tačke udara na rastojanju od svega 10 cm od jezgra kanala. Istovremeno se meri i struja u tački udara što je omogućilo preciznije određivanje parametara u raznim modelima povratnog udara AP i njihovu proveru validnosti. U ovom master radu je korišćen generalisani model povratnog udara sa putujućim strujnim izvorom (GTCS). Ovo je jedan od najboljih inženjerskih modela koji pored jednostavnosti daje i mogućnost povezivanja spoljnjih parametara (struja u tački udara, brzina povratnog udara, izračeni elektromagnetski spektar LEMP i dr) sa parametrima koji definišu dinamiku omotača kanala (funkcija pražnjenja kanala, provodljivost, temperatura, pokretljivost nosilaca u kanalu i dr).

Najnovija merenja dinamike AP ukazuju da postoje efekti koje može teorijski da modeluje GTCS model kao i da objasni fizička dešavanja za vreme povratnog udara. Očekuje se da nova proračunata funkcija pražnjenja kanala potvrdi postojanje aksijalnog magnetskog polja koje stabilizuje plazmeni kanal tokom pražnjenja.

Prvi zadatak ovog master rada je bio teorijsko izračunavanje gustine struje unutar korona omotača i njegove provodljivosti koristeći GTCS model, Maxwellove jednačine i osnovne jednačine MHD modela plazme. Drugi zadatak je da se na osnovu proračunate gustine naelektrisanja izračuna nova dinamika korona omotača odnosno uticaj različitih vrednosti probojnog električnog polja na površi zona 1 i 2 na brzina sažimanja omotača.

#### 3. Analiza rada

Obim rada je 56 strana sa 16 slika i 10 citiranih referenci. Rad se sastoji od pet tematskih celina – uvoda i četiri poglavlja sa rezultatima, zaključka i spiska citirane literature.

U prvom poglavlju, u uvodu, razmatrana je elektrodinamika atmosfere a posebno je razmatran mehanizam nastanka AP. U ovom radu je detaljnije analizirana elektrodinamika negativnog AP koje je sa inženjerskog aspekta najvažnije s obzirom da predstavlja oko 80% svih AP oblak-Zemlja. Pomenut je i uticaj atmosferskih pražnjenja u mezosferi na klimu na Zemlji.

U drugom poglavlju su izložene teorijske osnove fizičke osnove generalisanog modela povratnog udara (Generalized Traveling Current Source - GTCS) modela. U ovom radu su po prvi put izvedeni teorijski izrazi za refleksije strujnog impulsa od tla i gornjeg kraja kanala sa atenuacijom. Uveden je koeficijent deljenja struje strujnih generatora duž kanala i dva koeficijenata refleksije. Koeficijent refleksije strujnih impulsa od tla je pozitivan (impuls ne menja znak), dok je vrednost koeficijenta refleksije od gornjeg, pokretnog (rastućeg) kraja kanala negativna (impuls menja znak). Obe refleksije značajno utiču na podužno naelektrisanje u kanalu i brzinu povratnog udara što povratno utiče na dinamiku AP jer se menja funkcija pražnjenja kanala. Pored toga za

inženjersku praksu je ovo od velikog značaja jer je moguće izvršiti analizu uticaja impedanse uzemljivača (ili pogođenog objekta) na dinamiku AP. U ovom poglavlju je takođe je po prvi put uveden koeficijent slabljenja strujnih impulsa pri kretanju duž visokoprovodnog jezgra kanala i izvedeni su odgovarajući teorijski izrazi za struju duž kanala. Ovaj pristup je omogućio da se na jednostavan način teorijski objasne i drugi modeli povratnog udara kao što su Transmission Line (TL) model, modifikovani TL model sa linearnim slabljenjem struje (MTLL) i modifikovani TL model sa eksponencijalnim slabljenjem struje (MTLE). Iz ovoga je proizašao i važan rezultat ovog master rada, a to je da generalisani TCS model predstavlja generalizaciju svih inženjerskih modela povratnog udara.

U trećem poglavlju je usvojen model korona omotača sa konstatnom prostornom gustinom naelektrisanja u zonama 1 i 2. Izvršen je teorijski proračun električnog polja u obe zone prema GTCS modelu sa refleksijama. Zatim su izvedeni izrazi za provodljivost omotača kanala i izvršen je proračun provodljivosti na osnovu predhodno izračunate funkcije pražnjenja kanala. Korišćena su elektrostatička razmatranja (Gausov zakon i jednačina kontinuiteta) bez uključivanja efekata magnetskog polja. Pokazano je da postoje dva pristupa u izračunavanju provodljivosti korona omotača koji na kraju daju isti rezultat. Prvi postupak podrazumeva direktno postavljanje i rešavanje diferencijalne jednačina za provodljivost dok drugi pristup zahteva određivanje raspodele gustine struje u korona omotaču pa se zatim na osnovu modela korone izračunava električno polje i određuje provodljivost korone. Kao što se i očekivalo pokazano je da provodljivost korona omotača opada sa radijalnim rastojanjem od jezgra kanala. Rezultati za veličinu provodljivosti korona omotača prema GTCS modelu i modelu korone sa konstatnom prostornom gustinom naelektrisanja su istog reda veličine kao i rezultati koja daju TL modeli (Maslowki i Rakov 2006, Journal of Geophysical Research) ali je dinamika znatno brža.

U četvrtom poglavlju je izračunata vremenska promena poluprečnika zona 1 i 2. Ispitivan je uticaj jačine probojnog električnog polja na dinamiku zona 1 i 2. Na osnovu preuzete funkcije pražnjenja kanala iz ranijih studija dati su rezultati numeričkih simulacija.

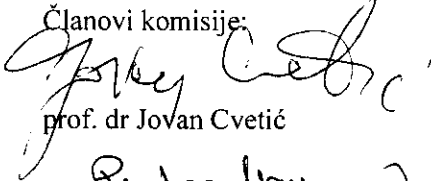
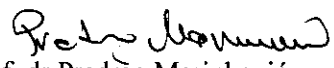
U zaključku master rada su istaknuti svi doprinosi koji su izvedeni u ovoj studiji. Zaključeno je da proračuni pokazuju da se poluprečnici zona 1 i 2 smanjuju kada se povećava jačina probojnog električnog polja u odgovarajućoj zoni. Sličan zaključak se izvodi i za intenzitete brzina na granicama zona 1 i 2. Poređenjem sa rezultatima drugih studija može se zaključiti da su intenziteti tih brzina znatno manji (oko tri reda veličine) nego intenzitet brzine povratnog udara atmosferskog pražnjenja. Istovremeno je opažen i blagi pad prolaskom kroz nulu intenziteta brzine na granici zone 1, kao i smanjenje količnika maksimalnih poluprečnika obe zone.

Treba naglasiti da su glavni doprinosi u ovom radu daleko prevazišli nivo koji se traži od master rada. O tome najbolje govori podatak da je autor ovog master rada koautor na radu poslatom na recenziju u uglednom časopisu Journal of Atmospheric Research, a čije se objavljivanje očekuje narednih meseci.

#### 4. Zaključak i predlog

Na osnovu svega izloženog, imajući u vidu sadržaj i kvalitet priloženog rada, rezultate i zaključke do kojih je kandidat u svom samostalnom radu došao, Komisija predlaže Nastavno-naučnom veću Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu da rad kandidata dipl.-ing Ivane Đorđević pod naslovom „Uticaj jačine probojnog električnog polja u korona omotaču na dinamiku povratnog udara atmosferskog pražnjenja“ prihvati kao master rad i kandidatu omogući usmenu odbranu.

U Beogradu, 18. novembar 2013.

Članovi komisije:  
  
prof. dr Jovan Cvetić  
  
prof. dr Predrag Marinković