

NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU ELEKTROTEHNIČKOG FAKULTETA U BEOGRADU

Komisija za drugi stepen studija Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu imenovala nas je za članove Komisije za pregled i ocenu master rada kandidata **Jelene Mijušković** pod naslovom „Razvoj metode za linearizaciju pojačavača snage koja koristi druge harmonike korisnog signala za primenu u okviru LTE baznih stanica“. Nakon pregleda rada podnosimo Nastavno-naučnom veću sledeći

IZVEŠTAJ

1. Biografski podaci

Jelena Mijušković je rođena 22. jula 1990. godine u Beogradu. Završila je Prvu beogradsku gimnaziju u Beogradu. 2009. godine upisala je Elektrotehnički fakultet u Beogradu. Diplomirala je septembra 2013. godine na Odseku za telekomunikacije i informacione tehnologije, smer Radio komunikacije, odbranom diplomskog rada „Upravljanje saobraćajem u GPON mrežama“. Tokom osnovnih studija postigla je prosečnu ocenu 8.58. Diplomsko-akademske master studije na Elektrotehničkom fakultetu, smer Sistemsko inženjerstvo i Radio komunikacije, upisala je 2013. godine.

2. Predmet master rada

Savremeni bežični komunikacioni sistemi se razvijaju u pravcu povećanja širine frekventijskog opsega signala pri prenosu velikog broja nosioca, pri velikim brzinama. Uvođenjem nove generacije bežičnih komunikacionih sistema kao što su CDMA-2000 (*Code division multiple access*), WCDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*), OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*), itd, dizajn kompletnog sistema, a posebno predajnika, podignut je na nov, značajno viši nivo. Sa porastom zahteva za nove sisteme koji treba da omoguće kako velike kapacitete, tako i visoku energetske i spektralne efikasnosti, konstrukcija predajnih sistema postaje značajno složenija. Naime, moderne modulacione tehnike poput OFDM-a koje povećavaju kapacitet, unose i visoke nivoe *Peak-to-Average-Ratios* (PAPR), tj. odnose maksimalnog i srednjeg nivoa snage signala, čime doprinose ukupnoj distorziji signala propuštene kroz pojačavač. Imajući to u vidu, potrebno je da pojačavači snage u baznim stanicama budu linearni kako bi se signali sa velikim PAPR pojačavali uz mala izobličenja. Da bi bili linearni sa stanovišta ulaznog signala, pojačavači treba da rade u oblasti daleko niže snage u odnosu na maksimalan nivo. Sa druge strane, potrebno je da pojačavači snage u baznim stanicama imaju veliku efikasnost. Pošto pojačavači snage treba da rade u oblasti dalje od oblasti zasićenja u kojoj je, inače, efikasnost pojačavača velika, velika pažnja poklanja se razvoju metoda koje za cilj imaju povećanje i efikasnosti i linearnosti pojačavača snage.

Često predlagano rešenje za pristupanje problemu kompromisa linearnosti i energetske efikasnosti je uvođenje metoda linearizacije kojima se prenošeni signal dodatno obrađuje sa ciljem da se omogućiti korišćenje predajnog podsistema, prvenstveno pojačavača, u nelinearnom režimu.

Linearnost pojačavača se najčešće izražava preko intermodulacionih produkata, najčešće trećeg reda. Poznate linearizacione tehnike, kao što su *predistortion*, *feedforward*, *feedback* i njihova kombinacija, primenjuju se u cilju povećanja linearnosti pojačavača snage. Primena ovih tehnika zahteva kola za linearizaciju koja mogu biti kompleksna i velika, pa samim tim i relativno skupa za realizaciju.

Metoda za linearizaciju pojačavača koja koristi druge harmonike osnovnih korisnih signala predstavlja novi metod za smanjivanje intermodulacione distorzije, pri čemu ne zahteva kompleksna i skupa kola za linearizaciju. Povećanje linearnosti pojačavača tj. smanjenje stepena intermodulacionih produkata trećeg reda se ostvaruje ubacivanjem drugih harmonika na ulaz, izlaz ili ulaz i izlaz pojačavača. Ovi signali se ubacuju na ulaz/izlaz pojačavača nakon odgovarajućeg podešavanja njihove amplitude i faze kroz dve nezavisne grane. Kao izvor signala za linearizaciju (drugih harmonika) koristi se dodatni nelinearni izvor. U skladu sa tim, glavni predmet ovog master rada je analiza stepena smanjenja intermodulacionih produkata pojačavača snage primenom linearizacione metode koja koristi druge harmonike osnovnog korisnog signala za primenu u okviru LTE baznih stanica. Predložena metoda je primenjena u tri različite forme: ubacivanje drugih harmonika osnovnog korisnog signala nezavisno na ulaz, izlaz pojačavača, i ulaz i izlaz pojačavača istovremeno. Ova tri alternativna pristupa su ispitana za različite nivoe snaga korisnog signala na ulazu, kao i za različite širine frekventijskog opsega signala na ulazu. Ispitivanje linearizacione tehnike je vršeno kako za analogne signale, tako i za oblike digitalno moduliranih signala koji su standardni za LTE komunikacione sisteme. Pojačavač snage zajedno sa komponentama za linearizaciju (atenuatorima, filtrima, *phase shifter*-ima itd.) projektovan je korišćenjem *Agilent ADS* softverskog paketa. Nakon simulacije predloženih, dat je pregled rezultata, kao i zaključaka dobijenih sprovedenom analizom.

Povećanje linearnosti pojačavača snage je aktuelna oblast istraživanja kojoj se posvećuje velika pažnja u svetu. Stoga je u ovom radu predstavljena nova metoda za povećanje linearnosti pojačavača koja daje značajna poboljšanja u smislu smanjenja nelinearnih efekata u pojačavačima snage.

3. Osnovni podaci o master radu

Master rad kandidata Jelene Mijušković „Razvoj metode za linearizaciju pojačavača snage koja koristi druge harmonike korisnog signala za primenu u okviru LTE baznih stanica“, obuhvata 67 strana štampanog teksta sa 52 slike i 10 tabela. Rad je organizovan tako da sadrži pregled rada, uvod, četiri poglavlja, zaključak i spisak literature.

4. Sadržaj i analiza rada

U uvodnom poglavlju na srpskoj jeziku nazvanom „Sadržaj“ dat je sažetak rada sa komentarima originalnosti, značaja i primenjenih metodologija, zajedno sa kraćim pregledom ostalih poglavlja rada. Ostatak rada je napisan na engleskom jeziku.

Prvo poglavlje predstavlja uvod u problematiku nelinearnosti pojačavača snage i prezentuje motivaciju za odabir teme, kao i ciljeve koje rad treba da zadovolji. Pored toga, pružen je i kraći pregled organizacije rada.

U drugom poglavlju definisani su osnovni pojmovi vezani za LTE i LTE *Advanced* sisteme, modulacije, frekvencijske opsege i osobine LTE i LTE *Advanced* signala.

U trećem poglavlju data je detaljna evaluacija nelinearnih efekata u pojačavačima snage, načini modelovanja i estimacije nelinearnih efekata.

U četvrtom poglavlju izložene su poznate linearizacione tehnike, principi rada, kao i prednosti i mane njihovog korišćenja.

Peto poglavlje opisuje metodu za linearizaciju pojačavača snage koja koristi druge harmonike korisnog signala za primenu u okviru LTE baznih stanica. Kako je metoda primenjena u tri različite forme, u okviru ovog poglavlja predstavljen je dizajn linearizacionih kola pomoću *Agilent ADS* softverskog paketa. Nakon simulacije predloženih rešenja dat je pregled rezultata na osnovu kojih je izvršena ocena uspešnosti metode.

U šestom poglavlju je dat zaključak i dodatno je analiziran doprinos ove master teze. Dati su i predlozi za dalji rad koji prvenstveno uključuju predlog eksperimentalne verifikacije, kao i predlozi za nastavak analize energetske efikasnosti predložene linearizacione tehnike.

5. Zaključak i predlog

Master rad Jelene Mijušković prikazuje rezultate analize stepena smanjenja intermodulacione distorzije pojačavača snage primenom linearizacione metode koja koristi druge harmonike osnovnog korisnog signala za primenu u okviru LTE baznih stanica. Glavni doprinosi master rada su sledeći:

- Razvijen je model kola za linearizaciju pojačavača koja koristi druge harmonike osnovnih korisnih signala.
- Kroz simulacije pomoću *ADS* softverskog paketa je testirana uspešnost kompenzacije neželjenih efekata u predajniku primenom nove linearizacione metode.
- Dat je predlog za eksperimentalnu verifikaciju predloženog rešenja, kao i ispitivanje energetske efikasnosti istog.

Na osnovu izloženog, članovi Komisije predlažu Nastavno-naučnom veću Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu da rad Jelene Mijušković, pod naslovom „Razvoj metode za linearizaciju pojačavača snage koja koristi druge harmonike korisnog signala za primenu u okviru LTE baznih stanica“, prihvati kao master tezu i da kandidatu odobri javnu usmenu odbranu.

Beograd, 26.01.2015.

Članovi komisije:

Prof. dr Nataša Nešković

Prof. dr Aleksandar Nešković