

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Оцена услова и прихватање теме докторске дисертације кандидата Бранка Стојановића

Одлуком бр. 1630-27 од 07.11.2023. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације кандидата **Бранка Стојановића** под насловом „Реконфигурација дистрибутивне мреже и компензација реактивне снаге коришћењем комбинације алгоритама симулираног каљења и минимално разгранатог стабла”.

Комисија је предложила да се наслов теме докторске дисертације измени, што је прихваћено од стране предложеног ментора и кандидата, тако да је усаглашени наслов предложене теме докторске дисертације кандидата Бранка Стојановића: **„Реконфигурација дистрибутивне мреже и компензација реактивне снаге коришћењем комбинације симулираног каљења и Крускаловог алгорита”** (енг. **”Distribution network reconfiguration and reactive power compensation using a combination of simulated annealing and Kruskal algorithm”**).

На основу материјала приложеног уз захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Кандидат је рођен 3. априла 1958. године у Београду. Основну школу и XIII београдску гимназију – природно-математички смер завршио је у Београду. Године 1976. уписао је Електротехнички факултет Универзитета у Београду на енергетском одсеку. 14. маја 1981. године, дипломирао је на истом одсеку смер електропривреда, са просечном оценом 9,08 и 10 на дипломском испиту. Тема дипломског рада је „Побољшање транзијентне стабилности код синхроних генератора уз помоћ регулације побуде“. Дипломски рад је рађен код професора др Гојка Муждеке.

Године 1982. кандидат је уписао постдипломске студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду на одсеку за електроенергетске системе, групи за високонапонска постројења и опрему. Кандидат је магистрирао код професора др Николе Рајаковића, 30. јануара 1997 на тему „Метода симулације каљења и њена примена на компензацију у радијалним дистрибутивним мрежама“. Просечна оцена на постдипломским студијама је била 7,83.

2017. године уписује докторске студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду. Кандидат је објавио 18 стручних радова. Област његовог интересовања је анализа и оптимизација дистрибутивних мрежа.

Од 1981. године кандидат је радио у предузећу „Минел експорт-импорт“ на пословима израде лицитационих елабората за електроенергетску опрему и комплетне објекте. Од 1994. године кандидат је радио у Електромашинској школи у Земуну као наставник за групу електротехничких предмета. 3. јануара 1996. године кандидат се запошљава у Техничком опитном центру при војсци Србије где је радио на пословима испитивања електричних карактеристика наоружања и војне опреме као водећи истраживач. Ту је и пензионисан.

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Кандидат је докторске студије уписао 2017. године. Кандидат је магистрирао 1997. године на Електротехничком факултету у Београду и признати су сви положени испити. Просечна оцена на постдипломским студијама је била 7,83.

Преглед положених испита

	Назив предмета	Оцена
1	Високонпонска опрема	9
2	Дистрибутивни системи	7
3	Релејна заштита	7
4	Пренапони и заштита од пренапона	8
5	Стабилност електроенергетских система	9
6	Високонпонска постројења	7
7	Немачки језик	положио

Списак преосталих реализованих обавеза

	Назив предмета	ЕСПБ
1	Студијски истраживачки рад I	15
2	Студијски истраживачки рад II	15
3	Научно-стручни рад	3

Списак објављених радова

Радови објављени у научним часописима међународног значаја M20

M21

1. **B.Stojanović**, T.Rajić, D.Šošić; Distribution network reconfiguration and reactive power compensation using a hybrid Simulated Annealing-Minimum Spanning Tree algorithm; International Journal of Electrical Power and Energy Systems; 147 (2023); <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2022.108829>; ISSN= 0142-0615; IF=5.659

M22

2. **B. Stojanović**, T.Rajić; Novel approach to reconfiguration power loss reduction problem by simulated annealing technique; International Transactions on Electrical Energy Systems; 27 (2017); <https://doi.org/10.1002/etep.2464>; ISSN= 2050-7038; IF=1.619

M23

3. **B. Stojanović**, T. Rajić; Distribution network reconfiguration and capacitor switching in the presence of wind generators; Electrical Engineering; 104 (2022) pp. 2249–2266, <https://doi.org/10.1007/s00202-021-01470-8>; ISSN= 0948-7921; IF=1.8

Зборници међународних научних скупова M30

M33

1. D.Šošić, T.Rajić, **B.Stojanović**, D.Vukotić; Distribution network reconfiguration using the open switch moving register method ; 2021 IEEE PES ISGT Latin America.

Радови објављени у научним часописима националног значаја M50

M52

1. **B.Stojanović**, T.Rajić, D.Šošić; Rekonfiguracija distributivne mreže i otočna kompenzacija uz prisustvo vetro generatora i solarnih panela; Energija, ekonomija, ekologija, 4, XXIV, 2022, (str. 12-21); DOI: 10.46793/EEE22-4.12S

2. **B.Stojanović**; Rekonfiguracija simetričnih radijalnih distributivnih mreža u svrhu smanjenja gubitaka aktivne snage; Elektroprivreda 2007, Br.3, стране 25-40.

3. **B.Stojanović**; Primena metode simulacije kaljenja na problem kompenzacije reaktivne snage u simetričnim radijalnim distributivnim mrežama; Elektroprivreda 2004, Br.3, 35-49.

Зборници домаћих научних скупова M60

M63

1. B.Stojanović, T.Rajić, D.Šošić; Rekonfiguracija distributivne mreže i otočna kompenzacija uz prisustvo vetro generatora i solarnih panela ; ENERGETIKA 2022, Zlatibor.

2. D.Šošić, T.Rajić, B.Stojanović; Rekonfiguracija distributivne mreže primenom metode pomerajućeg registra otvorenih prekidača ; ENERGETIKA 2021, Zlatibor.

3. B.Stojanović, T.Rajić; Rekonfiguracija distributivne mreže i otočna kompenzacija uz prisustvo vetro generatora; ENERGETIKA 2021, Zlatibor.

4. B.Stojanović, T.Rajić; Rekonfiguracija i otočna kompenzacija distributivne mreže u svrhu smanjenja gubitaka na električnu energiju; ENERGETIKA 2020, Zlatibor.

5. B.Stojanović, T.Rajić, D.Šošić; Minimalno razgranato stablo, brza aproksimacija globalnog optimuma ; CIRED (savetovanje o elektrodistributivnim mrežama Srbije) 2022, Kopaonik.

6. B.Stojanović, T.Rajić; Rekonfiguracija distributivne mreže i otočna kompenzacija uz prisustvo vetro generatora ; CIRED (savetovanje o elektrodistributivnim mrežama Srbije) 2021, Vrnjačka banja.

7. B.Stojanović, T.Rajić; Ekonomska procena rekonfiguracije distributivnih mreža i otočne kompenzacije; CIRED (savetovanje o elektrodistributivnim mrežama Srbije) 2018, Vrnjačka banja.

8. B.Stojanović, T.Rajić; Novi pristup rekonfiguraciji trofaznih simetričnih radijalnih distributivnih mreža, primenom metode simuliranog kaljenja (Simulated Annealing), u svrhu smanjenja gubitaka aktivne snage; CIRED (savetovanje o elektrodistributivnim mrežama Srbije) 2018, Vrnjačka banja.

9. B.Stojanović, M.Moskovljević, T.Rajić; Modifikovani efikasni algoritam tokova snaga Nahman i Perić; CIRED (savetovanje o elektrodistributivnim mrežama Srbije) 2016, Vrnjačka banja.
10. T.Rajić, B.Stojanović; Program za proveru povezanosti elektroenergetskog sistema; CIRED (savetovanje o elektrodistributivnim mrežama Srbije) 2016, Vrnjačka banja.
11. B.Stojanović; Metoda simulacije kaljenja i njena primena na postavljanje kondenzatorskih baterija u simetričnim radijalnim distributivnim mrežama; CIRED (savetovanje o elektrodistributivnim mrežama Srbije) 2012, Vrnjačka banja.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Кандидат Бранко Стојановић поседује адекватан ниво знања из области које представљају основу неопходну за решавање техничких проблема који се третирају у предложеној докторској дисертацији. До сада је објавио укупно 18 научних чланака. Објавио је 3 научна чланка у водећим међународним часописима са импакт фактором, при чему је садржај сва три чланка у директној вези са темом докторске дисертације.

Дана 16.11.2023. године кандидат Бранко Стојановић је на Електротехничком факултету Универзитета у Београду усмено полагао испит за оцену услова и научне заснованости теме докторске дисертације и успешно одговорио на постављена питања пред Комисијом у саставу:

- др Дарко Шошић, ванредни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет - председник комисије,
- др Владица Мијаиловић, редовни професор, Универзитет у Крагујевцу – Факултет техничких наука у Чачку- члан комисије који није запослен на Електротехничком факултету Универзитета у Београду,
- др Драган Олћан, редовни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет - члан комисије,
- др Александар Савић, ванредни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет - члан комисије и
- др Зоран Стојановић, редовни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет-члан комисије на јавној усменој одбрани.

Комисија је оценила да је кандидат **успешно положио докторски испит**.

2. Предмет, циљ и значај истраживања

Реконфигурација дистрибутивних мрежа везана је за поступак отварања и затварања комутационе опреме да би се изменила топологија мреже са одређеним циљем, као што је минимизација губитака снаге. Оувек је потреба за оптималном конфигурацијом мреже представљала кључни проблем у дистрибутивном електроенергетском сектору. Основни циљ истраживања у дисертацији је да се добије оптимална конфигурација мреже на сатном нивоу за дугачак временски период, на основу предикције потрошње и производње електричне енергије. При томе треба водити рачуна о многобројним ограничењима која реално постоје, а која се у новијим радовима занемарују.

Предузећа из електропривреде су сведок многих промена у последње време. Присутна тенденција дерегулације у сектору енергетике приморава ова предузећа да побољшају своју енергетску ефикасност. Некада су проблеми били једноставнији јер није било дистрибуираних извора енергије интегрисаних у дистрибутивну средњенапонску, односно нисконапонску мрежу. Најчешћи проблем је био лоцирање уређаја за компензацију реактивне снаге. Компензација реактивне снаге има вишеструке позитивне доприносе. Кондензаторским батеријама, које се везују оточно, поправљају се напонске прилике, фактор снаге и смањују губици у дистрибутивној мрежи. Оптимално позиционирање кондензаторских батерија је предмет интересовања инжењера који одржавају дистрибутивне мреже. Велики број радова је објављен на ову тему. Мана оваквих решења је што се не узима у обзир променљивост потрошње, већ се потрошња сматра константном [1]. Приступ који је обрађен у овој дисертацији узима у обзир оптимално позиционирање кондензаторских батерија уз уважавање променљивости потрошње на сатном нивоу, што представља први научни допринос [2].

Последњих година висока стопа прикључења дистрибуираних извора електричне енергије (ветро генератори и соларне ћелије) као последица повећане цене горива, либерализације тржишта електричне енергије и бриге за околину је узроковала знатне промене у постојећој структури дистрибутивне мреже. Било је потребно планирањем обухватити и ове јединице. Адекватно постављени и пројектовани дистрибуирани извори енергије могу допринети смањењу губитака и побољшању напона и поузданости [3]. Постављање само дистрибуираних извора енергије, без реконфигурације и кондензаторских батерија, неће дати оптимално решење. Поједини аутори не узимају у обзир променљивост производње дистрибуираних извора енергије. У овој дисертацији ће бити уважена промена производње ветроагрегата у зависности од брзине ветра и карактеристика соларних панела, на сатном нивоу. Ово представља други значајан допринос дисертације [4].

У досадашњој литератури није много пажње посвећено симултаном дејству дистрибуираних генератора, компензације, реконфигурације и утицаја регулације напона у напојном чвору [5]. Заједничка координација ових стратегија може дати оптималне резултате у циљу минимизирања губитака, поправке напонског профила и корекцију улазног фактора снаге дистрибутивне мреже уз задовољење техничких ограничења као што су максималне дозвољене струје грана и декларисане толеранције напона чворова. Управо ће оваква симултана анализа бити предмет дисертације [6].

Системи за складиштење електричне енергије, скраћено BESS (енг. *Battery energy storage systems*), све више се примењују у последње време у дистрибутивним мрежама. Утицај ових елемената система је значајан за одређивање оптималне конфигурације мреже. Оптимални прорачун, описан у овој дисертацији, узима у обзир и постојање система за складиштење електричне енергије што је реткост у новијим радовима.

Презентовани прорачун користи комбинацију два алгорита: Крускалов алгоритам за одређивање минимално разгранатог стабла и симулација каљења. Први алгоритам се користи да би се добила радијална мрежа која обезбеђује довољно добро решење за минимизацију губитака. Другим алгоритмом се добија оптимална локација кондензаторских батерија да би

се додатно смањили губици. Сва истраживања биће рађена на више познатих тест мрежа које се помињу у литератури.

Значај истраживања може се сагледати и кроз одабране научно-истраживачке радове из ове области. Само неки од њих су приказани у наставку:

1. V.V.V.S.N.Murty, A.K.Sharma, Optimal coordinate control of OLTC, DG, D-STATCOM, and reconfiguration in distribution system for voltage control and loss minimization, International Transactions on Electrical Energy Systems, 6 November 2018, (pp.1-27).
2. **B. Stojanović**, T.Rajić; Novel approach to reconfiguration power loss reduction problem by simulated annealing technique; International Transactions on Electrical Energy Systems; 27 (2017); <https://doi.org/10.1002/etep.2464>
3. S.M.Razavi, H.R.Momeni, M.R.Haghifam, S.Bolouki, Multi-Objective Optimization of Distribution Networks via Daily Reconfiguration, IEEE Transactions on Power Delivery, 2021, Volume 37, pp. 775-785.
4. **B.Stojanović**, T.Rajić; Distribution network reconfiguration and capacitor switching in the presence of wind generators; Electrical Engineering; 104 (2022) pp. 2249–2266, <https://doi.org/10.1007/s00202-021-01470-8>
5. Z.Li, S.Wang, Y.Zhou, W.Liu, X.Zheng, Optimal distribution systems operation in the presence of wind power by coordinating network reconfiguration and demand response, Electrical Power and Energy Systems 119 (2020) 105911, 10 pgs.
6. **B.Stojanović**, T.Rajić, D.Šošić; Distribution network reconfiguration and reactive power compensation using a hybrid Simulated Annealing-Minimum Spanning Tree algorithm; International Journal of Electrical Power and Energy Systems; 147 (2023) 108829; <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2022.108829>.

3. Полазне хипотезе

Полазне хипотезе код истраживања спроведених при изради предложене докторске дисертације су:

- Примена само алгоритма симулираног каљења на проблем компензације и реконфигурације даје лошије резултате у односу на комбинацију алгоритма симулираног каљења и Крускаловог алгоритма.
- Променљивост потрошње и производње доста утиче на променљивост конфигурације мреже у току једног дана.
- Ограничењем броја комутација расклопних уређаја, добијају се лошији резултати него када се тај утицај не уважи.
- Потребно је развити посебну логику код лоцирања и одређивања снаге дистрибуираних извора да се не би појавиле велике вредности напона и повећани губици.
- Утицај батерија за складиштење је велики са техничког аспекта, али је потребно анализирати њихов економски аспект јер су почетна улагања и експлоатација скупи.

- За тест примере мрежа, напон унутар дозвољених толеранција за планирани период, може се постићи само уз регулацију напона у напојном чвору мреже.

4. Научне методе истраживања

Биће коришћене следеће методе током истраживања:

- За стохастично моделовање потрошње биће коришћена Гаусова (*Gauss*) расподела суперпонирана на дневне дијаграме потрошње за радни и нерадни дан. За стохастично моделовање ветрогенератора биће коришћена Веибулова (*Weibull*) расподела.
- За постављање ветро генератора у чворове мреже биће употребљена униформна расподела по чворовима.
- Батерије за складиштење електричне енергије, налазиће се уз обновљиве изворе енергије.
- За прорачун токова снага биће коришћен Њутн-Рапсонов (*Newton-Raphson*) алгоритам у MATPOWER окружењу.
- Метода симулираног каљења ће се применити симултано на проблем реконфигурације и компензације.
- Крускалов алгоритам ће се применити на проблем реконфигурације мреже одвојено од методе симулираног каљења која ће се накнадно применити на компензацију код сложенијих мрежа.
- Биће урађена упоредна анализа наведена два приступа.

5. Очекивани научни доприноси

Очекивани научни доприноси предложене докторске дисертације биће:

- Развој потпуно новог хибридног алгоритма који представља комбинацију два алагоритма од којих ће се први применити на реконфигурацију, а други независно и накнадно на компензацију.
- Одређивање оптималне конфигурације дистрибутивне мреже за сваки сат.
- Уважавање две функције циља: минимизирање губитака електричне енергије и минимизирање трошкова.
- Уважавање великог броја реалних ограничења као што су вредност улазног фактора снаге, минимална и максимална вредност напона у чворовима, максимална дозвољена ефективна вредност струја грана мреже.
- Уважавање променљивост потрошње и производње на сатном нивоу.
- Уважавање постојања обновљивих извора енергије,
- Уважавање система за складиштење енергије (BESS),
- Ограничавање максималног броја комутација по раставном елементу у току 24 сата.
- Тестирање резултата на више различитих мрежа.

6. План истраживања и структура рада

Основни кораци истраживања у оквиру предложене докторске дисертације биће:

- Уношење улазних података за одабране примере мрежа.

- Стохастично моделовање потрошње и производње уз уважавање дневних дијаграма потрошње и облачности.
- Постављање кондензаторских батерија одређене снаге у чворове мреже у складу са функцијом циља.
- Примена Крускаловог алгоритма за проблем реконфигурације, а накнадно симулираног каљења на проблем компензације мреже.
- Програмирање у MATLAB-у са MATPOWER окружењем.
- Провера техничких ограничења за генерисане сценарије.
- Графички приказ резултата истраживања.

Текст докторске дисертације биће написан на српском језику.

7. Закључак и предлог

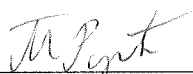
На основу приложене документације, као и непосредног увида у досадашњи научни рад кандидата Бранка Стојановића, магистра електротехнике, Комисија је закључила да:

1. Кандидат испуњава све формалне и суштинске услове прописане Законом о високом образовању и Статутом Електротехничког факултета Универзитета у Београду за одобрење теме за израду докторске дисертације.
2. Предложена тема дисертације је у складу са глобалним научним кретањима из области електроенергетике чији се резултати тренутно објављују у истакнутим међународним часописима. Поред великог теоријског интереса, тематика је подједнако занимљива са практичне тачке гледишта. **Предлог Комисије је да се наслов дисертације промени у: „Реконфигурација дистрибутивне мреже и компензација реактивне снаге коришћењем комбинације симулираног каљења и Крускаловог алгоритма“.**
3. Кандидат Бранко Стојановић се током свог научноистраживачког рада бавио тематиком која спада у најужу област дисертације. Комисија сматра да тематика и континуитет досадашњег научноистраживачког рада показују да је кандидат подобан за реализацију предвиђених циљева истраживања.

Ужа научна област дисертације су електроенергетски системи, за коју је Универзитет у Београду – Електротехнички факултет матичан. Због тога Комисија предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду да кандидату Бранку Стојановићу одобри израду докторске дисертације под називом „Реконфигурација дистрибутивне мреже и компензација реактивне снаге коришћењем комбинације симулираног каљења и Крускаловог алгоритма“. За ментора дисертације предлаже се др Томислав Рајић, доцент, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет. Уз овај извештај прилаже се списак радова ментора на одговарајућем формулару Универзитета.

У Београду, 28. новембра 2023.

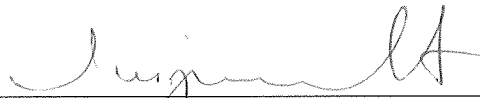
Чланови комисије



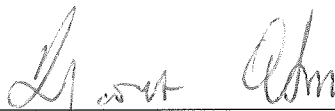
др Томислав Рајић, доцент
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Дарко Шошић, ванредни професор,
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



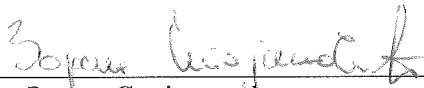
др Владица Мијаиловић, редовни професор
Универзитет у Крагујевцу – Факултет техниких наука у Чачку



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



др Александар Савић, ванредни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Зоран Стојановић, редовни професор,
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет