

**Проф. др Петар Матић**  
Универзитет у Бањој Луци, Електротехнички факултет

**Доц. др Чедомир Зељковић**  
Универзитет у Бањој Луци, Електротехнички факултет

**Проф. др Бранко Блануша**  
Универзитет у Бањој Луци, Електротехнички факултет

**Наставно-научном вијећу  
Електротехничког факултета у Бањој Луци**

|                                |
|--------------------------------|
| УНИВЕРЗИТЕТ У БАЊОЈ ЛУЦИ       |
| ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ       |
| БАЊА ЛУКА                      |
| Број: .....<br>Документ: ..... |
| 1066                           |
| 28.08.2018.                    |

Одлуком Наставно-научног вијећа Електротехничког факултета у Бањој Луци, број 20/3.763-785/16 од 02.09.2016. и Одлуком о измјени Одлуке о именовању Комисије за преглед и оцјену магистарске тезе број 20/3.469-466/18 од 06.07.2018. године именовани смо у Комисију за преглед и оцјену магистарске тезе Бошку Мијатовићу под називом „*Оптимизација пуњења електричних аутомобила у јавним гаражама*“.

Након прегледа приложене тезе подносимо сљедећи

**ИЗВЈЕШТАЈ**

**Биографски подаци о кандидату**

Бошко Мијатовић је рођен 24.05.1979. године у Загребу, општина Чрномерец, где је завршио првих шест разреда основне школе. Од 1991. године настањен у Новом Граду, где је завршио основну школу 1993. године, а 1997. године и средњу електротехничку школу у Средњошколском центру „Ђуро Радмановић“.

Електротехнички факултет у Бањој Луци уписао је 1998. године и на смјеру за електроенергетику дипломирао 2006. године. Постдипломске студије уписао је 2007. године. Положио је све испите у складу са одговарајућим наставним планом и програмом.

Од 2006. године је запослен у Институту за грађевинарство „ИГ“ Бања Лука на пословима стручног сарадника за електроенергетику и руководиоца сектора за електротехнику. Учествовао је и тренутно учествује у изради великог броја пројекта и планова свих нивоа у својству одговорног пројектанта и главног пројектанта, ревидента, надзорног инжењера и одговорног просторног планера. Учествовао је у изради више од ддвадесет просторних планова општина на територији Републике Српске и Федерације БиХ, више десетака регулационих планова и стотина урбанистичко-техничких услова у својству одговорног планера и главног планера.

Објавио је два научна рада на домаћим конференцијама.

Објављени научни радови:

[1] B. Mijatović, Č. Željković, "Computer-Assisted Performance Assessment of Outdoor Substation Grounding Systems", 10th International Symposium Industrial Electronics - INDEL, Banja Luka, November 6-8, 2014.

[2] Б. Мијатовић, Ч. Зељковић, "Утицај дистрибуираних извора електричне енергије на напонску стабилност радијалних електродистрибутивних мрежа", XIV међународни симпозијум ИНФОТЕХ-ЈАХОРИНА, 18. - 20. март, 2015.

### **Предмет магистарске тезе**

Пуњење батерија групе електричних возила из електродистрибутивне мреже веома утиче на повећање оптерећења електроенергетског система. То посебно представља проблем у урбаним просторима, где дистрибутивни подсистем уобичајено већ ради на горњој граници дозвољеног оптерећења. Основна тема предметне тезе је развој алгоритма који би омогућио оптимизацију пуњења електричних возила на мјесту дужег задржавања у јавним гаражама и паркинг просторима, са циљем уједначавања оптерећења дистрибутивне мреже, а уз локално присуство фотонапонског извора. У раду су разматрана батеријски напајана електрична возила, чије је батерије могуће пунити из екстерног извора.

Циљ предметног управљања пуњењем електричних возила у јавним гаражама је смањење вршног оптерећења на електроенергетски систем и постизање што равномјернијег дијаграма оптерећења, чиме се постижу повољни технички и финансијски ефекти. Предложени алгоритам омогућава рад посматраног микроелектроенергетског система у склопу вишестепеног глобалног система за пуњење батерија електричних возила.

Приликом израде алгоритма управљања посебна пажња посвећена је стварању услова за кориштење гараже возачима електричних возила на начин на који је користе власници возила која су покретана моторима са унутрашњим сагоријевањем. Омогућен је слободан одабир електричне енергије којом се жели напунити батерија електричног возила, као и времена задржавања возила, унутар техничких могућности система.

Узимајући у обзир неправилност дијаграма попуњености гараже, посебно изражену у току нерадних дана, као и зависност дијаграма производње фотонапонског извора од тренутне соларне ирадијације која може бити изразито неравномјерна током промјенљиво облачних дана, јасно се указује потреба да се оптимизациони алгоритам заснује на управљању оптерећењем у реалном времену које ће основу имати у архитектури интелигентног електроенергетског система (енг. *Smart Grid*).

Развијени алгоритам оптимизације је примијењен на окружење јавне гараже. За потребе симулације кориштена је статистика јавне гараже „Зелени Венац“ у Београду. Анализом простора погодног за уградњу фотонапонских панела одређена је максимална инсталисана снага електране на одабраном објекту, узимајући у обзир савремене фотонапонске панеле.

Дијаграм производње планиране фотонапонске електране одређен је на основу дијаграма производње изграђеног постројења у Рафинерији уља Модрича, који је упоредиве инсталисане снаге. За ово постројење су прикупљени подаци о производњи са шест мјерења у сату и израђени дневни дијаграми производње.

Прикупљени подаци обухватају период од мјесец дана у марту 2015. године. Снимање дијаграма кориштења гараже и дијаграма производње фотонапонске електране вршено је симултано, што је дало реалан приказ ефикасности изложеног оптимизационог алгоритма. У циљу контроле функционисања оптимизационог алгоритма прикупљени су, анализирани и у симулације укључени дневни дијаграми производње фотонапонске електране у периоду од јуна до августа 2015. године.

Извршена је верификација резултата оптимизације предложеним хеуристичким алгоритмом кроз поређење са резултатима оптимизације кориштењем метода квадратног програмирања.

### **Опис магистарске тезе**

Магистарска теза „*Оптимизација пуњења електричних аутомобила у јавним гаражама*“ има обим од 109 страница страница А4 формата са прописаним проредом од 1,5 линија. Садржи 36 слика, 18 графика и 42 нумерисане математичке релације. Теза је подијељена у шест цјелина: увод, четири поглавља и закључак, спискове скраћеница, графика, слика и кориштене литературе, прилоге, биографију и изјаве аутора. Изглед и садржај тезе је усклађен са прописима важећег Правилника о садржају, изгледу и дигиталном репозиторијуму мастер/магистарских радова на универзитету у Бањој Луци.

У уводу је дата основна класификација електричних возила с обзиром на начин напајања, врсту погонског агрегата и примијењена технолошка рјешења. У овом поглављу ближе је дефинисана област истраживања обрађена овом тезом. Дат је осврт на доступну литературу из предметне области, као и образложение и мотивација за израду тезе. Наведени су извори података кориштени у изради тезе.

Друго поглавље приказује основне податке о типовима електричних возила, предностима и недостатцима, као и погодностима њихове експлоатације. Посебна пажња посвећена је еколошким предностима кориштења ових возила у густо насељеним урбаним зонама, узимајући у обзир актуелне препоруке Свјетске здравствене организације (WHO) за смањење буке и загађења ваздуха. Дио овог поглавља посвећен је фотонапонским електранама као обновљивом извору енергије погодном за дистрибуирано генерирање електричне енергије у урбаним срединама. У наставку поглавља описане су методе оптимизације у електроенергетским системима, док је посљедњи дио поглавља посвећен интелигентним електроенергетским системима.

Треће поглавље садржи преглед улазних података кориштених у изради тезе, опис развијеног хеуристичког алгоритма и примијењеног софтверског рјешења за оптимизацију пуњења електричних возила. Критеријум оптималности у овом раду је

минимизација вршног оптерећења на електродистрибутивну мрежу уз максимално кориштење енергије обновљивог извора и поштовање свих техничких ограничења. У овом поглављу описан је и класични оптимизациони алгоритам квадратног програмирања кориштен за верификацију резултата оптимизације предложеним хеуристичким алгоритмом.

У четвртом поглављу описани су ток и резултати симулације. Резултати су приказани графички кроз дијаграме оптерећења система на електродистрибутивну мрежу за систем без оптимизације и уз примјену предложеног оптимизационог алгоритма. Додатно су приказани дијаграми система са укљученим обновљивим извором електричне енергије за више различитих дијаграма производње. Карактеристичне вриједности суочитане са графика и приказане нумерички у циљу квантификације резултата примјене предложеног алгоритма. Приказани су и резултати оптимизације квадратним програмирањем, уз поређење резултата.

Пето поглавље садржи преглед ограничења предложеног алгоритма оптимизације, као и приједлоге могућих унапређења теме обрађене овим радом у будућности.

У Закључку је дат преглед рада у целини и коментарисани су резултати. Такође, дато је поређење методе оптимизације кориштене у овом раду у односу на друге оптимизационе методе.

На крају рада је наведена кориштена литература, спискови скраћеница, графика и слика, прилози, биографија и изјаве аутора. У прилогу тезе приказани су и дијаграми производње фотонапонске електране кориштени за контролне прорачуне и листинг параметара возила пре и након пуњења њихових батерија.

### **Анализа и најважнији доприноси магистарске тезе**

Иако је ова тема до сада обрађивана у великим броју научних радова са различitim приступима решавању проблема, већина доступних радова на тему смањења утицаја пуњења електричних возила односи се на електродистрибутивни систем у макро размјерама и без локално присутног фотонапонског извора. Кандидат је у својој тези анализирао систем у микро размјери, на нивоу јавне паркинг гараже, са могућношћу уклапања микро-система у вишестепени глобални систем управљања.

У склопу израде тезе прикупљени су, анализирани и систематизовани обимни улазни подаци о објектима и кориштењу јавних паркинг гаража на подручју Београда. Као репрезент улазних података производње фотонапонског система кориштени су дијаграми снаге фотонапонске електране у Рафинерији уља Модрича, који су били доступни кандидату. Одабрана је јавна гаража са могућношћу једноставне локалне уградње фотонапонског извора електричне енергије и одређена могућа инсталисана снага извора.

На основу систематизованих улазних података развијен је оптимизациони алгоритам којим се омогућава оптимизација пуњења групе електричних возила у јавној гаражи, прилагођен условима кориштења јавне гараже, начину пуњења електричних возила и особеностима фотонапонског извора електричне енергије. Подјелом дана на кратке

временске интервале на којима се снага фотонапонског извора и попуњеност гараже могу сматрати непромјењивим и познатим, извршен је прелазак са стохастичког на детерминистички принцип оптимизације. Оптимизациона функција развијеног алгоритма за циљ има минимизацију вршне снаге система за пуњење возила на електродистрибутивну мрежу. Упоредо са развојем алгоритма израђена су и два додатна модула којима се омогућава одгађање пуњења аутомобила чија је батерија напуњена преко дефинисаног прага у циљу смањења вршног оптерећења, као и модула за форсирање пуњења доступних батерија електричних возила у вријеме високе производње фотонапонског извора. На тај начин редукована је снага електродистрибутивне мреже у складу са ограничењима оператора дистрибутивног система у поремећеном или хаваријском режиму рада електродистрибутивне мреже. Тиме се постигло знатно боље кориштење енергије обновљивог извора него у случају неуправљивог система за пуњење, што је приказано нумерички и графички у четвртом поглављу. Додатно, омогућено је уклапање предметног микро-система у електродистрибутивну мрежу уз поштовање ограничења дистрибутера.

Најважнији доприноси предложене магистарске тезе су:

- приказане су класе оптимизационих проблема у електроенергетским системима са начинима рјешавања;
- приказане су основе интелигентних електроенергетских система и начин миграције класичних електроенергетских система ка интелигентним;
- развијен је алгоритам оптимизације који се ослања на архитектуру интелигентног електроенергетског система и функционише на кратким временским интервалима у којима се све промјењиве могу сматрати констатним, што искључује потребу за предикцијом дијаграма производње фотонапонског извора и попуњености гараже. На тај начин остварен је прелазак са стохастичког на детерминистички принцип оптимизације;
- према предложеном алгоритму, модел за симулацију је реализован у програмском пакету *Matlab/Simulink* и проведене су симулације за облачен, дјелимично облачен и сунчан радни дан;
- симулација рада оптимизационог алгоритма је вршена за реалне податке о заузетости гараже, задржавању возила и просјечног пређеног пута у току дана возила која се паркирају у центру града, као и реалне дијаграме производње фотонапонске електране снимане симултано са бројањем возила у гаражи, чиме је повећана релевантност резултата симулације;
- извршена је интеграција неуправљивог извора у систем са управљивим потрошачима електричне енергије уз повећање степена искориштења извора обновљиве енергије;
- израдом алгоритма прилагођеног конкретном оптимизационом проблему омогућен је рад система у реалном времену кориштењем једноставног и јефтиног програмабилног логичког контролера;

- предложен је начин за уклапање микро електроенергетског система јавне гараже у вишестепени глобални систем управљања пуњењем електричних возила;
- извршена је оптимизација описаног проблема кориштењем методе квадратног програмирања ради верификације резултата добијених предложеним хеуристичким алгоритмом;
- наведене су предности и недостаци развијеног алгоритма у поређењу са знатно комплекснијим методима оптимизације, као што су генетички алгоритми и дефинисани могући правци даљег истраживања.

### **Закључак и приједлог комисије**

Комисија констатује да је кандидат Бошко Мијатовић предао тезу на преглед и оцјену 22.08.2016, коју је претходна Комисија, именована одлуком број 20/3.763-785/16 од 02.09.2016, након прегледа, вратила кандидату на дораду.

Због пензионисања претходног ментора, одлуком број 20/3.469-466/18 од 06.07.2018 именована је нова Комисија која је наставила рад са Кандидатом. Кандидат је формално предао кориговану тезу на преглед и оцјену 27.08.2018.

Након прегледа, Комисија сматра да коригована магистарска теза под називом „Оптимизација пуњења електричних аутомобила у јавним гаражама“ кандидата Бошка Мијатовића, дипл.инж.ел. испуњава све постављене циљеве истраживања, па предлаже Наставно-научном вијећу Електротехничког факултета Универзитета у Бањој Луци да прихвати извјештај Комисије и одобри усмену одбрану.

Бања Лука, 28.08.2018.

КОМИСИЈА:

Проф. др Петар Матић, предсједник

Доц. др Чедомир Зељковић, ментор

Проф. др Бранко Блануша, члан