

КОМИСИЈА ЗА СТУДИЈЕ II СТЕПЕНА ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У БЕОГРАДУ

Комисија за студије II степена, Електротехничког факултета у Београду, на својој седници одржаној 06.06.2023. године именовала нас је у Комисију за преглед и оцену мастер рада дипл. инж. **Лазара Јовановића** под насловом „**Микротракаста антена са прорезима**”. Након прегледа материјала Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Биографски подаци кандидата

Лазар Јовановић је рођен 30.10.1997. године у Никшићу. Завршио је основну школу „Ратко Жарић” у Никшићу као лучаш. Уписао је гимназију „Стојан Церовић” у Никшићу коју је такође завршио као лучаш.

Електротехнички факултет у Подгорици уписао је 2016. године где је завршио прву годину студија. Године 2017. школовање је наставио у Новом Саду на Факултету техничких наука. Дипломирао је на Факултету техничких наука у Новом Саду у септембру 2021. године на Одсеку енергетика, електроника и телекомуникације на Модулу микрорачунарска електроника са просечном оценом 8,34. Дипломски рад „Пројектовање антенског низа са дјелитељем снаге у микрострип планарној технологији за 5Г бежичне комуникације” под менторством доцента др. Далибора Секулића, одбранио је 30. септембра 2021. године са оценом 10.

Мастер академске студије на Електротехничком факултету у Београду, на Модулу за микроталасну технику уписао је у октобру 2021. године. Положио је све испите са просечном оценом 9,4.

2. Извештај о студијском истраживачком раду

Кандидат Лазар Јовановић је као припрему за израду мастер рада урадио претрагу релевантне литературе која се односи на област која припада микротракастим антенама. Конкретно, упознао се са основним типовима микротракастих антена. Полазећи од најједноставније микротракасте антене, облика металног правоугаоника, додавањем прореза и усека, микротракасте антене се могу оптимизовати како са становишта фреквенцијског пропусног опсега, тако и са становишта дијаграма зрачења. Након тога упознао се са релевантним софтверским пакетима за електромагнетску анализу и дизајн оваквих антена, као и са релевантним софтверским пакетима за израду прототипа антене у техници штампаних кола (PCB).

3. Опис мастер рада

Мастер рад обухвата 39 страна, од чега прилози обухватају 5 страна, са укупно 45 слика, три табеле и списком скраћеница. Рад садржи увод, 4 поглавља и закључак (укупно 5 поглавља и закључак), списак коришћене литературе, списак скраћеница, списак слика и списак табела.

Прво поглавље представља увод у коме су сагледане актуелност и потреба за микротракастим антенама које раде у микроталасном опсегу учестаности. Побројани су само неки од сервиса и услуга где се микротракасте антене могу успешно користити. Наведене су предности али и ограничења микротракастих антена, а неки од начина превазилажења неких од тих ограничења приказани су и у овом мастер раду.

У другом поглављу приказана је нумеричка анализа микротракасте антене методом момената у софтверском пакету WIPL-D Pro. Полазећи од димензија доступних у литератури, направљен је модел микротракасте антене са прорезима. Како моделовање структура овакве геометрије методом момената захтева посебну пажњу и технике, пре оптимизације геометрије антене, испитана је нумеричка стабилност решења. У ту сврху искоришћене су технике „*Imaging-a*”, „*Edging-a*”, промене димензија коначних елемената, промене редова полиномске апроксимације непознатих струја и промене редова нумеричке интеграције. Након што је установљено да је нумерички модел задовољавајуће стабилан као и то да се добијени резултати значајно разликују у односу на резултате из доступне литературе, приступило се оптимизацији геометрије антене у циљу повећања пропусног опсега антене.

У трећем поглављу спроведена је оптимизација геометрије антене полазећи од нумеричких модела за које је установљена нумеричка стабилност. Због тога што је потребно оптимизовати релативно велики број параметара ове антене, директна примена софтверског пакета за оптимизацију, доступног у WIPL-D Pro софтверском пакету, захтевала би рачунарске ресурсе који тренутно нису на располагању. Због тога је, у циљу скраћења времена процеса оптимизације, спроведена студија случаја, код које су систематично мењани параметри антене, пратећи релевантне одзиве. Након тога, генерисана решења су искомбинована у квази-оптимално решење. Полазећи од квази-оптималних решења, финалним процесом оптимизације добијена су решења која ће се узети за оптимална.

У четвртом поглављу, полазећи од оптималних димензија антене из трећег поглавља, направљен је нумерички модел оптимизоване антене у софтверском пакету заснованом на методу коначних елемената. Приликом дизајна антена, а пре израде прототипа, сматра се добром праксом да се нумерички резултати добију помоћу барем два различита софтверска пакета, идеално помоћу пакета заснованих на различитим методама нумеричке електромагнетике. У ту сврху комбинација софтверских пакета заснованих на методу момената и методу коначних елемената показала се веома добро. Резултати за оптимизовану микротракасту антену добијени помоћу метода момената и метода коначних елемената поклопили су се задовољавајуће добро, што је кандидата охрабрило да приступи изради прототипа. Додатне користи конструкције нумеричког модела заснованог на методу коначних елемената, приказаног у четвртом поглављу, су и једноставно извожење геометрије за израду прототипа, као и обучавање кандидата за ову процедуру.

У петом поглављу приказана је процедура израде прототипа. Полазећи од геометрије нумеричких модела антене заснованих на методу коначних елемената, кандидат је детаљно описао начин једноставног и ефикасног креирања РСВ фајлова на основу којих ће се изградити прототипови. Израђена су четири прототипа, а приказане су фотографије прототипова пре и након додавања SMA конектора. Спроведена су мерења улазног коефицијента рефлексије прототипова, а резултати мерења добро се поклапају са резултатима нумеричких симулација.

4. Анализа рада са кључним резултатима

Мастер рад Лазара Јовановића бави се проблематиком дизајна, оптимизације, израде и мерења микротракастих антена са прорезима за микроталасни опсег учестаности. Микротракасте антене поседују низ добрих својстава, као што су ниска цена израде, велика поновљивост израде, лако повезивање са електричним колима израђеним у техници штампаних плоча и велика механичка робусност. Са друге стране, у свом основном облику врло су ускопојасне, при чему им је процентуални релативни пропусни опсег реда величине 1 %. Тако мали пропусни опсег може бити ограничавајућ код разних примена, поготову у ери бежичних уређаја великог протока који захтевају широке пропусне канале. Један од начина превазилажења овог ограничења је и додавање прореза у проводне површи микротракасте антене.

У оквиру овог мастер рада, дизајнирана је, израђена и премерена микротракаста антена са прорезима оптимизованих димензија. Установљена је нумеричка стабилност модела заснованог на методу момената, а као додатна провера параметри антене одређени су и помоћу метода коначних елемената. Оптимизација је спроведена хибридно, тако што је део оптимизационог простора претражен систематском променом димензија антене, а део оптимизационог простора претражен је коришћењем стандардних оптимизационих алгоритама.

Основни доприноси мастер рада су: 1) конструкција нумеричког модела микротракасте антене са прорезима заснованог на методу момената, 2) конструкција нумеричког модела микротракасте антене са прорезима заснована на методу коначних елемената, 3) хибридна оптимизација антене у циљу проширења пропусног опсега и 4) израда прототипа и мерење.

5. Закључак и предлог

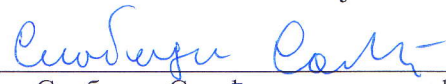
Кандидат Лазар Јовановић је у свом мастер раду успешно решио проблем дизајна, израде и мерења микротракасте антене са прорезима користећи се софтверским алатима заснованим на методу момената и методу коначних елемената, софтверским алатима за израду штампаних кола, као и векторским анализатором мрежа.

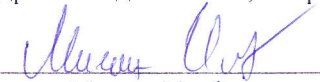
Кандидат је исказао самосталност и систематичност као и иновативне елементе у решавању проблематике овог рада.

На основу изложеног, Комисија предлаже Комисији за студије II степена Електротехничког факултета у Београду да рад Лазара Јовановића прихвати као мастер рад и кандидату одобри јавну усмену одбрану.

Београд, 25.08.2023. године

Чланови комисије:


др Слободан Савић, ванредни професор


др Милан Илић, редовни професор