

# NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU ELEKTRONSKOG FAKULTETA U NIŠU

**PREDMET:** Izveštaj Komisije za ocenu i odbranu doktorske disertacije kandidata mr Vladete V. Milenkovića.

Na sednici Nastavno-naučnog veća Elektronskog fakulteta u Nišu Broj 07/03-027/17-002, održanoj 27.06.2017. godine, imenovana je Komisija za ocenu i odbranu doktorske disertacije kandidata mr Vladete V. Milenkovića, pod naslovom:

**„Unapređenje metoda merenja fedinga u RF telemetrijskim sistemima srednje naponskih distributivnih mreža“**

u sastavu:

1. Prof. dr Dragan Denić, redovni profesor Elektronskog fakulteta u Nišu
2. Prof. dr Dragan Radenković, redovni profesor Elektronskog fakulteta u Nišu
3. Dr Dragan Kovačević, naučni savetnik, Elektrotehnički Institut „Nikola Tesla“ u Beogradu
4. Prof. dr Dejan Milić, redovni profesor Elektronskog fakulteta u Nišu
5. Prof. dr Miodrag Arsić, redovni profesor Elektronskog fakulteta u Nišu

Nakon pregleda dostavljene doktorske disertacije, Komisija podnosi Nastavno-naučnom veću Elektronskog fakulteta u Nišu sledeći

## I Z V E Š T A J

Doktorska disertacija pod naslovom „Unapređenje metoda merenja fedinga u RF telemetrijskim sistemima srednje naponskih distributivnih mreža“, kandidata mr dipl. inž. Vladete V. Milenkovića, prezentovana je na 216 stranica formata A4. Disertacija sadrži 58 slika i 51 tabelu. Organizovana je u 5 logički povezanih poglavlja: 1 – Uvod; 2 – Merna metoda za određivanje parametara Nakagami-m fedinga metodom momenata; 3 - Merna metoda za određivanje parametara Nakagami-m fedinga metodom osnih preseka; 4 – Eksperimentalna merenja; 5 - Zaključak; Pored naslovne strane na srpskom i engleskom jeziku i sadržaja, dat je i sažetak na srpskom i engleskom jeziku kao i spisak slika i spisak tabela. Na samom kraju disertacije predstavljen je spisak korišćene literature koji sadrži 116 bibliografskih jedinica koje obuhvataju najznačajnije knjige i naučne radove iz oblasti koje obrađuje doktorska disertacija.

U ovoj disertaciji analizirane su merne metode za procenu parametara Nakagami-m fedinga u bežičnom komunikacionom kanalu za prenos informacija kod telemetrijskih sistema baziranih na paketnoj digitalnoj radio tehnologiji. Opisana je Nakagami-m raspodela koja opisuje anvelopu signala u bežičnom kanalu u kome nema dominantne komponente i u kome je polje rasipanja homogeno. Nakagami-m raspodela je veoma često prisutna u literaturi u opisivanju uslova propagacije kod digitalnih radio telemetrijskih sistema u urbanim i ruralnim sredinama (što su najčešće propagacione sredine kod implementacije telemetrijskih sistema srednje naponskih distributivnih mreža). Elektromagnetni talas se kod ovakvih sistema uvek prostire po više putanja zbog refleksije talasa, prelamanja talasa,

ЕЛЕКТРОНСКИ ФАКУЛТЕТ  
У НИШУ

Примљено 07.08.17
Број
07/03-027/17-003

savijanja talasa i rasipanja talasa. Na ulazu u prijemnik se pojavljuje više talasa koji se sabiraju u ekvivalentni talas. Anvelopa ekvivalentnog talasa je promenljiva i to predstavlja feding. Ovakve varijacije anvelope degradiraju performanse sistema kao što su verovatnoća otkaza, verovatnoća greške i kapacitet kanala. Varijacija anvelope signala u predmetnim telemetrijskim sistemima može da se opiše sa više raspodela ali se najviše koristi Nakagami-m raspodela. Nakagami-m raspodela ima dva parametra a to su oštrina fedinga  $m$  i srednja snaga anvelope signala  $\Omega$ . Parametar  $m$  uzima vrednost veću od 0.5. U adaptivnim kolima koja se koriste za povećanje kapaciteta kanala, važno je proceniti parametar  $m$  i srednju snagu  $\Omega$  u Nakagami-m feding kanalu. Estimatori su sklopovi koji procenjuju parametre  $m$  i  $\Omega$ . Kada estimator registruje povećanje parametra  $m$ , onda prijemnik postaje manje izložen fedingu i kolo za adaptaciju nalaže predajniku da prede na modulacioni format sa više nivoa čime se povećava kapacitet sistema. Optimalan rad predajnika i prijemnika praktično znači rad sa manjom snagom na predaji, veću brzinu prenosa, manju potrošnju digitalnih radio uređaja. Na ovaj način radi adaptivna mreža. Jedna od metoda koja se koristi za procenu parametara  $m$ , a obrađena je u disertaciji, je metoda momenata. Momenti se izračunavaju iz Nakagami-m slučajnog vektora. Članovi Nakagami-m slučajnog vektora su uzorci Nakagami-m slučajnog procesa. Uzorci Nakagami-m slučajnog procesa se dobijaju merenjem vrednosti anvelope signala u Nakagami-m feding sistemu. Uzorci Nakagami-m slučajnog procesa se mogu dobiti i simulacijom. Moment  $n$ -tog reda se iz Nakagami-m slučajnog vektora dobija na taj način što se članovi vektora stepenuju na stepen  $n$  i dobijeni zbir se podeli sa dužinom vektora. Pošto ima dva nepoznata parametra  $m$  i  $\Omega$ , parametar  $m$  se može izračunati iz bilo koja dva momenta. Potrebno je izračunati ona dva momenta za koja su izrazi za parametar  $m$  i  $\Omega$  jednostavni. Često se koriste – drugi i četvrti moment. Drugi moment Nakagami-m fedinga anvelope je srednja snaga signala. Iz četvrtog momenta se jednostavno odredi parametar  $m$ . Parni momenti Nakagami-m raspodele su jednostavni a neparni momenti Nakagami-m raspodele sadrže Gama funkcije. Na osnovu ovoga može da se zaključi da se bilo koja dva parna momenta mogu upotrebiti za izračunavanje parametara  $m$  i  $\Omega$ . Najjednostavnije je koristiti drugi moment i šesti moment, drugi moment i osmi moment i td. Parametri fedinga se mogu odrediti i pomoću neparnih momenata. Mogu se koristiti prvi, drugi i treći moment, prvi, drugi i sedmi moment itd. Kada se koriste neparni momenti za procenu paramera  $m$ , koriste se tri momenta da bi se eliminisala Gama funkcija. Dobijeni rezultati su u disertaciji dokazani simulacijom. Nakagami-m slučajni vektor se formira na sledeći način: formiraju se  $2m$  Gausovih slučajnih vektora sa srednjim vrednostima nula i sa jediničnom varijansom. Dobijeni vektori se pomnože varijansom, zatim se kvadriraju, saberu i od dobijenog zbira se odredi kvadratni koren. Vrednosti članova ovako dobijenog vektora su uzorci Nakagami-m slučajnog vektora. U disertaciji je pokazano da se tačnost dobijenih rezultata povećava kada raste dužina vektora, kada se povećava broj realizacija i rezultati su tačniji za veće vrednosti parametra  $m$ . U disertaciji je takođe dokazano da se može koristiti diverziti tehnika za povećanje tačnosti procenjenih vrednosti za parametre  $m$  i  $\Omega$ . Koristi se MRC(Maximum Ratio Combining) prijemnik sa dva tri i četiri ulaza. Na ulazima je prisutan Nakagami-m feding koji je identičan i nezavistan čije parametre  $m$  i  $\Omega$  treba izračunati. U disertaciji je izračunata gustina verovatnoće, kumulativna verovatnoća i momenti anvelope signala na ulazu u MRC prijemnik. Pomoću ovih dobijenih momenata mogu se odrediti oštrina Nakagami-m fedinga, parametar  $m$  i srednja snaga anvelope Nakagami-m fedinga. Korišćeni su drugi i četvrti momenti, drugi i šesti moment, drugi i osmi moment i td. Mogu se koristiti i bilo koja dva parna momenta signala na izlazu iz MRC prijemnika. Mogu se koristiti i neparni momenti signala na izlazu iz diverziti MRC prijemnika za određivanje parametara  $m$  i  $\Omega$ . Tačnost dobijenih rezultata se povećava kada se koristi diverziti tehnika a takođe se tačnost povećava sa povećanjem broja grana. Najveće smanjenje greške se postiže kada se primeni MRC prijemnik sa dve grane. Simulacijom su potvrđeni rezultati, dobijeni

matematički i eksperimentalno. Rezultati dobijeni simulacijom su prikazani tabelarno. Rezultati u tabelama pokazuju da tačnost procenjene vrednosti za parametar  $m$  raste kada raste dužina vektora i kada raste broj realizacija.

Drugi metod za procenu parametara Nakagami- $m$  fedinga, koji je analiziran u disertaciji, je metoda osnih preseka. Može se odrediti srednji broj osnih preseka Nakagami- $m$  slučajnog procesa za određenu vrednost Nakagami- $m$  slučajne anvelope. Srednji broj osnih preseka jednak je srednjoj vrednosti prvog izvoda slučajnog procesa. Određene su tri vrednosti anvelope i vrednosti srednjeg broja osnih preseka. Iz ove tri jednačine su određeni parametri oštrina fedinga i srednja snaga anvelope. Na ovaj način su dobijeni izrazi za parametre  $m$  i  $\Omega$  u zavisnosti od tri vrednosti anvelope signala i tri vrednosti srednjeg broja osnih preseka za ove vrednosti anvelope. Ovi izrazi su racionalne funkcije. U disertaciji je takođe opisan merni postupak kojim se određuje broj osnih preseka za tri vrednosti anvelope signala i pomoću ovih vrednosti se izračunavaju parametar oštrine Nakagami- $m$  fedinga i srednja snaga anvelope signala. Iz Nakagami- $m$  vektora se može odrediti srednji broj osnih preseka. Nakagami- $m$  slučajni vektor se može odrediti pomoću merenih vrednosti i pomoću simulacije. Dobijeni rezultati su u disertaciji provereni simulacijom. Tačnost procene parametra  $m$  zavisi od dužine vektora i broja realizacija. Greška je manja za veće vrednosti parametra  $m$ . Kod ove merne metode takođe je iskorišćena diverziti tehnika koja smanjuje grešku za procenu parametra  $m$  metodom srednjeg broja osnih preseka. Koristi se MRC diverziti tehnika. Razmotreni su slučajevi kada MRC prijemnik ima dva, tri i četiri ulaza. Izračunava se srednj broj osnih preseka anvelope signala na izlazu iz MRC prijemnika kada je na njegovim ulazima prisutan identičan i nezavisan Nakagami- $m$  feding. Broj osnih preseka anvelope signala na izlazu iz MRC prijemnika je urađen za tri vrednosti anvelope signala i pomoću ovih izraza određen je izraz za parametar  $m$ . Parametar  $m$  zavisi od tri vrednosti anvelope i tri vrednosti broja osnih preseka. Greška procene parametara  $m$  i srednje snage Nakagami- $m$  anvelope se smanjuje sa povećanjem parametra  $m$ . Estimator na bazi srednjeg broja osnih preseka bi mogao biti jednostavniji za praktičnu realizaciju od estimatora koji radi procenu parametara  $m$  na bazi momenata.

Na kraju disertacije dat je zaključak u kome je predstavljen pregled najbitnijih sadržaja i rezultata koji su opisani u ovoj disertaciji.

Komisija ističe ključne naučne doprinose:

- U disertaciji su opisani analiza i merna metoda za određivanje parametara Nakagami- $m$  fedinga primenom metode momenata uz primenu diverziti tehnike čime je pokazano kako je moguće odrediti parametre Nakagami- $m$  fedinga sa većom tačnošću (smanjenje greške merenja). Metodu (algoritam) je moguće realizovati na konkretnim (praktičnim) bežičnim telemetrijskim sistemima u cilju postizanja optimalnijeg rada. Prikazana analiza odnosno merna metoda, imaju nesporan značaj kako sa teorijskog, tako i sa praktičnog stanovišta.
- U disertaciji su takođe opisani analiza kao i merna metoda za određivanje parametara Nakagami- $m$  fedinga primenom metode srednjeg broja osnih preseka. Ovaj princip odnosno merna metoda su prvi put razmatrani u literaturi za potrebe određivanja parametara Nakagami- $m$  fedinga. Ova metoda je takođe po prvi put razmatrana u literaturi uz primenu diverziti tehnike. Mernu metodu je moguće realizovati na konkretnim (praktičnim) bežičnim telemetrijskim sistemima u cilju postizanja optimalnijeg rada. Prikazana analiza kao i merna metoda imaju nesporan značaj kako sa teorijskog, tako i sa praktičnog stanovišta.

Kandidat je objavio 14 naučnih radova u relevantnim međunarodnim časopisima kao i veći broj radova saopštenih na međunarodnim i nacionalnim konferencijama koji su štampani u odgovarajućim zbornicima radova.

## Z A K L J U Č A K

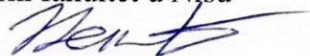
Na osnovu prethodno navedenog, Komisija smatra da urađena doktorska disertacija kandidata mr Vladete V. Milenkovića pod naslovom **„Unapređenje metoda merenja fedinga u RF telemetrijskim sistemima srednje naponskih distributivnih mreža“** sadrži niz originalnih naučnih doprinosa u oblasti proučavanja mernih metoda za određivanje parametara fedinga u cilju projektovanja i implementacije optimalnih (adaptibilnih) telemetrijskih sistema baziranih na bežičnom paketnom digitalnom radio prenosu. Prikazani rezultati istraživanja predstavljaju značajan doprinos u analizi i mernoj metodologiji određivanja parametara fedinga u cilju povećanja tačnosti merenja (smanjenje greške merenja).

Imajući u vidu aktuelnost i značaj obrađene teme, kao i ostvarene naučne rezultate kandidata, članovi Komisije predlažu Nastavno-naučnom veću Elektronskog fakulteta u Nišu da se doktorska disertacija kandidata mr Vladete V. Milenkovića prihvati i da se odobri javna usmena odbrana ove disertacije.

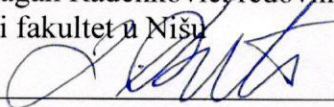
U Nišu, 21.07.2017. godine

### Članovi Komisije:

1. Prof. dr Dragan Denić, redovni profesor  
Elektronski fakultet u Nišu



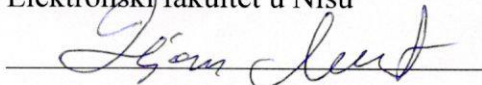
2. Prof. dr Dragan Radenković, redovni profesor  
Elektronski fakultet u Nišu



3. Dr Dragan Kovačević, naučni savetnik, Elektrotehnički  
Institut „Nikola Tesla“ u Beogradu



4. Prof. dr Dejan Milić, redovni profesor  
Elektronski fakultet u Nišu



5. Prof.dr Miodrag Arsić, redovni profesor  
Elektronski fakultet u Nišu

