

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Оцена научне заснованости теме докторске дисертације кандидаткиње **Марије Глишић**, мастер инжењера електротехнике и рачунарства.

Одлуком број 888/16 од 12.05.2026. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације кандидаткиње **Марије Глишић** под насловом „**Режими рада основних прекидачких конвертора са програмирањем вршне вредности струје прекидача у области субхармонијске нестабилности**“ (енглески: *Operating modes of basic switching converters with switch peak current programming in the area of subharmonic instability*).

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Марија Глишић је рођена 21.04.1989. године у Ваљеву, где је завршила основну школу и гимназију. Електротехнички факултет Универзитета у Београду је уписала 2008. године на одсеку за електронику, на ком је под менторством проф. др Предрага Пејовића дипломирала 2012. године одбравивши рад на тему „Пројектовање регулатора за *buck* конвертор управљан импулсном ширинском модулацијом“ а 2013. године са радом на тему „Управљање *buck* конвертором у дисконтинуалном режиму рада ограничавањем вршне вредности струје прекидача“, завршила мастер студије.

По завршетку мастер студија професионално искуство је стицала радећи као *AMS (Analog Mixed Signal)* верификациони инжењер у области аналогних и мешовитих интегрисаних система, са фокусом на моделовање, симулацију и анализу комплексних електронских блокова, као и процену њихове функционалности и перформанси у складу са техничким спецификацијама.

Учествовала је у реализацији разноврсних пројеката за истакнуте међународне компаније из области полупроводничке индустрије.

Паралелно са професионалним ангажманом започиње докторске студије 2018. године на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, Одсеку за електронику, под менторством проф. др Предрага Пејовића. Фокус докторских студија концептуално и истраживачки се надовезује на тему мастер рада, представљајући њену даљу научну разраду и продубљивање уз истовремени допринос унапређењу широког спектра вештина релевантних за даљи професионални развој.

Аутор/коаутор је неколико радова презентованих на међународним конференцијама као и аутор рада објављеног у часопису са *SCI* листе у категорији M21.

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Марија Глишић је уписала докторске студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду на одсеку за Електронику 2018. године. Током докторских академских студија испунила је све обавезе и положила све испите са просечном оценом 9,80.

Назив испита или обавезе	Оцена	ЕСПБ бодови
Фазно синхронисане петље (19Д041ФСП)	8	9
Интегрисана кола за комуникационе и радарске системе (19Д041ИКР)	10	9
Управљање енергетским претварачима (13Д011УЕП)	10	9
Енглески језик (13Д091ЕЈ)	10	6
Пројектовање наменских рачунарских система (13Д041ПНР)	10	9
Квалитативна анализа диференцијалних једначина (13Д081КАД)	10	9
Вештачка интелигенција и експертски системи (13Д111ВИЕ)	10	9
Одабрана поглавља из енергетске електронике (13Д041ОПЕ)	10	9
Пројектовање интегрисаних кола и система (13Д041ПИС)	10	9
Електромагнетска компатибилност и интегритет сигнала (13Д071ЕКИ)	10	9
Студијско истраживачки рад I		15
Научно стручни рад		3
Студијско истраживачки рад II		15

Активности по предметима су следеће:

- **Фазно синхронисане петље:** Проучавање литературе (R. E. Best, „Phase-Locked Loops – Design, Simulation and Applications“), консултације и израда пројекта. Пројекат је обухватао дизајн *SOGI PLL* блока најпре у *Matlab-Simulink* окружењу а затим и имплементацију у *Verilog HDL* језику. Дизајн је верификован у *Cadence* окружењу.
- **Интегрисана кола за комуникационе и радарске системе:** Проучавање литературе (H. Darabi, „Radio Frequency Integrated Circuits and Systems“), консултације и израда пројекта који је подразумевао моделовање стандардног појачавача и мешача у склопу РФ пријемника коришћењем *Verilog-A HDL* језика. Верификација модела је реализована помоћу *Cadence* софтверских алата.
- **Управљање енергетским претварачима:** Проучавање литературе (R. W. Ericson, D. Maksimović, „Fundamentals of Power Electronics“, G. F. Franklin, J. D. Powell, A. Emami-Naeini „Feedback Control of Dynamic Systems“, консултације и неколико пројектних задатака на тему управљања прекидачким конверторима; моделовање и симулације.
- **Енглески језик:** Пројектни задатак у виду научног рада писаног на енглеском језику.

- **Пројектовање наменских рачунарских система:** Проучавање литературе (*J. A. Fisherx, P. Faraboschi, C. Young, „Embedded Computing - A VLIW Approach to Architectutre, Compilers and Tools“*) израда пројекта на тему „Енергетски ефикасни наменски рачунарски системи“.
- **Квалитативна анализа диференцијалних једначина:** Проучавање литературе (*B. Irićanin, „Kvalitativna analiza nekih klasa nelinearnih diferencnih jednačina“*, скрипте са предавања), консултације и завршни усмени испит.
- **Вештачка интелигенција и експертски системи:** Проучавање литературе (*I. H. Witten, E. Frank, M. A. Hall, „Data Mining, Practical Machine Learning Tools and Techniques“*) и израда пројекта на тему „Предвиђање компликација код каротидне болести“ коришћењем *WEKA* софтвера.
- **Одабрана поглавља из енергетске електронике:** Проучавање литературе (*C. K. Tse, „Complex behavior of switching power converters“, S. H. Strogatz „Nonlinear dynamics and chaos“*), консултације и пројектни задаци на тему нелинеарне динамике, појаве бифуркација и хаоса у прекидачким конверторима. Моделовање и симулације су били реализовани коришћењем *Python* програмског језика.
- **Пројектовање интегрисаних кола и система:** Консултације и пројекат који је подразумевао предлог примене *Metitarski* софтверског алата у сврху формалне верификације аналогних кола.
- **Електромагнетска компатибилност и интегритет сигнала:** Проучавање литературе (*H. W. Johnson, M. Graham, „High-speed digital design – a handbook of black magic“*), консултације и пројекат. Пројекат је укључивао моделовање ултрабрзог дигиталног линка, симулације коришћењем *Microwave Office* и *Matlab* софтверских алата и на крају лабораторијска мерења.

Библиографија кандидаткиње:

Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33)

- [1] Glišić M., Pejović P., “Stability Issues in Peak Limiting Current Mode Controlled Buck Converter,” *17th International Symposium on Power Electronics, Ee 2013*, Novi Sad, October-November 2013,
- [2] Pejović P., Glišić M., “Conduction Modes of a Peak Limiting Current Mode Controlled Buck Converter,” *X International Symposium Industrial Electronics, INDEL 2014*, November 6-8, 2014, Banja Luka, pp. 67-72,
- [3] Glišić M., Pejović P., “Experimental Verification of a Peak Limiting Current Mode Controlled Switching Cell Model,” *20th International Symposium POWER ELECTRONICS Ee2019*, October 23-26, 2019, Novi Sad, Serbia, DOI: 10.1109/PEE.2019.8923208,
- [4] Glišić M., Pejović P., “Influence of Slope Compensation on Operating Modes of Current Mode Controlled Converters,” *20th International Symposium POWER ELECTRONICS Ee2019*, October 23-26, 2019, Novi Sad, Serbia, DOI: 10.1109/PEE.2019.8923575.

Рад у часопису међународног значаја (M21)

- [1] Glišić M., Pejović P., “Analysis and Modeling of Nonlinear Effects in Constant-Frequency Peak-Current Control,” *International Journal of Bifurcation and Chaos*, vol. 31, no. 15, 2150226 (2021), pp. 2150226-1--2150226-20, December 15, 2021; ISSN (print): 0218-1274, ISSN (online): 1793-6551; DOI: 10.1142/S0218127421502266.

Кандидаткиња је 5. јуна 2026. године на Електротехничком факултету Универзитета у Београду јавно усмено бранила предложену тему докторске дисертације пред Комисијом у саставу:

1. Проф. др Душан Грујић, ванредни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет,
2. др Жељко Деспотовић, научни саветник, Институт Михајло Пупин, Београд,
3. Проф. др Милка Потребих Иваниш, редовни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет.

На јавној усменој одбрани предложене теме, Комисија је закључила да је кандидаткиња Марија Глишић добила оцену задовољила и да испуњава потребне услове за рад на предложеној теми докторске дисертације на Електротехничком факултету Универзитета у Београду.

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.

1.3. Оцена подобности кандидаткиње за рад на предложеној теми

На основу резултата које је кандидаткиња Марија Глишић постигла у свом досадашњем стручном и научном раду, од којих бисмо издвојили следеће:

- сакупила је максималних сто двадесет (120) ЕСПБ полагањем испита на докторским студијама и обављањем научно истраживачких обавеза;
- јавно је одбранила тему докторске дисертације 5. јуна 2026. године, пред Комисијом (проф. др Душан Грујић, др Жељко Деспотовић и проф. др Милка Потребих Иваниш) формираном од стране Наставно-научног већа Електротехничког факултета у Београду на седници број 929 одржаној 12. маја 2026. године;
- публиковала је укупно пет радова, од којих је четири публиковано у саопштењима са међународних научних скупова штампаних у целини, један у часопису међународног значаја, што је квалификује за научни рад;

можемо закључити да кандидаткиња **Марија Глишић** у сваком погледу **испуњава** суштинске и формалне услове који је квалификују да приступи изради докторске дисертације са предложеном темом.

2. **Предмет и циљ истраживања**

Предмет истраживања се односи на нелинеарну динамику прекидачких конвертора са програмирањем струје методом ограничавања вршне вредности струје прекидача. Примарно ће се разматрати понашање конвертора током појаве субхармонијских осцилација у дисконтинуалном режиму рада када се период струје калема не поклапа са периодом прекидања. Фокус ће бити на дефинисању граница оваквог режима и анализи стабилности усредњеног модела конвертора.

Предложен је модел прекидачке ћелије који адекватно описује субхармонијски режим рада и који подразумева идентификацију и аналитички опис три могућа обрасца понашања струје калема у току основног периода прекидања а у зависности од параметара кола.

Предложени модел је генерализован двоструком нормализацијом тако да се може једноставно применити на сва три основна конвертора: *buck*, *boost* и *buck-boost*, а такође и на друге комплексније топологије прекидачких конвертора изведене из основних.

На основу услова који одређују три поменута обрасца понашања струје калема аналитички ће бити изведене границе различитих режима рада; поред добро познате границе између основног континуалног и дисконтинуалног режима рада (стабилан *period-1 limit cycle*) биће одређена граница која дели континуални и дисконтинуални режим рада у области субхармонијских осцилација, што је један од научних доприноса предложене теме докторске дисертације. Хипотеза је да, док у континуалном режиму рада за одређене вредности параметара кола кроз појаву бифуркација долази до хаотичног одзива, у дисконтинуалном режиму бифуркације доводе до настанка пребројиво много *period-n* стабилних орбита од којих се свака завршава у почетној тачки односно одзив никада не постаје хаотичан. Разматраће се услови и границе појаве хаоса, и јасно ће се раздвојити граница субхармонијског периодичног одзива и аperiodичног хаотичног одзива, што ће бити један од доприноса предложене теме докторске дисертације.

Комбиновањем три обрасца понашања у дискретну итеративну мапу, софтверском имплементацијом област *period-n* дисконтинуалног режима рада ће бити подељена на мање регионе у зависности од вредности n фактора мултипликације основног периода. Тиме ће бити добијена комплетна мапа режима рада која показује сложеност динамике система.

Уз осврт на стандардне методе за опис нелинеарне динамике система, биће разматран бифуркациони дијаграм чији је параметар нормализована вршна вредност струје прекидача и Љапуновљев експонент орбита у различитим регионима посматраног параметарског простора одређеног нормализованим излазним напоном конвертора и нормализованом вршном вредношћу струје прекидача.

Анализа стабилности ће бити извршена коришћењем линеаризованог усредњеног модела током n умношка основног периода, најпре аналитички за ниже *period-n* орбите а затим нумерички за цео спектар могућих вредности применом софтверске имплементације дискретног модела за сваки од режима рада у границама разматраног параметарског простора.

Применом уведених метода анализираће се утицај увођења вештачке рампе на померање граница режима рада. Проучаваће се хипотеза да вештачка рампа само квантитативно помера границе појединих режима рада, док се феномени пребројиво бесконачно дисконтинуалних режима и појава хаоса и даље одржавају, само у другим границама.

Резултати добијени комбинацијом аналитичких и нумеричких метода ће експериментално бити верификовани применом аутоматизованог мерног система.

3. Полазне хипотезе

Полазне хипотезе се односе на одабир модела и његове имплементације у циљу предикције понашања прекидачког конвертора као детерминистичког система [1], [24], [25]. Предложен је дискретан модел у виду итеративне мапе који може да опише субхармонијски режим рада, за разлику од општеприхваћеног усредњеног линеаризованог модела који добро апроксимира спору динамику система [6], [11], [15], [23]. Избор дискретног модела ће бити образложен и експериментално верификован као неопходан за потпун опис метода програмирања вршне вредности струје прекидача.

Полази се од претпоставке константних вредности улазног и излазног напона током временског интервала од интереса. Такође, не узима се у обзир регулација кроз спољашњу регулациону петљу, чиме се модел конвертора своди на прекидачку ћелију независну од оптерећења [12], [26-28].

Понашање прекидачке ћелије у току једног интервала основног периода може се описати на основу улазног и излазног напона као и контролне променљиве, вршне вредности струје прекидача, што се у нормализованом моделу своди само на нормализован излазни напон и нормализовану вршну вредност струје прекидача, који одређују параметарски простор за анализу рада конвертора.

Постојање различитих образаца понашања струје калема у оквиру основног прекидачког периода узроковано је нелинеарним ограничењима и то вршном вредношћу струје прекидача, константним периодом прекидања и потпуним пражњењем струје калема. Уочавају се три овакава обрасца:

- Струја калема никада не достиже вршну вредност – прекидач је проводан током целог прекидачког интервала
- Струја калема достиже вршну вредност – прекидач започиње провођење да би диода наставила да проводи све до краја прекидачког интервала, при чему се разликују два подслучаја:
 - Струја калема се не испразни потпуно
 - Струја калема се испразни потпуно

Из овога произилази закључак да су орбите које садрже трећи описани образац понашања периодичне односно стабилне у субхармонијском смислу и чине посебну групу *period-n* дисконтинуалних режима рада.

Софтверска имплементација оваквог модела ће дати увид у комплетну мапу режима рада у целом параметарском простору.

Вредност струје калема се нумеричким методама може усредњити на *period-n* и линеаризовати у околини мирне радне тачке чиме се мапа режима рада може трансформисати у мапу која указује на стабилност сваког од ових режима односно орбита у отвореној петљи управљања. Тиме ће модел бити комплетиран, а почетна претпоставка неопходности дискретног модела оправдана.

Релевантна литература из области истраживања

- [1] Banerjee, S., Verghese, G. C. [1999] *Nonlinear phenomena in power electronics* (IEEE).
- [2] Deisch, C. W. [1978] "Simple switching control method changes power converter into a current source," 1978 IEEE Power Electronics Specialists Conference (IEEE), pp. 300–306.
- [3] Di Bernardo, M., Vasca, F. [2000] "Discrete-time maps for the analysis of bifurcations and chaos in dc/dc converters," IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Fundamental Theory and Applications 47, 130–143.
- [4] El Aroudi, A. [2016a] "A new approach for accurate prediction of subharmonic oscillation in switching regulators—part i: Mathematical derivations," IEEE Transactions on Power Electronics 32, 5651–5665.
- [5] El Aroudi, A. [2016b] "A new approach for accurate prediction of subharmonic oscillation in switching regulators—part ii: Case studies," IEEE Transactions on Power Electronics 32, 5835–5849.
- [6] Erickson, R. W., Maksimović, D. [2007] *Fundamentals of power electronics* (Springer Science & Business Media).
- [7] Fang, C.-C. [2010] "Unified discrete-time modeling of buck converter in discontinuous mode," IEEE Transactions on Power Electronics 26, 2335–2342.
- [8] Hamill, D. C., Deane, J. H., Aston, P. J. [1997] "Some applications of chaos in power converters," IEE Colloquium on Update on New Power Electronic Techniques (Digest No: 1997/091) (IET), pp. 5–1.

- [9] Hamill, D. C., Deane, J. H., Jefferies, D. J. [1992] "Modeling of chaotic dc-dc converters by iterated nonlinear mappings," IEEE Transactions on Power Electronics 7, 25–36.
- [10] Hamill, D. C., Jeffries, D. J. [1988] "Subharmonics and chaos in a controlled switched-mode power converter," IEEE Transactions on Circuits and Systems 35, 1059–1061.
- [11] Hsu, S.-P., Brown, A., Rensink, L., Middlebrook, R. [1979] "Modelling and analysis of switching dc-to-dc converters in constant-frequency current-programmed mode," 1979 IEEE Power Electronics Specialists Conference (IEEE), pp. 284–301.
- [12] Landsman, E. [1979] "A unifying derivation of switching dc-dc converter topologies," IEEE Power Electronics Specialists Conference, pp. 18–22.
- [13] Li, H., Li, Z., Zhang, B., Tang, W. K., Halang, W. A. [2009] "Suppressing electromagnetic interference in direct current converters," IEEE Circuits and Systems Magazine 9, 10–28.
- [14] Li, H., Tang, W. K.-S., Li, Z., Halang, W. A. [2008] "A chaotic peak current-mode boost converter for emi reduction and ripple suppression," IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs 55, 763–767.
- [15] Liu, Y.-F., Sen, P. C. [1994] "A general unified large signal model for current programmed dc-to-dc converters," IEEE Transactions on Power Electronics 9, 414–424.
- [16] Maksimović, D., Ćuk, S. [1991] "A unified analysis of pwm converters in discontinuous modes," IEEE Transactions on Power Electronics 6, 476–490.
- [17] Ridley, R. B. [1990] "A new small-signal model for current-mode control," PhD thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University.
- [18] Ridley, R. B. [1991] "A new, continuous-time model for current-mode control (power converters)," IEEE Transactions on Power Electronics 6, 271–280.
- [19] Sun, J., Mitchell, D. M., Greuel, M. F., Krein, P. T., Bass, R. M. [2001] "Averaged modeling of pwm converters operating in discontinuous conduction mode," IEEE Transactions on Power Electronics 16, 482–492.
- [20] Suntio, T. [2001] "Analysis and modeling of peak-current-mode-controlled buck converter in dcm," IEEE Transactions on Industrial Electronics 48, 127–135.
- [21] Suntio, T. [2009] *Dynamic profile of switched-mode converter: modeling, analysis and control* (John Wiley & Sons).
- [22] Suntio, T. [2019] "Modeling and analysis of a pcm-controlled boost converter designed to operate in dcm," Energies 12, 4.
- [23] Tan, F. D., Middlebrook, R. [1995] "A unified model for current-programmed converters," IEEE Transactions on Power Electronics 10, 397–408.
- [24] Tse, C. K. [2004] *Complex behavior of switching power converters* (CRC Press).
- [25] Tse, C. K., Di Bernardo, M. [2002] "Complex behavior in switching power converters," Proceedings of the IEEE 90, 768–781.
- [26] Tymerski, R., Vorperian, V. [1988] "Generation and classification of pwm dc-to-dc converters," IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems 24, 743–754.
- [27] Van Dijk, E., Spruijt, J., O'Sullivan, D. M., Klaassens, J. B. [1995] "Pwm-switch modeling of dc-dc converters," IEEE Transactions on Power Electronics 10, 659–665. August 19, 2021
- [28] Williams, B. W. [2013] "Generation and analysis of canonical switching cell dc-to-dc converters," IEEE Transactions on Industrial Electronics 61, 329–346.

4. Научне методе истраживања

Методе истраживања које ће се користити приликом израде тезе су:

- Преглед литературе из предметне области и уочавање недостатака претходно предложених метода.
- Метод анализе који резултује дискретним моделом прекидачке ћелије.
- Метод моделовања, увођење нормализације у циљу поједностављења и генерализовања модела. Прво се врши генерализација у оквиру конкретног конвертора, чиме се улазни напон елиминише из листе параметара, док друга нормализација показује да сва три основна конвертора у језгру имају исти модел који описује њихово понашање.
- Метод софтверске имплементације и симулације коришћењем *Python* програмског језика.
- Метод експерименталне верификације на примеру *boost* конвертора са аутоматизованим мерним системом са даљинским надзором преко интернета.

5. Очекивани научни доприноси

Очекивани научни доприноси се односе на потпуно разумевање рада прекидачких конвертора са програмирањем вршне вредности струје прекидача у условима када локална регулациона петља постаје нестабилна, што доводи до субхармонијских осцилација конвертора и промена у његовом усредњеном моделу према коме се пројектује спољна петља регулације излазног напона. Уобичајена претпоставка да хаотичан одзив наступа одмах по појави нестабилности унутрашње петље регулације ће бити оповргнута на основу постојања пребројиво бесконачно дисконтинуалних режима рада који дају периодичан одзив. Биће показана граница при којој наступа хаотичан одзив, а која се налази даље од границе за коју се веровало да је критична. Додатно ће бити установљене и границе појединих дисконтинуалних режима рада аналитичким и нумеричким методама. Параметри усредњеног модела основних прекидачких конвертора у режиму субхармонијских осцилација унутрашње регулационе петље ће бити изведени у циљу анализе стабилности таквог модела. Анализа ће бити генерализована на системе који користе вештачку рампу за додатну стабилизацију унутрашње регулационе петље. Резултати ће бити експериментално верификовани и документовани одговарајућим дијаграмима.

6. План истраживања и структура рада

Истраживање ће се спровести кроз следеће активности:

- Преглед литературе и анализа резултата досадашњег истраживања.
- Анализа основних конвертора у субхармонијском режиму рада.
- Моделовање прекидачке ћелије, извођење аналитичких израза, увођење нормализације и генерисање итеративне мапе којом се карактерише дискретан модел прекидачке ћелије.
- Софтверска имплементација добијеног модела, прикупљање и анализа резултата симулација.
- Имплементација хардвера за експерименталну верификацију.

7. Закључак и предлог

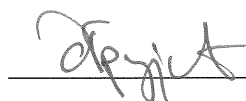
На основу приложене документације и непосредног увида у досадашњи научни рад кандидаткиње **Марије Глишић**, мастер инжењера електротехнике и рачунарства, Комисија закључује следеће:

1. Кандидаткиња испуњава све формалне и суштинске услове прописане Законом о високом образовању, Статутом Универзитета у Београду и Статутом Електротехничког факултета Универзитета у Београду за израду докторске дисертације.
2. Предложена тема **„Режими рада основних прекидачких конвертора са програмирањем вршне вредности струје прекидача у области субхармонијске нестабилности“** (енглески: *Operating modes of basic switching converters with switch peak current programming in the area of subharmonic instability*) је научно заснована, а резултати до којих ће се доћи изработом ове дисертације представљаће значајан и оригиналан допринос. Тема припада ужој научној области Енергетска електроника.

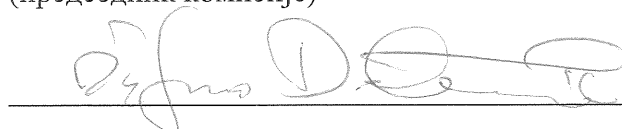
На основу претходно изложеног, Комисија предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду да кандидаткињи **Марији Глишић** одобри израду докторске дисертације под насловом **„Режими рада основних прекидачких конвертора са програмирањем вршне вредности струје прекидача у области субхармонијске нестабилности“** (енглески: *Operating modes of basic switching converters with switch peak current programming in the area of subharmonic instability*), а за ментора предлаже **проф. др Предрага Пејовића**, редовног професора Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

У Београду 08.06.2026. године.

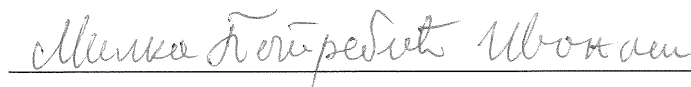
ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



др Душан Грујић, ванредни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет
(председник комисије)



др Жељко Деспотовић, научни саветник
Институт Михајло Пупин, Београд



др Милка Потребитић Иваниш, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет