

## KOMISIJI ZA STUDIJE II STEPENA ELEKTROTEHNIČKOG FAKULTETA U BEOGRADU

Komsija za studije II stepena, Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu, na svojoj sednici održanoj 24.09.2013. godine imenovalo nas je u Komisiju za pregled i ocenu master rada dipl. inž. Ilije Adžića pod naslovom „Sudarni i transportni procesi elektrona u planetarnim gasnim pražnjenjima“. Nakon pregleda materijala Komisija podnosi sledeći

### IZVEŠTAJ

#### 1. Biografski podaci kandidata

Ilija Adžić je rođen 11.01.1990. godine u Beogradu. Srednju Elektrotehničku školu „Nikola Tesla“ je završio u Beogradu sa odličnim uspehom. Elektrotehnički fakultet u Beogradu upisao je 2008. godine, na odseku za Fizičku elektroniku. Diplomirao je u oktobru 2012. godine sa prosečnom ocenom na ispitima 8.66, na diplomskom 10. Master studije na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu upisao je iste godine na modulu Fizička elektronika i položio ispite sa prosečnom ocenom 10.

#### 2. Opis master rada

Mater rad kandidata sadrži 120 strana teksta, zajedno sa slikama. Rad sadrži šest poglavlja i spisak literature. Spisak literature sadrži 68 referenci.

Prvo poglavlje predstavlja uvod u kome su predstavljeni problematika i cilj ovog master rada, kao i struktura rada.

Drugo poglavlje ovog master rada posvećeno je električnim gasnim pražnjenjima u planetarnim atmosferama. Analizirani su slojevi atmosfera planeta Sunčevog sistema i veličine stanja koje opisuju njihove gasne smeše, procesi generisanja, razdvajanja i cirkulacije naelektrisanja kroz atmosferu, mehanizmi proboja u zavisnosti od  $pd$  vrednosti i električnog polja. Na kraju ovog poglavlja je predstavljen najvažniji deo, osnove fenomenologije sprajtova u atmosfere Zemlje, gde je opisan mehanizam nastajanja sprajtova.

U trećem poglavlju pažnja je posvećena mogućnostima nastajanja sprajtova u atmosferama planeta i satelita nekih planeta Sunčevog sistema. Važan deo ovog poglavlja je posvećen modelu na osnovu koga smo proučavali promene intenziteta električnog polja u mezosferama planeta i intenziteta kritičnog električnog polja sa visinom. Ovde je posebna pažnja posvećena teoremi likova, pomoću koje smo dobili profile električnog polja kreiranog raspodelom pozitivnog naelektrisanja na vrhu oblaka. Najvažniji deo ovog poglavlja predstavljaju rezultati ispitivanja mogućnosti nastajanja sprajtova, gde se na osnovu poznavanja profila kritičnog električnog polja i polja nastalog prisustvom pozitivnog naelektrisanja na vrhu oblaka mogu odrediti visine i atmosferske oblasti u kojima se mogu pojaviti sprajtovi.

U četvrtom poglavlju predstavljene su metode kojima se mogu dobiti transportni koeficijenti elektrona u neutralnim gasovima. Ukratko je opisana momentna metoda za rešavanje Boltzmannove jednačine, kao i Monte Carlo tehnika koju smo ovde koristili kao

primarnu tehniku za dobijanje transportnih koeficijenata elektrona u planetarnim gasnim smešama. U okviru Monte Carlo tehnike poseban akcenat je stavljen na samplovanju transportnih koeficijenata elektrona u hidrodinamičkim uslovima.

Peto poglavlje u ovom radu posvećeno je proučavanju transportnih koeficijenata elektrona u planetarnim gasnim smešama. Transport elektrona je razmatran kako u statičkim (vremenski konstantnim), tako i u vremenski promenljivim električnim i magnetskim poljima. Diskutovani su trendovi ponašanja transportnih koeficijenata u električnim i magnetskim poljima i proučavana je njihova osetljivost na energijske promene preseka za rasejanje elektrona.

Šesto poglavlje je zaključak u okviru koga su kratko opisani najvažniji rezultati ovog master rada i identifikovani pravci budućeg rada u okviru tematike koja je diskutovana.

### **3. Analiza rada sa ključnim rezultatima**

Master rad dipl. inž. Ilije Adžića je posvećen analizi sudarnih i transportnih parametara elektrona u gasnim smešama koje odgovaraju, srednjim atmosferama planeta Sunčevog sistema. Poznavanje sudarnih i transportnih parametara elektrona u ovim gasnim smešama otvara put za modelovanje različitih tipova električnih gasnih pražnjenja u srednjim atmosferama ovih planeta, uključujući i najspektakularniji vid pražnjenja, a to su sprajtovi. U tom smislu u ovom master radu je pored proračuna transportnih koeficijenata elektrona, značajna pažnja posvećena pronalaženju visina na kojima je moguće doći do pojave sprajta u atmosferama planeta.

U prvim glavama ovog master rada pažnja je posvećena opisu modela atmosfera planeta u Sunčevom sistemu, gde je akcenat stavljen na sastav atmosfera, kao i na raspodele pritiska i koncentracije čestica sa visinom, čije poznavanje je jako bitno za modelovanje električnih gasnih pražnjenja u atmosferi. U narednim poglavljima je zatim pažnja usmerena na mehanizme naelektrisanja atmosfere, kao i na globalno električno kolo koje predstavlja tok stvorenog naelektrisanja kroz slojeve atmosfere u vidu raznih procesa i stvara jedan zatvoren ciklus. Analizirano je kako pritisak i razmere prostora utiču na električna gasna pražnjenja u atmosferama planeta Sunčevog sistema, kao i kako električno polje utiče na različite procese od interesa u različitim gasnim smešama. Koristeći se jednačinom idealnog gasa, hidrostatičkim zakonom i poznavajući kritična polja za proboje na atmosferskom pritisku, izračunati su profili kritičnih električnih polja za proboj sa visinom za smeše gasova u različitim atmosferama planeta. Uz pomoć teoreme likova dobijeni su profili električnog polja iznad oblaka nakon odvođenja pozitivnog naelektrisanja munjom. Zatim su izračunate visine na kojima su kritična polja za proboj manja od električnih polja nastalih nakon odvođenja pozitivnih naelektrisanja munjom za različite količine naelektrisanja odvedene munjom iz oblaka. Na taj način smo utvrdili visine u srednjim atmosferama planeta na kojima eventualno može doći do pojave sprajtova. Za dobijanje profila električnih polja iznad oblaka uzrokovanih odvođenjem različitih količina pozitivnog naelektrisanja napravljena je MATLAB procedura, koja na osnovu unetih podataka daje slike ovih profila kao i njihove preseke i snima dobijene podatke u datoteke, koje su kasnije obrađene u Origin-u.

U drugom delu ovog rada opisane su metode koje su korišćene za dobijanje transportnih koeficijenata elektrona. Ukratko su opisane tehnike za rešavanje Boltzmannove jednačine koje su mnogo kompleksne i prevazilaze okvire ovog master rada. Mnogo veća pažnja je posvećena Monte Carlo simulacijama koje su korišćene za dobijanje

transportnih koeficijenata. U Monte Carlo simulacijama, pretpostavljeno je da se roj elektrona kreće u beskonačnom gasu pod uticajem spoljašnjih prostorno homogenih, vremenski nepromenljivih i promenljivih, električnih i magnetskih polja. Sistem koji se posmatra je idealizovan, odnosno smatra se da ne postoje izvori i ponori čestica, odnosno veliki gradijenti naelektrisanih čestica koji bi zahtevali nehidrodinamički tretman za opis transporta elektrona. Za dobijanje transportnih koeficijenata je korišćen Monte Carlo kod koji je razvijen u Laboratoriji za gasnu elektroniku Instituta za fiziku u Beogradu, kao i kompjuterski kod zasnovan na tzv. multi term rešenjima Boltzmannove jednačine. Kao ulazne podatke za ove kodove korišćeni su preseki za sudare elektrona sa molekulima i atomima u gasnim smešama, kao i podaci o intenzitetima električnih i magnetskih polja, njihovoj frekvenciji ukoliko se radi o vremenski promenljivim poljima, koncentraciji čestica pozadinskog gasa, itd. Izlazni podaci iz ovog koda su obrađivani u MATLAB procedurama koje daju transportne koeficijente. Ove procedure su takođe realizovane u Laboratoriji za gasnu elektroniku Instituta za fiziku u Beogradu.

Osnovni doprinosi rada su:

- Pokazano je da je opravdano korišćenje barometrijske formule za proračun visina na kojima se mogu javiti sprajtovi u atmosferama planeta. Ovo je postignuto poređenjem rezultata za visinu sprajtova sa rezultatima koji su dobijeni razmatranjem kompleksnijih modela atmosfere dobijenih na osnovu satelitskih merenja parametara atmosfere.
- Ispitana je mogućnost nastajanja sprajtova u atmosferama planeta Sunčevog sistema i visine na kojima se oni javljaju ukoliko je moguća njihova pojava. Pokazano je da sprajtovi mogu da nastanu u atmosferama Zemlje, Jupitera i najverovatnije u atmosferama Urana i Neptuna.
- Izračunati transportni koeficijenti elektrona se direktno mogu koristiti kao ulazne veličine u fluidnim modelima sprajtova i drugih tipova električnih gasnih pražnjenja u srednjim atmosferama planeta.
- Pokazano je na koji način temperatura pozadinskog gasa utiče na transportne koeficijente elektrona u atmosferi Venere imajući u vidu da je atmosfera ove planete topla i veoma gusta.
- Pokazano je na koji način trojni zahvat elektrona na molekulu kiseonika na transportne koeficijente elektrona u atmosferi Zemlje i diskutovani su indukovani fenomeni poput negativne diferencijalne provodnosti.
- Pokazano je da se osnovna fenomenologija pražnjenja u srednjim atmosferama gasnih giganata može dobiti analizom pražnjenja u čistom vodoniku.
- Originalni doprinos ovog rada uključuje i razmatranje planetarnih magnetskih polja na kinetiku elektrona u pražnjenjima u srednjim atmosferama planeta. Pokazano je da se ovi efekti moraju uzeti u obzir prilikom modelovanja sprajtova i drugih vidova tranzijentnih pražnjenja u atmosferama gasnih giganata.
- Predstavljeno je na koji način promenljiva električna i magnetska polja nastala nakon munja utiču na kinetiku elektrona u srednjim atmosferama planeta. Razmatrani su efekti frekvencije i amplitude električnih i magnetskih polja na transportne koeficijente elektrona. Na ovaj način implicitno je razmatrana pojava vilenjaka u atmosferama planeta Sunčevog sistema.

- Razmatranjem pojave bežećih elektrona u atmosferama, pokazano je da u višim slojevima mezosfere može doći do pojave X i gama zračenja.

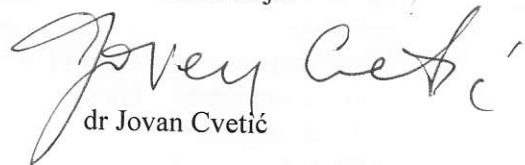
#### 4. Zaključak i predlog

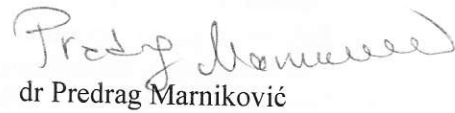
Kandidat Ilija Adžić je u svom master radu proučavao sudarne i transportne parametre elektrona u planetarnim gasnim smešama. Na osnovu dobijenih rezultata ispitivani su mehanizmi koji utiču na nastajanja ovih pražnjenja i mogućnosti njihovog nastanka u srednjim atmosferama planeta.

Na osnovu gore navedenog komisija predlaže Nastavno-naučnom veću Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu da prihvati rad „Sudarni i transportni procesi elektrona u planetarnim gasnim pražnjenjima“ dipl. inž. Ilije Adžića kao master rad i odobri javnu usmenu odbranu.

Beograd, 11.06. 2014.

Članovi komisije:

  
dr Jovan Cvetić

  
dr Predrag Marniković

  
dr Saša Dujko