

## 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)

<b>I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ</b>
<p>1. Датум и орган који је именовao комисију</p> <p>19.7.2018., декан Факултета техничких наука</p> <p>2. Састав комисије са знаком 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>1. др Владимир Катић, редовни професор, УО: Енергетска електроника, машине и погони и обновљиви извори електричне енергије, 30.10.2002., ФТН Нови Сад,</p> <p>2. др Дамир Шљивац, редовни професор, УО: Електроенергетика, 15.07.2013, Факултет електротехнике, рачунарства и информацијских технологија, Универзитет у Осијеку</p> <p>3. др Владимир Стрезоски, редовни професор, УО: Електроенергетика, 06.06.1995., ФТН Нови Сад,</p> <p>4. др Драган Милићевић, доцент, УО: Енергетска електроника, машине и погони и обновљиви извори електричне енергије, 25.09.2014., ФТН Нови Сад,</p> <p>5. др Стеван Грабић, ванредни професор, УО: Енергетска електроника, машине и погони и обновљиви извори електричне енергије, 27.01.2017., ФТН Нови Сад,</p> <p>6. др Борис Думнић, ванредни професор, УО: Енергетска електроника, машине и погони и обновљиви извори електричне енергије, 12.09.2018., ФТН Нови Сад</p>
<b>II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ</b>
<p>1. Име, име једног родитеља, презиме:</p> <p>Банe, Петар, Попадић</p> <p>2. Датум рођења, општина, држава:</p> <p>17.06.1988., Добој, Република Српска/Босна и Херцеговина</p> <p>3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив</p> <p>Факултет техничких наука, Енергетика, електроника и телекомуникације, Мастер инжењер електротехнике и рачунарства</p> <p>4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија</p> <p>2012., Енергетика, електроника и телекомуникације</p>

5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране: -
6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука: -
<b>III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:</b>
Напредно управљање претварачем повезаним на мрежу при несиметричним напонским приликама у електроенергетском систему
<b>IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:</b>
Навести кратак садржај са назнаком броја страна, поглавља, слика, шема, графика и сл.
<p>Предмет научне расправе у овом раду је унапређење технике управљања претварачем повезаним на електроенергетски систем при напонским приликама које одступају од номиналних. У раду је дат детаљан преглед тренутно доступних техника управљања, од којих је већина намењена раду при номиналним напонским приликама у електроенергетском систему. Препознат је недостатак јасно формулисане свеобухватне технике, коју је могуће једноставно имплементирати, а која би омогућила несметан рад претварача енергетске електронике при напонским приликама које одступају од номиналних. Пре свега, рад анализира утицај несиметричних напона у тачки прикључења на перформансе класичне технике управљања претварачем. Разматрани су сви основни елементи класичне технике управљања, која је тестирана на развијеном математичком моделу, а затим су резултати потврђени и експериментално. Свакако, како би се на адекватан начин предложило унапређење технике управљања претварачем, неопходно је квантификовати очекиване режиме електроенергетског система. У раду је на сажет и прегледан начин извршена карактеризација активних неуравнотежених система, што је савремен концепт развоја електроенергетских система у будућности. Јасно су препознати узроци несиметричних величина, а дат је и сажет приказ основних захтева за повезивање на електроенергетски систем. Уз то, у раду су препознати основни недостаци и дати су предлози за унапређење управљачке технике, засновани на теорији тренутне снаге и техници поништавања сигнала кашњењем. Предложено унапређење постојеће управљачке технике је једноставно за имплементацију и не захтева повећање процесорских ресурса. Изузев тога, предложена је и употреба метода за активно побољшање параметара квалитета електричне енергије која се предаје у електроенергетски систем, без филтрирања излазних величина претварача енергетске електронике. Све предложене технике су успешно експериментално верификоване, уз изузетне динамичке перформансе и поуздан рад претварача.</p> <p>Докторска дисертација је написана на српском језику. Садржи 148 страна. Састоји се од 9 поглавља, 8 табела, 91 слике и 163 навода литературе. Кључна документација написана је на српском и енглеском језику.</p> <p>Дисертација садржи следећа поглавља:</p> <p>1. Увод; 2. Математички модел претварача енергетске електронике повезаног на електроенергетски систем; 3. Принцип рада претварача повезаног на електроенергетски систем; 4. Карактеризација активних неуравнотежених система; 5. Управљање претварачем при условима у електроенергетском систему који одступају од номиналних; 6. Опис испитивачке станице и резултати експеримента; 7. Закључак; 8. Литература; 9. Прилози</p>
<b>V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:</b>
<p>Теза се може поделити у пет битних делова који су у наставку вредновани.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Увод</i> У уводном поглављу су дата општа разматрања везана за предметну тему, значај и области примене претварача повезаног на електроенергетски систем, те правци развоја унутар области. Уводни део јасно наглашава значај разматране теме и оправданост истраживања.</li> <li>• <i>Класична техника управљања претварачем повезаним на електроенергетски систем</i> У овом делу рада анализирана је класична техника управљања претварачем повезаним на</li> </ul>

электроенергетски систем. Јасно и прегледно су представљени основни делови управљачке структуре, уз преглед начина синтезе неопходних параметара. Иако у овом делу није разматрано унапређење операционих карактеристика, представљен је утицај појединих елемената на параметре квалитета електричне енергије. Класична управљачка техника је верификована на развијеном моделу (за рачунарску симулацију), где су потврђена сва теоријска разматрања.

- *Карактеризација активних неуравнотежених система*

Како би се на адекватан начин сагледале све основне карактеристике рада претварача у савременим активним електроенергетским системима, неопходно је извршити њихову карактеризацију и квантификацију неуравнотежености, укључујући њихове узроке. У овом делу дата је дефиниција активних електроенергетских система, уз јасну поделу неуравнотежености према узроку – неуравнотежени поремећаји и неуравнотежена потрошња (производња) енергије. Такође, описане су методе за идентификацију и процену неуравнотежености у односу на последицу (несиметричне величине). Изузев тога, дат је кратак преглед основних, тренутно доступних, услова за повезивање на електроенергетски систем, заједно са актуелним и потенцијалним захтевима за подршку током поремећаја.

- *Предлог унапређење технике управљања претварачем при условима у електроенергетском систему који одступају од номиналних*

На основу постављене хипотезе да је управљање претварачем повезаним на електроенергетски систем могуће унапредити применом савремених техника и метода управљања, предложена је употреба технике поништавања сигнала кашњењем за поништавање нежељених компоненти струје инверзног редоследа. Изузев тога, показано је да уз додаток резонантног члана у синхронно ротирајућем координатном систему, могуће је значајно унапредити синхронизацију са векторским репрезентом напона у тачки прикључења. Ова унапређења омогућују да преостали део управљачке структуре претварача остане у потпуности непромењен. Изузев тога, предложена је употреба компензације виших хармоника струје, како би се побољшали параметри квалитета електричне енергије коју претварач предаје електроенергетском систему.

- *Експериментална провера резултата*

У овом делу је приказана експериментална верификација резултата класичне управљачке технике, утицаја несиметричних напона и унапређене управљачке технике. Неопходно је истаћи једноставност имплементације унапређене технике, што даје могућност лаког унапређење класичне технике управљања и код већ постојећих (оперативних) система. Низом експеримената потврђено је да предложена техника управљања испуњава све неопходне услове за повезивање са електроенергетским системом и рад при условима који одступају од номиналних. Изузев тога, показано је и значајно унапређење параметара квалитета електричне енергије, употребом активних метода управљања претварачем, што може значајно допринети смањењу броја пасивних елемената, повећавајући поузданост система.

*Закључак*

У закључку је дат преглед рада, укључујући значај истраживања, методологију и најзначајније доприносе дисертације. Размотрени су и правци даљих истраживања у овој области који се могу ослонити на овде остварене резултате.

## **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.

### **M22: Рад у истакнутом међународном часопису**

**Popadic B, Dumnic B, Milicevic D, Katic V, Sljivac D., „Grid-connected converter control during unbalanced grid conditions based on delay signal cancellation.“ International Transaction on Electrical Energy System, e2636, First published: 27 June 2018, ISSN 2050-7038, John Wiley &**

Sons Ltd, IF 1.619 (M22)

**M33: Саопштење са међународног скупа штампано у целини**

**B. Popadic**, B. Dumnic, V. Katic, D. Sljivic and D. Pelin, Overview of Grid Connected Converter Synchronization Techniques under Different Grid Voltage Conditions, 2<sup>nd</sup> International Conference on Smart Systems and Technologies - SST 2017, Osijek, Croatia, 18. - 20. October, 2017, Paper No. ID67, pp. 1-6, ISBN 978-1-5386-3776-0

Boris Dumnic, **Bane Popadic**, Luka Strezoski, Vladimir Katic, Dragan Milicevic, "Grid Connected Converter Operation under Balanced Grid Faults", The 8<sup>th</sup> International Conference on Engineering and Technology ICET-2017, 08-10 June, Novi Sad, Serbia. pp. T5-1.1 1-5, ISBN 978-86-7892-934-2 and COBISS.SR-ID 314741767

**Bane Popadic**, Boris Dumnic, Dragan Milicevic, Vladimir Katic, Aleksandar Stanisavljevic, DC-link voltage oscillation influence on grid connected converter power quality, 4<sup>th</sup> International Conference on Electrical, Electronic and Computing Engineering – IcETRAN 2017, Kladovo, Serbia, 05-08 June, 2017, pp. EEI1.4.1-5, ISBN 978-86-7466-693-7

**Bane Popadic**, Vladimir Katic, Boris Dumnic, Dragan Milicevic, Zoltan Corba, Battery charging methodologies with the reference to power quality characteristics, 3<sup>rd</sup> International Conference on Electrical, Electronic and Computing Engineering – IcETRAN 2016, Zlatibor, Serbia, 13-16 June, 2016, pp. EEI1.2.1-6, ISBN 978-86-7466-618-0 and COBISS.SR-ID 226334476

Boris Dumnic, **Bane Popadic**, Dragan Milicevic, Vladimir Katic, Zoltan Corba, "Influence of modulation technique on power quality issues for grid connected converter," International Conference on Electrical Drives and Power Electronics (EDPE) 2015, pp.252-258, Tatranska Lomnica, Slovakia 21-23 Sept. 2015,

Dumnic, Boris; **Popadic, Bane**; Milicevic, Dragan; Katic, Vladimir; Corba, Zoltan, "Control of grid connected converter with improved power quality characteristic," PCIM Europe 2015; International Exhibition and Conference for Power Electronics, Intelligent Motion, Renewable Energy and Energy Management; Proceedings of , vol., no., pp.1,8, 19-20 May 2015

**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, Republika Srpska/Bosnia and Herzegovina, 6-8 November, 2014, pp. 210-215, ISBN 978-99955-46-22-9

**Bane Popadic**, Vladimir Katic, Boris Dumnic, Dragan Milicevic, Zoltan Corba, Current controller parameter influences on THD for grid connected converter, 17th International Symposium on Power Electronics – Ee2013, October 30 – November 1, 2013, Novi Sad, Serbia, Paper No. T.6.8, pp. 1-5, COBISS.SR-ID 281319687, ISBN 978-86-7892-551-1

**Popadic, B.**, Dumnic, B., Milicevic, D., Katic, V., Corba, Z., Tuning methods for PI controller - Comparison on a highly modular drive, 4th International Youth Conference on Energy (IYCE) 2013, 6-8 June, Siófok, Hungary pp.1-6, ISBN: 978-1-4673-5554-4 (pendrive) IEEE Catalog Number: CFP1335J-USB

M51: Рад у водећем часопису националног значаја

**Bane Popadic**, Vladimir Katic, Boris Dumnic, Dragan Milicevic, Zoltan Čorba, „Synchronization Method for Grid Integrated Battery Storage Systems During Asymmetrical Grid Faults”, Serbian Journal of Electrical Engineering, Vol.14, No.1, 2017, pp. 113 – 131, ISSN: 1451-4869,

## **VII    ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА**

Дисертација разматра могућност унапређења технике управљања претварачем енергетске електронике повезаним на електроенергетски систем, како би се обезбедио адекватан рад у случају напонских прилика који одступају од номиналних. Пре свега, испитује се рад претварача у случају несиметричних напона у тачки прикључења, који су последица неуравнотежених поремећаја или неуравнотежене потрошње/производње електричне енергије. Област истраживања је веома актуелна с обзиром на повећан број интегрисаних претварача енергетске електронике, као и с обзиром на чињеницу да адекватно управљање може повећати расположивост, позитивно утичући на поузданост електроенергетског система. Теоријска анализа уважава услове за прикључење на електроенергетски систем, уз јасну карактеризацију неуравнотежених дистрибутивних мрежа. На основу теоријске анализе рада претварача и утицаја несиметричних напона у тачки прикључења, предложено је унапређење управљачке технике чији је циљ побољшање операционих карактеристика претварача у предметним условима рада. Резултати експеримената, спроведених на савременој истраживачкој станици за испитивање електромоторних погона и претварача, недвосмислено потврђују допринос унапређене технике управљања. Остварена је потпуна управљивост величинама на излазу претварача, уз изузетне динамичке карактеристике управљаних величина. Уз то, остварено је и побољшање параметара квалитета електричне енергије коју претварач предаје електроенергетском систему, употребом активних техника без додатка филтра на излазу претварача. Анализа резултата је указала на јасне правце даљег истраживачког рада.

**VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА**

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

У овом раду дата је исцрпна и детаљна студија могућности унапређења управљачке технике претварача енергетске електронике повезаног на електроенергетски систем у случају напонских прилика које одступају од номиналних. Кандидат је образложио значај разматране теме и оправданост истраживања, те је на јасан начин изложио основну хипотезу рада. Изузев тога, током дефиниције и објашњења проблема, кандидат је користио детаљну математичку анализу, како рада класичне управљачке технике, тако и унапређене технике. Током научно истраживачког рада, кандидат је на одговарајући начин, користећи се прецизно дефинисаним истраживачким методама, извршио експерименталну проверу наведених теоријских разматрања. На тај начин, кандидат је показао да је у потпуности упознат са теоријским и практичним аспектима рада претварача повезаног на електроенергетски систем.

**Аутентичност тезе је проверена применом програма за детекцију плагијаризама “iThenticate”.**

**IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE 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:

1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме **ДА**

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе **ДА**

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци

Пре свега, истраживања приказана у раду, недвосмислено потврђују хипотезу рада, нудећи унапређену технику управљања претварачем повезаним на електроенергетски систем при несиметричним напонским приликама. У раду су приказане могућности за унапређење основних делова управљачке структуре, пре свега јединице за синхронизацију и подсистема за контролу компоненти струје претварача инверзног редоследа. Практична провера резултата, на развијеној експерименталној поставци, даје додатну вредност резултатима и упућује на могућност једноставне имплементације предметне технике за унапређење већ постојећих алгоритама у оперативним дистрибуираним електроенергетским ресурсима. Изузев тога, свеобухватан приступ је омогућио поправак параметара квалитета електричне енергије, без додатка филтра на излазу претварача што ће омогућити поправак поузданости дистрибуираних електроенергетски ресурса услед смањења броја пасивних елемената. Постигнути резултати и изнети закључци представљају веома добру основу за наставак научно истраживачког рада у предметној области.

4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања **НЕМА**

<b>X ПРЕДЛОГ:</b>
На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:
<b>да се докторска дисертација кандидата Банета Попадића под називном „Напредно управљање претварачем повезаним на мрежу при несиметричним напонским приликама у електроенергетском систему“ прихвати, а кандидату одобри одбрана.</b>

НАВЕСТИ ИМЕ И ЗВАЊЕ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ  
ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

---

др Владимир Катић, редовни професор

---

др Дамир Шљивац, редовни професор

---

др Владимир Стрезоски, редовни професор

---

др Драган Милићевић, доцент

---

др Стеван Грабић, ванредни професор

---

др Борис Думнић, ванредни професор

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.