

УНИВЕРЗИТЕТ У ПРИШТИНИ
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА
КОСОВСКОЈ МИТРОВИЦИ

ПРИМЛ.	02. 06. 2015
ОРГ. ЈЕД.	
	707/1

**НАУЧНО – НАСТАВНОМ ВЕЋУ ФАКУЛТЕТА ТЕХНИЧКИХ НАУКА У
КОСОВСКОЈ МИТРОВИЦИ**

Предмет: Извештај Комисије са оценом урађене докторске дисертације кандидата мр Уроша Јакшића

На основу члана 62. став 1. тачка 16., члана 142. став 3. и 4. Статута Факултета техничких наука у Косовској Митровици, а у складу са одредбама Правилника о пријави, изради и одбрани докторске дисертације, Наставно-научно веће Факултета техничких наука у Косовској Митровици на седници одржаној 13.05.2015. године, донело је одлуку, којом смо именовани за чланове Комисије за пеглед и оцену урађене докторске дисертације кандидата мр Уроша Јакшића, дипл. инг. електротехнике под насловом:

**“ПРИЛОГ МЕРЕЊУ НАПОНА И СТРУЈА УЗ ПРИМЕНУ МАТРИЧНИХ
ТРАНСФОРМАЦИЈА И ПРЕПОЗНАВАЊЕ СИМЕТРИЧНИХ КОМПОНЕНТИ”**

Научно-Наставном Већу ФТН у Косовској Митровици, на основу увида у приложену документацију кандидата, Комисија подноси следећи:

ИЗВЕШТАЈ

1. БИОГРАФСКИ ПОДАЦИ КАНДИДАТА

Урош Јакшић је рођен 11.11.1974. године у Косовској Митровици, Република Србија. Основну школу је завршио са одличним успехом 1989. године у Зубином Потоку. Средњу школу-гимназију, природно-математички смер, завршио је такође са одличним успехом у Зубином Потоку. Електротехнички факултет у Приштини, смер Електроника и телекомуникације, уписао је 1993. године.

Урош Јакшић је дипломирао 07.04.2000. год., на смеру електроника и телекомуникације, а дипломски рад из предмета дигиталне телекомуникације је одбранио са одличном оценом 10 (десет). Кандидат се служи енглеским и руским језиком. После-дипломске студије је уписао 2001. и завршио 17.10.2005. године на Факултету техничких наука у Косовској Митровици на смеру Електроенергетски системи и високонапонска постројења успешном одбраном магистарске тезе под насловом *“Координација и избор параметара релејне заштите која делује у два разводна постројења повезана двоструким водовима”* са средњом оценом 9,12 (девет целих и 12/100).

По завршетку студија, 2000. године кандидат се запослио у Средњој Техничкој школи у Зубином Потоку као наставник у којој је остао на служби до краја 2005. године. У јануару 2006. године изабран је на радно место предавача на студијским програмима енергетика и менаџмент у електротехници на Високој техничкој школи струковних студија у Звечану на коме се и сада налази.

У том периоду, изводи наставу из предмета: Електрична мерења, Релејна заштита, Аутоматско управљање и Електротехника. Једно од истакнутих ангажовања на ВТШСС у Звечану је формирање лабораторије за електротехнику. Кандидат је заједно са ментором и другим колегама објавио већи број радова који су изложени и публиковани у Научним часописима међународног значаја, Зборницима међународних научних скупова, Саопштења са међународних скупова штампаних у изводу, Часописа националног значаја, Радова у научним часописима и Зборницима скупова националног значаја.

У педагошком раду самостално је израдио планове и програме предмета, припремио и објавио више ауторизованих скрипти, практикума за лабораторијске вежбе и два уџбеника: Електротехника и Енергетски претварачи. Од 2006. године је руководио лабораторије за Електротехнику и Електрична мерења.

Од 2006. године је у звању предавача запослен на Високој техничкој школи струковних студија у Звечану. У међувремену мр Урош Јакшић је на ВТШСС у Звечану реизабран у звање предавача и сада предаје следеће предмете:

- Електрометрологију, (Основне струковне студије)
- Релејну заштиту, (Основне струковне студије)
- Електротехнику, (Основне струковне студије)
- Електротехнику и заштиту, (Основне струковне студије)
- Управљање квалитетом у електротехници (Основне струковне студије) и
- Управљање елементима електроенергетских системима (Специјалистичке струковне студије)

Мр Урош Јакшић је ожењен, има два сина и живи у Зубином Потоку.

1.1. ПРИКАЗ ПРЕДМЕТА ИСТРАЖИВАЊА У ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ

Транзиентни процес који представља сложено електромагнетно стање у електричним мрежама, постројењима и уређајима, описан је величинама које знатно одступају од стандардних. Разликују се краткотрајни процеси, који настају због кратких спојева или због прекида фаза и елиминишу их заштитни уређаји, и дуготрајни који могу настати услед различитих вредности параметара на уређају или у мрежи којој припадају: непотпуни фазни режими и укључења несиметричних и нелинеарних оптерећења.

Постизање жељеног стања и предвиђених промена у постројењу или делу мреже одвија се на основу података о тренутном стању величина и података. То значи да треба, на основу мерног процеса према изабраном методу и на основу мерних резултата, остварити дијагностику стања у коме се део електричне мреже или постројења налази и затим реализовати предвиђене активности.

У оквиру рада истражене су две могућности мерења:

1. Мерење фазних величина или
2. Мерење симетричних или неких других компоненти које су присутне у фазним величинама у различитим режимима рада електричних мрежа.

Класични мерни поступци који се односе на мерење фазних електричних величина у електроенергетским мрежама су добили на квалитету кроз примену дигиталних мерних поступака и инструмената. Дијапазон примене нове рачунарске технологије је проширен на све домене електроенергетике.

Предмет истраживања у овом раду су мерења симетричних компоненти. До сада развијени, класични методи мерења симетричних компоненти у управљању, мерењима и заштити засновани су на примени класичних метода мерења са класичним мерним претварачима и филтрима. Недостајали су и критеријуми и поступци за корекцију рада мерних чланова и филтара у којима се детектују појаве несиметрија по принципу препознавања симетричних компоненти.

Мерни системи који детектују фазне величине или симетричне компоненте у електроенергетским мрежама морају да садрже две групе елемената: 1. Претварачки део којим се интересантне величине свде на нивое мерљивих и 2. Део за непосредну регистрацију-инструменте. Разлика мерних система са симетричним компонентама у односу на мерне системе са фазним величинама је у додатку-филтру којим се из спектра интересантних бирају вредности интересантне за детекцију.

Сматрајући перспективним мерни систем у коме се непосредно мере симетричне компоненте, кандидат је компаративним приступом утврдио заједничке карактеристике са класичним мерним поступком, а затим истражио особености њиховог комплетног вредновања, прорачуна и мерења.

Указане околности условиле су актуелност развоја поступака и начина који ће, применом нових мерних претварача и филтара, омогућити да они буду упоредиви са класичним мерним поступцима у погледу осетљивости и мерних несигурности. Линеаризација претварачких функција мерних трансформатора и побољшање карактеристика филтара омогућила би њихову примену у мерењима и заштити у електроенергетским мрежама.

Осврт на научни циљ дисертације

Развој и истраживање метода за мерење симетричних компоненти струја и напона у електроенергетским мрежама, умањење мерних несигурности и непожељних утицаја као што су утицаји виших хармоника, представљање тих утицаја кроз прорачуне који доводе до нових мерних система који по метролошким карактеристикама не заостају за класичним мерним системима у којима су детектоване фазне величине. Пројектовање савременог мерног уређаја заснованог на мерењу симетричних компоненти.

Испитивање мерне несигурности које у алгоритам уносе коришћени филтри симетричних компоненти.

Испитивање могућности за писање довољно тачног алгоритма за реализовање мерних и заштитних система у којима су улазне величине непосредно симетричне компоненте напона и струја у делу мреже или постројења. Утврђивање стохастичког карактера несиметрија и кварова.

Анализа постојећих и развој филтера симетричних компоненти заснованих на новим енергетским технологијама. Предлог за примену филтера симетричних компоненти у заштити и мерењу свих несиметричних компоненти у деловима мрежа и постројења.

Осврт на основне хипотезе, примењене методе и апликацију резултата

У прикупљању информација о стању електричне мреже у неком прелазном процесу је мерење интересантних величина. Само мерење се реализује кроз утврђивање реалних фазних вредности електричних величина што је у случају кварова веома тешко. Сложени прорачуни засновани на методи симетричних компоненти могу да се остваре уз подршку савремених рачунарских система а сам процес естимације стања у

случају кварова са сложеним алгоритмима. Из алгоритама следи и процесирање тј. дигитална обрада сигнала који се имплементирају у релејну заштиту.

Аквизација (прикупљање) података остварује се мерењем или сигнализацијом фазних вредности при чему се затим одвијају сложени прорачуни углавном засновани на методи симетричних компоненти и на крају дигитална обрада сигнала који представљају фазне вредности.

До сада развијени поступци у релејној заштити потврдили су могућност реализације мерења уз помоћ нултих компоненти и извесну предност које овако развијени системи имају.

То указује и на другу хипотезу да се по овом принципу за мерења непосредно могу користити и директна и инверзна компонента кроз довољно тачне развијене теоријске поступке (алгоритме) и уређаје (различите филтере).

Развијени алгоритам има карактер универзалности-једнако је применљив за реализацију мерних и заштитних система.

Развој поступка за мерење симетричних компоненти у електричним мрежама и примена теорије осетљивости у анализи тачности развијених поступака.

За реализацију задатка користили су се теоријски, експериментални и поступци симулације на рачунару. Теоријски поступак је углавном заснован на методи симетричних компоненти и методи планирања експеримента.

Експерименталне резултате добили смо кроз одговарајуће мерне методе и њима припадајуће тестове, а компарацију резултата остварили у односу на симулациони модел развијен у апликационом софтверу на рачунару.

Резултати добијени истраживањем у дисертацији могу се применити у управљању, мерењима и заштити делова мрежа и постројења у случају различитих поремећаја, а посебно несиметрија у електричној мрежи или на елементима те мреже.

Познато је да се у општем случају неуревнотежени трофазни систем настао у стању поремећаја може математички пресликати у произвољни (не обавезно симетрични) систем вектора који се односи на неке нове компоненте u , v , w , при чему за прелаз из једног система у други служе матрице трансформације.

За референтни метод у докторској дисертацији је изабран метод симетричних компоненти у коме се помоћу матрице трансформације остварује разлагање несиметричног трофазног система реалних фазних вредности на три симетрична система: директног, инверзног и нулног редоследа, који су међусобно независни. У таквом систему је, по предлогу аутора, могуће дефинисање и налажење општих и посебних решења за настали процес поремећаја у мрежи или на њеним елементима.

2. ПУБЛИКОВАНИ РАДОВИ КАНДИДАТА

Докторска дисертација се ослања на следеће важне радове: 2.1, 2.2, 2.3, 2.6, 2.9, 2.12, 2.24, 2.28, и 2.32. у којима су приказани резултати истраживања.

Остале публикације изван датих бројева квалификују кандидата као истраживача од кога се могу очекивати резултати одређеног нивоа вредности:

Радови објављени у научним часописима међународног значаја

Рад у истакнутом међународном часопису

M22 = 6 бола

- 2.1. U. Jaksic, N. Arsic, I. Fetahovic, K. Stankovic, Analysis of Correlation and Regression Between Particle Ionizing Radiation Parameters and the Stability Characteristics of Irradiated Monocrystalline Si Film, Nuclear Technology & Radiation Protection, Scientific paper, DOI: 10.2298/NTRP1402123J, Year 2014, Vol. 29, No. 2, pp. 123-127.

Рад у међународном часопису

M23 = 3 бола

- 2.2. N. Markovic, S. Bjelic, U. Jaksic, Z. Bogicevic, **Graphical zero-sequence cut-offs method of determining of fault to earth in electrical lines**, pg 73-76, IEEE Catalog Number: CFP08481-PRT, ISBN: 978-1-4244-2903-5, 9th Symposium on Neural Network Applications in Electrical Engineering, Neurel-2008, Faculty of Electrical Engineering, University of Belgrade, Serbia, September 25-27, 2008.
- 2.3. U. Jakšić, N. Marković, S. Bjelić, **Inertia (slowness) of zero order components filter**, T170 electronics, Electronics and electrical engineering, ISSN 1392-1215 2009. No. 6(94), Elektronika ir elektrotechnika Signal technology, Lithuania, Journal archive-2009. No. 6 (94), page 99-105.
- 2.4. S. Bjelić, U. Jakšić, N. Marković, **Informatical model of the system of automatic breakdown control in energetic systems**, T190 electronics, Electronics and electrical engineering, ISSN 1392-1215 2010. No. 1(107), Elektronika ir elektrotechnika, Signal technology, Lithuania, Journal archive-2011. No. 1(107), page 87-92.
- 2.5. N. Marković, S. Bjelić, U. Jakšić, M. Vujičić, **Development of new measuring systems based on symmetric components in electric networks**, T120 electronics, Electronics and electrical engineering, ISSN 1392-1215 2010. No. 8(104), Elektronika ir elektrotechnika, Signal technology, Lithuania, Journal archive-2010. No. 8(104), page 57-62.
- 2.6. S. Bjelić, N. Marković, U. Jakšić, J. Živanić, **Selection of linear filter elements parameters for measuring of voltage and currents components of direct and inverse order**, PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY, ISSN 0033-2097, R. 89 NR 1a/2013, page 172-176.
- 2.7. N. Marković, S. Bjelić, J. Živanić, U. Jakšić, **Numerical simulation and analytical model of electrical arc impedance in the transient processes**, PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY, ISSN 0033-2097, R. 89 NR 2a/2013, page 113-117.

Зборници међународних научних скупова

Саопштење са међународног скупа штампано у целини

M33 = 1 бол

- 2.8. U. Jaksic, S. Tonic, S. Bjelic, V. Mladenovic, M. Vujicic, **The capacitance coupling like alternative to inductance for measurement symmetrical currents components in electrical networks**, EMS problem, 8th International conference on applied electromagnetics, Faculty of Electronic Engineering of Nis, University of Nis, Serbia, PES 3-5 Septembar 2007.

- 2.9. U. Jakšić, V. Mladenović, S. Bjelić, **The voltage dependence of control symmetrical components of the output of the distant current'sonde**, str. 15-20, ELECTRONICS' 2006, BOOK 4, Electronic Systems in Measurement and Control, ISBN 954-438-567-3, 20-22 September, Sozopol, BULGARIA, Contents of proceedings electronics 2006, <http://ecad.tu-sofia.bg>
- 2.10. U. Jakšić, S. Bjelić, N. Marković, M. Vujičić, **Projection of dependable system for transmission of information in power system with the review on plc system**, стр. 381-388 ISBN 978-86-86355-11-9, ICDQM-2012 (International Conference Dependability and Quality Management), 3rd DQM International Conference, Life cycle engineering and management, Belgrade, Serbia, June 28-29. 2012.

Саопштење са међународног скупа штампано у изводу **M34 = 0.5 бода**

- 2.11. С. Бјелић, Н. Марковић, У. Јакшић, **Упрошћени поступак за прорачун утицаја термичких губитака на смањење техничког века електричне опреме**, стр. 28, ISBN 978-86-7877-022-7, COBISS.SR-ID 184481804, IEEP '11, Трећа регионална конференција Индустриска енергетика и заштита животне средине у земљама југоисточне Европе, Зборник апстраката, Book of abstracts, Serbia, Кораоник, МК Mountain Resort, June 21-25, 2011.

Часописи националног значаја

Рад у часопису националног значаја

M52 = 1,5 бод

- 2.12. У. Јакшић, С. Бјелић, Н. Марковић, **Развој активних и пасивних метода за аквизицију значајних вредности у нисконапонским електричним мрежама**, XII научно-стручни скуп са међународним учешћем "Актуелни проблеми механизације пољопривреде 2008" стр. 17-23, Пољопривредна техника бр. 4, ISSN 0554-5587, УДК 631 (059), ДПТ-2008, 12. децембар 2008.
- 2.13. С. Бјелић, Н. Марковић, У. Јакшић, **Уређаји са симетричним компонентама за смањење несиметрије фазних напона у нисконапонским електричним мрежама**, XII научно-стручни скуп са међународним учешћем "Актуелни проблеми механизације пољопривреде 2008" стр. 9-15, Пољопривредна техника бр. 4, ISSN 0554-5587, УДК 631 (059), ДПТ-2008, 12. децембар 2008.

Рад у научном часопису

M53 = 1 бод

- 2.14. Н. Марковић, У. Јакшић, С. Бјелић, М. Вујичић, **Утицај грешака мерних трансформатора, веза и кварова и спојних водова на тачност мерења електричних величина у електричним мрежама**, Иновације и развој, Институт за рударство и металургију, стр. 91-100 YU ISSN 0353-2631, УДК 621.314.2.(0.45)=861, бр. 2, Бор, година 2010.
- 2.15. Н. Марковић, С. Бјелић, У. Јакшић, **Прорачун утицаја термичких губитака на смањење времена експлоатације енергетског трансформатора**, Иновације и развој, Институт за рударство и металургију, стр. 75-86 YU ISSN 0353-2631, УДК 621.314.21: 621.3.04(0.45)=861, бр. 1, Бор, година 2011. (оригинални научни рад)

- 2.16. Н. Марковић, С. Бјелић, У. Јакшић, Ј. Живанић, **Шема уређаја за корекцију несиметрија напона**, Иновације и развој, Институт за рударство и металургију, стр. 77-86 YU ISSN 0353-2631, УДК 621.3.06(0.45)=861, бр. 2, Бор, година 2011.
- 2.17. С. Бјелић, Н. Марковић, Ј. Живанић, У. Јакшић, **Напајање m-фазних трансформатора из мреже са несиметричним трофазним системом напона**, Иновације и развој, Институт за рударство и металургију, стр. 69-78 YU ISSN 0353-2631, УДК 621.314.25(045)=861, бр. 1, Бор, година 2012.

Зборници скупова националног значаја

Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини M63 = 0.5 бода

- 2.18. В. Младеновић, У. Јакшић, **Избор каблирања аудио-видео система**, стр. 543-547, УДК: 621.398, Стручни рад, 13-16. Април, Чачак, ТОС 2006.
- 2.19. С. Бјелић, В. Младеновић, У. Јакшић, **Уређаји у системима за заштиту од кратких спојева и струјних удара великих струја и преоптерећења**, стр. 543-547, УДК: 621.316.52, Стручни рад, 13-16. Април, Чачак, ТОС 2006.
- 2.20. У. Јакшић, В. Младеновић, **Аналоги и дигитални модули за системе мерења**, стр. 554-558, УДК: 621.317, Стручни рад, 13-16. Април, Чачак, ТОС 2006.
- 2.21. S. Bjelic, U. Jaksic, N. Markovic, **Multi-sliced-level type phase-comparison carrier relaying system for multi-terminal lines**, pg 585-588, 16th Telecommunications Forum, TELFOR 2008, IEEE Co-organized Conference 25th to 27th of November 2008, Sava Center, Belgrade, Serbia.
- 2.22. С. Бјелић, Н. Марковић, У. Јакшић, М. Вујичић, **Информатичка анализа рада електроенергетских система у високом образовању**, стр. 372-377, УДК: 004:621.31(075.8), Стручни рад, ISBN 978-86-7776-105-9, COBISS.SR-ID 175070220 Мај, Чачак, ТИО 2010.
- 2.23. У. Јакшић, Н. Марковић, С. Бјелић, **Моделовање и управљање у енергетским системима на мастерс нивоу**, стр. 378-383, УДК: 004.9:621.31, Стручни рад, ISBN 978-86-7776-105-9, COBISS.SR-ID 175070220 Мај, Чачак, ТИО 2010.
- 2.24. С. Бјелић, Д. Матић, У. Јакшић: **Мерне несигурности програмабилних дистантних мерних чланова**, стр. 130-135, УДК 621.316:004.382.7, ISSN 0354-835X, ВТШ Пожаревац 2006, оригиналан научни рад
- 2.25. У. Јакшић, С. Бјелић, Н. Марковић, **Утицај карактеристика конзума и несиметрија на концепцији дистрибутивне трафостанице**, стр. 138-147, ISSN 1542-8029, COBISS.SR-ID 138409484, ВТШ Урошевац, Звечан, 2006.
- 2.26. S. Bjelić, N. Marković, U. Jakšić, **Electrical distribution network supervisory control and protection**, str. 167-175, ISSN 1542-8029, COBISS.SR-ID 138409484, VTŠSS Uroševac, Zvečan, 2008.
- 2.27. Н. Марковић, С. Бјелић, У. Јакшић, **Зависност напона на излазу дистантних струјних сонди од симетричних компоненти контролисане струје**, стр. 3-10, ISSN 2217-4362, COBISS.SR-ID 180514828, ВТШСС Урошевац, Звечан, 2010.
- 2.28. У. Јакшић, С. Бјелић, **Дигитални део поступка за мерење симетричних компоненти струја и напона у трофазним мрежама**, стр. 76-81, ISSN 2217-4362, COBISS.SR-ID 180514828, ВТШСС Урошевац, Звечан, 2010.

- 2.29. У. Јакшић, С. Бјелић, Н. Марковић, **Перспективе енергије и модула енергетика у информатичко-логичком моделу науке**, рад 2.18, стр. 163-171, УДК: 37::620.9, Стручни рад, ISBN 978-86-7776-138-7, COBISS.SR-ID 191226636, 1-3. Јун, Чачак, ТИО 2012.
- 2.30. Н. Марковић, С. Бјелић, Ј. Живанић, У. Јакшић, **Пасивни енергетски филтар у претварању/инвертору**, стр. 43-53, ISSN 2217-4362, COBISS.SR-ID 180514828, УДК: 621.372.54:621.314.57, ВТШСС Урошевац, Звечан, 2012.
- 2.31. В. Милићевић, С. Бјелић, Н. Марковић, У. Јакшић, **Симулација прелазних процеса у дистрибутивним мрежама средњег напона (10-35 kV)**, стр. 83-93, УДК: 621.316.027.6:519.876.5, Стручни рад, Часопис из области економије, менаџмента и информатике "БизИнфо" Година 2014, годиште 5, број 1, ВПШСС Блаце, 2014.
- 2.32. S. Bjelić, N. Marković, U. Jakšić, J. Živanić, **The filters frequent characteristics in measuring elements of relay protection**, pg 773-776, DOI: 10.1109/TELFOR.2014.7034520, 22nd Telecommunications Forum, TELFOR 2014, IEEE Co-organized Conference 25th to 27th of November 2014, Sava Center, Belgrade, Serbia.

3. СТРУКТУРА И ОБИМ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Докторска дисертација "Прилог мерењу напона и струја уз примену матричних трансформација и препознавање симетричних компоненти" је писана српским ћириличним писмом и садржи 175 страница, 3 алгоритма, (92+32) слика и (19+2) табела при чему је писани део сврстан у уводу, три поглавља, закључку, прилогу и списку од 63 референце. Поглавља носе наслове:

1. Преглед и систематизација познатих класичних метода за мерење напона и струја и метода за мерење симетричних компоненти напона и струја.
2. Развој метода за мерење напона и струја заснованог на препознавању симетричних компоненти и примену матричних трансформација.
3. Развој математичког модела и алгоритма уређаја са филтром симетричних компоненти и прилози

У уводу је образложена актуелност теме истраживања, формулисани су циљ и задаци дате опште карактеристике реализације задатака, основне претпоставке које се односе на предмет истраживања у докторској дисертацији. Образложено је зашто је за мерење електричних величина потребно користити симетричне компоненте струја и напона.

Класични методи за мерење струја и напона у електричним мрежама су лимитирани мерном опремом и прелазним процесима и компликацијама у вези са одређивањем импедансе квара или дефинисањем параметара несиметричних режима. Ако се појави квар или несиметрија није могуће трајно упрошћавање и коришћење релација које повезују напоне, струје и импедансе делова електричних мрежа што значи да се не може остварити ни потребна мерна осетљивост фазних компоненти. После приказа, у литератури познатог, векторског метода у другом поглављу, представљен је савршенији метод вредновања, прво метод прорачуна а затим и метод мерења симетричних компоненти напона и струја при различитим кваровима или несиметријама. Приказан је и развој активних и пасивних метода за аквизицију значајних вредности у електричним мрежама, формулисан алгоритам за идентификацију места квара и дефинисани активни филтри електричних компоненти.

Теоријски опис је поткрепљен експерименталним доприносима ради уврђивања утицаја грешака мерних трансформатора, утицаја погрешних веза и кварова и на крају утицаја спојних водова на тачност мерења електричне енергије.

Аутор је користећи претпоставку да, ако се у уређају оствари трансформација и ротација фазних компоненти, исти уређај може да се примени за мерење симетричних компоненти. Зато је потребно да кроз уређај протече струја директно сразмерна али не и једнака са контролисаном компонентом да би ефекат остале две компоненте био елиминисан. Потврђена је и хипотеза да се ротацијом вектора постиже тачнија трансформација компоненти и избегавају непотребне компликације у уређају.

У дисертацији су, у зависности од коришћених елемената истражени пасивни, активно-индуктивни, активно-капацитивни и трансформаторски филтри.

Први део дисертације обухвата анализу и систематизацију метода за мерење симетричних компоненти струја и напона као и анализу критеријума значајних за њихове нормалне функције и тачност. У овом поглављу дати су и принципи мерења симетричних компоненти. Извршена је систематизација постојећих мерних метода за мерење активних електричних величина у електричним мрежама, испитане су карактеристике и могућности мерних чланова у оквиру класичних и потенцијалних мерних система за мерење напона и струја и анализирани активни филтри електричних компоненти. Размотрени су утицаји виших хармоника чија појава има стохастички карактер. Истражени су филтри симетричних компоненти и сви аспекти њихове примене а посебно су размотрени филтри струја инверзног и директног редоследа.

У другом поглављу су размотрени општи математички модели за теоријску анализу и систематизацију несиметричних појава у електричним мрежама које су од утицаја на метролошке карактеристике система мерни претвараач-филтар, вредновање (естимација) несиметричних појава под утицајем виших хармоника а такође су развијени графички поступци за одређивање струјне и напонске несиметрије. Приказани су перспективни поступци за решење ове групе задатака и опис, подела и тестирање метода заснованих на уведеном алгоритму у различитим случајевима несиметричних оптерећења у електричним мрежама.

Сва несиметрична оптерећења у електричним вишефазним мрежама су у основи карактерисана симетричним компонентама струја и напона. Симетричне компоненте се могу одредити на два начина:

- индиректно, на основу познатих вредности струја или напона а сам поступак је математички, аналитички или графички,
- директно, мерењем симетричних компоненти струја или напона.

У оба поступка, који су познати као класични принципи мерења веома је важно установити да ли су системи уравнотежени.

У овом делу је приказан развијени поступак мерења симетричних компоненти и одређивање параметара значајних за мерење несиметричних оптерећења. У овом делу је формализован дијаграм процедуре мерења а приказани су и образложени нови поступци за мерење струјних и напонских несиметрија структурне шеме мерних система.

Наведена су два захтева при избору филтара: основни добијање задате зависности модула коефицијента преноса (преносне функције) од фреквенције-амлитудно фреквентне карактеристике електричног кола и допунски за разматрање утицаја дужине трајања сопственог прелазног процеса на карактеристику. Синтеза филтра је решена у две етапе:

- у првој етапи -апроксимација- реализују се функције кола по критеријуму блискости у односу на задату карактеристику кола.
- у другој етапи -реализација- бира се шема са којом је могуће реализовати, са задатим степеном тачности; за добијену функцију прорачунати параметре

пасивних елемената и увести дозвољене предпоставке у вези са разматрањем параметара и неопходних регулационих елемената.

Посебно је приказан развој дигиталног мерног поступка заснованог на мерењу симетричних компоненти у трофазним мрежама као и мерне несигурности у поступку вредновања симетричних компоненти.

Као основа за конструкцију дигиталних мерних система симетричних компоненти узет је алгоритам за израчунавање симетричних компоненти добијен у поступку превођења тренутних фазних вредности или линеарних електричних величина трофазне мреже. То се посебно односи на варијанту у којој се за конструкцију дигиталног мерног система користе тренутне вредности напона и струја инверзног редоследа или фазна односно амплитудна компарација вредности које зависе од струја и напона инверзног редоследа.

На крају рада су закључак и списак коришћене литературе.

4. ОЦЕНА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ И АУТОВОИ ДОПРИНОСИ

Комисија закључује да докторска дисертација мр Уроша Јакшића, дипл. инж. има квалитете истраживачког рада, да садржи оригиналне резултате и научне доприносе у области мерних система у електричним мрежама који су у предњем делу извештаја образложени. Основни резултати теоријских, практичних и експерименталних истраживања у дисертацији своде се на:

- Верификацију нових развијених поступака за мерење симетричних компоненти активних електричних величина у електроенергетским мрежама.
- Формулисан нов приступ за смањење мерних несигурности у математичком моделу који ће омогућити корекције мерних поступака.
- Показано је да се несиметрије у дистрибутивној мрежи могу брже мерити непосредним мерењем симетричних компоненти по утврђеном редоследу.
- Уведене су нове мерне методе које су као и класичне засноване на дигиталном процесирању али уз доминантну улогу филтара симетричних компоненти.
- Пројектована је и конструисана струјна мерна сонда ради детектовања симетричних компоненти струја са електричном величином напона на излазу.
- Истражене су и типизирани конструкције филтара компоненти инверзног редоследа који би били реализовани са реактивним елементима као и негативни утицаји на метролошке карактеристике ових филтара.
- У истраживачком поступку развијени су математички и симулациони модели засновани на матричним трансформацијама, а добијени резултати су публиковани и представљени научној и стручној јавности.

Изложени резултати су публиковани у научним часописима међународног значаја M22, M23, у зборницима међународних научних скупова и часописима националног значаја.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ КОМИСИЈЕ

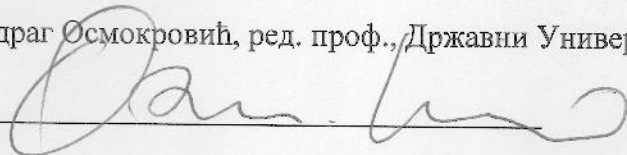
На основу извршеног увида у докторску дисертацију мр Уроша Јакшића, Комисија сматра да дисертација садржи оригиналне научне доприносе, који се односе на развој нових поступака за мерење активних електричних величина као што су симетричне компоненте напона и струја у електроенергетским мрежама. Резултати истраживања су од значаја са научног становишта јер представљају нов приступ решавању проблема вредновања и мерења симетричних компоненти. Део резултата је верификован кроз мерења у дистрибутивној електричној мрежи а део у постројењу хидроелектране. Резултати су публиковани у међународним часописима или реферисани на међународним научним скуповима у земљи и иностранству.

С обзиром на актуелност проблематике која је обрађена и остварене резултате, чланови Комисије предлажу Наставно-научном већу Факултета техничких наука у Косовској Митровици да прихвати оцену комисије о писаном делу дисертације под насловом “Прилог мерењу напона и струја уз примену матричних трансформација и препознавање симетричних компоненти” и да кандидату мр Урошу Јакшићу одобри усмену одбрану.

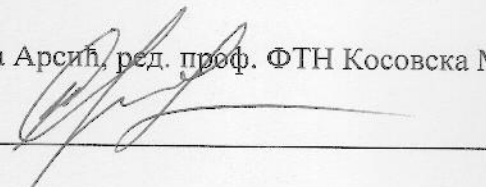
У Косовској Митровици, 25.05.2015. године

Чланови комисије

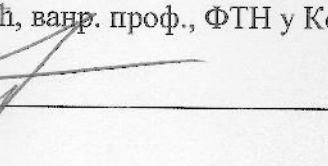
1. др Предраг Осмокровић, ред. проф., Државни Универзитет Нови Пазар - председник



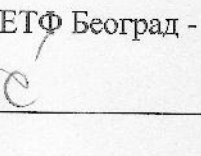
2. др Небојша Арсић, ред. проф. ФТН Косовска Митровица - ментор



3. др Александар Чукарић, ванр. проф., ФТН у Косовска Митровица - члан



4. др Ковиљка Станковић, доцент ЕТФ Београд - члан



5. др Љубинко Делић, доцент, ФТН Косовска Митровица - члан

