

Наставно – научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду

На 757. седници Наставно-научног већа Електротехничког факултета у Београду, одржаној 18. 12. 2012. године, одређени смо за чланове Комисије за преглед и оцену докторске дисертације ппук. мр Љубише Д. Томића, дипл. инж. електротехнике, под насловом „Недеструктивно испитивање термофизичких особина материјала IC термографијом“. Након прегледа поднесене докторске дисертације подносимо Наставно-научном већу Електротехничког факултета следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. УВОД

1.1 *Наслов и обим дисертације*

Наслов докторске дисертације Љубише Томића је **„Недеструктивно испитивање термофизичких особина материјала IC термографијом“**. Дисертација је написана латиничним писмом на 158 страна, садржи 23 табеле, 92 слике или дијаграма и 176 референци.

1.2 *Хронологија одобравања и израде дисертације*

Кандидат је тему под насловом „Недеструктивно испитивање термофизичких особина материјала IC термографијом“ пријавио 30.09.2004. Наставно-научно веће Електротехничког факултета Универзитета у Београду је 19. 10. 2004. године именovalo Комисију за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације у саставу: проф. др Јован Елазар, проф. др Јован Радуновић и проф. др Драган Станковић. Извештај Комисије је усвојен на Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду 29. 11. 2006. године, а Веће области техничких наука Универзитета у Београду дало је на то сагласност 27. 01. 2007. године (бој одлуке 06-5642/16-11).

Пошто из објективних разлога (недостатак одговарајуће термовизијске камере) тема није била завршена у предвиђеном року од 5. година, Наставно-научно веће Електротехничког факултета је на својој 742. седници од 17. 1. 2012. одобрило додатно време за завршетак израде докторске дисертације у законском року од максимално две године.

Кандидат је урађену дисертацију поднео на преглед и оцену 28. 11. 2012. године, а Наставно-научно веће Електротехничког факултета у Београду је 18. 12. 2012. године именovalo Комисију за преглед и оцену докторске дисертације у саставу: в. проф. др Јован Елазар, проф. др Јован Радуновић, доц. др Весна Дамњановић (Рударско-геолошки факултет Универзитета у Београду), доц. др Слободан Петричевић и доц. др Пеђа Михаиловић.

1.3 *Место дисертације у одговарајућој научној области*

Дисертација припада научној области „Електротехничко и рачунарско инжењерство“, а у ужем смислу области „Физичке електронике“.

1.4 Биографски подаци о кандидату

Ппук. мр Љубиша (Драгослав) Томић, дипл. инж.електротехнике, рођен је 15. фебруара 1960. године у Љуберађи, општина Бабушница, Република Србија. Прва четири разреда основне школе завршио је у Болечу, општина Гроцка, а друга четири разреда у Београду. Средњу електротехничку школу завршио је у Београду. У основној и средњој школи је показао одличан успех.

Школовање је наставио на Електротехничком факултету у Београду. Дипломирао је 1989. године на одсеку Техничка физика на смеру Нуклеарна енергетика. Дипломски рад под насловом „Аксијална инјекција циклотронског снопа коришћењем магнетског инфлектора“, одбранио је 22. септембра 1989. године са оценом 10 (десет).

Магистарске студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, смер Оптикелектроника и ласерска техника, завршио је 2002. године, стекавши академско звање магистра електротехничких наука. Тема магистарског рада гласила је: „Примена импулсне радиометрије за испитивање дефеката у материјалу“, чији је ментор био др Јован Елазар, ванр. проф.

Љубиша Томић се запослио 1. децембра 1988. у Трећој београдској гимназији као сарадник у настави за предмет експериментална физика и радио је до 31. јануара 1990. године. Војни рок је одслужио у Школи резервних официра у Београду 1988. године.

Од 1. фебруара 1990. године је на служби у војној научно-истраживачкој установи „Технички опитни центар“ (ТОЦ) у Београду. Прошао је следећа звања у Лабораторији за оптикелектронику и ласерску технику у ТОЦ-у: самостални истраживач, виши истраживач и водећи истраживач, а тренутно је Начелник одељења за војне оптикелектронске системе. На специјалистичким студијама на ВА ВС сарадник је у настави за предмет Одабрана поглавља квантне оптике.

Одлуком Научно - наставног већа Електротехничког факултета Универзитета у Београду од 20.09.2005. године бр. 1664/2 изабран је у истраживачко звање истраживач-сарадник.

Током свог досадашњег научно-истраживачког рада, Љубиша Д. Томић објавио је 1 рад у часопису међународног значаја (са SCI листе), 1 рад у часопису националног значаја, 8 радова саопштених на међународним скуповима и 20 радова саопштених на скуповима националног значаја штампаних у целини. Учествовао је у изради преко 100 извештаја о завршним и верификационим испитивањима. Поред тога, руководи једним истраживачким пројектом у ТОЦ-у под називом „Развој методологије и њена имплементација за проверу карактеристика термовиз ијске опреме и анализу слике“, који је у току.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1 Структура и садржај дисертације

Дисертација садржи насловну страну, кратак резиме рада на српском и енглеском језику, захвалницу, садржај, листу табела, листу слика, 7 поглавља, списак коришћене литературе, 7 прилога и кратку биографију аутора. Поглавља су насловљена: 1. Увод, 2. Инфрацрвена термографија, 3. Нумеричка симулација, 4. Експериментални резултати, 5. Поређење теоријских и експерименталних резултата, 6.

Температурна модулациона трансфер функција; 7. Закључак. Седам прилога су: Прилог А – Термофизичке особине материјала; Прилог Б –Временска зависност интензитета светлосног импулса и резултати нумеричке симулације; Прилог Ц – Резултати снимања термовизијском камером SC620; Прилог Д – Временски развој температурног контраста; Прилог Е – Филтрирање; Прилог Ф – Резултати секвенце SEQ.0040; Прилог Г – Резултати.

2.2 Кратак приказ појединачних поглавља

У Уводу је истакнут велики потенцијал који ИС термографија, превасходно импулсна видеотермографија, има у процесима производње, контроле квалитета и праћења експлоатације различитих производа и уређаја, и то као једна од метода неструктивне дефектоскопије. Посебно је наглашен значај технолошког напретка у производњи инфра-црвених сензора за развој ИС термографије. Полазећи од изузетне актуелности и перспективности импулсне термографије сагледани су њени тренутни домети, као и препреке на путу даљег напретка. Такође су дати циљеви дисертације, методологија којом ће се наведени циљеви остварити и очекивани резултати дисертације.

Друго поглавље се бави проблемом ИС термографије као методе неструктивног испитивања материјала. У њему су систематски приказане различите варијанте ИС термографије и погодности њихове примене са посебним освртом на импулсну термографију. Дати су физички основи на којима је метода заснована и основне једначине које регулишу апсорпцију и транспорт топлоте.

Треће поглавље посвећено је нумеричком моделовању процеса провођења топлоте у узорку са симулираним дефектима. Како ће се олакшала анализа експерименталних резултата, којима су верификовани валидност предложеног физичког модела и нумеричка симулација, претпостављени су дефекти са периодичном структуром. Периодична структура дефеката је, поред тога, омогућила увођење температурне преносне функције у предикцију величине и дубине дефеката који се могу детектовати ИС термографијом. У поглављу је детаљно описан нумерички код развијен у MATLAB-у коришћењем методе коначних разлика, гранични и почетни услови, математички модел светлосног импулса и његова апсорпција, као и тестирање самог кода. Такође су приказани резултати симулације за различите карактеристике дефеката, и то у виду температурног поља у узорку, а за различите експерименталне услове.

Четврто поглавље садржи опис експеримента и приказ експерименталних резултата. Детаљно су описани припрема експерименталних узорака, поставка експеримента и карактеристике коришћене опреме. Посебна пажња је посвећена одређивању мерне несигурности и методологији снимања термограма и прикупљања мерних резултата. На крају су дати експериментални резултати у сировом стању и након обраде и извршена је њихова анализа.

У петом поглављу извршена је детаљно поређење нумеричких и експерименталних резултата. Као параметар по коме је вршено поређење одабрана је максимална температурна разлика на површини узорка. Фитовањем експерименталних резултата кривом добијеном у нумеричкој симулацији отклоњен је проблем који у обради резултата настаје због немогућности континуалне аквизиције података термовизијском камером. Ова немогућност је изазвана карактеристикама камере, која ради само у фрејм моду, па су подаци о температурном пољу на површини узорка у тренуцима између фрејмова недоступни за анализу. Констатовано је изванредно

слагање између експерименталних и нумеричких резултата, чиме је потврђена валидност физичког модела и нумеричког кода. Након тога је извршена нумеричка предикција максималне температурне разлике на површини узорка за различите дубине и ширине дефеката,

У шестом поглављу дефинисана је температурна модулациона трансфер функција за периодичне дефекте, са освртом на инверзни приступ у импулсној термографији. Извршена је анализа температурне трансфер функције помоћу централне линије термограма, а на основу концепта просторне учестаности.

У закључку, који представља седмо поглавље, описана је методологија којом је спроведено истраживање приликом израде докторске дисертације и истакнути су њени главни доприноси.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1 *Савременост, оригиналност и значај*

Докторска дисертација се бави веома модерним оптоелектронским системом за неdestructивну инспекцију, чији се рад базира на обради термалне слике површине материјала. У индустрији постоји стална потреба за новим приступима у анализи термофизичких особина материјала, а такође и режима рада система за испитивање. Неблаговремено уочавање destructивних термофизичких појава у материјалима, како у процесу производње тако и у експлоатације појединих уређаја или система, могу довести до ломова или чак и тежих хаварија, па је ова проблематика увек актуелна и значајна. Како је један од циљева дисертације био да се развије метода за масовну примену у индустрији, опрема која је коришћена при истраживању је комерцијална, али представља последњу реч у развоју ИС технологије. У овој дисертацији карактеристике те опреме су искоришћене до самог максимума, а остварен је нови и оригинални начин њене примене. То је постигнуто развојем посебног софтвера за обраду и анализу термовизијске слике, чиме су значајно проширене могућности термовизијске камере.

Дефинисање температурне преносне функције и њена примена за карактеризацију дефеката који се могу детектовати представља још један од оригиналних доприноса ове дисертације.

3.2 *Осврт на референтну и коришћену литературу*

У својој дисертацији, кандидат је детаљно претражио постојећу литературу и коректно и обимно навео референце на радове који су у вези са темом дисертације. Наведене су 176 библиографске референце. Литература садржи најновије радове релевантне за проблематику дисертације, класичне радове, као и радове чији је аутор или коаутор Љубиша Томић.

3.3 *Анализа примењених научних метода и њихова адекватност за спроведено истраживање*

Докторска дисертација Љубише Томића је, у основи, експерименталног карактера, што у истраживање уноси низ проблема које сваки експеримент са собом носи, па је овакво опредељење кандидата за сваку похвалу. Дисертација садржи теоријску анализу физичких процеса у узорку у току и након осветљавања светлосним импулсом, формирање физичког модела, његов опис одговарајућим математичким једнаинама односно формирање математичког модела, нумеричку симулацију процеса

транспорта топлоте у узорку и, на крају, експерименталну проверу и верификацију добијених резултата. На овај начин је кандидат у свом раду објединио све поступке који су неопходни да би се у науци учинио поуздан корак напред.

Методологија истраживања састојала се у следећем:

- детаљно је проучена и анализирана литература која се односи на процесе дифузије топлоте у материјалу у околини дефекта, моделовање провођења топлоте у периодичним структурама и примену импулсне инфрацрвене термографије у недеструктивној дефектоскопији;
- израђени су тест узорци од алуминијума са симулираним дефектима периодичне структуре;
- спроведена је одговарајућа методологија снимања прилагођена узорцима и светлосном извору, и то са 4 модела комерцијалних термовизијских камера;
- Упоредени су резултати добијени нумеричком симулацијом и експериментални резултати и изведени одговарајући закључци.

3.4 Оцена примењивости и верификације остварених резултата

Дисертација, поред теоријског и нумеричког дела, садржи и експеримент који је осмишљен тако да је могуће проверити валидност физичког модела и нумеричке симулације. Добијено изванредно слагање између ових резултата, па се може сматрати да су резултати верификовани. Како је у дисертацији унапређена примена методе импулсне термографије у неконтактном дефектоскопији, за очекивати је да ће резултати дисертације наћи значајну примену у различитим областима индустрије, а такође и у теоријској анализи саме методе.

3.5 Оцена способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат је ствојим радом у области дисертације стекао препознатљиво име у научним и стручним круговима. При изради своје докторске дисертације он је показао изузетну систематичност, свеобухватност и зрелост. Посебно треба истаћи то да је кандидат посветио посебну пажњу методологији како самог експеримента, тако и прикупљања и обраде добијених резултата, користећи при томе обилато искуство стечено у Техничком опитном центру Војске Србије. Примена импулсне термографије у недеструктивној дефектоскопији, а нарочито моделовања утицаја дубине и ширине дефекта на могућност њиховог откривања у различитим материјалима, слабо је истражена. Сви добијени резултати потпуно су нови, тако да су доприноси дисертације у овој области оригинални и потврђују способност кандидата за самостални научно - истраживачки рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1 Приказ остварених научних доприноса

У докторској дисертацији Љубише Томића остварени су следећи научни доприноси:

- сумирани су и систематизовани резултати из области примене импулсне ИС термографије објављени у доступној литератури;
- развијен је физички модел апсорпције и транспорта топлоте у узорку са периодичном структуром дефеката;

- развијен је нумерички код у програмском пакету MATLAB® за израчунавање температурног поља у елементарној ћелији периодичне структуре дефеката, чија је валидност експериментално потврђена;
- отклоњена је тешкоћа у анализи термограма проузрокована немогућношћу континуалне аквизиције података термовизијском камером, и то тако што су експериментални резултати фитовани кривом добијеном у нумеричкој симулацији;
- дефинисана је температурна преносна функција по аналогiji са оптичком преносном функцијом;
- температурна преносна функција је искоришћена за анализу слике температурног поља, на основу које се детектују дефекти у материјалу, невидљиви на његовој површини;
- унапређена је метода импулсне термографије при примени стандардне термовизијске камере, и то тако што је повећана њена осетљивост погодном обрадом термовизијске слике.

4.2 Критичка анализа резултата истраживања

Сагледавањем циљева истраживања, постављених хипотеза и остварених резултата констатујемо да је кандидат успешно одговорио на сва битна питања и дилеме које суштински произилазе из обрађиване проблематике и да је указао на путеве даљег рада.

4.3 Очекивана примена резултата у пракси

Свеобухватан и систематизован преглед резултата досадашњих истраживања, који је неопходан за стицање пуног увида у тренутно стање у области детекције дефеката применом импулсне термографије, као и дефинисање и увођење у анализу температурне преносне функције, биће од велике користи за даља истраживања у овој области. Како је у дисертацији унапређена једна метода која се већ користи у индустрији, може се очекивати да ће резултати дисертације наћи значајну примену у прекуси.

4.4 Научни доприноси верификовани саопштавањем радова на конференцијама и објављивањем у часописима.

У току свог истраживачког рада на докторској дисертацији Љубиша Томић је из теме своје докторске дисертације објавио укупно 18 радова, од тога један рад у међународном часопису са SCI листе, осам радова је презентирао на међународним конференцијама и девет радова на домаћим конференцијама.

Радови објављени у међународним часописима:

1. **Lj. Tomić**, M. Milinović, "Experimental research of limits for thermal modulation transfer function", *Thermal science*, Vol. 13 (2009), No. 4, pp. 119-128, UDC: 620.1:66.085.1:772.96, DOI: 10.2298/T SC10904119T [IF 1.07, M23].

Радови објављени на конференцијама од међународног значаја:

1. **Lj. Tomić**, J. Elazar, B. Milanović, "The influence of subsurface defects in material on differences in numerical and experimental detection results, applying pulse thermography", Proc. Abstr. 3rd Conference MediNano 77, 18-19 October, Belgrade, Serbia **2010**, [ISBN 978-86-82441-28-1].

2. **Lj. Tomić**, J. Elazar, B. Milanović, "Numerical Simulation of the Temperature Field in Pulse Radiometric Defectoscopy", Proc. Abstr., 14th International Conference on *AEROSPACE SCIENCES & AVIATION TECHNOLOGY*, ASAT- 14, 052-TH, 99, Military Technical College, Kobry Elkobbah, May 24 – 26, **2011**, Cairo, Egypt.
3. **Lj. Tomić**, J. Elazar, B. Milanović, "Maximal Temperature Difference Determination in Pulse Infrared Thermography by Fitting Experimental Results with Numerical Simulation Curve", Book of Abstr. III International School and Conference on Photonics Conference, Photonica2011 66, August 29-September 2, **2011**, Belgrade, Serbia, [ISBN 978-86-7306-110-8].
4. **Lj. Tomić**, J. Elazar, B. Milanović, "Characterization of subsurface defects by radiometric non-destructive defectoscopy", Proceedings, 4th International Scientific Conference on Defensive Technologies OTEH 2011 pp. 587-591, 6-7 October **2011**, Belgrade, [ISBN 978-86-81123-50-8].
5. I. Kostić, R. Karkalić, **Lj. Tomić**, "One approach to analysis of thermograms recorded using watershed algorithm", Proceedings, 4th International Scientific Conference on Defensive Technologies OTEH 2011 pp. 575-578, 6-7 October **2011**, Belgrade, [ISBN 978-86-81123-50-8].
6. **Lj. Tomić**, J. Elazar, V. Damnjanović, B. Milanović, "Defect Detection in Aluminum using Pulse Thermography for a sample width Periodic Structure", ICOM 2012 paper accepted for ORAL presentation, Book of Abstracts, The 3rd International Conference on the Physics of Optical Materials and Devices, ICOM 2012 269, September 3rd – September 6th, **2012**, Belgrade, Serbia, [ISBN 978-86-7306-116-0].
7. **Lj. Tomić**, J. Elazar, B. Milanović, V. Damnjanović, A. Kovačević, "Temperature contrast enhancement techniques in pulse video thermography applications", Proceedings, 5th International Scientific Conference on Defensive Technologies OTEH **2012** pp. 427-431, 18-19 September 2012, Belgrade, [ISBN 978-86-8123-58-4].
8. I. Kostić, **Lj. Tomić**, A. Kovačević, P. Rakonjac, S. Nikolić, "Energy distribution on aluminium plate testing by active thermography", Proceedings, 5th International Scientific Conference on Defensive Technologies OTEH 2012 pp. 567-569, 18-19 September **2012**, Belgrade, [ISBN 978-86-8123-58-4].

Радови објављени на конференцијама од националног значаја:

1. **Lj. Tomić**, J. Elazar, "Analiza termičke modulacione prenosne funkcije", MO5.5-1-4, Zbornik radova 52. Konferencije za ETRAN, Palić, 8-12 juna, **2008**, [ISBN 978-86-80509-63-1].
2. **Lj. Tomić**, J. Elazar, "Detekcija defekata u materijalu primenom impulsne termografije" *Teorija i eksperimenti u Srbiji*, FOTONIKA 2009, Vinča, Beograd, 22 - 24. april, **2009**.
3. **Lj. Tomić**, M. Milinović, "Uticaj širine i dubine defekata na amplitudu temperaturnog kontrasta", Zbornik radova, 3. NAUČNO-STRUČNI SKUP iz oblasti odbrambenih tehnologija OTEH **2009**, 8-9. oktobar **2009**, Beograd, [ISBN 978-86-81123-40-9].
4. **Lj. Tomić**, J. Elazar, B. Milanović, "Uticaj potpovršinskih defekata u materijalu na razlike između numeričkih i eksperimentalnih rezultata detekcije, primenom impulsne termografije", 14-8-1, Zbornik apstrakata, Konferencija Fotonika **2010**, Institut za fiziku, 32, 21-23 April, Beograd, Srbija 2010, [ISBN 978-86-8244-127-4].

5. **Lj. Tomić**, J. Elazar, B. Milanović, "Numerička simulacija temperaturskog polja u impulsnoj radiometrijskoj defektoskopiji", Proc. 54th ETRAN Conference, MO1.5-1-4, **2010**, [ISBN 978-86-80509-65-5].
6. **Lj. Tomić**, J. Elazar, B. Milanović, "Numerical simulation of the temperature field in active infrared thermography" , Proc. 55th ETRAN Conference, MO1.4-1-4, Banja Vrućica, 6-9 Juna **2011**, [ISBN 978-86-80509-66-2].
7. Kostić, **Lj. Tomić** J. Elazar, "Analiza slike snimljenih termograma primenom impulsne videotermografije", Proc. 55th ETRAN Conference, MO1.3-1-4, Banja Vrućica, 6-9 juna **2011**, [ISBN 978-86-80509-66-2].
8. **Lj. Tomić**, J. Elazar, "Optimizacija dubinske i prostorne rezolucije termograma u impulsnoj video defektoskopiji", Elektronski zbornik radova 56. Konferencije za ETRAN, MO4.4-1-4, Zlatibor, 11-14. juna **2012**, [ISBN 978-86-80509-67-9].
9. Kostić, **Lj. Tomić**, A. Kovačević, S. Nikolić, "Određivanje temperaturnog kontrasta na veštački generisanim test metama", Elektronski zbornik radova 56. Konferencije za ETRAN, MO4.4-1-4, Zlatibor, 11-14. juna **2012**, [ISBN 978-86-80509-67-9].

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

5.1 Кратак осврт на дисертацију у целини, на научне доприносе конкретној научној области и методологији, на примену у пракси и на способности кандидата.

Докторска дисертација ппук. мр Љубише Д. Томића, дипл. инж. електротехнике, под насловом „Недеструктивно испитивање термофизичких особина материјала ИС термографијом“ бави се веома модерним оптоелектронским системом за недеструктивну инспекцију, чији се рад базира на обради термалне слике површине материјала. Након осветљавања кратким светлосним импулсом, у термалној слици површине материјала појављују се обриси дефеката који се иначе не виде. Развој ове методе јако зависи од развоја ИС технологије, али такође и од поступака аквизиције и обраде резултата, чему је Љубиша Томић дао приметан допринос.

Љубиша Томић је у својој дисертацији развио физички модел апсорпције и транспорта топлоте у узорку са периодичном структуром дефеката. Периодична структура дефеката је олакшала обраду експерименталних резултата, али, што је још значајније, омогућила је увођење температурне преносне функције у предикцију величине и дубине дефеката који се могу детектовати ИС термографијом.

На основу физичког модела развијен је нумерички код у пакету MATLAB базиран на методу коначних разлика, којим је извршена симулација апсорпције и транспорта топлоте у узорку. На крају су нумерички резултати проверени експериментом изведеном на специјално припремљеним узорцима са симуираним периодичним дефектима. Поклапање нумеричких и експерименталних резултата било је одлично.

По мишљењу Комисије чињеница да дисертација садржи и теоријски, и нумерички и експериментални приступ је за сваку похвалу.

Научни доприноси дисертације, набројани детаљно раније, могу се сумирати као побољшање једне методе за недеструктивну дефектоскопију. Како се метода већ обилато користи у индустрији и другим областима, може се очекивати да ће резултати ове дисертације наћи широку примену у пракси.

Љубиша Томић је показао изузетну упорност, систематичност, свеобухватност и зрелост при изради своје докторске дисертације. Посебно треба истаћи пажњу коју је он посветио методологији како самог експеримента, тако и прикупљања и обраде добијених резултата, користећи при томе обилато искуство стечено у Техничком опитном центру Војске Србије. Добијени резултати сведоче да је кандидат способан за самосталан научно – истраживачки рад, чиме је такође стакао препознатљиво име у домаћој и страној научној и стручној јавности.

5.2 Предлог Комисије Наставно-научном већу

Комисија констатује да докторска дисертација мр Љубише Томића садржи значајне научне доприносе, да кандидат и дисертација испуњавају све услове предвиђене Законом о високом образовању, Статутом и Правилником о докторским студијама Електротехничког факултета Универзитета у Београду, па са задовољством предлаже Наставно-научном већу да овај Извештај прихвати.

У Београду, 18. 12. 2012, године

Чланови Комисије:

Др Јован Елазар, ванредни професор (ментор)
Електротехнички факултет Универзитета у Београду

Др Јован Радуновић, редовни професор
Електротехнички факултет Универзитета у Београду

Др Весна Дамњановић, доцент
Рударско-геолошки факултет Универзитета у Београду

Др Слободан Петричевић, доцент
Електротехнички факултет Универзитета у Београду

Др Пеђа Михаиловић, доцент
Електротехнички факултет Универзитета у Београду