

Универзитет у Београду  
Електротехнички факултет

## НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

**Предмет:** Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Бранка Стојановића

Одлуком Наставно-научног већа Електротехничког факултета број 5045/17-3 од 24.02.2020. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Бранка Стојановића под насловом

**„Нови приступ реконфигурацији дистрибутивних мрежа применом методе симулираног каљења“**

односно

**“Novel Approach to Distribution Network Reconfiguration by Simulated Annealing Technique”**

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

Дана 31.05.2018. године кандидат је пријавио тему за израду докторске дисертације под насловом „Нови приступ реконфигурацији дистрибутивних мрежа применом методе симулираног каљења у циљу смањења губитака активне снаге“.

Комисија за студије трећег степена разматрала је 05.06.2018. године предлог теме за израду докторске дисертације и предлог Комисије за оцену подобности теме и упутила Наставно-научном већу предлог на усвајање.

Одлуком Наставно-научног већа, заведеном под бројем 5045/17-1 од 22.06.2018. именована је Комисија за оцену подобности теме и кандидата у саставу: др Предраг Стефанов, доцент (Универзитет у Београду, Електротехнички факултет), др Никола Рајаковић, редовни професор у пензији (Универзитет у Београду, Електротехнички факултет), др Драган Олћан, ванредни професор (Универзитет у Београду, Електротехнички факултет), др Александар Савић, доцент (Универзитет у Београду, Електротехнички факултет), др Дарко Шошић, доцент (Универзитет у Београду, Електротехнички факултет) За ментора је предложен др Зоран

Стојановић, ванредни професор (Универзитет у Београду, Електротехнички факултет).

Дана 05.07.2018. године је одржана јавна усмена одбрана предложене теме докторске дисертације на Електротехничком факултету. Кандидат је добио оцену „задовољно“. На предлог Комисије наслов докторске дисертације је промењен у „Нови приступ реконфигурацији дистрибутивних мрежа применом методе симулираног каљења“. Поред тога, чланови Комисије су изнели низ сугестија у вези са израдом дисертације, који су записани у Извештају који је Комисија поднела Наставно-научном већу Електротехничког факултета. Комисија је заједно са ментором докторске дисертације, др Зораном Стојановићем, ванредним професором Електротехничког факултета Универзитета у Београду, поднела Извештај о оцени подобности теме и кандидата.

Наставно-научно веће је усвојило извештај Комисије за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације (Одлука бр. 5045/17-2 од 09.10.2018).

Дана 29.10.2018. Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду је дало сагласност на предлог теме докторске дисертације под насловом „Нови приступ реконфигурацији дистрибутивних мрежа применом методе симулираног каљења“ (број одлуке 61206-4702/2-18 од 29.10.2018. године).

Дана 24.01.2020. године кандидат Бранко Стојановић је предао докторску дисертацију на преглед и оцену.

Дана 04.02.2020. Комисија за студије трећег степена је потврдила испуњеност потребних услова за подношење предлога Наставно-научном већу Електротехничког факултета за формирање Комисије за преглед и оцену докторске дисертације.

Дана 24.02.2020. Наставно-научно веће је, на предлог Комисије за студије трећег степена, именовало Комисију за преглед и оцену докторске дисертације у саставу др Предраг Стефанов, ванредни професор (Универзитет у Београду, Електротехнички факултет), др Андрија Сарић, редовни професор (Универзитет у Новом Саду – Факултет техничких наука), др Дарко Шошић, доцент (Универзитет у Београду, Електротехнички факултет), др Драган Олћан, ванредни професор (Универзитет у Београду, Електротехнички факултет), др Александар Савић, ванредни професор (Универзитет у Београду, Електротехнички факултет) (број одлуке 5045/17-3 од 24.02.2020. године).

Кандидат Бранко Стојановић је докторске студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду уписао 2017. године. Године 1982. кандидат је уписао постдипломске студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду на Одсеку за електроенергетске системе, групи за Високотопонска постројења и опрему. Кандидат је магистрирао код професора др. Николе Рајаковића 30. јануара 1997. године на тему „Метода симулације каљења и њена примена на компензацију у радијалним дистрибутивним мрежама“. Просечна оцена на постдипломским студијама је била 7,83.

### Преглед положених испита на магистарским студијама

Назив предмета	Оцена	ЕСПБ	Предметни наставник
Дистрибутивни системи	(седам) 7	х	Гојко Муждека
Стабилност електроенергетских система	(девет) 9	х	Гојко Муждека
Високонапонска опрема	(девет) 9	х	Милан Савић
Релејна заштита	(седам) 7	х	Миленко Ђурић
Високонапонска постројења	(седам) 7	х	Јован Нахман
Пренапони и заштита од пренапона	(осам) 8	х	Милан Савић
Немачки језик	положио	х	Гордана Ирчанин

Ови испити су му признати на докторским студијама, чиме је кандидат испунио све обавезе везане за студијски истраживачки рад предвиђене планом и програмом.

#### 1.2. Научна област дисертације

Дисертација кандидата Бранка Стојановића припада области Техничке науке – Електротехника, ужа научна област Електроенергетски системи. За ментора дисертације је одређен др Зоран Стојановић, ванредни професор на Универзитету у Београду, Електротехнички факултет, због истакнутих доприноса у ужој области Електроенергетски системи.

#### 1.3. Биографски подаци о кандидату

Бранко Стојановић је рођен 3. априла 1958. године у Београду. Основну школу и XIII београдску гимназију – природноматематички смер завршио је у Београду. Године 1976. уписао је Електротехнички факултет на Универзитету 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 урађен 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.

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. Дана 3. јануара 1996. године кандидат се запошљава у Техничком опитном центру при војсци Србије где ради на пословима испитивања електричних карактеристика наоружања и војне опреме. Ту је и сада запослен као водећи истраживач. Кандидат је објавио 12 стручних радова.

## **2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ**

### 2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација је написана на српском језику латиничним писмом и има 113 страна, док је број приказаних слика 34, а број табела 25. Докторска дисертација је структурно подељена у једанаест целина: 1. Увод, 2. Формулација проблема, 3. Провера повезаности енергетског система, 4. Ефикасни алгоритам токова снага за симетричне радијалне дистрибутивне мреже без трансформатора, 5. Симулирано каљење (eng. Simulated Annealing), 6. Примена алгоритма решења, 7. Развој алгоритма симулираног каљења са освртом на механизам поремећаја и механизам хлађења, 8. Нумерички резултати, 9. Симултана реконфигурација и оточна компензација дистрибутивних мрежа применом методе симулираног каљења и 10 Закључак. Коначно, дат је преглед литературе коришћене за израду дисертације, који обухвата 116 референци из области које се непосредно тичу предмета дисертације. На крају дисертације дати су и Прилози.

### 2.2 Кратак приказ појединачних поглавља

Прво поглавље покрива општи увод у проблематику реконфигурације дистрибутивних мрежа са навођењем захтева које овај поступак треба да испуни и са прегледом досадашњих радова који се баве овом проблематиком. У уводу је, поред тога, изложена и концепција докторске дисертације и наведени њени научни доприноси.

Друго поглавље садржи формулацију оптимизационог проблема реконфигурације дистрибутивних мрежа решаваног у овој дисертацији. Постављени циљ оптимизације је минимизација губитака активне снаге у систему, са смањењем трошкова испоруке потребне електричне снаге унапред дефинисаним потрошачима. У овом поглављу је дефинисан и простор претраживања и ограничења која стања дистрибутивне мреже морају да испуне.

У трећем поглављу изложене су формулације повезаности и радијалности дистрибутивне мреже, дати основи алгоритма за њихову проверу и описан развијени рачунарски програм.

У четвртном поглављу је описан ефикасни алгоритам токова снага за симетричне радијалне дистрибутивне мреже без трансформатора. У овом поглављу је описан примењени алгоритам, насловљен као модификовани, релативно тачан алгоритам, који по наводима аутора „може да послужи само индикативно за прорачун губитака у дистрибутивној мрежи“ и „примењен са тачним алгоритмом токова снага представља знатну помоћ при решавању динамичких проблема

дистрибутивних мрежа као што су њихова реконфигурација или планирање“. Као „тачан“ алгоритам приказан је Њутнов алгоритам токова снага у MATPOWER окружењу који је коришћен у наставку истраживања, као и опис других алгоритама примењиваних у прорачунима радијалних, пасивних дистрибутивних мрежа. У овом поглављу је дат и приказ примене модификованог алгоритма прорачуна токова снага дистрибутивне мрежа на IEEE тест систему са 33 чвора.

У петом поглављу је приказан алгоритам симулираног каљења као оптимизационе методе која је коришћена у даљим истраживањима. На почетку овог поглавља извршена је класификација ове оптимизационе методе и објашњена аналогија са физичким појавама на основу којих је ова метода формирана. У даљем излагању дат је приказ хомогеног и нехомогеног алгоритма симулираног каљења и одговарајући шематски приказ са рачунарским кодом за његову имплементацију.

У шестом поглављу је детаљно приказана примена алгоритма симулираног каљења на проблем оптималне реконфигурације дистрибутивне мреже, где је као циљ оптимизације усвојена минимизација укупног губитка активне снаге у дистрибутивном систему у циљу смањења цена испоручене енергије коју захтевају потрошачи. У овом поглављу су дата тополошка ограничења, електрична ограничења, ограничења оптерећења и операциона ограничења. Такође, у овом поглављу је дефинисан механизам хлађења у алгоритму симулираног каљења, усвојена почетна температура и дефинисан начин њеног ажурирања у итеративном поступку, као и критеријум конвергенције и заустављања итеративног поступка.

У седмом поглављу су даље приказане модификације алгоритма симулираног каљења кроз хронолошки приказ референци које предлажу различита решења за механизме поремећаја и хлађења. У дискусији овог поглавља аутор наводи да „су параметри механизма хлађења у погледу подешавања врло компликовани и недовољно проучени“ и да „нема генералног пута за изналажење најбољег избора за конкретан проблем“. Као закључак овог поглавља, аутор предлаже усвајање механизма хлађења описаног у шестом поглављу и крајње једноставног механизма поремећаја који користи генератор случајних бројева.

У осмом поглављу су приказани резултати симулације примењених програма на тест системе. Као тест системи су анализирани стандардни IEEE тест системи са 14, 33, 69 и 118 чворова, коришћени у литератури за анализу реконфигурације дистрибутивних мрежа. Илустрација примене развијеног алгоритма је дата поређењем напона чворова, струја грана и губитака мрежа за из литературе усвојене почетне конфигурације, са субоптималним конфигурацијама добијеним у поступку оптимизације и оптималном конфигурацијом добијеном по заустављању итеративног поступка. За највећу разматрану мрежу од 118 чворова, као крајњи су приказани резултати добијени после 18 дана прорачуна, када је рад програма прекинут. Даље, у овом поглављу су дати резултати вишекритеријумске оптимизације где је као функција циља анализирана функција „која се састоји од губитака снаге у kW и максималног пада напона у процентима са јединичним тежинским коефицијентима и друга, економска функција циља која се састоји од цене губитака активне снаге, цене уграђених кондензаторских батерија ... и цене комутација“. Резултати су табеларно приказани за различите усвојене комбинације функција циља, са анализом базираном на поређењу добијених оптималних

конфигурација. На крају, у овом поглављу су приказани резултати Парето вишекритеријумске оптимизације, тј. пројекције Парето фронта на координатне равни за различите комбинације функција циља којима су једноремено оптимизовани укупни губици активне снаге, максимални падови напона за посматрану мрежу и фактор симетрирања оптерећења.

У деветом поглављу је анализирана симултана и секвенцијална процедура примене реконфигурације и оточне компензације дистрибутивних мрежа којом се оптимизује функција циља, а којом се валоризују губици активне снаге у систему заједно са ценом инсталираних кондензаторских батерија. И у овом оптимизационом алгоритму оптимално решење је тражено применом методе симулираног каљења. Дат је шематски приказ нехомогеног алгоритма симултане оптимизације са резултатима оптимизације за мрежу са 33 чвора, са поређењем у односу на резултате прорачуна за секвенцијално решавање проблема реконфигурације и компензације.

У десетом поглављу је дат кратак осврт на изложени рад са прегледом кључних закључака везаних за добијене резултате. Још једном су наведени сви доприноси, као и смернице за даље истраживање у овој области.

### **3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ**

#### **3.1 Савременост и оригиналност**

Тема оптималне реконфигурације дистрибутивних мрежа је до сада обрађена у великом броју радова. Радови које аутор наводи као коришћену литературу чине само мали део, који је, по мишљењу аутора, најзначајнији за развој предложеног алгоритма у овој дисертацији. Међутим, чак и задржавајући се само на наведеној литератури, аутор није успео да прикаже шта алгоритам приказан у дисертацији чини иновативним у односу на већ виђена решења. Аутор је при томе примену свог алгоритма ограничио на класичне дистрибутивне системе, са строго радијалном конфигурацијом и без додатних извора у њој. Како је прикључивање обновљивих и других дистрибуираних извора све чешће у електроенергетским системима управо у чворовима средњенапонске и нисконапонске дистрибутивне мреже, предложеним алгоритмом се не могу решавати уочени и литератури широко разматрани проблеми савремених дистрибутивних система. Ограничење да у разматраним мрежама нема трансформатора још рестриктивније ограничава примену на класичне дистрибутивне мреже једног напонског нивоа, што је у литератури јако добро обрађено. Стога понуђени нови алгоритам не пружа ни теоријска ни практична побољшања у односу на већ предложена решења. Према томе, може се закључити да разматрана дисертација не садржи ни потребне елементе савремености ни оригиналности. Покушај да се у алгоритам укључи вишекритеријумска оптимизација није детаљно приказан у свим потребним елементима да би се могло говорити о његовом значају.

### 3.2 Осврт на референтну и коришћену литературу

Током израде дисертације кандидат је истражио постојећу литературу и навео 116 референци које су везане тему дисертације. Иако литература обухвата широк опсег доступних публикација, од старијих до савремених, она ни у ком случају не обухвата све референце писане на ову тему, што се из текста дисертације не може закључити. Поред тога, у приказу великог броја референци аутор није навео у каквој су вези са предметном дисертацијом и у њој спроведеним истраживањима, који су делови битни за развој идеје за нови алгоритам, као ни који су недостаци које истраживања у овој дисертацији треба да отклоне или бар ублаже. Као посебно значајно, аутор је у литературу укључио и публикацију [88] на којој је сам аутор и која представља његов Магистарски рад. Међутим, аутор није навео које су значајне разлике алгоритма коришћеног у оквиру докторске дисертације и алгоритма коришћеног у Магистарском раду. Такође, коришћени стилови за навођење референци нису униформни за све референце, што отежава њихову претрагу и читљивост (на пример, за референцу [99] није јасно да ли је јавно доступна). Као закључак намеће се да референце нису критички одабране према значају за ову дисертацију и да не дају увид зашто су и на који начин у дисертацији приказана истраживања рађена.

### 3.3 Опис и адекватност примењених научних метода

Приликом пријаве теме докторске дисертације наведено је да ће бити коришћене следеће методе током истраживања:

- метода симулираног каљења примењена на задатак реконфигурације дистрибутивне електроенергетске мреже развијен у MATLAB окружењу;
- метода провере повезаности мреже преко формирања одговарајуће матрице повезаности која ће бити степенована (Буловом алгебром) на одговарајући степен;
- ради генерисања онолико различитих случајних бројева колико мрежа има петљи и случајних бројева из интервала  $[0,1)$  ради испуњења Метрополис критеријума (критеријума прихватања нове конфигурације) користиће се стандардни генератори случајних бројева;
- методе ефикасних алгоритама токова снага;
- директно претраживање (енглески: *greedy search*) у надгледању конфигурације са најмањим губицима током целе процедуре примене алгоритма симулираног каљења.

Током израде докторске дисертације ни једном од примењених метода аутор није критички приступио, тако да је детаљна анализа ових метода у потпуности изостављена у поднетом тексту дисертације. Као последица, нису приказани одговарајући закључци на основу којих би се могло утврдити да ли је предложени алгоритам резултат примене расположивих истраживачких метода и да ли одговара стандардима научно-истраживачког рада.

### 3.4. Применљивост остварених резултата

Као што је наведено, за прорачуне мреже од 118 чворова аутор истиче да су трајали 18 дана на персоналном рачунару просечних рачунарских перформанси. То је један од веома индикативних показатеља неприменљивости остварених резултата у пракси. Поред тога, аутор ни на једном месту није извршио упоређивање сопствених резултата са резултатима који су доступни у литератури за исте врсте мрежа. Према томе, недостаје било каква критичка анализа којом би се на основу чињеница утврдио опсег и могућности примене предложеног решења. Нажалост, за делове који би евентуално могли да садрже елементе иновативности, који се односе на обухватање и поређење више критеријума при избору решења, или који реконфигурацију пореде са другим техникама управљања у дистрибутивним мрежама, аутор није детаљно приступио разради алгоритма тако да се из приказаног текста не може закључити да ли су и на који начин добијени приказани резултати, шта они представљају и на који начин би их требало тумачити.

### 3.5 Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Бранко Стојановић је у досадашњем раду показао способност да ефикасно приступи решавању инжењерских проблема. Нажалост, током израде дисертације није показао способност да самостално проучи потребну литературу у циљу стицања теоријског знања. Није показао зрелост у анализи актуелних решења публикованих у литератури, тако да дисертација не садржи приказ битних недостатака постојећих решења из области реконфигурације дистрибутивних мрежа ни примењене оптимизационе методе симулираног каљења, као ни основних поставки за предлагање битних модификација.

## **4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС**

### 4.1 Приказ остварених научних доприноса

У пријави теме наводи се да би главни допринос овог рада требало да буде нови методолошки приступ проблему реконфигурације симетричних радијалних дистрибутивних мрежа, алгоритмом симулираног каљења, који користи следеће механизме:

- алгоритам за испитивање повезаности енергетске мреже,
- критеријум Lavorato et al. (реф. бр. 8 из дисертације) за радијалност дистрибутивне мреже,
- хомогени алгоритам симулираног каљења са критеријумом остварења стационарне дистрибуције хомогеног ланца (енглески: *epoch*) и нехомогени, појачан стопом прихватања и максималном дужином ланца и
- концепцијски једноставан механизам поремећаја (генерисања текуће конфигурације).

Нажалост, у овом раду се ни у једном од развијаних сегмената овог алгоритма не види иновативност у методолошком приступу. У раду није објашњено којим од наведених научно-истраживачким метода се дошло до предложених



### **Рад у међународном часопису који није на SCI листи**

1. **Stojanović B.**; Branch exchange approach to power loss reduction in reconfiguration problem of balanced distribution networks; International Journal on Mechanical Engineering and Automation; Vol. 2, No. 3, 2015, 142-149.

### **Радови публиковани у зборницима скупова националног значаја M60**

1. **Stojanović B.**, **Moskovljević M.**, **Rajić T.**; Modified efficient power flow algorithm Nahman and Perić; OTEH 2016 (VTI, Beograd – Konferencija o odbrambenim tehnologijama). (M63)
2. **Stojanović B.**, **Moskovljević M.**, **Rajić T.**; Modifikovani efikasni algoritam tokova snaga Nahman i Perić; CIRED (savetovanje o elektrodistributivnim mrežama Srbije) 2016, Vrnjačka banja. (M63)
3. **Rajić T.**, **Stojanović B.**; Program za proveru povezanosti elektroenergetskog sistema; CIRED (savetovanje o elektrodistributivnim mrežama Srbije) 2016, Vrnjačka banja. (M63)
4. **Stojanović B.**; Network reconfiguration in balanced distribution systems for active power loss reduction by branch exchange method; OTEH 2014 (VTI, Beograd – Konferencija o odbrambenim tehnologijama). (M63)
5. **Stojanović B.**; Metoda simulacije kaljenja i njena primena na postavljanje kondenzatorskih baterija u simetričnim radijalnim distributivnim mrežama; CIRED (savetovanje o elektrodistributivnim mrežama Srbije) 2012, Vrnjačka banja. (M63)
6. **Stojanović B.**; Efficient automatic program for voltage and current calculation in large scale radial balanced distribution networks without transformers; OTEH 2011 (VTI, Beograd – Konferencija o odbrambenim tehnologijama). (M63)
7. **Stojanović B.**; Efikasni algoritam za proračun napona i struja u simetričnim razgranatim distributivnim mrežama; OTEH 2009 (VTI, Beograd – Konferencija o odbrambenim tehnologijama). (M63)

### **Радови у часописима националног значаја M50**

1. **Stojanović B.**; Rekonfiguracija simetričnih radijalnih distributivnih mreža u svrhu smanjenja gubitaka aktivne snage; Elektroprivreda 2007, Br.3, 25-40. (M51)
2. **Stojanović B.**; Primena metode simulacije kaljenja na problem kompenzacije reaktivne snage u simetričnim radijalnim distributivnim mrežama; Elektroprivreda 2004, Br.3, 35-49. (M51)
3. **Stojanović B.**, **Nedeljković M.**; Solving problem of general capacitor placement in radial distribution systems with laterals using simulated annealing; Scientific Technical Review; 3-4, 2004, 52-59. (M51)

## 5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

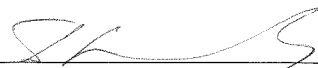
Комисија констатује да на основу претходног школовања и публикованих резултата **Бранко Стојановић** испуњава све формалне услове предвиђене Законом о високом образовању, Статутом и Правилником о докторским студијама Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

У дисертацији није приказан ни један елемент иновативности који би овај текст квалификовао да буде докторска дисертација. Кандидат није на адекватан начин пратио светске стандарде у области која је обрађена у предложеном тексту дисертације, а приказани методи не садрже никаква побољшања у односу на већ позната решења. Комисија посебно истиче чињеницу да формиран алгоритми који су приказани у дисертацији немају практичну примену у реконфигурацији савремених дистрибутивних мрежа.

У складу са напред изнетим, Комисија са жаљењем предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду да се докторска дисертација под насловом „Нови приступ реконфигурацији дистрибутивних мрежа применом методе симулираног каљења“ кандидата **Бранка Стојановића** не прихвати и прекине даљи поступак њене израде.

Београд, 02.09.2020. године

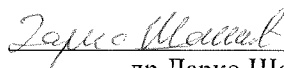
### ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



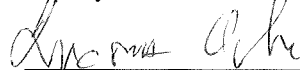
др Предраг Стефанов, ванредни професор  
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Андрија Сарић, редовни професор  
Универзитет у Новом Саду – Факултет техничких наука



др Дарко Шошић, доцент  
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



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



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