

ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

-обавезна садржина- свака рубрика мора бити попуњена

(сви подаци уписују се у одговарајућу рубрику, а назив и место рубрике не могу се мењати или изоставити)

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ
<p>1. Датум и орган који је именовао комисију 24.12.2015. год., НН веће Факултета техничких наука, број решења 012-72/442012</p> <p>2. Састав комисије са назнаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датума избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен:</p> <p>Борислав Јефтенић, редовни професор, уно: електромоторни погони, 09.03.2006., Електротехнички факултет Београд, запослење: Државни универзитет у Новом Пазару, Нови Пазар.</p> <p>Бранка Накомчић Смарагдакис, ванредни професор, уно: инжењерство заштите животне средине, 8. 9. 2013., ФТН Нови Сад, запослење: ФТН Нови Сад.</p> <p>Веран Васић, редовни професор, уно: енергетска електроника, машине и погони, 14.04.2011., ФТН Нови Сад, запослење: ФТН Нови Сад.</p> <p>Борис Думнић, доцент, уно: енергетска електроника, машине и погони, 12.09.2013., ФТН Нови Сад, запослење: ФТН Нови Сад.</p> <p>Владимир Катић, редовни професор, уно: енергетска електроника, машине и погони, 30.10.2002., ФТН Нови Сад, запослење: ФТН Нови Сад.</p>
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
<p>1. Име, име једног родитеља, презиме: Золтан, Јанош, Чорба</p> <p>2. Датум рођења, општина, држава: 5.10.1962., Нови Сад, Р. Србија</p> <p>3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив: Факултет техничких наука, Електроника и телекомуникације, дипломирани инжењер електротехнике</p> <p>4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија 2010, Електротехника - енергетска електроника, машине и погони</p> <p>5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране: Факултет техничких наука, Могућности примене хибридног система за претварање енергије ветра и сунца у електричну, Електротехника - енергетска електроника, машине и погони, 20.11. 2009. године</p>
<p>6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука: Електротехника - енергетска електроника, машине и погони</p>
III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:
<p>Нови метод анализе рада фотонапонског система у условима варијације сунчевог зрачења</p>
IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:
<p>Докторска дисертација је написана на укупно 190 страна организованих у 8 поглавља и садржи 109 референци, 24 табеле, 84 слика и 60 графикана.</p> <p>Дисертација је подељена на 8 поглавља и то:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Увод – 21 страна, 2) ФН електрана и утицај промене зрачења на производњу – 20 страна, 3) Модел ФН панела – 8 страна,

- 4) Макроконфигурација ФН поља – 66 страна,
- 5) Микрорекофигурација ФН низа – 51 страна,
- 6) Закључак – 4 стране,
- 7) Коришћена литература – 8 страна,
- 8) Прилози – 12 страна.

У уводном делу рада се кратко описује појам фотонапонског претварања енергије и описује се предмет и циљ истраживања. Разрађен је метод анализе истраживања и дат је преглед стране литературе која се бави истом проблематиком као ова докторска теза.

Пошто је предмет рада ФН електрана, а циљ истраживања је смањење негативног утицаја сенчења на производњу електричне енергије, друго поглавље садржи опис основних делова ФН електране, при чему се објашњава проблематика негативног утицаја сенчења на ФН панеле, што доприноси смањењу производње електричне енергије.

Постојећи модели ФН панела и развијен модел ФН панела, односно ФН низа прилагођен симулацији у условима нехомогеног зрачења за потребе тезе, је приказан у трећем поглављу.

Метод смањења негативног утицаја сенчења на ФН електрану у овој тези се заснива на конфигурисању и реконфигурисању групе ФН панела, такозваног ФН поља. Утицај макроконфигурисања је испитиван путем софтвера PVsyst, за различите положаје објеката који сенче ФН поље. Симулација и анализа је спроведена на дневном и годишњем нивоу. На крају поглавља се даје закључак о добијеним резултатима спроведеног истраживања. Поглавље које истражује утицај микрорекофигурације се састоји из два дела, теоретског и практичног. Теоретски део описује симулацију у Matlab-Simulink софтверу, која указује на могућност повећања производње са предложеним новим начином реконфигурисања ФН панела, која се у овој тези назива микрорекофигурација. Други део приказује експерименталне резултате микрорекофигурације ФН низа, која је спроведена на ФН електрани Факултета техничких наука. Позитиван допринос реконфигурисања се анализира и приказује у интервалу спровођења реконфигурације, на дневном, месечном и годишњем нивоу.

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

У овом раду се на систематски и објективан начин долази до одговора на постављену хипотезу, односно разматра се нови метод анализе рада ФН електране. Метод анализе рада ФН електране је започет теоретском претпоставком (хипотезом), при чему се до решења дошло систематски уз декомпозицију анализираних система, помоћу посматрања, идентификације проблема, мерења, извођења експеримента и тестирања. Теза даје одговор на постављену хипотезу, да је могуће изградити нови метод анализе рада ФН електране у условима варијације сунчевог зрачења ради смањења губитака у електрани.

На почетку рада су описани делови ФН електране и објашњена је улога појединих делова. Начином описа, уз графичке приказе, лако се схвата начин функционисања и улога појединих делова ФН електране. Такође, у уводном делу рада је објашњен појам променљивог зрачења над ФН пољем, што је проблематика чији се утицај жели смањити. Појава променљивог зрачења се током разраде ове теме постепено разлаже на своје подскупове. Сваки од подскупова се посебно разматра и објашњава, при чему се посебно објашњава променљиво зрачење која је последица блиских објеката крај ФН поља, при чему објекти спречавају продирање сунчевих зрака до ФН панела. Ова подгрупа променљивог зрачења је названа блиско сенчење, и јасним примерима је приказан негативан утицај на карактеристику ФН панела, што за последицу има смањење производње електричне енергије. На овај начин постаје јасан значај сваког истраживања који се бави смањењем негативног утицаја променљивог зрачења на карактеристику ФН панела. Надаље, стиче се увид у све могуће начине смањења негативног утицаја променљивог зрачења, при чему се у овом раду разрађује нова метода једног начина смањења тог негативног утицаја. То је конфигурисање, односно реконфигурисање ФН поља, што значи електрично везивање, односно превезивање крајева ФН панела, без њиховог физичког померања, при чему се смањује негативан утицај сенчења.

У оквиру тезе аутор је приказао модел ФН панела, који је прилагођен за потребе симулације ФН низа који раде у условима променљивог зрачења. Прилагођење подразумева могућност промене амбијенталних услова (соларно зрачење и температура ФН панела) независно за сваки ФН панел. На тај начин лако се изводи симулација за било који број ФН панела у низу, са било којим нивоом сунчевог зрачења и температуром ФН панела. На овај начин аутор је лако симулирао реалне услове

под којим раде ФН панели.

У раду се истражују два начина формирања ФН поља путем електричног повезивања, односно превезивања међусобних спојева ФН панела, а све ради смањења негативног утицаја променљивог зрачења, односно сенчења. Истраживање утицаја макроконфигурације (повезивање ФН панела без накнадне промене електричних веза) је анализирано теоретски, са становишта положаја препреке у односу на ФН поље. Тачност излазних параметара софтвера којим је рађено истраживање аутор је верификовао упоређујући резултате симулације са мереним резултатима на ФН електрани Факултета техничких наука. Други начин електричног превезивања ФН панела, на основу чега се формира скуп ФН панела са хомогеним зрачењем, аутор је назвао микрореко конфигурација (повезивање ФН панела са накнадном променом електричних веза – превезивање). У делу где се приказују и упоређују резултати симулације са и без сенчења ФН низа, јасно се види допринос повећању производње електричне енергије. Ово побољшање карактеристике рада ФН панела, а самим тим и ФН електране је последица предложеног начина микрореко конфигурације ФН низа. Добијени резултати симулације су потврђени и експерименталним резултатима. Експеримент се изводио на фотонапонској електрани Факултета техничких наука, номиналне снаге 8000W. Значајно је истаћи снагу електране, односно снагу предмета експеримента, јер се у 90% случајева истраживања спроводе на макетама малих снага, реда неколико десетина вата. Од значаја је и чињеница да се експеримент изводио на електрани која ради у реалним условима и прикључена је на електродистрибутивни систем. На овај начин резултати овог истраживања постају применљиви у пракси.

VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ

Таксативно навести називе радова, где и када су објављени. Прво навести најмање један рад објављен или прихваћен за објављивање у часопису са ISI листе односно са листе министарства надлежног за науку када су у питању друштвено-хуманистичке науке или радове који могу заменити овај услов до 01. јануара 2012. године. У случају радова прихваћених за објављивање, таксативно навести називе радова, где и када ће бити објављени и приложити потврду о томе.

Прихваћен рад (објављује се у фебруару 2016. године):

1. **Zoltan Čorba**, Vladimir Katić, Bane Popadić, Dragan Milićević, "New String Reconfiguration Technique for Residential PV System Generation Enhancement", *Advances in Electrical and Computer Engineering - AECE*, Vol. 16, No.1, Feb. 2016, ISSN 1582-7445, *Accepted for publication*, (SCI, M23)

Објављени радови:

2. **Z. Čorba**, V. Katić, B. Dumnić, D. Milićević "In-Grid Solar-to-Electrical Energy Conversion Systems Modeling and Testing", *Thermal Science - International Scientific Journal*, 2012, Vol. 16, ISSUE Supplement, pp. 159-171, ISSN: 0354-9836, DOI: [10.2298/TSCI120224069C](https://doi.org/10.2298/TSCI120224069C), (SCI, M23)
3. Vladimir A. Katić, Zoltan J. Čorba, Dragan M. Milićević, Boris P. Dumnić, Bane Popadić, „Realization and operation of roof-top photovoltaic power plant at the Faculty of Technical Sciences in Novi Sad”, *Technics – Electrical Engineering*, Year LXX 2015, pp.90-97. ISSN 0040-2176, UDC: 621.311.243, DOI: [10.5937/tehnika1504655K](https://doi.org/10.5937/tehnika1504655K), (M51)
4. **Zoltan Čorba**, Vladimir Katić, Dragan Milićević, Dejan Reljić, "Photovoltaic irrigation systems", *Journal on Processing and Energy in Agriculture*, Vol.14, No.3; 2010, pp.145-148, UDK 621.383.51:626.81, (ISSN 1821-4487) - (M51)
5. Dejan Krga, Vladimir Katić, **Zoltan Čorba**, „Uređaj za pozicioniranje fotonaponskih panela u dve ose“, *Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka*, Edicija: Tehničke nauke – Zbornici, God.25, Br.3, 2010, pp.521-524 (ISSN 0350-428X) - (M53)
6. **Zoltan Čorba**, Vladimir Katić, Dragan Milićević, „Fotonaponski sistemi u poljoprivredi“, *PTEP – Časopis za procesnu tehniku i energetiku u poljoprivredi*, Vol. 13, Broj 4, 2009, pp. 328-331 (ISSN 1450-5029) - (M51).

7. Vladimir Katić, **Zoltan Čorba**, Dragan Milićević, Boris Dumnić, Bane Popadić, Evgenije Adžić, „Overview of Solar PV Energy Market in Serbia“, 6th PSU-UNS International Conference on Engineering and Technology – ICET 2013, Novi Sad, Serbia, 15-17 May 2013, Key-Note Lecture (Invited Paper), Paper No. IP-3.1, pp.27-32, ISBN 978-86-7892-510-8, **(M31)**
8. Bane Popadic, Boris Dumnic, Dragan Milicevic, Vladimir Katic, **Zoltan Corba**, Sophisticated research and development station for control of grid connected distributed energy sources, X International Symposium on Industrial Electronics – INDEL 2014, Banja Luka, Bosnia and Herzegovina, 6-8 November, 2014, pp. 210-215, ISBN 978-99955-46-22-9, **(M33)**
9. **Čorba Zoltan**, Vladimir Katić, Boris Dumnić, Dragan Milićević, “Stand Alone Photovoltaic System Analysis”, 16th International Symposium on Power Electronics - Ee 2011, Novi Sad (Serbia), October 26th – 28th, 2011, Paper No. T7-1.1, pp. 1-5, ISBN: 978-86-7892-355-5 **(M33)**
10. V. Katić, N. Čelanović, S. Grabić, B. Dumnić, **Z. Čorba**, D. Milićević, S. Zeljković, “Advanced Real-Time Modeling of Wind and Solar Plants”, The 5th PSU-UNS International Conference on Engineering and Technology – ICET-2011, Phuket, Hat Yai, Thailand, pp. 519-525, **(M33)**
11. Vladimir Katić, Boris Dumnić, **Zoltan Čorba**, Dragan Milićević, Nenad Katić, “Potentials of Renewable Energy Market in Serbia – Case of Wind and Solar Energy”, IEEE 8th International Conference on European Energy Market – EEM 11, 25-27 May 2011, Zagreb (Croatia), Proceedings on USB Flash Memory Stick, pp.785-790, ISBN 978-1-61284-284-4, **(M33)**
12. **Zoltan Čorba**, Vladimir Katić, Boris Dumnić, Dragan Milićević, Bane Popadić “Fotonaponska elektrana kao istraživačka laboratorija na otvorenom”, XVIII Savetovanje Energetska elektronika - Ee2015, Novi Sad, 28-30. 10. 2015, **(M63)**

VII ZAKLJUČCI ODNOSNO REZULTATI ISTRAŽIVAŃA

Шира област научног истраживања и расправе изложене у дисертацији је фотонапонско претварање електричне енергије, област обновљивих извора електричне енергије која у свету у последњих 10 година има најдинамичнији развој и раст. Сваке године се у просеку удвостручи инсталисана снага ФН електрана. У ужем смислу рад се бави побољшањем перформанси ФН система. Свако побољшање за крајњи циљ има повећање производње електричне енергије.

Побољшање перформанси система се може остварити у разним деловима ФН електране, што је јасно приказано и објашњено у тексту. Аутор рада се определио за улазни део електране, односно побољшања су остварена путем нове разрађене методе електричног конфигурисања конвертора соларне енергије, ФН панела.

У раду се истражује проблематика негативног утицаја сенчења на ФН панеле, који за последицу имају смањење производње електричне енергије. Предложеним конфигурисањем, односно реконфигурисањем ФН панела током рада електране у условима сенчења постиже се побољшање перформанси, односно повећање производње електричне енергије.

У коришћеној литератури, али и посматрањем идентификован је чест проблем у раду инвертора ФН електрана чији су ФН панели у јутарњим сатима сенчени. Ови инвертори, тачније њихов софтвер није у могућности да постави радну тачку тако да се користи максимална расположива снага ФН поља током изласка ФН панела из сенке. Аутор је своју идеју налажења максималне снаге ФН поља од стране инвертора путем реконфигурације прво истражио теоретски, спроводећи симулације. Симулације ФН низа са истим бројем ФН панела у низу као код извођења експеримента и под истим амбијенталним условима, показују да је могуће постизање већих снага ФН низа када се изводи реконфигурација.

Аутор је предложен начин реконфигурације применио на ФН електрани Факултета техничких наука, чији резултати мерења потврђују симулационе резултате. Реконфигурација ФН низа која се сваког месеца неколико пута изводила у интервалу од годину дана омогућила је да инвертор нађе стварну тачку максималне снаге ФН низа током изласка панела из сенке, односно при нехомогеном зрачењу ФН низа.

Као што је већ било напоменуто, у већини литературе која се бави реконфигурацијом резултати истраживања се дају само у интервалу реконфигурације. Ови резултати се упоређују са вредностима без реконфигурације. У свим случајевима се долази до побољшања перформанси који доприносе повећању производње од неколико десетина процената. Исти је случај и са резултатима истраживања овог рада. Допринос реконфигурације повећању производње је променљив и зависи од

годишњег доба, тренутних амбијенталних услова и креће се у границама између 15% и 65% у интервалу извођења реконфигурације.

Аутор рада је проширио истраживања и резултати су анализирани на дневном, месечном и годишњем нивоу, што доводи до знатно реалније слике о доприносу предложене методе реконфигурације. Резултати указују да се на годишњем нивоу може постићи повећање производње за око 1%. Ако се ова вредност упореди са резултатом истраживања најреномираније светске фабрике за производњу инвертора за ФН системе, види се да су резултати практично поклапају. Треба напоменути да се истраживање ове фабрике односи на побољшање карактеристике инвертора. Дакле предложен метод реконфигурације ФН низа је теоретски и практично прихватљив. У сваком случају, релативно мале вредности процентуалног побољшања карактеристике у оваквим системима су значајне због њихове бројности.

Ако се зна да свако побољшање перформансе ФН електране доводи и до повећања њене ефикасности, то директно значи и допринос очувању животне средине. Наиме, повећање производње електричне енергије утиче на уштеду емитовања разних гасова (највише угљен-диоксида) који доприносе повећању ефекта стаклене баште на планети.

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА

Експлицитно навести позитивну или негативну оцену начина приказа и тумачења резултата истраживања.

Резултати истраживања су детаљно обрађени, прегледно приказани у облику слика, графички добро илустровани, јасно и систематски изложени. Резултати су праћени одговарајућим образложењима и критичким освртом на њихово вредновање у складу са владајућим ставовима. Коришћењем савремене литературе кандидат је дао свеобухватан преглед ставова и досадашњих резултата из разматране области. На основу резултата истраживања и њиховог критичког разматрања изведени су закључци који дају јасне одговоре на циљеве истраживања.

Комисија констатује да начин приказа и тумачења резултата истраживања у потпуности одговара карактеру проблема који се у овој докторској дисертацији решавају.

<p>IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ: Експлицитно навести да ли дисертација јесте или није написана у складу са наведеним образложењем, као и да ли она садржи или не садржи све битне елементе. Дати јасне, прецизне и концизне одговоре на 3. и 4. питање:</p>
<p>1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме Дисертација је у потпуности написана у складу са планом и образложењем које је наведено у пријави тезе.</p>
<p>2. Да ли дисертација садржи све битне елементе Докторска дисертација садржи све битне елементе у складу са пријавом тезе. Урађен је детаљан преглед литературе, извршена детаљна анализа и синтеза решења проблема, симулација, експеримент и верификација експерименталних резултата.</p>
<p>3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци Предложен метод и алгоритам, које су верификоване кроз докторску тезу, да се у условима променљивог зрачења ФН низа омогући налажење тачке максималне снаге ФН низа од стране инвертора која због тога повећава производњу електричне енергије, је оригиналан допринос овог рада. Метод анализе рада електране са становишта повећања производње је подељено на макроконфигурацију и микрореконфигурацију, што представља један нов приступ анализе утицаја сенчења. У зависности од величине доприноса анализираних методе на повећање производње електричне енергије, може се донети одлука о примени једне од метода, при чему не треба искључити додатну економску анализу са којом се овај рад не бави. Ново хардверско решење и алгоритам микрореконфигурације ФН низа омогућава смањење утицаја променљивог зрачења над ФН панелима у електрани која је прикључена на електричну дистрибутивну мрежу и која током реконфигурације ињектује енергију у систем. Идеја реконфигурација без сензора зрачења, односно минимизација ових сензора, је још један допринос овог истраживања. Безсензорска реконфигурација ФН низа је једна од тема која може бити предмет даљих истраживања из анализираних области. Током истраживања уочила су се и побољшања код неких параметара, који дефинишу квалитет електричне енергије, тако да се даља истраживања могу усмерити и на област утицаја ФН електране на квалитета електричне енергије.</p>
<p>4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања Докторска дисертација нема недостатака који би битније утицали на коначан резултат истраживања.</p>

<p>X ПРЕДЛОГ: На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:</p>
<p>На основу укупне оцене докторске дисертације, комисија предлаже да се докторска дисертација под насловом “ Нови метод анализе рада фотонапонског система у условима варијације сунчевог зрачења” прихвати, а кандидату мр Золтану Чорби одобри јавна одбрана.</p>
<p>-</p>

У Новом Саду, 27.01.2016.

ПОТПИС ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

ДР БОРИСЛАВ ЈЕФТЕНИЋ, редовни професор, Државни универзитет у Новом Пазару, Нови Пазар, уно.: електромоторни погони, председник

ДР БРАНКА НАКОМЧИЋ СМАРАГДАКИС, ванредни проф., Факултет техничких наука, Нови Сад, уно.: инжењерство заштите животне средине, члан

ДР ВЕРАН ВАСИЋ, редовни проф., Факултет техничких наука, Нови Сад, уно.: Енергетска електроника, машине и погони, члан

ДР БОРИС ДУМНИЋ, доцент, Факултет техничких наука, Нови Сад, уно.: Енергетска електроника, машине и погони, члан

ДР ВЛАДИМИР КАТИЋ, редовни проф., Факултет техничких наука, Нови Сад, Енергетска електроника, машине и погони, ментор

НАПОМЕНА: Члан комисије који не жели да потпише извештај јер се не слаже са мишљењем већине чланова комисије, дужан је да унесе у извештај образложење односно разлоге због којих не жели да потпише извештај.