

## НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

**Предмет:** Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Mohameda B. Jannata

Одлуком Наставно-научног већа Електротехничког факултета донетом на седници бр. 828 од 12.6.2018. године, (број одлуке 5055/13-3 од 22.6.2018. године), именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Mohameda B. Jannata под насловом

**„Анализа оптималне снаге и локације оточних батерија кондензатора у активним дистрибутивним мрежама“**

односно

**„Analysis of optimal sizing and location of shunt capacitors in active distribution networks“**

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

18.03.2014. кандидат Mohamed B. Jannat је уписао докторске академске студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду.

01.06.2017. након положених свих испита предвиђених наставним планом и програмом докторских студија Модула електроенергетске мреже и системи, кандидат Mohamed B. Jannat је пријавио тему за израду докторске дисертације под насловом „Анализа оптималне снаге и локације оточних батерија кондензатора у активним дистрибутивним мрежама“. За ментора је предложен др Жељко Ђуришић, доцент Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

- 06.06.2017. Комисија за студије трећег степена разматрала је предлог теме за израду докторске дисертације и предлог Комисије о оцени подобности теме и кандидата упутила Наставно–научном већу на усвајање.
- 20.06.2017. Наставно-научно веће именовало је Комисију за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације (Одлука бр. 5055/13-1) у саставу:
1. др Јован Микуловић, ванредни професор, Универзитет у Београду, Електротехнички факултет,
  2. др Чедомир Зељковић, доцент, Универзитет у Бања Луци, Електротехнички факултет
  3. др Зоран Лазаревић, редовни професор, Универзитет у Београду, Електротехнички факултет.
- 07.07.2017. кандидат Mohamed B. Jannat је положио докторски испит на Електротехничком факултету у Београду.
- 10.10.2017. Наставно-научно веће усвојило је Извештај Комисије за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације кандидата Mohameda B. Jannata (Одлука бр. 5055/13-2). Извештај је поднела Комисија у саставу:
1. др Жељко Ђуришић, доцент, Универзитет у Београду, Електротехнички факултет,
  2. др Јован Микуловић, ванредни професор, Универзитет у Београду, Електротехнички факултет,
  3. др Чедомир Зељковић, доцент, Универзитет у Бања Луци, Електротехнички факултет
  4. др Зоран Лазаревић, редовни професор, Универзитет у Београду, Електротехнички факултет.
- 30.10.2017. Веће научних области техничких наука дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације кандидата Mohameda B. Jannata (број одлуке 61206-4295/2-17 од 30.10.2017. године). За ментора је именован др Жељко Ђуришић, доцент Електротехничког факултета Универзитета у Београду.
- 31.05.2018. кандидат Mohamed B. Jannat је предао докторску дисертацију на преглед и оцену.
- 05.06.2018. Комисија за студије трећег степена потврдила је испуњеност потребних услова за подношење предлога Наставно-научном већу Електротехничког факултета за формирање Комисије за преглед и оцену докторске дисертације кандидата Mohameda B. Jannata.
- 22.06.2018. Наставно-научно веће Електротехничког факултета именовало је Комисију за преглед и оцену докторске дисертације (број одлуке 5055/13-3 од 22.6.2018. године) у саставу:
1. др Жељко Ђуришић, доцент, Универзитет у Београду, Електротехнички факултет,
  2. др Златан Стојковић, редовни професор, Универзитет у Београду, Електротехнички факултет
  3. др Чедомир Зељковић, доцент, Универзитет у Бања Луци, Електротехнички факултет
  4. др Никола Рајаковић, редовни професор у пензији, Универзитет у Београду, Електротехнички факултет,

5. др Александар Савић, доцент, Универзитет у Београду, Електротехнички факултет.

## 1.2. Научна област дисертације

Дисертација кандидата Mohameda B. Jannata припада научној области Техничке науке – Електротехника, ужа научна област Електроенергетски системи. За ментора дисертације одређен је др Жељко Ђуришић, доцент на Универзитету у Београду - Електротехнички факултет, због истакнутих доприноса у ужој области Електроенергетски системи, а посебно у подобласти дистрибутивних мрежа и обновљивих извора, којом се бави предметна дисертација.

## 1.3. Биографски подаци о кандидату

Mohamed B. Jannat рођен је 12.9.1975. године у граду Benghazi, Libya. Основну и средњу школу завршио је у поменутом граду. Електротехнички факултет универзитета Garyounis у граду Benghazi уписао је 1993. године. Дипломирао је 2000. године са просечном оценом 73/100.00. Мастер студије уписао је 2002. године на електротехничком факултету у граду Misrata, Libya. Мастер студије је завршио је 2008. године са успехом 76.82/100.00. Мастер рад под насловом "Reduction of Harmonics Generated by Electrical Arc Furnaces" одбранио је са највишом оценом.

Кандидат је своје професионално ангажовање започео радом у средњој школи од 2001. до 2008. године. У периоду од 2008. до 2009. године радио је у енергетској компанији Misrata Company на пословима електро инжењера. На универзитету Misrata запослио се као асистент 2009. године. Од 2014. године студент је докторских студија на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, на модулу Електроенергетски системи.

Mohamed B. Jannat је аутор једног рада у научном часопису међународног значаја са SCI листе, једног рада на међународном научном скупу и два рада у домаћим часописима.

## **2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ**

### 2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација написана је на енглеском језику, на 128 стране и садржи 73 слике и 11 табела. Подељена је на 6 поглавља: 1. Увод (*Introduction*); 2. Дистрибутивне мреже (*Distribution networks*); 3. Неизвесност код потрошње и код производње дистрибуираних извора (*Uncertainty in loads and DG units productions*); 4. Вишекритеријумска оптимизација (*Multiobjective optimisation*); 5. Нови метод за алокацију оточних кондензатора (*New method for capacitor allocation*); 6. Закључак (*Conclusions*). Литература садржи 61 референцу које детаљно приказују тренутно стање у области.

### 2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У првом, уводном, поглављу указано је на значај дистрибутивног система и његове улоге у електроенергетском систему. Посебно је наглашено да је контрола реактивне снаге

од пресудне важности за обезбеђивање поузданог и квалитетног напајања крајњих потрошача. Као поуздан и у пракси верификован начин за контролу реактивне снаге и поправку профила напона предложена је уградња оточних батерија кондензатора. У овом поглављу дат је и преглед метода за оптималну локацију и снагу батерија кондензатора које се могу срести у доступној литератури. Укратко су наведене предности и мане постојећих метода. У уводном поглављу дат је и кратак опис методе за одређивање оптималне локације и снаге оточних кондензатора која је развијена у оквиру ове дисертације. На крају уводног поглавља дат је кратак преглед дисертације по поглављима

Друго поглавље посвећено је дистрибутивним мрежама. На почетку поглавља дате су основне карактеристике и концепти дистрибутивних мрежа. У наставку су дате основне карактеристике потрошње и дати су начини за њено моделовање за потребе прорачуна и анализа. У оквиру овог поглавља дат је детаљан опис стандардне методе за прорачуне токова снага у дистрибутивним мрежама (*Shirmohammadi* метода). Један део овог поглавља посвећен је квалитету напона у дистрибутивним мрежама и одговарајућим показатељима квалитета. У овом поглављу значајан простор је посвећен компензацији реактивне снаге са посебном пажњом на компензацију реактивне снаге применом оточних кондензатора. На крају овог поглавља дате су основне карактеристике дистрибуираних извора као што су ветроелектране и фотонапонски панели.

На почетку трећег поглавља дата је теорија везана за случајне променљиве и функције расподеле вероватноће. Посебна пажња у овом поглављу посвећена је начинима моделовања неизвесности потрошње у дистрибутивним мрежама и производње ветроелектрана и фотонапонских панела. У наставку поглавља дат је опис *Monte Carlo* симулације, методе која је коришћена у прорачунима у овој дисертацији. На крају поглавља дата је опширна теорија везана за корелацију између случајних променљивих.

Четврто поглавље је посвећено вишекритеријумској оптимизацији. На почетку поглавља дате су теоријске основе са посебним освртом на Парето оптималност. Највећи део поглавља посвећен је генетичким алгоритмима. Најпре је дат опис генетичког алгоритма за једнокритеријумску оптимизацију. У наставку дат је опис неколико метода за вишекритеријумску оптимизацију. Посебна пажња посвећена је генетичком алгоритму са сортирањем према недоминацији (*Non-dominated Sorted Genetic Algorithm - NSGA-II*). Овај алгоритам је коришћен код прорачуна у дисертацији.

У петом поглављу дат је опис предложене методе за одређивање оптималне локације и снаге оточних батерија кондензатора. У овом поглављу су дати и детаљни подаци о дистрибутивној тест мрежи на којој је предложени метод примењен. На основу реалних података о потрошњи у дистрибутивној мрежи дат је одговарајући модел потрошње. Такође на основу реалних података о брзини ветра и соларној ирадијацији дати су модели производње ветроелектрана и фотонапонских панела. У наставку поглавља су дати резултати прорачуна који су извршени у програмском пакету MATLAB. Дати су детаљни резултати за различите сценарије и извршен је избор најбољег решења. На крају је извршена и економска анализа добијених резултата.

Шесто поглавље даје сумарни преглед дисертације са њеним доприносима. Изведен је закључак да се предложена метода може успешно користити за одређивање оптималне локације и прорачун оптималне снаге оточних батерија кондензатора у активним дистрибутивним мрежама. Закључено је да је развијена метода у односу на остале у предности јер моделује неизвесност величина у дистрибутивној мрежи, корелацију између појединих величина и користи *Monte Carlo* симулацију у циљу моделовања великог броја реалних стања у мрежи.

### 3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

#### 3.1. Савременост и оригиналност

Докторска дисертација кандидата Mohameda B. Jannata у ужем смислу припада области управљања реактивном снагом у дистрибутивним мрежама. Тематика у овој дисертацији је веома актуелна што потврђује велики број научно-истраживачких радова који се њоме бави. Проблем управљања реактивним снагама у дистрибутивним мрежама посебно је постао актуелан последњих година због прикључења дистрибуираних извора као што су ветроелектране и фотонапонски панели на постојеће дистрибутивне мреже. На тај начин дистрибутивна мрежа која је традиционално била пасивна постала је активна. Токови снага по гранама мреже више нису једносмерни већ могу да буду двосмерни. Производња ветроелектрана и фотонапонских панела има стохастичку природу што може додатно да отежа управљање дистрибутивном мрежом у смислу одржавања напона у прописаним границама, а самим тим и поузданог и квалитетног напајања крајњих потрошача. Оригиналност разматране докторске дисертације огледа се у развоју нове методе за одређивање оптималне локације и снаге оточних батерија кондензатора као ефикасне методе за управљање реактивном снагом и одржавања напона у мрежи у прописаним границама. Предложена метода моделује неизвесност потрошње у дистрибутивним мрежама, а такође и неизвесност производње дистрибуираних извора. Применом *Monte Carlo* симулације анализиран је велики број могућих радних стања. Оптимизациони проблем је моделован са две критеријумске функције које су симултано оптимизоване применом NSGA-II алгорита. Као резултат оптимизације добијен је сет оптималних решења који показује како снага уграђене оточне батерије кондензатора утиче на напонски профил у мрежи. Развијена метода прелаже начин за избор коначног решења из сета добијених оптималних решења тако да оно буде најадекватније и најефикасније за анализирану дистрибутивну мрежу. Може се извести закључак да ова докторска дисертација обухвата савремену и актуелну тематику, да унапређује истраживања у тој научној области, па тиме представља оригинални научно-истраживачки рад.

#### 3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Током израде дисертације кандидат је истражио постојећу релевантну литературу и коректно навео 61 референцу које су од значаја за тему којом се бави дисертација. Литература обухвата широк опсег доступних публикација, од старијих до савремених. Литература укључује и један рад из часописима међународног значаја категорије M22 на којем је кандидат први аутор, а који је директно проистекао из рада на дисертацији.

#### 3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Методологија истраживања у оквиру докторске дисертације састојала се у следећим активностима:

- Детаљно је анализирана постојећа литература која се бави проблемом компензације и управљања реактивним снагама у дистрибутивним мрежама. Извршена је класификација литературе према приступу решавању проблема и методама које су

коришћене. Анализирane су предности и мане сваког од наведених приступа и метода.

- Развијена је нова метода за одређивање оптималне локације и снаге оточних батерија кондензатора у активним дистрибутивним мрежама са дистрибуираним изворима као што су ветроелектране и фотонапонски панели. У циљу имплементације развијене методе у програмском пакету MATLAB написани су сви потребни рачунарски програми.
- Одабрана је реална дистрибутивна мрежа за примену и верфикацију развијене методе. На основу измерених података у дистрибутивној мрежи извршено је моделовање потрошње применом технике кластеровања. На основу измерених података о брзини ветра и соларној ирадијацији на анализираној локацији извршено је моделовање производње ветроелектрана и фотонапонских панела одговарајућим расподелама вероватноћа.
- Развијена метода је примењена на одабрану дистрибутивну мрежу. Извршен је прорачун за неколико различитих сценарија. Анализом добијених решења одабрано је коначно решење које је најпогодније и економски најприхватљивије за анализирану мрежу.

Примењена методологија у потпуности одговара стандардима научно-истраживачког рада и у сагласности је са постављеним циљевима дисертације.

#### 3.4. Применљивост остварених резултата

Докторска дисертација је иницирана практичним проблемом управљања реактивним снагама у активним дистрибутивним мрежама у циљу обезбеђивања поузданог и квалитетног напајања крајњих потрошача. Последњих година на постојеће дистрибутивне мреже све се више прикључују интермитентни дистрибуирани извори као што су ветроелектране и фотонапонски панели. Такве мреже постају активне са могућим двосмерним токовима снага по гранама. Стохастички карактер производње дистрибуираних извора може да има значајан утицај на профил напона у мрежи, а самим тим и на квалитет напајања потрошача. У оквиру дисертације развијен је метод за одређивање оптималне локације и снаге оточних батерија кондензатора с циљем одржавања напона у дистрибутивној мрежи у прописаним границама. Развијени метод моделује неодређеност потрошње у дистрибутивној мрежи и производње дистрибуираних извора. Такође, омогућено је моделовање корелације између појединих случајних величина. Развијена метода омогућава прорачуне за велики број потенцијалних радних стања применом *Monte Carlo* симулације. Анализом добијеног сета оптималних решења добија се решење које је најадекватније за анализирану мрежу. Развијена метода је потпуно примењива на реалне дистрибутивне мреже и може се успешно применити на било коју дистрибутивну мрежу, било да је она пасивна или активна односно да има прикључене дистрибуиране изворе. Метода нуди и економску анализу добијених решења па даје одговор на питање да ли инвестиција у оточне батерије кондензатора има економску оправданост. Добијени резултати несумњиво показују све бенефите који се добијају уградњом оточних батерија кондензатора на предложене локације у дистрибутивној мрежи. Поред практичног значаја, развијена метода има и теоријски значај јер даје увид у начин моделовања стохастичких величина у дистрибутивној мрежи.

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

На основу прегледане дисертације Комисија процењује да је кандидат Mohamed B. Jannat показао способност за самосталан научно-истраживачки рад почевши од систематичног прегледа доступне литературе, разумевања и примена теоријских и практичних концепата, дефинисања проблема, развоја нове методе за решавање постављеног проблема као и анализе добијених резултата. Начин на који је написана дисертација и доприноси који су у њој представљени указују на зрелост кандидата за самосталан научно-истраживачки рад. Резултате својих истраживања кандидат је објавио у часопису од међународног значаја.

## **4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС**

### 4.1. Приказ остварених научних доприноса

Основни научни доприноси који су остварени у оквиру докторске дисертације су следећи:

- Дат је преглед постојећих метода и приступа за одређивање оптималне локације и снаге оточних батерија кондензатора и указано је на њихове предности и мане.
- Реализована је нова метода за одређивање оптималне локације и снаге оточних батерија кондензатора у циљу поправљања напонског профила у активној дистрибутивној мрежи са дистрибуираним изворима.
- Развијена метода омогућава моделовање неодређености потрошње у дистрибутивној мрежи, као и неодређеност производње дистрибуираних извора. Метода омогућава и моделовање корелације између случајних величина. У оквиру развијене методе предложен је начин за избор коначног решења из сета оптималних решења добијених у процесу оптимизације.
- Развијена метода је тестирана на примеру реалне дистрибутивне мрежу са претпостављеним дистрибуираним изворима, чиме је демонстрирана њена практична примењивост.
- Извршена је процена новчаних уштеда које се могу остварити уградњом оточних батерија кондензатора. Оваква анализа показује оправданост инвестирања у оточне батерије кондензатора.

### 4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Сагледавањем постављених циљева истраживања, полазних претпоставки и остварених резултата Комисија може да констатује да је кандидат успешно одговорио на сва битна питања из проблематике којом се бави дисертација.

Развијена метода моделовањем неодређености величина у дистрибутивној мрежи даје значајан допринос решавању проблема налажења оптималне локације и снаге оточних батерија кондензатора у активним дистрибутивним мрежама. Овакав пробабилистички приступ, за разлику од детерминистичких приступа који се углавном срећу у литератури, омогућава темељније сагледавање проблема одржавања квалитета напона у дистрибутивним мрежама са дистрибуираним генерисањем. Примена предложене методологије даје у пракси квалитетније и поузданије резултате. Развијена метода је детаљно и систематично презентована. Добијени резултати су дати на прегледан и јасан начин. Извршена је

економска анализа добијених резултата и указано је на конкретне добити које се могу остварити уградњом оточних батерија кондензатора.

Комисија констатује да су научни доприноси остварени у дисертацији објављени у научном часопису међународног значаја категорије M22.

#### 4.3. Верификација научних доприноса

Кандидат је аутор једног рада који је публикован у часопису међународног значаја категорије M22, а који је директно проистекао из рада на дисертацији. Поред тога, кандидат је публиковао још три рада који су везани за истраживање у оквиру дисертације.

Списак публикованих радова кандидата у којима су презентовани одређени научни доприноси дисертације кандидата Mohameda B. Jannata:

##### Категорија M22:

1. **Mohamed B. Jannat**, Aleksandar S. Savić, Optimal capacitor placement in distribution networks regarding uncertainty in active power load and distributed generation units production, IET Generation, Transmission & Distribution, 2016, Volume 10, Issue 12, pp. 3060 - 3067, DOI: 10.1049/iet-gtd.2016.0192 ISSN 1751-8695, IF 1,576, (M22).

##### Категорија M33:

1. **Mohamed Jannat**, Aleksandar Savić, Jamal Abdulmalek, " Using of Genetic Algorithms (GAs) to find the optimal power flow Case study (the 23 bus Serbian system) ", 2nd International Conference on Automation, Control, Engineering & Computer Science, March 2015, Tunisia, (M33).

##### Категорија M51:

1. **Mohamed Jannat**, Aleksandar Savić, "Proračun optimalnih tokova snaga primenom genetičkog algoritma", Energija, ekonomija, ekologija, pp. 107-111, Broj 3-4, Godina XVII, Mart 2015, ISSN br. 0354-8651, M51.
2. Jelena Kušić, **Mohamed Jannat**, Aleksandar Savić, Proračun raspoloživog prenosnog kapaciteta primenom metode osetljivosti i Monte Carlo simulacije, Energija, ekonomija, ekologija, pp. 222-226, Broj 1-2, Godina XVIII, Mart 2016, ISSN br. 0354-8651, M51.

## **5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ**

Докторска дисертација кандидата Mohameda B. Jannata под насловом „Анализа оптималне снаге и локације оточних батерија кондензатора у активним дистрибутивним мрежама“, односно „Analysis of optimal sizing and location of shunt capacitors in active distribution networks“ је написана на енглеском језику. Дисертација је у складу са образложењем наведеним у пријави теме и садржи све елементе који се захтевају Правилником о докторским студијама Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

У дисертацији је представљена нова метода за одређивање оптималне локације и снаге оточних батерија кондензатора у активним дистрибутивним мрежама. Метода на савремен и темељан начин решава овај веома актуелан проблем у дистрибутивним мрежама.

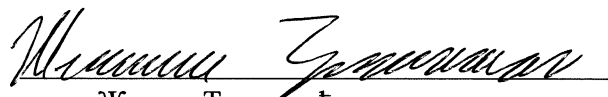


Предложени математички модел обухвата све релевантне факторе који могу утицати на правилан избор и лоцирање оточних батерија кондензатора. Метода је примењена на реалну активну дистрибутивну мрежу са прикљученим дистрибуираним изворима чиме је демонстрирана практична применљивост резултата дисертације. Поред практичног значаја, доприноси проистекли из ове дисертације имају и теоријски значај и примену. Током израде докторске дисертације кандидат је показао несумњиву способност за самосталан научно-истраживачки рад.

У складу са напред изнетим, Комисија са задовољством предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду да се докторска дисертација под насловом „Анализа оптималне снаге и локације оточних батерија кондензатора у активним дистрибутивним мрежама“, односно „Analysis of optimal sizing and location of shunt capacitors in active distribution networks“ кандидата Mohameda B. Jannata прихвати, изложи на увид јавности и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, као и да се после њеног усвајања одобри јавна усмена одбрана дисертације.

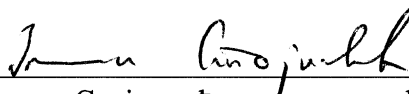
У Београду, 21.8.2018. године

#### ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



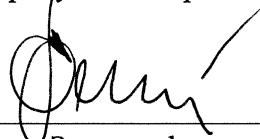
др Жељко Ђуришић, доцент,

Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



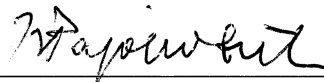
др Златан Стојковић, редовни професор

Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Чедомир Зељковић, доцент

Универзитет у Бања Луци – Електротехнички факултет



др Никола Рајаковић, редовни професор у пензији  
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Александар Савић, доцент

Универзитет у Београду – Електротехнички факултет