

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата **Мр Младена Копривице**

Одлуком Наставно-научног већа Електротехничког факултета Универзитета у Београду бр. 942/3 од 29.03.2016. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата **Мр Младена Копривице** под насловом

„Повећање ефикасности метода за мерење интензитета електричног поља у околини базних станица јавних мобилних система“

После прегледа достављене Дисертације и других пратећих материјала и разговора са Кандидатом, Комисија је сачинила следећи

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Младен Копривица је стекао академски назив Магистра електротехничких наука за област Телекомуникације на Електротехничком факултету Универзитета у Београду. Магистарску тезу под насловом „Експериментална анализа перформанси преноса говора коришћењем бежичне локалне рачунарске мреже“ одбранио је 30.06.2014. године.

Кандидат је 11.12.2014. године пријавио тему за израду докторске дисертације под насловом „Повећање ефикасности метода за мерење интензитета електричног поља у околини базних станица јавних мобилних система“. Комисија за студије трећег степена разматрала је 16.12.2014. године предлог теме за израду докторске дисертације и упутила предлог Комисије за оцену подобности теме и кандидата на усвајање Наставно-научном већу Електротехничког факултета. На 781. седници одржаној 23.12.2014. године, Наставно-научно веће је именovalo Комисију за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације (Одлука бр. 942/1 од 14.01.2015. године) у саставу: др Александар Нешковић, ванредни професор (Универзитет у Београду - Електротехнички факултет), др Ирини Рељин, редовни професор (Универзитет у Београду - Електротехнички факултет), др Милош Бореновић, научни сарадник (Развојно истраживачки центар „Vlatacom“), др Драган Олћан, ванредни професор (Универзитет у Београду - Електротехнички факултет) и др Наташа Нешковић, ванредни професор (Универзитет у Београду - Електротехнички факултет). На 783. седници одржаној 24.02.2015. године, Наставно-научно веће је усвојило Извештај Комисије за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације (Одлука бр. 942/2). За ментора дисертације именован је др Александар Нешковић, ванредни професор. Веће научних области техничких

наука Универзитета у Београду дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације (број одлуке 61206-1407/2-15 од 06.04.2015. године).

Кандидат је 10.03.2016. године предао докторску дисертацију на преглед и оцену. Комисија за студије трећег степена потврдила је 15.03.2016. године испуњеност потребних услова за подношење предлога за формирање Комисије за преглед и оцену докторске дисертације Наставно-научном већу Електротехничког факултета. На 797. седници одржаној 22.03.2016. године, Наставно-научно веће именовало је Комисију за преглед и оцену докторске дисертације под насловом „Повећање ефикасности метода за мерење интензитета електричног поља у околини базних станица јавних мобилних система” (број одлуке 942/3 од 29.03.2016. године) у саставу: др Александар Нешковић, редовни професор (Универзитет у Београду - Електротехнички факултет), др Наташа Нешковић, ванредни професор (Универзитет у Београду - Електротехнички факултет), др Милош Бореновић, научни сарадник (*TeleSign*), др Ирини Рељин, редовни професор (Универзитет у Београду - Електротехнички факултет), и др Драган Олћан, ванредни професор (Универзитет у Београду - Електротехнички факултет).

1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација Мр Младена Копривице под насловом „Повећање ефикасности метода за мерење интензитета електричног поља у околини базних станица јавних мобилних система” припада научној области Техничке науке - електротехника, ужој научној области Телекомуникације, за коју је матични факултет Електротехнички факултет Универзитета у Београду.

Ментор докторске дисертације је др Александар Нешковић, редовни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду, који се дуги низ година бави научноистраживачким радом у области електромагнетног зрачења базних станица, из које је објавио већи број радова у истакнутим међународним часописима са SCI листе.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Младен Копривица је рођен 25.05.1975. године у Сарајеву. Основну школу „Павле Горанин Илија” у Сарајеву завршио је 1990. године са максималном просечном оценом, као носилац дипломе Митар Трифуновић Учо. Након тога, уписао је Другу Сарајевску гимназију (математичко-физичко-рачунарска школа), где је завршио прве две године. Због ратних околности у Босни и Херцеговини 1992. године, преселио се у Соколац, где је 1994. године завршио Средњу електротехничку школу са одличним успехом. Редовне студије завршио је на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, смер Телекомуникације, 2001. године, са просечном оценом 8,74. Магистарске студије завршио је, такође, на Електротехничком факултету у Београду, смер Телекомуникације, 2014. године, са просечном оценом 10. Запослен је на месту Вишег стручног сарадника - вишег лабораторијског инжењера на Катедри за телекомуникације Електротехничког факултета у Београду, од 2001. године. Поред тога обавља послове руководиоца и инструктора на *Cisco Networking* академији Електротехничког факултета. Такође, члан је Савета Електротехничког факултета.

Младен Копривица поседује лиценцу одговорног пројектанта телекомуникационих мрежа и система и учествовао је у изradi великог броја пројеката, студија, техничких решења и мерења рађених на Катедри за телекомуникације. Поред тога, обавља и послове Заменика руководиоца Лабораторије за радио-комуникације акредитоване од стране Акредитационог тела Србије.

Младен Копривица је *Senior member* IEEE удружења и члан извршног одбора IEEE секције Србија и Црна Гора. Члан је Друштва за телекомуникације, надзорног одбора Друштва за телекомуникације и организационог одбора конференције ТЕЛФОР. Такође, члан је Инжењерске коморе Србије и испитивач за стручни део испита у Комисији за електронику и телекомуникације за област рачунарских мрежа.

Аутор је или коаутор 34 научна рада, од којих је 5 радова објављено у међународним часописима са *SCI* листе, 4 рада у домаћим часописима, 6 радова на међународним конференцијама, док су остали радови публиковани на домаћим конференцијама.

Младен Копривица је ожењен, и отац сина од 7 година и ћерке од 1.5 године.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација је написана на 172 стране текста куцаног латиничним писмом и садржи 70 слика, 42 табеле и 150 библиографских референци. Такође, дисертација садржи насловну страну на српском и енглеском језику, страну са подацима о ментору и члановима комисије, кратак резиме дисертације на српском и енглеском језику, садржај, увод и девет тематских поглавља, преглед коришћене литературе, биографију аутора и прилог. Поглавља дисертације су насловљена на следећи начин: Увод, 1. Преглед дефинисаних норми којима се ограничава излагање људи електромагнетним пољима, 2. Методе за мерење интензитета електричног поља у околини базних станица, 3. Процена мерне несигурности резултата мерења интензитета електричног поља, 4. Повећање ефикасности метода за мерење интензитета електричног поља скраћивањем интервала усредњавања, 5. Конверзија резултата мерења интензитета једне просторне компоненте електричног поља у интензитет који се добија изотропним мерењима, 6. Експериментална анализа дугорочне променљивости интензитета електричног поља, 7. Статистичка анализа резултата мерења интензитета електричног поља у околини базних станица, 8. Савремени трендови у одређивању изложености људи електромагнетним пољима, и 9. Закључак. Прилог се састоји од четири дела: Прилог А - Резултати мерења за сценарије 2 до 7 у оквиру конверзије резултата мерења интензитета једне просторне компоненте електричног поља у интензитет који се добија изотропним мерењима, Прилог 1 - Изјава о ауторству, Прилог 2 - Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторске дисертације, и Прилог 3 - Изјава о коришћењу.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Значај објективног сагледавања нивоа електромагнетног зрачења у животном окружењу, као и циљеви истраживања и полазне хипотезе, дати су у уводном поглављу.

У првом поглављу, спроведена је библиографска анализа дефинисаних норми којима се ограничава излагање људи електромагнетним пољима базних станица. Дат је преглед базичних ограничења и референтних граничних нивоа дефинисаних Правилником о границама излагања нејонизујућим зрачењима, *ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection)* препоруком, *FCC (Federal Communications Commission)* препоруком, *IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)* стандардом и *ARPANSA (Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency)* стандардом.

Коришћена метода за мерење интензитета електромагнетног поља, дефинисана Европским стандардима, описана је у другом поглављу. Представљен је начин одређивања релеватних извора и релеватних зона локације, као и процедура мерења широкопојасним и фреквенцијски селективним мерним системом. Такође, објашњен је поступак екстраполације измерених вредности за случај максималног саобраћајног оптерећења базне станице.

У оквиру трећег поглавља обрађене су појединачне компоненте мерне несигурности и дефинисана практична метода за процену мерне несигурности резултата мерења интензитета електричног поља, за случајеве широкопојасног и фреквенцијски селективног мерног система. Метода је базирана на закону пропагације расподела вероватноћа и омогућава процену комбиноване стандардне мерне несигурности, као и проширене мерне несигурности са интервалом поверења од 95%.

Четврто поглавље је посвећено процедури за повећање ефикасности скраћивањем интервала усредњавања са 6 min (прописаних стандардима) на 1 min, 30 s и 15 s, којом се мерни процес знатно убрзава. На основу резултата мерења спроведених у околини мултисистемске базне станице у урбаном окружењу, показано је да предложена мерна процедура обезбеђује резултате са прихватљивим губитком квалитета мерења. Поред тога, одређене су и вредности додатне стандардне мерне несигурности, која мора бити узета у обзир приликом скраћивања интервала усредњавања.

Развијени модел за конверзију резултата мерења интензитета једне просторне компоненте електричног поља у интензитет који се добија изотропним мерењима, изражен преко додатног мултипликативног фактора конверзије и додатне стандардне мерне несигурности која мора бити узета у обзир, дат је у петом поглављу. Модел је развијен на бази експерименталних мерења све три просторне компоненте електричног поља, за седам типичних окружења у којима су људи изложени електромагнетним пољима.

У шестом поглављу спроведена је анализа дугорочне променљивости интензитета електричног поља у временском интервалу од 7 дана. За потребе анализе извршена су *band-selectivna* мерења у реалном мрежном окружењу на 7 урбаних локација, у опсезима у којима раде базне станице GSM, DCS и UMTS система сва три оператора. Поред тога, одређена је додатна мерна несигурност која потиче од променљивости саобраћајног оптерећења и функционалности предајника, за различите интервале усредњавања од 10 s, 30 s, 1 min, 6 min, 15 min, 30 min, 1 h, 3 h, 5 h и 10 h, као и за 6 различитих категорија дефинисаних у зависности од дана у недељи и специфичних периода дана.

Статистичка анализа резултата мерења интензитета електричног поља у околини базних станица јавних мобилних система, за 664 различите локације класификоване у три основне категорије: стубови (316 локација), локације са инсталацијом на објекту (276 локација) и локације са инсталацијом унутар објекта (72 локације), спроведена је у седмом поглављу. Поред тога, спроведена је и компаративна анализа нивоа електромагнетног зрачења за дефинисане категорије локација, поређењем максималне вредности укупног интензитета електричног поља за целу локацију.

У осмом поглављу, представљен је савремени приступ у анализи изложености људи радио-фреквенцијским електромагнетним пољима и објашњена нова метрика названа индекс изложености. У оквиру дисертације развијена је аналитичка метода за одређивање мерне несигурности ове метрике и предложен начин за процену функције густине вероватноће за случај када су улазни параметри променљиве са нормалном расподелом које имају мале релативне стандардне мерне несигурности, што је најчешћи случај у пракси.

Закључна разматрања и коначна анализа истраживања спроведеног у оквиру докторске дисертације, изложени су у завршном деветом поглављу.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Докторска дисертација припада области анализе изложености људи радио-фреквенцијским електромагнетним пољима, која је веома актуелна и све више атрактивна

како научној заједници, тако и општој људској популацији. С обзиром на очекивани велики пораст броја бежичних уређаја и њиховог коришћења, очекује се и значајно повећање излагања људи електромагнетним пољима. Из тог разлога, од велике важности је потреба за објективним сагледавањем нивоа електромагнетног зрачења у животном окружењу. Методе које се користе за мерење интензитета електромагнетног поља у околини базних станица непрестано се развијају и надограђују, у складу са развојем телекомуникационих система, као и побољшањима мерних уређаја. Један сегмент у развоју ових метода, који је посебно актуелан у последње време, је одређивање мерне несигурности резултата мерења. Дисертација се бави повећањем ефикасности метода за мерење интензитета електромагнетног поља у околини базних станица, које је спроведено унапређењима у неколико сегмената. Анализа утицаја на мерну несигурност, спроведена у оквиру ове дисертације, је од посебног значаја за примену решења за повећање ефикасности. Такође, у дисертацији је обрађен и савремени приступ у анализи изложености људи електромагнетним пољима који подразумева одређивање укупног излагања, и то комбиновањем излагања у *downlink*-у (које потиче од базних станица и *access point*-а) и излагања у *uplink*-у (које потиче од мобилних корисничких уређаја).

Оригиналноста рада презентованог у докторској дисертацији огледа се у развоју практичне методе за одређивање мерне несигурности, повећању ефикасности метода за мерења скраћивањем интервала усредњавања, развоју модела за конверзију резултата моноаксијалних мерења у изотропни случај, одређивању мерне несигурности која потиче од променљивости саобраћајног оптерећења и функционалности предајника, резултатима статистичке анализе резултата мерења у околини базних станица на антенском стубу, на објекту и унутар објекта, као и развоју аналитичке методе за одређивање мерне несигурности индекса изложености.

С обзиром на значај истраживања који проистиче из савремености и актуелности описане проблематике, Комисија сматра да дисертација кандидата задовољава све прописане стандарде.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Литература коришћена у дисертацији пажљиво је одабрана и садржи најважније радове који покривају посматрану научну област. Велики број радова новијег је датума што указује на актуелност одабране проблематике. На основу обима коришћене литературе може се закључити да је кандидат имао темељан увид у досадашње доприносе у овој и блиским научним областима. Наведено је укупно 150 библиографских референци. Листа укључује и 8 радова које је кандидат објавио током израде докторске дисертације, а који су директно проистекли из рада на дисертацији.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

У решавању постављених проблема докторске дисертације, као и у остваривању дефинисаних циљева, коришћене су следеће научне методе:

- Библиографска анализа дефинисаних норми којима се ограничава излагање људи електромагнетним пољима која потичу од телекомуникационих уређаја.
- Анализа објављених радова и стандарда, анализа карактеристика типичних мерних уређаја који се користе у пракси, као и експериментална анализа резултата мерења интензитета електричног поља, за одређивање појединачних компоненти и дефинисање практичне методе за процену мерне несигурности.
- Експериментална анализа интензитета електричног поља у околини мултисистемске базне станице у урбаном окружењу за развој процедуре за повећање ефикасности скраћивањем интервала усредњавања и одређивање додатне мерне несигурности.

- Експериментална анализа све три просторне компоненте електричног поља, за седам типичних окружења у којима су људи изложени зрачењу, за потребе развоја модела за конверзију резултата моноаксијалних мерења у изотропни случај.
- Експериментална анализа дугорочне променљивости интензитета електричног поља у периоду од 7 дана и на 7 урбаних локација за одређивање додатне мерне несигурности променљивости саобраћајног оптерећења и функционалности предајника.
- Статистичка анализа резултата мерења интензитета електричног поља у околини базних станица јавних мобилних система, за 664 различите локације класификоване у три основне категорије: стубови, локације са инсталацијом на објекту и локације са инсталацијом унутар објекта.
- Аналитичка метода за одређивање мерне несигурности нове метрике назване индекс изложености и предлагање начина за процену функције густине вероватноће за случај нормалних улазних параметара са малом мерном несигурношћу.

На основу изложеног Комисија констатује да су примењене научне методе адекватне за решавање постављених проблема и да су довеле до остваривања циљева докторске дисертације.

3.4. Применљивост остварених резултата

Докторска дисертација иницирана је практичним проблемима у области анализе изложености људи радио-фреквенцијским електромагнетним пољима и практичним потребама за повећање ефикасности метода за мерење интензитета електричног поља у околини базних станица јавних мобилних система. Остварени резултати дисертације могу имати веома значајну примену у пракси.

Развијена метода за процену мерне несигурности резултата мерења интензитета електричног поља може се применити за практичну процену комбиноване стандардне мерне несигурности и проширене мерне несигурности, приликом испитивања усклађености инсталације базне станице са референтним граничним нивоима. Метода је примењена у оквиру Лабораторије за радио-комуникације Електротехничког факултета Универзитета у Београду, акредитоване од стране Акредитационог тела Србије.

Процедура за повећање ефикасности скраћивањем интервала усредњавања на 1 min, 30 s и 15 s, може се применити у пракси за повећање ефикасности и убрзавање мерног процеса приближно 6, 12 и 24 пута, респективно. Када се мерење спроводи у краћим временским интервалима, приликом прорачуна укупне (комбиноване) мерне несигурности у обзир мора бити узета и додатна стандардна мерна несигурност чија вредност износи 3.07%, 3.80% и 4.42% за интервале усредњавања 1 min, 30 s и 15 s, респективно. Процедура је примењена у оквиру Лабораторије за радио-комуникације.

Развијени модел за конверзију резултата мерења интензитета једне просторне компоненте електричног поља у интензитет који се добија изотропним мерењима, може бити примењен на мерне системе који користе моноаксијалне сонде за мерење. Модел је применљив на све моноаксијалне мерне сонде и мерне антене, дизајниране тако да не утичу значајно на поље које се мери, да имају димензије мање или упоредиве са таласном дужином највеће фреквенције мереног поља, као и да имају дијаграм зрачења антене сличан дијаграму зрачења кратког дипола.

Резултати мерења дугорочне анализе за случај интервала усредњавања од 6 min и категорије „сви дани – активни сати“, могу се применити у пракси приликом спровођења поступка мерења на локацији. С обзиром да се мерења спровode током дана, да би био обухваћен „најкритичнији“ случај (тј. максималне 6-минутне вредности), приликом одређивања укупне мерне несигурности потребно је узети у обзир додатну стандардну мерну несигурност у износу 7.08%, 6.33% и 9.41%, за GSM, DCS и UMTS систем, респективно.

Резултати статистичке анализе мерења интензитета електричног поља у околини базних станица јавних мобилних система могу се применити за процену реалне изложености људи радио-фреквенцијским електромагнетним пољима.

Развијена аналитичка метода може се користити за једноставно одређивање стандардне мерне несигурности индекса изложености. Предложени начин за процену функције густине вероватноће за случај када су улазни параметри променљиве са нормалном расподелом које имају мале релативне стандардне мерне несигурности може се користити за одређивање фактора проширења, односно проширене мерне несигурности индекса изложености.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

На основу прегледане дисертације Комисија процењује да је кандидат Мр Младен Копривица показао способност за самостални научни рад, почевши од систематичног прегледа постојеће научне литературе и индустријских стандарда, преко уочавања практичних проблема и потребе за повећањем ефикасности метода за мерење, осмишљавања експерименталних анализа и спровођења поступака мерења, па до развоја оригиналних процедура, метода и модела. У прилог поменутом је и чињеница да је кандидат објавио низ научних радова који су проистекли из дисертације, а у којима се појављује као први аутор.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Основни научни доприноси који су остварени у оквиру докторске дисертације огледају се у следећем:

- Дат је преглед дефинисаних норми којима се ограничава излагање људи радио-фреквенцијским електромагнетним пољима која потичу од телекомуникационих уређаја.
- Развијена је практична метода за одређивање мерне несигурности резултата мерења интензитета електричног поља у околини базних станица, за случајеве широкопојасног и фреквенцијски селективног мерног система.
- Развијена је процедура за повећање ефикасности скраћивањем интервала усредњавања са прописаних 6 min на 1 min, 30 s и 15 s, и одређена додатна мерна несигурност која је последица примене ове процедуре.
- Развијен је модел за конверзију резултата мерења интензитета једне просторне компоненте електричног поља у интензитет који се добија изотропним мерењима, изражен преко мултипликативног фактора конверзије и додатне мерне несигурности.
- Сprovedена је анализа дугорочне променљивости интензитета електричног поља у реалном мрежном окружењу, на 7 урбаних локација и у временском интервалу од 7 дана, и одређена додатна мерна несигурност која потиче од променљивости саобраћајног оптерећења и функционалности предајника.
- Сprovedена је статистичка анализа резултата мерења интензитета електричног поља у околини базних станица инсталираних на антенском стубу за 316 локација, и дати су резултати.
- Сprovedена је статистичка анализа резултата мерења интензитета електричног поља у околини базних станица инсталираних на објекту за 276 локација, и дати су резултати.
- Сprovedена је статистичка анализа мерења интензитета електричног поља у околини микро базних станица инсталираних унутар објеката за 72 локације, и дати су резултати.

- Развијена је аналитичка метода за одређивање мерне несигурности нове метрике, назване индекс изложености, и предложен начин за процену функције густине вероватноће за случај када су улазни параметри променљиве са нормалном расподелом и малим релативним стандардним мерним несигурностима.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Сагледавањем постављених хипотеза, циљева истраживања и остварених резултата констатујемо да је кандидат успешно одговорио на сва релевантна питања за решавање проблема дефинисаног предметом истраживања. Систематичан преглед постојеће научне литературе и индустријских стандарда, уочавање практичних проблема и потребе за повећањем ефикасности метода за мерење интензитета електромагнетног поља у околини базних станица, развој методе за практично одређивање мерне несигурности, повећање ефикасности метода за мерење скраћивањем интервала усредњавања, развој модела за конверзију резултата моноаксијалних мерења у изотропни случај, одређивање мерне несигурност која потиче од променљивости саобраћајног оптерећења и функционалности предајника, резултати статистичке анализе резултата мерења у околини базних станица на антенском стубу, на објекту и унутар објекта, и развој аналитичке методе за одређивање мерне несигурности индекса изложености, представљају значајан научни допринос у области телекомуникација и информационих технологија, што је и верификовано објављивањем резултата истраживања у престижним часописима од међународног значаја, као и на признатим конференцијама од међународног значаја.

4.3. Верификација научних доприноса

Кандидат је објавио више радова у вези са темом докторске дисертације, чији су резултати директно проистекли из дисертације или су тесно везани са истраживањем спроведеним у оквиру ње:

Категорија M23:

1. Koprivica, M., Nešković, A., Nešković, N.: Conversion from mono-axial to isotropic measurements for assessing human exposure to electromagnetic fields of GSM/DCS/UMTS base stations, -*Annals of Telecommunications*, vol. 70, no. 9, pp. 407-414, 2015 (IF₂₀₁₄=0.699) (ISSN 0003-4347).
2. Koprivica, M., Slavković, V., Nešković, N., Nešković, A.: Statistical analysis of electromagnetic radiation measurements in the vicinity of GSM/UMTS base station installed on buildings in Serbia, -*Radiation Protection Dosimetry*, vol. 168, no. 4, pp. 489-502, 2016 (IF₂₀₁₄=0.913) (ISSN 0144-8420).
3. Koprivica, M., Nešković, N., Nešković, A., Paunović, Đ.: Statistical analysis of electromagnetic radiation measurements in the vicinity of GSM/UMTS base station antenna masts, -*Radiation Protection Dosimetry*, vol. 158, no. 3, pp. 263-275, 2014 (IF=0.913) (ISSN 0144-8420).

Категорија M22:

1. Koprivica, M., Petrić, M., Nešković, N., Nešković, A.: Statistical analysis of electromagnetic radiation measurements in the vicinity of indoor microcell GSM/UMTS base stations in Serbia, -*Bioelectromagnetics*, vol. 37, no. 1, pp. 69-76, 2016 (IF₂₀₁₄=1.705) (ISSN 0197-8462).

2. Nešković, N., Koprivica, M., Nešković, A., Paunović, Đ.: Improving the efficiency of measurement procedures for assessing human exposure in the vicinity of mobile phone (GSM/DCS/UMTS) base stations, -*Radiation Protection Dosimetry*, vol. 149, no. 3, pp. 238-244, 2012 (IF=0.909) (ISSN 0144-8420).

Категорија M33:

1. Koprivica, M., Petrić, M., Popović, M., Milinković, J., Nikšić, S., Nešković, A.: "Long-term variability of electromagnetic field strength for GSM 900MHz downlink band in Belgrade urban area", -*Proceedings of the 22nd Telecommunication Forum (TELFOR 2014)*, Belgrade, Serbia, 25-27 November 2014., pp. 9-12. (ISBN: 978-1-4799-6190-0).
2. Popović, M., Koprivica, M., Nikšić, S., Milinković, J., Nešković, A.: "Methodology for the comparison of cellular technologies and services with respect to EMF exposure", -*Proceedings of the 22nd Telecommunication Forum (TELFOR 2014)*, Belgrade, Serbia, 25-27 November 2014., pp. 13-16. (ISBN: 978-1-4799-6190-0).
3. Freudenstein, F., Wiedemann, P.M., Pejanovic-Djurisic, M., Koprivica, M., Neskovic, A.: "Intuitive exposure and risk perception of RF EMF: Case studies Serbia and Montenegro", -*Proceedings of the 22nd Telecommunication Forum (TELFOR 2014)*, Belgrade, Serbia, 25-27 November 2014., pp. 1-4. (ISBN: 978-1-4799-6190-0).

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Докторска дисертација кандидата Мр Младена Копривице под насловом „Повећање ефикасности метода за мерење интензитета електричног поља у околини базних станица јавних мобилних система” у целини је написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме и садржи све битне елементе који се захтевају Правилником о докторским студијама Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

У дисертацији су развијене: метода за процену мерне несигурности резултата мерења интензитета електричног поља, процедура за повећање ефикасности скраћивањем интервала усредњавања и модел за конверзију резултата мерења интензитета једне просторне компоненте електричног поља у интензитет који се добија изотропним мерењима. Спроведене су и анализа дугорочне променљивости интензитета електричног поља у реалном мрежном окружењу, као и статистичка анализа мерења интензитета електричног поља у околини базних станица. Поред тога, развијена је аналитичка метода за једноставно одређивање стандардне мерне несигурности индекса изложености. Остварени резултати дисертације могу имати веома значајну примену у пракси. Резултате проистекле из истраживања спроведеног у оквиру докторске дисертације кандидат је објавио у водећим међународним часописима и презентовао стручној јавности на конференцијама од међународног и националног значаја. На основу увида у докторску дисертацију и објављене радове кандидата, Комисија констатује да дисертација представља оригиналан и савремен научни допринос у домену Телекомуникација и информационих технологија.

Кандидат Мр Младен Копривица показао је способност за самостални научни рад, што потврђује и чињеница да је објавио низ научних радова који су проистекли из дисертације, а у којима се појављује као први аутор. Комисија констатује да је кандидат Мр Младен Копривица, дипломирани инжењер електротехнике, испунио све услове предвиђене Законом о високом образовању, Статутом и Правилником о докторским студијама Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

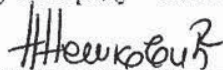
Умајући у виду наведено, Комисија са задовољством предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду да се докторска дисертација под називом „Повећање ефикасности метода за мерење интензитета електричног поља у околини базних станица јавних мобилних система” кандидата **Мр Младена Копривице** прихвати, изложи на увид јавности и упуту на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

У Београду, 04.05.2016. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



др Александар Нешковић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



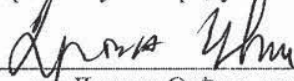
др Наташа Нешковић, ванредни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Милош Бореновић, научни сарадник



др Ирини Рељин, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Драган Олћан, ванредни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет