

Универзитет у Београду
Електротехнички факултет
19. април 2023. године

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Илије Класнића

Одлуком бр. 409/19 од 14. марта 2023. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Илије Класнића под насловом

Естимација и предикција термичког стања ротора хидрогенератора и утицај на граничне вредности реактивних снага

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

30.10.2013. године Илија Класнић је уписао докторске академске студије Електротехнике и рачунарства, модул Енергетски претварачи и погони, на Електротехничком факултету Универзитета у Београду. На докторским студијама положио је све испите са просечном оценом 10,00.

04.11.2021. године Илија Класнић пријавио је тему за израду докторске дисертације под радним називом „Естимација и предикција термичког стања ротора хидрогенератора повезаног на мрежу и утицај на граничне вредности реактивних снага“.

09.11.2021. године 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.

16.11.2021. године на 867. седници, Наставно-научно веће Електротехничког факултета именовало је Комисију за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације (Одлука бр. 5021/13-1 од 25.11.2021. године) у саставу:

- др Милан Бебић, ванредни професор, Универзитет у Београду - Електротехнички факултет
- др Жарко Јанда, виши научни сарадник, Универзитет у Београду – Електротехнички институт Никола Тесла
- др Златан Стојковић, редовни професор, Универзитет у Београду - Електротехнички факултет

За ментора докторске дисертације предложен је др Зоран Лазаревић, редовни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

26.11.2021. године кандидат је пред Комисијом полагао јавну усмену одбрану предложене теме докторске дисертације на Електротехничком факултету Универзитета у Београду. Комисија је закључила да је кандидат добио оцену „задовољно“ и предложила да ментор докторске дисертације буде др Зоран Лазаревић, редовни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

14.12.2021. године Наставно-научно веће Електротехничког факултета усвојило је Извештај Комисије за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације (Одлука бр. 5021/13-2 од 14.12.2021. године).

19.01.2022. године Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације (број одлуке 61206-5362/2-21).

02.03.2023. године Илија Класнић предао је на преглед и оцену докторску дисертацију под насловом „Естимација и предикција термичког стања ротора хидрогенератора и утицај на граничне вредности реактивних снага“.

07.03.2023. године 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.

14.03.2023. године Наставно-научно веће Електротехничког факултета именовало је Комисију за преглед и оцену докторске дисертације (број одлуке 409/19) у саставу:

- др Зоран Лазаревић, редовни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет
- др Богдан Брковић, доцент, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет
- др Жарко Јанда, виши научни сарадник, Универзитет у Београду – Електротехнички институт Никола Тесла
- др Зоран Радаковић, редовни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет
- др Мирко Коматина, редовни професор, Универзитет у Београду – Машински факултет

На основу члана 101. Статута Универзитета у Београду, члана 74. Статута Универзитета у Београду - Електротехничког факултета и захтева студента, одобрено је продужење рока за завршетак студија до истека троструког броја школских година потребних за реализацију уписаног студијског програма. Студент је у школској 2020/2021. години био у статусу мировања.

1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација „Естимација и предикција термичког стања ротора хидрогенератора и утицај на граничне вредности реактивних снага“ кандидата Илије Класнића припада научној области Електротехника и рачунарство и ужој научној области Енергетски претварачи и погони, за коју је матичан Електротехнички факултет Универзитета у Београду.

Ментор кандидата је др Зоран Лазаревић, редовни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду, члан Катедре за енергетске претвараче и погоне. Др Зоран Лазаревић држи наставу на докторским студијама при Катедри за енергетске претвараче и погоне. Један је од водећих истраживача у области обртних електричних машина, посебно у

области термичког моделовања. Објавио је велики број научних радова и преко 10 публикација са SCI листе. Био је руководилац неколико тржишних пројеката, ментор и руководилац више докторских дисертација и магистарских теза.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Илија Класнић је рођен 15. септембра 1989. године у Београду. Завршио је Гимназију у Обреновцу, природни смер, као носилац Вукове дипломе. Електротехнички факултет Универзитета у Београду уписао је 2008. године, а дипломирао у августу 2012. године на Одсеку за Енергетику, смер Енергетски претварачи и погони. Дипломски рад под називом „Модернизација побудног система синхроних турбогенератора“ одбранио је са оценом 10 под менторством др Зорана Лазаревића. Мастер студије на Електротехничком факултету уписао је у октобру 2012. године на модулу Енергетски претварачи и погони. Мастер рад под насловом „Моделовање побудног система хидрогенератора“ одбранио је у септембру 2013. године са оценом 10, под менторством др Зорана Лазаревића. Докторске студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду уписао је у октобру 2013. године на модулу Енергетски претварачи и погони, где је све испите положио са просечном оценом 10,0.

У фебруару 2013. године запослио се у Електротехничком институту Никола Тесла у Београду, у центру за аутоматизацију и регулацију. Тренутно је распоређен на послове вишег стручног сарадника при пројектовању, испитивању и пуштању у рад побудних система синхроних генератора, примопредајних и гаранцијских испитивања синхроних генератора, испитивања енергетских претварача и пружању консултантских услуга у области електроенергетике. Током рада учествовао је у изради више стручних студија за потребе ЈП ЕПС и пројекта Министарства науке, просвете и технолошког развоја „Повећање енергетске ефикасности хидроелектрана и термоелектрана Електропривреде Србије развојем технологије и уређаја енергетске електронике за регулацију и аутоматизацију“. Учествовао је и у пружању консултантских услуга у фази пројектовања електро опреме, дефинисања испитних протокола за фабричка испитивања система побуде и синхроног генератора, фабричким испитивањима система побуде, 6 kV мотора и синхроног генератора за нови блок Б3 у ТЕ „Костолац Б“.

Аутор или коаутор је на укупно 25 објављених радова. Аутор је рада у научном часопису међународног значаја са SCI листе, категорије M23. Аутор је четири рада у зборницима скупова националног значаја. Коаутор је техничког решења „Регулатор побуде DARP-20 агрегата А1 и А2 у ТЕ „Колубара А““, категорија М 84. Добитник је награде за најбољи рад младог истраживача у секцији Електроенергетика на конференцији Етран одржане у Врњачкој бањи 2-5. јуна 2014. године.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација под насловом „Естимација и предикција термичког стања ротора хидрогенератора и утицај на граничне вредности реактивних снага“ написана је на српском језику ћириличним писмом и има укупно 133 страна. Делови дисертације су:

- насловне стране на српском језику (1 страна) и енглеском језику (1 страна),
- страна са информацијама о ментору и члановима комисије,
- страна са изјавом захвалности,

- стране са подацима о докторској дисертацији на српском језику (1 страна) и енглеском језику (1 страна),
- садржај (2 стране)
- текст рада по поглављима:
 1. Увод (13 страна),
 2. Осврт на проблематику загревања и хлађења синхроних генератора и начине мерења и одређивања температуре ротора (25 страна)
 3. Развој термичког модела намотаја ротора хидрогенератора за потребе естимације и предикције термичког стања ротора (32 стране),
 4. Системи за мерење и естимацију температуре намотаја ротора на реалном хидрогенератору (18 страна),
 5. Верификација развијеног спрегнутог термичко-електричног модела намотаја ротора хидрогенератора на основу експерименталних мерења на реалном хидрогенератору (19 страна),
 6. Закључак (3 стране),
 7. Прилози (6 страна)
- списак литературе (4 стране),
- биографија аутора (1 страна),
- Изјава о ауторству (1 страна),
- Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада (1 страна) и
- Изјава о коришћењу (2 стране)

Дисертација садржи 86 слика, 6 табела и 85 једначина. Списак литературе садржи 88 библиографских јединица наведених по редоследу цитирања у тексту дисертације.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У првом уводном поглављу је истакнут значај термичког капацитета ротора хидрогенератора и његов утицај на граничне вредности реактивних снага. Приказан је значај и начини мерења температуре делова синхроног генератора. Описане су методе мерења температуре намотаја ротора хидрогенератора и извршен је детаљан приказ индиректне и директне методе мерења кроз преглед доступне литературе. На крају, у овом поглављу су описане предности и мане индиректне и директне методе мерења температуре намотаја ротора хидрогенератора.

У другом поглављу су приказани основни конструктивни делови и извори топлоте у ротору хидрогенератора. Поред тога, у овом поглављу дат је теоријски осврт на начине простирања топлоте и издвојени су најбитнији начини простирања топлоте унутар хидрогенератора, с посебним освртом на ротор хидрогенератора. Како је генерисану топлоту унутар хидрогенератора потребно одвести да не би дошло до прегревања активних делова хидрогенератора, приказана је улога и извршена подела расхладних система хидрогенератора.

У трећем поглављу је развијен спрегнути термичко-електрични модел намотаја ротора хидрогенератора применом метода коначних разлика. Модел је заснован на решавању великог броја парцијалних диференцијалних једначина провођења топлоте *Gauss-Seidel*-овом методом. У овом поглављу развијен је и алгоритам за одређивање температуре намотаја

ротора хидрогенератора решавањем претходно развијеног спрегнутог термичко-електричног модела. На крају поглавља, анализиран је утицај термичког стања ротора на граничне вредности реактивних снага. Приказани су начини подешавања адаптивног лимитера максималне струје побуде (ротора) према расположивом термичком капацитету ротора и његова координација са заштитом од надпобуде хидрогенератора.

У четвртном поглављу приказана су два развијена модела за естимацију средње температуре намотаја ротора хидрогенератора на основу мерења електричних величина и температура. У овом поглављу описане су две методе за мерење температуре намотаја ротора реалног хидрогенератора, индиректна и директна, као и уређаји засновани на овим методама који су имплементирани у електрони. Приказани су експериментални резултати мерења из огледа загревања хидрогенератора у ХЕ „Пирот“ и они су употребљени за верификацију развијених естиматорских модела. На крају поглавља приказана је анализа робустности развијених естиматорских модела.

У петом поглављу приказана је верификација развијеног спрегнутог термичко-електричног модела намотаја ротора хидрогенератора на примеру реалног хидрогенератора. У ту сврху коришћени су резултати експерименталних мерења снимљени током спровођења огледа загревања хидрогенератора у ХЕ „Пирот“. Развијени модел омогућава добијање комплетне термичке слике намотаја ротора хидрогенератора. На основу развијеног алгоритма могуће је одредити средњу вредност температуре као и вредност и тачну позицију температуре најтоплије тачке намотаја ротора. Развијен је модел за одређивање температуре најтоплије тачке намотаја ротора на основу средње вредности температуре намотаја и вредности струје ротора.

У шестом поглављу тј. Закључку је систематски дат приказ научног доприноса развијеног комбинованог спрегнутог термичко-електричног модела намотаја ротора хидрогенератора, развијених естиматорских модела за одређивање средње вредности температуре намотаја ротора и развијеног алгоритма за одређивање температуре намотаја ротора заједно са њиховим предностима и практичним значајем. На крају шестог поглавља дате су смернице за будућа истраживања.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Промена архитектуре електроенергетског система подразумева све веће учешће обновљивих извора у производњи електричне енергије. Непредвидивост и интермитентни рад су главне особине обновљивих извора енергије које директно утичу и на начин рада конвенционалних производних јединица, па и хидрогенератора. Од њих се захтева да буду флексибилнији у циљу очувања стабилности система. Повећан број старт-стоп циклуса и потреба за чешћим променама оптерећења повећавају термички стрес на делове хидрогенератора. Познавање термичког стања ротора хидрогенератора је од кључног значаја за могућност краткотрајног рада изван дозвољене радне области дефинисане погонским PQ дијаграмом.

У циљу унапређења естимације и предикције термичког стања ротора хидрогенератора и утицаја на граничне вредности реактивних снага, кандидат је развио комбиновани спрегнути термичко-електрични модел намотаја ротора хидрогенератора базиран на методи коначних разлика који омогућава увид у комплетну термичку слику намотаја ротора. У оквиру анализе утицаја термичког стања ротора на граничне вредности реактивних снага кандидат је развио алгоритам за адаптивно подешавање лимитера максималне струје ротора који се базира на коришћењу целокупно расположивог термичког капацитета ротора, а у циљу повећања захтеване флексибилности хидрогенератора у надпобуђеним режимима рада.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Докторска дисертација садржи 88 библиографских референци које су наведене по редоследу цитирања у тексту. С обзиром да је у дисертацији представљен осврт на проблематику загревања и хлађења синхроних генератора, начине мерења и одређивања температуре ротора хидрогенератора као и утицаја термичког стања ротора на граничне вредности реактивних снага, референце датирају од средине XX века до пре неколико година. Међу цитираним референцама су и IEEE и IEC стандарди из области обртних електрични машина и побудних система синхроних генератора који се односе на начине и значај мерења температуре ротора и утицај на погонска реактивна ограничења. Из области термичког моделовања и начина мерења и одређивања температуре ротора хидрогенератора цитирани су актуелни радови објављени у међународним часописима и саопштени на међународним конференцијама, укључујући и радове на којима је кандидат један од аутора.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Ради формирања новог спрегнутог термичког модела намотаја ротора који омогућава добијање комплетне термичке слике целокупног намотаја било је потребно извршити преглед релевантне литературе и упознати се са начинима мерења и одређивања температуре намотаја ротора хидрогенератора, њиховим предностима и недостацима. Дошло се до закључака који су показали простор за унапређење постојећих модела. Комбиновани спрегнути термичко-електрични модела намотаја ротора развијен је применом метода коначних разлика за решавање тродимензионалне Фуријеове једначине провођења топлоте у анизотропној средини. Модел се заснива на итеративном решавању великог броја једначина Gauss-Seidel-овом методом. Развијен је алгоритам који омогућава одређивање температуре намотаја ротора решавањем развијеног спрегнутог термичко-електричног модела. Резултати експерименталних мерења снимљени током огледа загревања на реалном хидрогенератору су употребљени за верификацију развијеног комбинованог спрегнутог термичко-електричног модела намотаја ротора хидрогенератора. На основу верификованог модела развијен је метод за одређивање температуре најтоплије тачке намотаја ротора на основу средње температуре намотаја ротора и вредности струје побуде (ротора).

3.4. Применљивост остварених резултата

Сврха развијеног спрегнутог термичко-електричног модела намотаја ротора хидрогенератора је да омогући увид у комплетну термичку слику намотаја ротора чиме се значајно унапређује естимација и предикција термичког стања ротора хидрогенератора. На овај начин уз развијени алгоритам за адаптивно подешавање лимитера максималне струје побуде могуће је обезбедити захтевану флексибилност рада хидрогенератора у условима великог прилива обновљивих извора енергије. Развијени термички модел се може користити у електрани као део комплексног експертског система који би вршио надзор термичког стања ротора, детекцију евентуалног прегревања, доносио одлуке о дозвољеном краткотрајном преоптерећењу по струји ротора према расположивом термичком капацитету уз преподешавање лимитера максималне струје побуде и електричних заштита генератора и др. Развијени естиматорски модели могу да унапреде мониторинг термичког стања ротора хидрогенератора и детектују квар једног од мерних система (индиректног или директног) чиме повећавају сигурност и поузданост генератора у експлоатацији.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат Илија Класнић је детаљно испитао проблематику начина мерења и одређивања температуре и термичког моделовања намотаја ротора хидрогенератора током трајања докторских студија. Као резултат тога објављен је рад у међународном часопису на којем је кандидат први аутор. Показао је истрајност у дубљем истраживању термичког моделовања намотаја ротора хидрогенератора и утицаја термичког стања на погонска ограничења и могућности краткотрајног преоптерећења. Кандидат је у дисертацији показао способност повезивања различитих области, од разумевања физичких процеса преко моделовања до закључака применљивих у инжењерској пракси.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

У дисертацији су остварени следећи научни доприноси:

- Развијен је комбиновани спрегнути термичко-електрични модел намотаја ротора хидрогенератора применом модификованог метода коначних разлика за потребе одређивања температуре свих тачака намотаја ротора (температурног поља), средње вредности температуре и вредности и позиције температуре најтоплије тачке намотаја ротора хидрогенератора. Класичан термички модел намотаја се базира на хомогеној густини дисипиране снаге у проводнику. Развијени модел узима у обзир нехомогено температурно поље, одговарајућу нехомогену расподелу проводности проводника одређује последичну нехомогену густину дисипиране снаге у проводнику, те је тиме ближи реалној ситуацији. Развијен је алгоритам за одређивање комплетне термичке слике намотаја ротора хидрогенератора решавањем развијеног комбинованог спрегнутог термичко-електрични модела намотаја ротора хидрогенератора. На основу излаза из алгоритма могуће је проширење погонског дијаграма и преподешавање лимитера максималне струје побуде, електричних заштита генератора (заштита од надпобуде), предикција краткотрајног и дугорочног одржавања ротора хидрогенератора. На тај начин је знатно унапређена естимација и предикција термичког стања ротора и повећана поузданост и расположивост динамичких резерви реактивне снаге.
- Развијена су два естиматорска модела за естимацију средње вредности температуре намотаја ротора хидрогенератора заснованих на реалним мерењима која су стандардно доступна у електрани. Први естиматор је заснован на мерењу температуре хладног ваздуха и директним мерењима температуре са мониторинг система ротора хидрогенератора, а други на мерењима температуре хладног ваздуха, струје ротора и директним мерењима температуре са мониторинг система ротора хидрогенератора. Значај првог естиматора огледа се у чињеници да се средња вредност температуре намотаја ротора одређује без мерења струје побуде па је његова употреба корисна нарочито код синхроних генератора са ротационом безчеткичном побудом, код којих мерење струје ротора није доступно, примена код обновљивих извора енергије. Значај другог естиматора је што као ни први не зависи од мерења напона ротора које уноси велику грешку у одређивању средње вредности температуре намотаја ротора хидрогенератора.
- Развијен је метод за одређивање локације и естимацију температуре најтоплије тачке намотаја ротора који је заснован на верификованом спрегнутом термичко-електричном моделу намотаја ротора хидрогенератора. Развијени метод омогућава естимацију температуре најтоплије тачке намотаја ротора у било којој радној тачки у

стационарном стању уз познавање вредности струје ротора (побуде), назначене вредности струје побуде и средње вредности температуре намотаја ротора одређене индиректним мерењем или на основу развијеног спрегнутог термичко-електричног модела.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Нови спрегнути термичко-електрични модел намотаја ротора хидрогенератора омогућава познавање комплетне термичке слике намотаја ротора. То подразумева познавање средње вредности температуре али и температуре најтоплије тачке као и њене позиције, а управо је она једно од ограничења у индуктивној области рада у оквиру PQ дијаграма хидрогенератора. Заједно са развијеним естиматорским моделима представља значајно унапређење у естимацији и предикцији термичког стања ротора хидрогенератора, повећању поузданости и унапређењу температурног мониторинга хидрогенератора. Развијени алгоритам за адаптивно подешавање лимитера максималне струје ротора омогућава краткотрајно преоптерећење ротора према расположивом динамичком термичком капацитету ротора чиме се повећава флексибилност рада хидрогенератора у надпобуђеном режиму рада према потребама електроенергетског система. То је допринос изучавању термичког моделовања ротора хидрогенератора и утицају термичког стања на погонска реактивна ограничења. Развијени спрегнути термичко-електрични модел и естиматорски модели су верификовани коришћењем експерименталних резултата мерења снимљених током огледа загревања реалног хидрогенератора. У даљем истраживању биће постављени додатни температурни сензори на намотај ротора предметног хидрогенератора на позицијама на којима се на основу развијеног термичког модела очекују максималне вредности температуре. Такође, развијање сложеног динамичког термичког модела који би се извршавао на адекватној хардверској платформи и који би комуницирао са мерно-надзорним системом у електрани био би значајан корак у даљем унапређењу мониторинга термичког стања ротора и повећању флексибилности и поузданости рада хидрогенератора.

4.3. Верификација научних доприноса

Научни доприноси остварени у оквиру докторске дисертације објављени су у следећим публикацијама сврстаним у категорије према Правилнику о поступку, начину вредновања и квантитативном исказивању научно-истраживачких резултата истраживача Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије:

Категорија M21A

1. D. Stojić, M. Milinković, S. Veinović and **I. Klasnić**, "Improved Stator Flux Estimator for Speed Sensorless Induction Motor Drives," in *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 30, no. 4, pp. 2363-2371, April 2015, doi: 10.1109/TPEL.2014.2328617.
2. D. M. Stojic, M. Milinkovic, S. Veinovic and **I. Klasnic**, "Stationary Frame Induction Motor Feed Forward Current Controller With Back EMF Compensation," in *IEEE Transactions on Energy Conversion*, vol. 30, no. 4, pp. 1356-1366, Dec. 2015, doi: 10.1109/TEC.2015.2438093.

Категорија M23

1. D. Stojić, M. Milinković, S. Veinović and **I. Klasnić**, "Novel proportional-integral-resonant current controller for three phase PWM converters," *2016 4th International Symposium on*

2. *Environmental Friendly Energies and Applications (EFEA)*, Belgrade, 2016, pp. 1-4, doi: 10.1109/EFEA.2016.7748788.
3. **I. Klasnić**, J. Dragosavac, Z. Lazarević, "Improved hydrogenerator field winding thermal monitoring," *Thermal Science*, 2023, <https://doi.org/10.2298/TSCI221212036K>

Kategorija M33

1. S. Veinovic, D. Stojic, D. Joksimovic and **I. Klasnic**, "Control of rotary exciter with series and separately excitation windings excitation system of generator a2 at power plant "Kostolac A"," 2017 International Symposium on Power Electronics (Ee), Novi Sad, 2017, pp. 1-5, doi: 10.1109/PEE.2017.8171699.

Kategorija M53

1. **I. Klasnić**, Lj. Nikolić, and Z. Ćirić, "Detekcija i lokalizacija mesta proboja statorskog namotaja hidrogeneratora," *Zbornik radova, Elektrotehnički institut "Nikola Tesla"*, no. 28, pp. 51-58, 2018, doi:10.5937/zeint28-19131I
2. **I. Klasnić**, D. Joksimović, and Z. Ćirić, "Potencijal vratila kod turboagregata," *Zbornik radova, Elektrotehnički institut "Nikola Tesla"*, no. 26, pp. 129-140, 2016, doi: 10.5937/zeint26-12122.
3. **I. Klasnić**, Z. Ćirić, S. Bogdanović, D. Džepčeski, D. Joksimović, and D. Arnautović, "Određivanje pojedinačnih gubitaka i stepena korisnog dejstva generatora," *Zbornik radova, Elektrotehnički institut "Nikola Tesla"*, no. 25, pp. 97-109, 2015, doi: 10.5937/zeint25-9222.
4. Đ. Stojić, M. Milinković, S. Veinović, D. Joksimović, N. Milojević, **I. Klasnić**, and D. Arnautović, "Projektovanje robusnog regulatora pobude na osnovu intervalnog modela generatora," *Zbornik radova, Elektrotehnički institut "Nikola Tesla"*, no. 23, pp. 33-45, 2013, doi: 10.5937/zeint23-4690
5. S. Veinović, Ž. Janda, Đ. Stojić, J. Dragosavac, D. Joksimović, **I. Klasnić**, and M. Đorđević, "Estimacija ugla snage sinhronog generatora," *Zbornik radova, Elektrotehnički institut "Nikola Tesla"*, no. 30, pp. 81-91, 2020, doi: 10.5937/zeint30-29158
6. **I. Klasnić**, D. Belonić, Ž. Janda, J. Dragosavac, and Z. Ćirić, "Estimacija dinamičke termičke margine rotora hidrogeneratora," *Zbornik radova, Elektrotehnički institut "Nikola Tesla"*, no. 32, pp. 101-111, 2022, doi: 10.5937/zeint32-41740.

Kategorija M63

1. **I. Klasnić**, R. Antić, A. Nikolić, M. Bebić, "Simulacija vektorski upravljanoj asinhronog motora napajanoj strujnim inverterom", *Zbornik konferencije ETRAN (2014)*, Vrnjačka banja, Srbija.
2. **I. Klasnić**, J. Dragosavac, Ž. Janda, D. Arnautović, "Grupni regulator reaktivne snage", *Zbornik konferencije ETRAN (2015)*, Srebrno jezero, Srbija.
3. **I. Klasnić**, S. Bogdanović, D. Džepčeski, Z. Ćirić, "Određivanje porasta temperature aktivnih delova revitalizovanog hidrogeneratora iz ogleđa zagrevanja", 34. Savetovanje CIGRE Srbija, Vrnjačka banja, 2019.
4. Z. Ćirić, S. Bogdanović, D. Džepčeski, **I. Klasnić**, D. Joksimović, N. Milojević, D. Arnautović, R. Albijanić, D. Belonić, P. Nikolić, M. Đorđević, Z. Bojanić, "Primopredajna ispitivanja hidrogeneratora A5 u HE "Đerdap 1", 32. Savetovanje CIGRE Srbija, Zlatibor, 2015.
5. D. Joksimović, Z. Ćirić, S. Bogdanović, D. Arnautović, N. Milojević, **I. Klasnić**, D. Belonić, P. Nikolić, M. Đorđević, "Određivanje reaktansi i vremenskih konstanti sinhronog

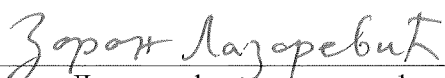
- generatorsa agregata A4 u HE "Đerdap 1" iz snimaka uspostavljanja napona statora nakon isključenja tropolnog kratkog spoja", 32. Savetovanje CIGRE Srbija, Zlatibor, 2015.
6. N. Miložić, Z. Ćirić, D. Joksimović, **I. Klasnić**, M. Đorđević, "Rezultati ispitivanja sistema pobude hidrogeneratorsa snage 211 MVA", 32. Savetovanje CIGRE Srbija, Zlatibor, 2015.
 7. Ž. Janda, J. Dragosavac, **I. Klasnić**, Z. Ćirić, M. Đorđević, Lj. Mihailović, Z. Božović, "Ispitivanja generatorsa B2 u TE "NIKOLA TESLA" u cilju utvrđivanja eksploatacionog pogonskog dijagrama", 34. Savetovanje CIGRE Srbija, Vrnjačka banja, 2019.
 8. D. Ilić, **I. Klasnić**, J. Ponoćko, D. Mihajlović, Lj. Nikolić, S. Milosavljević, D. Arnautović, "Ispitivanje stanja izolacionog sistema mernih transformatora (110kV i više) ultrazvučnom metodom", Zbornik radova konferencije Power Plants, Zlatibor, 2014, Srbija.
 9. J. Ponoćko, D. Ilić, J. Lazić, D. Mihajlović, **I. Klasnić**, Đ. Jovanović, "Procena sadržaja vode u čvrstoj izolaciji energetskih transformatora metodom FDS", Zbornik radova konferencije Power Plants, Zlatibor, 2014, Srbija.
 10. Đ. Stojić, **I. Klasnić**, M. Milinković, S. Veinović, N. Miložić, D. Joksimović, D. Arnautović, "Regulator pobude kućnog agregata u HE "Međuvršje", Zbornik radova konferencije Power Plants, Zlatibor, 2014, Srbija.
 11. S. Veinović, Đ. Stojić, M. Milinković, D. Joksimović, **I. Klasnić**, D. Arnautović, "Modeli rotacione budilice i diodnog mosta u kolu pobude sinhronog generatorsa", Zbornik radova konferencije Power Plants, Zlatibor, 2014, Srbija.
 12. **I. Klasnić**, S. Bogdanović, D. Džepčeski, Z. Ćirić, "Determination of temperature rise of active parts of the revitalized generator from heat run test", CIGRE SCA1 Colloquium, New Delhi, India, 2019.
 13. **I. Klasnić**, D. Ilić, Đ. Jovanović, I. Šuka, D. Kulić, Z. Ćirić, "Fabrička ispitivanja turbogeneratorsa", 35. Savetovanje CIGRE Srbija, Zlatibor, 2021.
 14. I. Jagodić, Z. Ristić, **I. Klasnić**, M. Ristić, "Hlađenje sinhronih generatorsa vodonikom-mere predostrožnosti prema novim standardima i pravilniku", 35. Savetovanje CIGRE Srbija, Zlatibor, 2021.

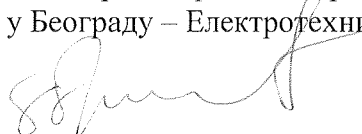
Ф5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ


Током истраживања и рада на дисертацији кандидат је показао висок степен способности за самосталан научно-истраживачки рад. Докторска дисертација садржи оригиналне научне доприносе у виду новог спрегнутог термичко-електричног модела намотаја ротора хидрогенератора за потребе естимације и предикције термичког стања ротора и алгорита за одређивање температуре намотаја ротора хидрогенератора решавањем комбинованог спрегнутог термичко-електричног модела применљивих у инжењерској пракси. Њиховом употребом, као и употребом развијених естиматорских модела за одређивање средње температуре намотаја ротора хидрогенератора заснованих на реалним мерењима могуће је унапредити надзор стања ротора и повећати поузданост и флексибилност хидрогенератора у присутној енергетској транзицији. Наведени резултати објављени су у врхунским међународним часописима и саопштени на угледним међународним конференцијама.

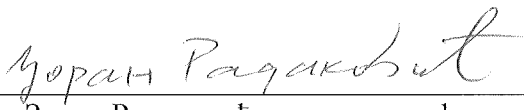
На основу свега наведеног Комисија констатује да су испуњени сви формални и суштински услови предвиђени Законом о високом образовању, Статутом и Правилником о докторским студијама Електротехничког факултета Универзитета у Београду. Комисија има задовољство да предложи Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду да се докторска дисертација под називом „Естимација и предикција термичког стања ротора хидрогенератора и утицај на граничне вредности реактивних снага“ кандидата Илије Класнића прихвати, изложи на увид јавности и упути на коначно усвајање Већу научних облати техничких наука Универзитета у Београду.

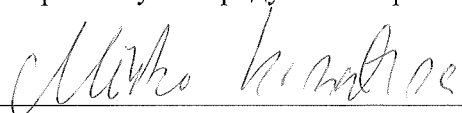
ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ


др Зоран Лазаревић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет


др .Богдан Брковић, доцент
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет


др Жарко Јанда, виши научни сарадник
Универзитет у Београду – Електротехнички институт
Никола Тесла


др Зоран Радаковић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет


др Мирко Коматина, редовни професор
Универзитет у Београду –Машински факултет