

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Луке Перазића, мастер инжењера електротехнике и рачунарства

Одлуком бр.5057/12-3 од 19.12.2019. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Луке Перазића, мастер инжењера електротехнике и рачунарства, под насловом

„Физички и функционални ефекти електронегативног гаса у трокомпонентној смеси радног гаса за детекцију јонизујућег зрачења помоћу Гајгер-Милеровог бројача“

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

Кандидат Лука Перазић је уписао докторске студије у школској 2012/13. години на Електротехничком факултету у Београду, студијски програм Електротехника и рачунарство, модул Нуклеарна, медицинска и еколошка техника. Током студија положио је све испите са просечном оценом 10,00 и испунио све обавезе везане за студијски истраживачки рад које су предвиђене студијским планом и програмом.

На основу члана 101. Статута Универзитета у Београду, члана 74. Статута Универзитета у Београду-Електротехничког факултета и захтева студента, одобрено је продужење рока за завршетак студија до истека троструког броја школских година потребних за реализацију уписаног студијског програма.

Тему докторске дисертације под насловом **„Физички и функционални ефекти електронегативног гаса у трокомпонентној смеси радног гаса за детекцију јонизујућег зрачења помоћу Гајгер-Милеровог бројача“** кандидат је пријавио 23.3.2018. године. Комисија за студије трећег степена Електротехничког факултета Универзитета у Београду је одобрила предлог теме за израду докторске дисертације 10.4.2018. године. Наставно-научно веће Електротехничког факултета Универзитета у Београду је именovalo Комисију за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације (одлука бр. 5057/12-1 од 26.4.2018. године) у саставу:

1. др Милош Вујисић, доцент, Електротехнички факултет Универзитета у Београду,
2. др Милорад Кураица, редовни професор, Физички факултет Универзитета у Београду

3. др Вујо Дрндаревић, редовни професор, Електротехнички факултет Универзитета у Београду.

За ментора докторске дисертације предложена је др Ковиљка Станковић, доцент на Електротехничком факултету Универзитета у Београду.

Јавна усмена одбрана предложене теме докторске дисертације на Електротехничком факултета Универзитета у Београду одржана је 16.5.2018. године пред Комисијом у саставу: др Милош Вујисић, доцент, Електротехнички факултет Универзитета у Београду, др Милорад Кураица, редовни професор, Физички факултет Универзитета у Београду и др Вујо Дрндаревић, редовни професор, Електротехнички факултет Универзитета у Београду. Комисија је закључила да је кандидат Лука Перазић на јавној усменој одбрани предложене теме докторске дисертације добио оцену „задовољно“. Комисија је заједно са предложеним ментором докторске дисертације др Ковиљком Станковић, доцентом на Електротехничком факултету Универзитета, сачинила Извештај о оцени подобности теме и кандидата.

Наставно-научно веће усвојило је Извештај Комисије о оцени подобности теме и кандидата (одлука бр. 5057/12-2 од 12.6.2018. године).

Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације (одлука бр. 61206-2719/2-18 од 25.6.2018. године) под насловом „**Физички и функционални ефекти електронегативног гаса у трокомпонентној смеси радног гаса за детекцију јонизујућег зрачења помоћу Гајгер-Милеровог бројача**“ кандидата Луке Перазића и за ментора је предложена др Ковиљка Станковић, доцент на Електротехничком факултету Универзитета у Београду.

Кандидат је урађену докторску дисертацију предао на преглед и оцену 28.11.2019. године.

Комисија за студије трећег степена Електротехничког факултета Универзитета у Београду потврдила је испуњеност потребних услова за подношење предлога Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду за формирање Комисије за преглед и оцену докторске дисертације (одлука бр. 5057/12-3 од 19.12.2019. године) у саставу:

1. др Ковиљка Станковић, доцент, Електротехнички факултета Универзитета у Београду,
2. др Милош Вујисић, доцент, Електротехнички факултет Универзитета у Београду,
3. др Милорад Кураица, редовни професор, Физички факултет Универзитета у Београду
4. др Оливера Цирај-Бјелац, редовни професор, Електротехнички факултета Универзитета у Београду,
5. др Милић Пејовић, доцент, Електронски факултет Универзитета у Нишу.

1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација припада научној области Техничких наука – електротехника и рачунарство, у ужем смислу научној области Нуклеарна техника. За ову научну област матичан је Електротехнички факултет. Ментор дисертације је др Ковиљка Станковић, доцент Електротехничког факултета Универзитета у Београду, аутор бројних научних и стручних радова из уже научне области којој припада ова докторска дисертација.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Лука Перазић је рођен 09.04.1982. године у Београду. Основну школу и Четврту гимназију завршио је у Београду. Електротехнички факултет Универзитета у Београду уписао је 2001. године, а дипломирао је у оквиру модула Физичка електроника, на смеру Биомедицински и еколошки инжењеринг, јула 2007. године са просечном оценом 8,37. Награђен је за најбољи студентски научни рад у 2007. од стране Електротехничког факултета у Београду из области

дигиталне обраде слике. Мастер академске студије на Електротехничком факултету у Београду, студијски програм Електротехника и рачунарство, модул Биомедицинско и еколошко инжењерство, уписао је 2007. године. Мастер студије је завршио 2009. године, са просечном оценом 10,00 и одбрањеним завршним радом под насловом „Статистичке и мерне методе за радиолошку карактеризацију објеката“. Докторске студије уписао је у школској 2012/13. години на Електротехничком факултету у Београду, студијски програм Електротехника и рачунарство, модул Нуклеарна, медицинска и еколошка техника. Током студија положио је све испите са просечном оценом 10,00 и испунио све обавезе везане за студијски истраживачки рад које су предвиђене студијским планом и програмом.

На основу члана 101. Статута Универзитета у Београду, члана 74. Статута Универзитета у Београду-Електротехничког факултета и захтева студента, одобрено је продужење рока за завршетак студија до истека троструког броја школских година потребних за реализацију уписаног студијског програма.

Од 2009. до 2010. године, Лука Перазић радио је у Лабораторији за заштиту од зрачења и заштиту животне средине Института за нуклеарне науке Винча у оквиру пројекта VIND (*Vinča Nuclear Decommissioning Program*) у области дозиметрије и заштите од зрачења. Од 2010. године ради у ЈП Нуклеарни објекти Србије на радном месту Инжењер за заштиту од зрачења, на пројекту препакивања и репатријације ислуженог нуклеарног горива. Након тога, као руководиоца, успоставља рад и руководи процесом акредитације метода термолуминесцентне и оптички стимулисане дозиметрије у оквиру Лабораторије за личну дозиметријску контролу у ЈП Нуклеарни објекти Србије. Од 2014. руководи Одељењем за процену нивоа излагања јонизујућим зрачењима чија је основна делатност процена унутрашњег и спољашњег излагања професионално изложених лица и становништва штетном дејству јонизујућег зрачења, користећи притом стандардизоване методе мерења и технике процене ризика.

Истраживачким радом се бави у области дозиметрије и заштите од зрачења, који је везан за спровођење мерења специфичном мерном инструментацијом за детекцију јонизујућег зрачења (јонизационим коморама, ГМ бројачима, сцинтилационим и полупроводничким детекторима) у радијационим пољима сложене геометрије, затим пројектовање мера радијационе сигурности и безбедности, као и спровођење радиолошке карактеризације предмета и објеката. Све поменуте активности базирају се на раду у лабораторији и на терену, применом стандардизованих, акредитованих метода и техника мерења и методологијом процене излагања (доза-ризик). Неки од резултата истраживачког рада су публиковани на националним и међународним конференцијама, као и у научним часописима.

Додатна усавршавања стекао је на међународним курсевима Међународне агенције за атомску енергију (*International Atomic Energy Agency - IAEA*), у областима мерних метода и методологије за мерење нивоа излагања спољашњим и унутрашњим изворима јонизујућег зрачења, као и метода мерења радиоактивног зрачења.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација написана је на српском језику, обима 150 страна. Садржи 7 поглавља, 4 табеле, 55 слика, листу од 99 библиографских референци и један прилог. Текст докторске дисертације чине следећа поглавља: 1. Увод; 2. Јонизујуће зрачење; 3. ГМ бројачи као гасни детектори јонизујућег зрачења; 4. Процеси у гасним смешама релевантни у детекцији јонизујућег зрачења; 5. Мерење статичког пробојног напона трокомпонентне смеше радног гаса за пуњење ГМ цеви; 6. Мерење пробојних напона и мртвог времена ГМ бројача на моделу и комерцијалној ГМ цеви; 7. Закључак. Дисертација садржи и непагиниране уводне

странице са неопходним информацијама о дисертацији: резиме са кључним речима и подацима о научној области на српском (2 стране) и на енглеском језику (2 стране) и садржај (2 стране). Поред наведеног, на крају текста налази се биографија аутора и обавезне изјаве (Изјава о ауторству, Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада и Изјава о коришћењу).

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У уводном поглављу приказан је предмет и проблем рада, циљ истраживања и полазне хипотезе, резултати и допринос истраживања и структура докторске дисертације.

У другом поглављу је описано на који начин јонизујуће зрачење интерагује са материјом и начин на који га је могуће детектовати.

У трећем поглављу, у општем смислу, објашњен је начин функционисања гасних детектора за детекцију јонизујућег зрачења осврћући се на процесе који се дешавају при интеракцији зрачења са активном запремином детектора. У наставку поглавља су објашњени основни принципи и режими рада гасних детектора са посебним освртом на ГМ бројаче, њихова конструктивна решења у пракси, као и њихове најбитније карактеристике које су од интереса за истраживања приказана у овој докторској дисертацији.

У четвртом поглављу приказани су релевантни јонизациони процеси при гасним пражњењима, затим механизми и карактеристике електричних пробоја гасних смеша, као и утицај електронегативних гасова на карактеристике пражњења у гасним смешама.

У петом поглављу, након кратког увода, приказани су резултати истраживања који се односе на мерење једносмерног пробојног напона за смешу племенитих гасова и мале количине електронегативног гаса, односно на испитивање одређених карактеристика таквих смеша које су релевантне у погледу унапређења излазних карактеристика ГМ бројача.

Шесто поглавље се односи на истраживање које је спроведено у циљу испитивања практичне примене ефекта мале количине електронегативног гаса на карактеристике мртвог времена и стабилизацију радне тачке одговарајућег модела ГМ цеви.

Резултати добијени у овој дисертацији, заједно са општим закључцима и предлозима за даље истраживање у овој области, сумирани су у седмом поглављу.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Разматрана докторска дисертација представља оригинални научно-истраживачки рад у области детекције и мерења јонизујућег зрачења. Наиме, у дисертацији је испитиван утицај мале количине електронегативног гаса, на излазне карактеристике Гајгер-Милеровог (ГМ) бројача. Коришћењем мале количине електронегативног гаса, у смеси радног гаса остварује се ефикаснија стабилизација радне тачке ГМ бројачке цеви. Додавање мале количине електронегативног гаса утиче на поравнавање криве зависности пробојног напона од производа притиска гасне смеси и међуелектродног растојања у околини радне тачке ГМ бројачке цеви, тако да промена притиска радног гаса не доведе до битних промена пробојног напона, чиме се стабилизује радна тачка ГМ цеви, односно праг њеног одзива. Такође, је испитан утицај процентуалног удела електронегативног гаса у смеси на мртво време, као једне од најбитнијих карактеристика ГМ бројача. У истраживањима се показало да мала количина електронегативног гаса делује у правцу скраћења мртвог времена и стабилизације

радне тачке ГМ бројача, што омогућава израду ГМ бројачких цеви стабилнијих излазних карактеристика.

Готово сва модерна решења корекције излазних карактеристика ГМ бројача иду у правцу софтверске корекције одзива бројача. Ређе, корекције се предлажу у погледу унапређења пратеће електронике за обраду сигнала (импулса) на излазу из ГМ цеви. Ретко се у литератури могу наћи решења, као што су дата у овој дисертацији, а која предлажу корекцију одзива утичући на процесе и брзину сакупљања наелектрисања унутар саме ГМ цеви и коригујући карактеристике гаса, конструкције саме цеви (укључујући радни напон, притисак, температуру, итд.) или материјала од којих је сачињена бројачка цев.

Добијени резултати у дисертацији су продукт рада на савременој проблематици у области метрологије јонизујућег зрачења, и као такви могу се искористити, не само за даља фундаментална, већ и за примењена истраживања.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У току израде дисертације, кандидат је користио релевантну и актуелну литературу из уже научне области, претежно новијег датума, коју чини 99 библиографских референци. Литература укључује и публиковане резултате кандидата које су проистекле током научно-истраживачког рада на дисертацији.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Методологија истраживања у оквиру докторске дисертације спроведена је по следећим фазама:

- Теоријско извођење јонизационих коефицијената за случај двокомпонентне смеше племенитих гасова и електронегативног SF_6 гаса.
- Извођење израза за јонизационе коефицијенте на основу претпоставке о познавању спектра гаса слободних електрона;
- Формирање нумеричког алгорита за прорачун вредности DC пробојног напона гасних смеша племенитих гасова и електронегативног SF_6 гаса, уз процентуални удео SF_6 гаса у смеси, као параметра;
- Прорачун DC пробојног напона смеше племенитих гасова са SF_6 гасом према стримерском механизму пробоја за хомогено електрично поље на потпритиску и малим вредностима међуелектродног растојања (што приближно одговара условима у ГМ бројачкој цеви);
- Експериментално одређивање DC вредности пробојног напона смеше племенитих гасова са SF_6 гасом за хомогено електрично поље, у области вредности производа притиска и међуелектродног растојања за које је претходно извршен прорачун;
- Прорачун вредности DC пробојних напона смеше племенитих гасова са SF_6 гасом у цилиндричној геометрији модела ГМ бројачке цеви, формираног на основу закона сличности за електрично пражњење у гасовима у односу на одговарајућу комерцијалну ГМ бројачку цев;
- Мерење DC и импулсне вредности пробојног напона цилиндричне геометрије модела ГМ бројачке цеви са двокомпонентном смешом племенитог гаса (He или Ar) и SF_6 гаса, у области вредности притисака за које је претходно извршен прорачун вредности DC пробојног напона;
- Мерење мртвог времена модела ГМ бројачке цеви са трокомпонентном смешом (племенити гас, гас за гашење и SF_6 гас) уз процентуални удео SF_6 гаса као параметра;

- Иста и слична мерења на комерцијалној бројачкој ГМ цеви према којој је формиран модел ГМ бројачке цеви;
- Анализа добијених резултата, закључак и сугестије за техничка решења побољшања карактеристика ГМ бројачких цеви.

Примењена методологија у потпуности одговара проблему који је решаван као и стандардима научно-истраживачког рада и у сагласности је са циљевима дефинисаним на почетку израде дисертације.

3.4. Применљивост остварених резултата

У дисертацији је испитиван утицај мале количине електронегативног гаса, на излазне карактеристике Гајгер-Милеровог (ГМ) бројача. Коришћењем мале количине електронегативног гаса, у трокомпонентној смеси радног гаса остварује се ефикаснија стабилизација радне тачке ГМ бројачке цеви. Радна тачка је одређена геометријом ГМ цеви и вредношћу притиска гасне смеше у цеви. Додавање мале количине електронегативног гаса утиче на поравнавање криве зависности пробојног напона од производа притиска гасне смеше и међуелектродног растојања у околини радне тачке ГМ бројачке цеви, тако да промена притиска радног гаса не доведе до битних промена пробојног напона, чиме се стабилизује радна тачка ГМ цеви, односно праг њеног одзива.

Такође, у дисертације је испитан утицај процентуалног удела електронегативног гаса у смеси на мртво време, као једне од најбитнијих карактеристика ГМ бројача. У истраживањима се показало да мала количина електронегативног гаса делује у правцу скраћења мртвог времена и стабилизације радне тачке ГМ бројача, што омогућава израду ГМ бројачких цеви стабилнијих излазних карактеристика.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат је током израде докторске дисертације показао способност да препозна проблеме из релевантне области и да на креативан и систематичан начин организује и спроведе истраживања која дају задовољавајуће одговоре на постављене изазове. Доприноси дисертације су оригинални и савремени и потврђују способност кандидата за самосталан научно-истраживачки рад. Такође, кандидат је уочио и предложио правац даљих истраживања. Сходно томе, Комисија констатује да је кандидат успешно одговорио на питања дефинисана на почетку израде ове дисертације.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Научни доприноси које је кандидат Лука Перасић остварио кроз истраживања су следећи:

- Развијен је и проверен математички модел за прорачун пробојних напона у смешама електронегативног и племенитог гаса за примену у ГМ бројачким цевима;
- Експериментално добијени резултати и криве зависности вредности пробојног напона од производа притиска и међуелектродног растојања омогућавају да се види како додавање електронегативног гаса утиче на стабилност радне тачке ГМ бројача. Тај резултат је веома интересантан са аспекта детекције и мерења јонизујућег зрачења, јер одређује време поуздане примене ГМ бројачких цеви обзиром на ефекат старења истих;

- Експериментални резултати мерења мртвог времена у зависности од процентуалног удела електронегативног гаса у ГМ бројачкој цеви дају корисне податке о могућностима побољшања излазних карактеристика ГМ бројача;

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Увидом у циљеве истраживања, полазне хипотезе и остварене резултате, констатујемо да је кандидат успешно одговорио на сва значајна питања из области која је анализирана у оквиру докторске дисертације.

Методологија испитивања карактеристика радног гаса који служи за пуњење ГМ бројачких цеви представља значајан практични и научни допринос из области метрологије јонизујућег зрачења, тј. за поуздану примену јонизујућег зрачења у медицини и индустрији. Увидом у објављене радове и резултате докторске дисертације, констатујемо да су у дисертацији приказани нови, оригинални и савремени резултати, што је верификовано публикавањем резултата истраживања у научним часописима међународног значаја, као и у зборницима са међународних и националних конференција.

4.3. Верификација научних доприноса

Научни доприноси приказани у докторској дисертацији верификовани су у следећим публикованим радовима:

M22 - Истакнути међународни часопис

1. **L. Perazić**, K. Stanković et.al. "Influence of the percentage share of electronegative gas in the mixture with noble gas on the free-electron gas spectrum and recovery time", *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, Vol. 24, No. 5, pp. 2765-2774, 2017, (ISSN:1070-9878; IF₂₀₁₇: 2.115); doi: 10.1109/TDEI.2017.006426.

M23 - Међународни часопис

1. **L. Perazić**, Č. Belić et al. "Application of an electronegative gas as a third component of the working gas in the Geiger-Mueller counter", *Nuclear Technology and Radiation Protection*, Vol. 33, No. 3, pp. 268-274, 2018, doi: 10.2298/NTRP1803268P
2. N. Kartalović, **L. Perazić** et al., Lifetime Characteristics of Gaiger-Muller Counters, *Nuclear Technology and Radiation Protection*, Vol. 31, No. 4, pp. 366-369, 2016, doi: 10.2298/NTRP1604366K
3. K. Stanković and **L. Perazić**, Determination of gas-filled surge arresters lifetime, *IEEE Transactions on Plasma Science*, Vol. 47, No. 1, pp. 935-943, 2019, doi:10.1109/TPS.2018.2874938

M33 - Саопштење са међународног скупа штампано у целини

1. L. Perazić, K. Stanković et al., Violating the free-electrons gas spectrum of noble gases by adding the electropositive and electronegative gases, 20th IEEE Pulsed Power Conference, Austin, Texas, USA, May 31-June 4, 2015, doi: 10.1109/PPC.2015.7296940;

M63 - Саопштење са националног скупа штампано у целини

1. M. Alimpijević, K. Stanković, **L. Perazić** et al., Određivanje funkcije raspodele energije gasa slobodnih elektrona na niskim pritiscima, Konferencija CIGRE Srbija, Zlatibor 17. – 21. maj 2015, ISBN: 978-86-82317-76-0;

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Докторска дисертација кандидата Луке Перазића, мастер инж. електротехнике и рачунарства, под насловом „Физички и функционални ефекти електронегативног гаса у трокомпонентној смеси радног гаса за детекцију јонизујућег зрачења помоћу Гајгер-Милеровог бројача“ представља савремени научни допринос у области Електротехнике и рачунарства, тј. уже научне области Нуклеарне технике.

Текст дисертације је написан јасно и разумљиво, са добром организацијом структуре садржаја. Циљеви дисертације су прецизно формулисани и дефинисани, а публиковани резултати су потврдили испуњеност тих циљева, чиме је кандидат показао способност за самостални научни рад. Објављени резултати у међународним часописима потврђују актуелност теме дисертације и отварају нове могућности за примену добијених резултата у пракси. Истраживањима приказаним у дисертацији омогућено је предвиђање стабилности радне тачке Гајгер-Милеровог бројача и мртвог времена бројача на основу додавања ниског процентуалног удела електронегативног гаса у смешу радног гаса бројачке цеви. Ови резултати су веома значајни за област детекције и мерења јонизујућег зрачења, јер одређују време поуздане примене бројачких цеви узимајући у обзир ефекат старења истих.

Комисија констатује да докторска дисертација кандидата Луке Перазића испуњава све законске, формалне и суштинске услове, као и све критеријуме који се примењују приликом вредновања докторске дисертације на Универзитету у Београду и на Електротехничком факултету. Узимајући у обзир све остварене резултате и оригинални научни допринос, Комисија са задовољством предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду да се докторска дисертација **Луке Перазића** под насловом „Физички и функционални ефекти електронегативног гаса у трокомпонентној смеси радног гаса за детекцију јонизујућег зрачења помоћу Гајгер-Милеровог бројача“ изложи на увид јавности, прихвати и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, као и да се кандидату одобри јавна усмена одбрана.

У Београду,
24. јануара 2020. године

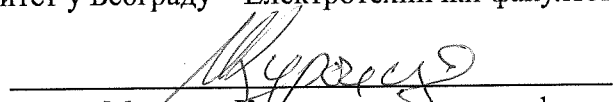
ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



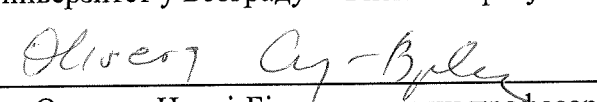
др Ковиљка Станковић, доцент
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



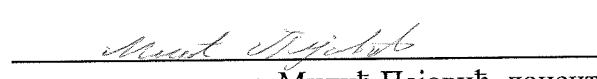
др Милош Вујић, доцент
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Милорад Кураица, редовни професор
Универзитет у Београду – Физички факултет



др Оливера Цирај-Бјелац, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Милић Пејовић, доцент
Универзитет у Нишу – Електронски факултет