

## ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ  
-обавезна садржина- свака рубрика мора бити попуњена

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Датум и орган који је именовео комисију 27.09.2018. Наставно-научно веће Факултета техничких наука, решење: 012-199/11-2018</li><li>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:<ol style="list-style-type: none"><li>1. <b>Др Андрија Сарић</b>, редовни професор, електроенергетика, 01.01.2015, Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду</li><li>2. <b>Др Петар Поповски</b>, редовни професор, телекомуникације и обрада сигнала, Алборг Универзитет, Данска</li><li>3. <b>Др Чедомир Стефановић</b>, ванредни професор, телекомуникације и обрада сигнала, Алборг Универзитет, Данска</li><li>4. <b>Др Изудин Џафић</b>, редовни професор, електроенергетика, Факултет природних и техничких наука, Интернационални универзитет у Сарајеву</li><li>5. <b>Др Душан Јаковетић</b>, доцент, математичко моделирање, 15.11.2015., Природно-математички факултет, Универзитет у Новом Саду</li><li>6. <b>Др Дејан Вукобратовић</b>, ванредни професор, телекомуникације и обрада сигнала, 01.04.2014., Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду</li></ol></li></ol>
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Име, име једног родитеља, презиме: <b>Мирсад, Сафет, Ћосовић</b></li><li>2. Датум рођења, општина, држава: <b>10.02.1984, Травник, Босна и Херцеговина</b></li><li>3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив <b>Електротехнички факултет, Електроенергетика, Универзитет у Сарајеву, Босна и Херцеговина – Магистар електротехничких наука</b></li><li>4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија <b>Енергетика, електроника и телекомуникације</b></li><li>5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране: <b>Електротехнички факултет, Универзитет у Сарајеву, Дизајн синхроне машине са перманентним магнетима за погон хибридног електричног возила, Електроенергетика, 01.04.2013.</b></li><li>6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука:</li></ol>

## Електроенергетика

### III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

„Дизајн и анализа алгоритама за дистрибуирану естимацију стања употребом пробабилистичких графичких модела и примена у паметним електроенергетским мрежама“ (назив на енглеском: “*Design and Analysis of Distributed State Estimation Algorithms Based on Belief Propagation and Applications in Smart Grids*“)

### IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Докторска дисертација је изложена на 146 страна, обухвата 42 графикона, 4 табеле, 70 референци и 4 прилога. Написана је на енглеском језику. На почетку дисертације дата је кључна документација, резиме, индекс графикона, индекс табела и садржај.

Дисертација садржи шест поглавља:

1. Introduction (Увод)
2. Power System State Estimation (Естимација стања у електроенергетским системима)
3. Belief Propagation based DC State Estimation (ДЦ естимација стања употребом пробабилистичких графичких модела)
4. Native Belief Propagation based Non-Linear State Estimation (Нелинеарна естимација стања употребом пробабилистичких графичких модела)
5. Distributed Gauss-Newton Method for State Estimation (Дистрибуирани Гаус-Њутнов метод за естимацију стања)
6. Conclusions (Закључци)

У оквиру дисертације се још налазе: литература и прилози.

### V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

У првом поглављу је представљена формулација проблема који ће се решавати и дефинисани су основни појмови који се користе у тези. Јасно су назначене претпоставке и ограничења која се користе при дизајну и анализи алгоритама и метода. Дате су главне предности нових алгоритама у односу на актуелне који се користе за решавање проблема естимације стања у електроенергетским системима.

У другом поглављу се разматрају класични модели који се користе за естимацију стања у електроенергетским системима. Дата су решења за линеарне и нелинеарне моделе која се базирају на методи најмањих квадрата и на итеративном Гаус-Њутновом методу, при чему је разматран општи случај који обухвата целовити скуп мерења. У овом поглављу је дефинисана и мотивација за решавање проблема естимације стања коришћењем пробабилистичких графичких модела.

У трећем поглављу је дефинисан поступак за решавање линеарног (ДЦ) проблема естимације стања на бази пробабилистичких графичких модела (фактор графова) и „Belief Propagation“ (БП) алгорита. Предложени алгоритам се може користити за естимацију стања у реалном времену. Поред самог алгорита дата је анализа конвергенције и предложено је решење за унапређење конвергенције алгорита. Материјал у овом поглављу поставља кључне аспекте за главни допринос ове тезе - дистрибуирани Гаус-Њутнов метод употребом пробабилистичких графичких модела и БП алгорита.

Четврто поглавље садржи алгоритам базиран на пробабилистичким графичким моделима који је директно примењен на нелинеарни проблем естимације стања, што представља логичан корак у транзицији од линеарног ка нелинеарном моделу. Коришћењем закључака из претходног поглавља, дефинише се алгоритам за решавање нелинеарног модела. Због нелинеарности функција, изрази за одређену класу порука не могу се добити у затвореној форми, због чега резултујући алгоритам представља апроксимативно решење. Нажалост, због апроксимација, перформансе алгорита нису идентичне перформансама централизованог Гаус-Њутновог метода. Поред тога, поруке имају знатно сложенију форму у односу на линеарни модел, а алгоритам захтева и

познавање претходног знања (нпр. историјски подаци). Упркос свему томе, алгоритам успоставља занимљиве везе са једначинама методе најмањих квадрата.

Пето поглавље садржи главни допринос ове тезе, где је предложен дистрибуирани Гаус-Њутнов метод базиран на пробабилистичким графичким моделима и БП алгоритмима који постиже исту тачност као и централизована верзија Гаус-Њутновог метода за естимацију стања. Даље, у овом поглављу је дат и нови алгоритам за откривање непоузданих мерења (outliers) приликом мерења електричних величина. Представљени алгоритам успоставља локални критеријум за откривање и идентификацију непоузданих мерења, а нумерички је показано да алгоритам значајно побољшава детекцију у односу на стандардне методе.

У шестом поглављу изложени су закључци.

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

**M. Cosovic** and D. Vukobratovic, "Distributed Gauss-Newton Method for State Estimation Using Belief Propagation," in IEEE Transactions on Power Systems, 2018 (early access), (DOI: 10.1109/TPWRS.2018.2866583) (M21)

**M. Cosovic**, A. Tsitsimelis, D. Vukobratovic, J. Matamoros and C. Anton-Haro, "5G Mobile Cellular Networks: Enabling Distributed State Estimation for Smart Grids," in IEEE Communications Magazine, vol. 55, no. 10, pp. 62-69, October 2017 (DOI: 10.1109/MCOM.2017.1700155) (M21).

**M. Cosovic**, D. Vukobratovic and V. Stankovic, "Linear state estimation via 5G C-RAN cellular networks using Gaussian belief propagation," 2018 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC), Barcelona, 2018, pp. 1-6. (M33)

**M. Cosovic** and D. Vukobratovic, "Fast real-time DC state estimation in electric power systems using belief propagation," 2017 IEEE International Conference on Smart Grid Communications (SmartGridComm), Dresden, 2017, pp. 207-212. (M33)

A. Kleidas, **M. Cosovic**, D. Vukobratovic and A. E. Kiprakis, "Demand response for thermostatically controlled loads using belief propagation," 2017 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference Europe (ISGT-Europe), Torino, 2017, pp. 1-6. (M33)

**M. Cosovic** and D. Vukobratovic, "Distributed Gauss-Newton method for AC state estimation: A belief propagation approach," 2016 IEEE International Conference on Smart Grid Communications (SmartGridComm), Sydney, NSW, 2016, pp. 643-649. (M33)

**M. Cosovic** and D. Vukobratovic, "State estimation in electric power systems using belief propagation: An extended DC model," 2016 IEEE 17th International Workshop on Signal Processing Advances in Wireless Communications (SPAWC), Edinburgh, 2016, pp. 1-5. (M33)

M. Angjelichinoski, **M. Cosovic**, C. Kalalas, R. Lliuyacc, M. Zeinali, J. Alonso-Zarate, J. M. Mauricio, P. Popovski, C. Stefanovic, J. S. Thompson and D. Vukobratovic, "Overview of research in the ADVANTAGE project," Chapter 12, Book title: „Smarter Energy: from Smart Metering to the Smart Grid,“ Editors: H. Sun, N.D. Hatziargyriou, H.V. Poor, L. Carpanini, and M. Fornie, ser. Energy Engineering, Institution of Engineering and Technology, 2016. (M14)

## **VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА**

Главни резултати ове тезе су дизајн и анализа нових алгоритама за решавање проблема естимације стања базирани на фактор графовима и БП алгоритму који се могу применити као централизовани или дистрибуирани естиматори стања у електроенергетским системима. Предложени алгоритми ефикасно решавају системе линеарних и нелинеарних једначина са реалним коефицијентима и реалним или комплексним варијаблама. Погодни су за естимацију стања у реалном времену, при чему се информације могу прикупљати на асинхрони начин, заобилазећи неке од постојећих рутина, као нпр. провера обзервабилности система.

Алгоритми се лако могу дистрибуирати на више локалних процесора који се налазе на различитим физичким локацијама и/или имплементирати коришћењем паралелних рачунарских архитектура. Предложени алгоритми не укључују директну инверзију матрица, што их чини атрактивним у погледу рачунарске комплексности, а у неким посебним случајевима су и нумерички стабилнији.

Предложени дистрибуирани Гаус-Њутнов метод је први алгоритам базиран на БП алгоритму за нелинеарни моделе који има потпуно исту тачност као и централизовано решење добијено путем класичне Гаус-Њутнове методе. Алгоритам има линеарну комплексност по итерацији, што га чини погодним када је реч о великим и сложеним системима. У случају неконзистентног система мерења, алгоритам омогућава локалну детекцију непоузданих мерења са бољим успехом у односу на стандардне методе.

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

Кандидат Мирсад Ћосовић у потпуности је обавио истраживања која су била предвиђена планом датим у пријави докторске дисертације. Целокупан приказ дисертације је добро и јасно структуриран. Резултати су детаљно и систематично интерпретирани и упоређени са релевантним методама из области. Велики број графичких приказа омогућава лакше разумевање резултата представљених у дисертацији. Изведени су закључци утемељени на великом броју експеримената и разноврсним подацима што показује да кандидат влада материјом и поседује висок ниво знања. У складу са наведеним, Комисија позитивно оцењује начин приказа и тумачења резултата истраживања. Дисертација је проверена у софтверу за детекцију плагијаризма **iThenticate**. Извештај о подударности је показао да је дисертација оригинално ауторско дело кандидата.

#### **IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

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

**Докторска дисертација у потпуности је написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме.**

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе

**Дисертација садржи све битне елементе научно-истраживачког рада. Тема, садржај, преглед литературе, методологија, приказ и тумачење резултата задовољавају захтеве нивоа докторске дисертације.**

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци

**Докторска дисертација садржи оригиналне научне доприносе у домену пробабилистичких графичких модела који се користе за решавање линеарних и нелинеарних система једначина. У дисертацији су предложени нови алгоритми, дата су нова решења када је у питању анализа конвергенције истих, и дат нови приступ анализи неконзистентних скупова мерења.**

**Из опсежног експерименталног истраживања које је кандидат спровео произашли су резултати применљиви за решавање проблема естимације стања у електроенергетским системима. Кандидат је тему детаљно сагледао и критички обрадио.**

<p>Резултати докторске дисертације објављени су у врхунским међународним научним часописима и саопштени на водећим међународним скуповима, чиме се даље потврђује да докторска дисертација представља оригиналан допринос науци.</p>	
4.	<p>Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања</p> <p>Дисертација нема недостатке који утичу на резултате истраживања.</p>
<p><b>X ПРЕДЛОГ:</b></p>	
<p>На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:</p>	
-	<p>да се докторска дисертација под називом “Дизајн и анализа алгоритама за дистрибуирану естимацију стања употребом пробабилистичких графичких модела и примена у паметним електроенергетским мрежама” (назив на енглеском: “<i>Design and Analysis of Distributed State Estimation Algorithms Based on Belief Propagation and Applications in Smart Grids</i>”) прихвати, а кандидату Мирсаду Ћосовићу одобри одбрана.</p>

ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

Др Андрија Сарић, редовни професор,  
Факултет техничких наука, Нови Сад

Др Петар Поповски, редовни професор,  
Алборг Универзитет, Данска

Др Чедомир Стефановић, ванредни  
професор, Алборг Универзитет, Данска

Др Изудин Џафић, редовни професор,  
Интернационални универзитет у Сарајеву,  
Босна и Херцеговина

Др Душан Јаковетић, доцент, Природно-  
математички факултет, Нови Сад

**Ментор:** др Дејан Вукобратовић, ванредни  
професор, Факултет техничких наука, Нови  
Сад

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.