

КОМИСИЈИ ЗА СТУДИЈЕ II СТЕПЕНА ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У БЕОГРАДУ

Комисија за студије II степена, Електротехничког факултета у Београду, на својој седници одржаној 21.06.2023. године именовала нас је у Комисију за преглед и оцену мастер рада дипл. инж. **Филипа Нешковића** под насловом „**Мерење микроталасних кола помоћу софтверски дефинисаног радија**“. Након прегледа материјала Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Биографски подаци кандидата

Филип Нешковић рођен је 05.04.1998. године у Београду, где је завршио основну и средњу школу. Електротехнички Факултет Универзитета у Београду уписао је школске 2017/18. године. Дипломирао је 2022. године, на одсеку за Сигнале и системе, са просечном оценом 9.22. Дипломски рад под називом „Скаларна анализа мрежа коришћењем софтверски дефинисаног радија ADALM-Pluto“ одбранио је са оценом 10. Школске 2022/23. године уписао је мастер студије на истоименом Факултету, на модулу за Микроталасну технику. Филип Нешковић аутор је једног рада на међународној конференцији IcETRAN 2023 под насловом „ADALM-Pluto SDR as a Tool for S-parameter Estimation: A Comparative Study of Various System Identification Procedures“. Рад је проглашен за „Најбољи рад младог аутора конференције IcETRAN“ у секцији Електрична кола, електрични системи и обрада сигнала.

2. Извештај о студијском истраживачком раду

Кандидат Филип Нешковић је као припрему за израду мастер рада спровео истраживање релевантне литературе која се бави софтверски дефинисаним радијом (*Software Defined Radio – SDR*), као и његовом применом у процени параметара расејања, тј. коефицијената рефлексије и трансмисије.

Током свог студијског истраживачког рада, кандидат се упознао са математичким моделима и захтевима за успешно мерење амплитудске и фазне карактеристике параметара расејања.

Кандидат је такође истражио алгоритме погодне за идентификацију система, у анализи микроталасних кола. Коначно, кандидат се упознао са архитектуром векторских анализатора мрежа (*Vector Network Analyzer – VNA*) као и са могућностима примене поједностављених архитектура, које се састоје од SDR и помоћних елемената (спрежњака, каблова и сл.).

3. Опис мастер рада

Мастер рад обухвата 41 стране са укупно 36 слике, 12 табела и списком скраћеница. Рад садржи увод, 6 поглавља и закључак (укупно 7 поглавља и закључак), и списак коришћене литературе.

Прво поглавље представља увод у коме је исказана потреба за приступачним хардверским платформама за радио-фреквенцијска (РФ) и микроталасна мерења, с обзиром на њихову широку примену, како у развојним пројектима тако и у образовне сврхе.

У другом поглављу изложена је теорија микроталасних мрежа и микроталасних компоненти од интереса за мастер рад. Разматране су једнопортне, двопортне и вишепортне мреже, као и дефиниција *S*-параметара. Након тога, приказан је теоријски преглед о микроталасним филтрима, појачавачима и антенама.

У трећем поглављу описана је архитектура анализатора мреже. Додатно, описаны су поступци калибрације, који су примењени у мастер раду.

Четврто поглавље посвећено је софтверски дефинисаном радију уопште, али и једној његовој реализацији у виду развојне SDR плоче ADALM-Pluto. Развојна плоча ADALM-Pluto представља не само помоћно средство у настави телекомуникација, електронике и обраде сигнала, већ и платформу за тестирање различитих модулација, дигиталних и аналогних филтара и других компоненти у ланцу радио-примопредаје. Поред архитектуре SDR уређаја, приказан је и пример програмског управљања уређајем.

У петом поглављу дат је преглед идентификационих алгоритама коришћених у оквиру мастер рада. Поред дефиниционих формула, приказани су и параметри мерења који обухватају опис побуде и учестаности на којима се врши мерење. У наставку поглавља дато је поређење резултата добијених SDR платформом ADALM-Pluto и одабраним алгоритмима са резултатима добијеним комерцијалним векторским анализатором мрежа.

У шестом поглављу истражена је могућност надоградње уређаја ADALM-Pluto, тако да се користе два пријемника истовремено и један предајник. Чип који садржи интегрисан радио-систем, укључујући и аналогно-дигиталну конверзију, заправо се састоји од два предајника и два пријемника, од којих је у основној конфигурацији доступан само по један. Подешавањем посебног системског софтвера (енг. *firmware*) и одговарајућим хардверским модификацијама, омогућен је приступ додатном предајнику и пријемнику. На крају поглавља приказани су резултати мерења *S*-параметара у овој, проширенoj поставци, применом базичног алгоритма са синусоидном побудом. Овај приступ мерењу користи предност заједничког локалног осцилатора за оба пријемника чиме је омогућено мерење фазне карактеристике. Резултати мерења амплитудске карактеристике упоређени су са првобитном поставком и VNA.

Седмо поглавље приказује основне функционалности графичког корисничког интерфејса који омогућава лако и аутоматско мерење, укључујући и одабир жељеног алгоритма за процену мерење величине.

4. Анализа рада са кључним резултатима

Мастер рад Филипа Нешковића испитује могућности употребе едукационог софтверски дефинисаног радија ADALM-Pluto за карактеризацију микроталасних склопова, антена и система са аспекта коефицијената трансмисије и рефлексије.

У оквиру свог мастер рада, кандидат је испитао, одабрао и применио различите алгоритме за идентификацију система у микроталасним мерењима. Алгоритми су имплементирани у програмском језику MATLAB, а примењивани су у спрези са SDR платформом ADALM-Pluto. Примењени алгоритми дају процену фреквенцијских карактеристика коефицијената рефлексије и трансмисије.

Резултати мерења добијени помоћу SDR платформе и поменутим алгоритмима упоређени су са резултатима добијених професионалним анализатором мрежа, из чега се изводи закључак да је поменута платформа ограничена, али, за потребе образовања, прихватљиве тачности са аспекта микроталасних мерења. Додатно, кандидат је показао да се хардверским и софтверским проширењем платформе могу истовремено користити два пријемника са заједничким локалним осцилатором, чиме је омогућено мерење фазне карактеристике.

Основни доприноси мастер рада су: 1) одређивање и примена погодних алгоритама за идентификацију система у микроталасним мерењима, 2) формирање мernog система и дефиниција алгоритама за приближно мерење амплитудске карактеристике *S*-параметара, и 3) хардверско и софтверско проширење за мерење фазне карактеристике *S*-параметара.

5. Закључак и предлог

Кандидат Филип Нешковић је у свом мастер раду испитао могућности за векторску анализу применом приступачног софтверски дефинисаног радија. Кандидат је успешно показао да се датом поставком могу измерити амплитудске карактеристике коефицијената рефлексије и трансмисије, применом базичних алгоритама, али и алгоритама за идентификацију система, у опсезима до 3,8 GHz, односно до 6 GHz. Хардверским и софтверским проширењем предложене SDR платформе, кандидат је формирао додатну поставку, чиме је омогућено мерење и фазне карактеристике, односно омогућена је векторска анализа мрежа. Кандидат је идентификовала предности и ограничења оваквог мерног система.

Кандидат је показао самосталност у раду, посвећеност и спремност на истраживање ван матичне области.

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

Београд, 15.9.2023. године

Чланови комисије:

Никола Баста

др Никола Баста, доцент

Дејан Тошић

др Дејан Тошић, редовни професор

М. Тасић

др Миодраг Тасић, ванредни професор