

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата Мр Неџада Хациефендића за израду докторске дисертације

Одлуком бр. 936/1 од 14.07.2014 године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Мр Неџада Хациефендића за израду докторске дисертације и научне заснованости теме **„Утицај лоших електричних контаката на настанак почетног пожара и метода за њихово откривање у нисконапонским електричним инсталацијама“**

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Неџад Хациефендић је рођен у Прокупљу, 09.04.1971. год. Електротехнички факултет Универзитета у Београду уписао је 1992. године, на коме је дипломирао 1997. године. Завршио је Енергетски одсек – смер Енергетски претварачи и погони као студент генерације смера. Магистрирао је на Електротехничком факултету Универзитета у Београду (2001). Магистарски рад под насловом „Заштита од штетних ефеката појаве редног електричног лука у нисконапонским електричним инсталацијама“ припада области заштите од пожара. Од 1998. год. запослен је на Електротехничком факултету у Београду, као виши лабораторијски инжењер на предметима Термички процеси у електроенергетици, Електроенергетске инсталације ниског напона и Електричне инсталације ниског напона 2. Положио је стручне испите за обављање послова заштите од пожара (2006), безбедности и здравља на раду (2007) и испитивања услова радне околине (2010), као и за пројектовање електроенергетских инсталација ниског и средњег напона (2011). Од 2006. год. на Електротехничком факултету је задужен за вођење послова заштите од пожара и послова безбедности и здравља на раду. Од 2007. год. у добровољном ватрогасном друштву „ЗВЕЗДАРА“, у оквиру посебне обуке за полагање стручног испита за лица са високом школском спремом распоређена на пословима заштите од пожара предавач је на предмету Превентивна заштита од пожара (испред комисије МУП-а РС). Од 2012. год. члан је програмског одбора стручног саветовања у области заштите од пожара које се сваке године одржава под покровитељством Министарства унутрашњих послова Владе Републике Србије, Сектора за ванредне ситуације. Руководио је израдом већег броја актова о процени ризика и већег броја стручних извештаја о испитивању услова радне околине, као и о прегледу и испитивању нисконапонских електричних и заштитних громобранских инсталација које је Електротехнички факултет израдио за друга правна лица. Значајно је допринео формирању две нове лабораторије:

Лабораторије за испитивање нисконапонских електричних и громобранских заштитних инсталација и Лабораторије за испитивање услова радне околине. У обе лабораторије је постављен за одговорно лице са положеним стручним испитом. Објавио је један научни рад из области заштите од пожара у еминентном часопису са SCI листе “ЕТЕР” и пет научно-стручних радова у домаћим часописима (четири из области заштите од пожара). Коаутор је четири рада на међународним конференцијама (један из области заштите од пожара), као и шест радова на домаћим конференцијама (пет из области заштите од пожара). Био је учесник међународног трогодишњег пројекта (2010 – 2012) South – East European TSO Challenges (SEETSOC) FP7-ENERGY-2008-TREN-1. Учествовао је у изради десетак студија које су под руководством проф. др Миомира Костића урађене за потребе ЕПС-а, Електродистрибуције Београд и Управе за енергетику града Београда. У звање истраживач-сарадник на Електротехничком факултету, изабран је 2004. год., а после периода мировања реизабран 2013. год. Од 2004. год. редован је учесник на пројектима Министарства просвете, науке и технолошког развоја (раније Министарства науке и заштите животне средине), од којих су два у директној вези са облашћу заштите од пожара: Развој уређаја за детекцију редног електричног лука у нисконапонским електроенергетским инсталацијама (2008 – 2009) и Препоруке за извођење и правилно коришћење нисконапонских електричних и громобранских заштитних инсталација и развој методологије за верификацију њиховог квалитета са аспекта заштите грађевинских објеката од пожара (2011 – 2015).

1.2. Стечено научно-истраживачко искуство

Кандидат, Мр Неџад Хациефендић, 17.12.2001. год. на Електротехничком факултету Универзитета у Београду одбранио је магистарски рад под насловом „Заштита од штетних ефеката појаве редног електричног лука у нисконапонским електричним инсталацијама“. Ментор на изради магистарске тезе (из уже научне области: Енергетски претварачи и погони) био је проф. др Миомир Костић (коментор: проф. др Зоран Радаковић). У магистарском раду је представљена проблематика детекције кварова на нисконапонским електричним инсталацијама који се не могу открити прописаним периодичним верификацијама, нити их класичне заштитне компоненте могу препознати. Због тога се на местима настанка оваквих „невидљивих“ кварова (најчешће се ради о редном електричном луку) стварају услови за настанак пожара. У раду су представљене савремена метода и техника за рано откривање редног електричног лука (објашњен је значај употребе америчких AFCI прекидача који представљају ефикасну заштиту од појаве редног електричног лука у струјним колима у стамбеним објектима). На основу обимног експерименталног рада и анализе резултата, формиран је алгоритам и на основу њега израђен прототип уређаја за детекцију редног електричног лука. Урађени су основни тестови провере функционалности рада конструисаног прототипа.

I Рад у међународном часопису са SCI листе

1. Hadziefendic N., Kostic M., Radakovic Z.: *Detection of series arcing in low-voltage electrical installations*, ETER, Vol. 19, 2009, pp. 423-432 (M23), ISSN 1430-144X (IF 0.338).

II Радови у домаћим часописима

2. Радаковић З., Костић М., Хациефендић Н.: *Детекција редног електричног лука у нисконапонским електричним инсталацијама*, Електродистрибуција Београд, Год. 31, бр. 1, 2003, стр. 15-23 (M52), ISSN 1452 - 0753.
3. Радаковић З., Хациефендић Н., Милосављевић Љ.: *Електроиндукциони уређај за мрежну учестаност*, Техника, Вол. 23, бр. 2, 2004, стр. 7-16 (M52), ISSN 0040-2176.

4. Хаџиефендић Н., Трифуновић Ј., Костић Н., Костић М.: *Анализа утицаја лоших контаката у електричним инсталацијама на изазивање пожара*, Техника, Вол. 68, бр. 1, 2013, стр. 81-87 (M52), ISSN 0040-2176.
5. Костић Н., Вуковић М., Хаџиефендић Н.: *Методологија за превентивне периодичне прегледе нисконапонских електричних инсталација у зградама*, Техника, Вол. 68, бр. 2, 2013, стр. 285-292 (M52), ISSN 0040-2176.
6. Давидовић М., Хаџиефендић Н., Трифуновић Ј.: *Опасност од настанка пожара услед коришћења електроинсталационих компоненти лошег квалитета – продужни каблови*, Безбедност, Вол. 55, бр. 1, 2013, стр. 140-159 (M53), ISSN 0409-2953.

III Радови саопштени на међународним конференцијама

7. Mandic-Lukic J., Simic N., Milinkovic B., Hadziefendic N.: *Presentation of the Results of Measuring Characteristics of Power Line Installations in the Signals Transmission*, XLIV International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies, Veliko Trnovo, Bulgaria 2009, pp. 71-77 (M33), ISSN 0957-4174.
8. Мандић-Лукић Ј., Хаџиефендић Н., Симић Н.: *Електроенергетске инсталације као телекомуникациони трансмисиони медијум*, XVII ТЕЛФОР, Београд 2009, стр. 443-446 (M33), ISSN 1821-3251.
9. Костић М., Ђокић Л., Хаџиефендић Н., Костић Н.: *Испитивање квалитета осветљења радних места – луксметар није довољан*, 7. Међународно саветовање Ризик и безбедносни инжењеринг, Копаоник 2012, стр. 199-203 (M33), ISBN 978-86-6211-006-0.
10. Костић Н., Хаџиефендић Н.: *Развој уређаја за детекцију редног електричног лука, његова комерцијализација и трансфер нове технологије у индустрији*, 13. Међународна конференција Заштите од пожара и експлозије, Нови Сад 2012, стр. 345-354 (M33), ISBN 978-86-6211-037-4.

IV Радови саопштени на домаћим конференцијама

11. Шумарац Д., Хаџиефендић Н., Мијић М.: *Анализа могућности акустичке детекције електричног лука у нисконапонским електричним инсталацијама*, ЕТРАН, Златибор 1999, стр. 78-85 (M63), ISBN 86-80507-29-9.
12. Радаковић З., Хаџиефендић Н.: *Детектор редног електричног лука*, Зборник радова I саветовања у области заштите од пожара, Београд 2008, стр. 123-130 (M63), ISBN 978-86-902601-2-6.
13. Хаџиефендић Н., Радаковић З., Трифуновић Ј.: *Електричне инсталације – чест узрок пожара*, Зборник радова I саветовања у области заштите од пожара, Београд 2008, стр. 111-122 (M63), ISBN 978-86-902601-2-6.
14. Костић М., Хаџиефендић Н., Трифуновић Ј.: *Термовизијска детекција и AFCI уређаји*, Зборник радова II саветовања у области заштите од пожара, Београд 2013, стр. 25-42 (M61), ISBN 978-86-909119-9-8.
15. Костић М., Хаџиефендић Н., Даничић С.: *Заштита објеката од удара грома: стварна ефикасност штапне хватаљке са уређајем за рано стартовање*, Зборник радова III саветовања у области заштите од пожара, Београд 2013, стр. 73-84 (M61), ISBN 978-86-89747-00-3.
16. Хаџиефендић Н., Таталовић А., Давидовић М., Вукајловић В., Трифуновић Ј.: *Могућност унапређења заштите објеката од пожара инсталирањем компоненти за детекцију редног електричног лука*, Зборник радова III саветовања у области заштите од пожара, Београд 2013, стр. 45-66 (M61), ISBN 978-86-89747-00-3.

V Пројекти (учесник на пројекту: Мр Неџад Хациефендић)

17. *Експериментално истраживање електричних и фотометријских особина електронских компакт флуо извора и одређивање утицаја њихове масовне употребе на смањење потрошње електричне енергије и на изобличење напона у електричним мрежама Грчке и Југославије*", билатерални грчко – југословенски пројекат, 2002 – 2003.
18. *Рачунарска симулација рада фарме ветрогенератора на мрежи и квантификовање електричних параметара*, пројекат Министарства науке и заштите животне средине, бр. ЕЕ712-1033Б, 2004 – 2005.
19. *Развој уређаја за детекцију редног електричног лука у нисконапонским електроенергетским инсталацијама*, пројекат Министарства науке и заштите животне средине, бр. ТР 17006, 2008 – 2009.
20. *Унапређење система и развој техничких уређаја за пренос информатичких и мултимедијалних сигнала посредством електроенергетских инсталација и нисконапонске мреже*, пројекат Министарства науке и заштите животне средине, бр. ТР 11032, 2008 – 2010.
21. *FP7-ENERGY-2008-TREN-1-SEETSOC (South-East European TSO Challenges)*, 2010–2012.
22. *Препоруке за извођење и правилно коришћење нисконапонских електричних и громобранских заштитних инсталација и развој методологије за верификацију њиховог квалитета са аспекта заштите грађевинских објеката од пожара*, пројекат Министарства просвете, науке и технолошког развоја, бр. ТР 36018, 2011–2015.

VI Домаће студије (учесник на студији: Мр Неџад Хациефендић)

23. З. Радаковић и Н. Хациефендић, *Хлађење трансформаторских станица 10kV/0.4kV природним струјањем ваздуха кроз вентилационе отворе*, Студија за ЕДБ, 2000.
24. М. Костић, Л. Ђокић и Н. Хациефендић, *Одређивање фактора одржавања приликом пројектовања осветљења саобраћајница*, Студија за ЕДБ, 2003.
25. М. Костић, Л. Ђокић, Н. Хациефендић и Н. Штрбац-Хацибеговић, *Техно-економско поређење употребе натријумових извора високог притиска побољшаних карактеристика (типа МАСТЕР) и конвенционалних натријумових извора високог притиска (типа ПРО) у уличном осветљењу*, Студија за ЕДБ, 2004.
26. М. Костић, Л. Ђокић и Н. Хациефендић, *Утицај спектралне расподеле снаге зрачења извора светлости на видне услове у уличном осветљењу*, Студија за ЕДБ, 2004.
27. М. Костић, Л. Ђокић, Н. Хациефендић и З. Вилус, *Техно-економска анализа употребе система за континуалну регулацију светлосног флукса у уличном осветљењу*, Студија за ЕДБ, 2004.
28. М. Костић, Л. Ђокић, Н. Хациефендић и З. Марковић, *Поређење класичних (ниских) и високих стубова у осветљењу аутопутева*, Студија за ЕДБ, 2004.

29. М. Костић, Л. Ђокић и Н. Хациефендић, *Реконструкција организационе шеме техничке структуре Погона јавног осветљења у градским и приградским општинама града Београда*, Студија за ЕДБ, 2005.
30. М. Костић, Л. Ђокић и Н. Хациефендић, *Техно-економско поређење анкерисаних фарбаних и топло поцинкованих челичних стубова који се користе у јавном осветљењу*, Студија за ЕДБ, 2005.
31. М. Костић, Л. Ђокић, М. Кировић, Н. Хациефендић, Ј. Бодрожић, А. Ђуретић, З. Вилус, Д. Симин и Н. Плазинчић, *Релевантни аспекти квалитета, енергетске ефикасности, економичности и одржавања функционалног јавног осветљења*, Студија за Скупштину града Београда, 2007.
32. М. Костић, Л. Ђокић, Н. Хациефендић, Б. Обрадовић, Н. Радовановић, Ј. Аћимовић, М. Јовановић и Н. Плазинчић, *Препоруке за пројектовање, извођење и одржавање функционалног и декоративног јавног осветљења у Београду*, Студија за Скупштину града Београда, 2007.
33. М. Костић, Л. Ђокић, Н. Хациефендић са сарадницима, *Технички, економски и еколошки аспекти масовне употребе компактних флуоресцентних извора светлости*, Студија за ЕПС, 2008.
34. Л. Ђокић, М. Костић, Ј. Трифуновић, Н. Хациефендић, Ј. Аћимовић, М. Радојевић и А. Костић, *Истраживање постојећих решења функционалног и декоративног јавног осветљења у циљу дефинисања основа израде развојног глобалног Мастерплана за урбано осветљење*, Студија за Скупштину града Београда, 2010.

VII Стручни налази (одговорно лице: Мр Неџад Хациефендић)

35. *Стручни налаз термовизијског снимања електричних инсталација*, Наручилац: Клуб студената технике КСТ, ул. Булевар краља Александра 73, Београд, 2010.
36. *Стручни налаз периодичног прегледа нисконапонских електричних инсталација*, Наручилац: ЕДБ Јавно осветљење, ул. Булевар краља Александра 73а, Београд, 2010.
37. *Стручни налаз периодичног прегледа нисконапонских електричних инсталација*, Наручилац: Нови завод затвореног типа за смештај осуђених лица у Падинској Скели, Зрењанински пут 66, кп 1770/1 КО Ковилово, Општина Палилула, Београд, 2011.
38. *Стручни налаз периодичног прегледа нисконапонских електричних инсталација*, Наручилац: Грађевински факултет Универзитета у Београду, ул. Булевар краља Александра 73, Београд, 2011.
39. *Стручни налаз периодичног прегледа нисконапонских електричних инсталација*, Наручилац: Архитектонски факултет Универзитета у Београду, ул. Булевар краља Александра 73, Београд, 2011.
40. *Стручни налаз периодичног прегледа нисконапонских електричних инсталација*, Наручилац: Електроисток изградња д.о.о., Хусинских рудара 19, Београд, 2011.
41. *Стручни налаз периодичног прегледа нисконапонских електричних инсталација*, Наручилац: Електроисток изградња д.о.о., Булевар 12. фебруара 79, Ниш, 2011.
42. *Стручни налаз периодичног прегледа нисконапонских електричних инсталација*, Наручилац: Факултет спорта и физичког васпитања, Благоја Паровића 156, Београд, 2012.
43. *Стручни налаз периодичног прегледа нисконапонских електричних инсталација*, Наручилац: ДНК д.о.о, Лабораторија за медицинску биохемију ДНК, Светозара Ђоровића 10, Београд, 2012.

44. *Стручни налаз периодичног прегледа нисконапонских електричних инсталација*, Наручилац: Кућа хране Лазаревић, Цвијићева 39, Земун, 2013.
45. *Стручни налаз периодичног прегледа нисконапонских електричних инсталација*, Наручилац: Институт за архитектуру и урбанизам Србије, Булевар краља Александра 73, Београд, 2013.
46. *Стручни налаз периодичног прегледа нисконапонских електричних инсталација*, Наручилац: Инвест – Импорт, Теразије 5, Београд, 2013.

Напомена:

У директној вези са предложеном темом су референце кандидата под редним бројевима 1-2, 4-6, 10-14, 16, 19, 22 и 35-46.

Докторски испит одбране предложене теме докторске дисертације обављен је 30.09.2014 на Електротехничком факултету у Београду, пред Комисијом у саставу:

- Проф. др Зоран Радаковић
- Проф. др Јован Цветић
- Проф. др Драган Тасић

На сва постављена питања кандидат је успешно одговорио.

По завршеном докторском испиту, Комисија се повукла на већање и једногласно закључила да је на одбрани предложене теме докторске дисертације кандидат добио оцену „задовољно“. Комисија предлаже да ментор докторске дисертације буде проф. др Миомир Костић, редовни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Неџад Хациефендић је магистар електротехничких наука – област енергетски претварачи и погони. Тема магистарског рада под насловом „Заштита од штетних ефеката појаве редног електричног лука у нисконапонским електричним инсталацијама“ припада области превентивне заштите од настанка пожара које могу да изазову кварови на електроенергетским инсталацијама. Након одбрањене магистарске тезе кандидат је наставио да се активно бави облашћу превентивне заштите од таквих пожара. Објавио је десет научних радова (један у мађународном часопису са SCI листе, четири у домаћим часописима, један на међународној и четири на домаћим конференцијама) који су се односили на заштиту од настанка које могу да изазову кварови на нисконапонским електроенергетским инсталацијама. Учешћем у реализацији два пројекта Министарства просвете, науке и технолошког развоја који су се бавили проблематиком заштите од пожара, кандидат је стекао адекватну компетентност у процесу истраживања и неопходан степен аналитичности и систематичности. Претходно описан научно-истраживачки рад кандидата представља потврду његових склоности и квалификованости за рад на предложеној теми.

Неџад Хациефендић, виши лабораторијски инжењер, у оквиру предмета Електроенергетске инсталације ниског напона и Електричне инсталације ниског напона 2 оформио је три нове лабораторијске вежбе које се односе на детекцију кварова (узрочника пожара) на нисконапонским електроенергетским инсталацијама.

Кандидат је положио стручни испит за обављање послова заштите од пожара, као и стручни испит за пројектовање електроенергетских инсталација ниског и средњег напона, што му је омогућило вршење већег броја периодичних превентивних прегледа нисконапонских електроенергетских инсталација у зградама и израду одговарајућих стручних налаза. Тиме је

стекао драгоцено искуство у откривању недостатака, неправилности у раду и кварова на електроенергетским инсталацијама који могу да узрокују пожар у објектима разних намена.

2. Предмет и циљ истраживања

Велики број пожара у стамбеним, јавним и пословним објектима изазван је кваровима на старим, неодржаваним, оштећеним или нестручно изведеним електричним инсталацијама [6,13,22,35-44,53,56]. Поједини кварови се на време детектују помоћу класичних заштитних компоненти, које, искључујући струјно коло или разводни вод у коме је настао квар, спречавају појаву пожара. Међутим, постоје и кварови, као што су лош електрични контакт и редни електрични лук, при чијој појави класичне заштитне компоненте не реагују. Уколико такви кварови трају довољно дуго, могу да се створе услови за настанак пожара [1,2,10,12,14,16,19,22,51]. Повреде људи, а неретко и губици људских живота, као и велике материјалне штете, честа су последица пожара узрокованих кваром на неком елементу електричних инсталација.

Предмет овог истраживања су лоши контакти у нисконапонским електричним инсталацијама, који могу настати како у разводном орману или његовом напојном воду, тако и било где у струјном колу (на споју проводника у разводној кутији, на споју утикача и утичнице, на споју проводника и прикључног завртња у прекидачу, утикачу, утичници, осигурачу, аутоматском прекидачу, продужном каблу, пријемнику електричне енергије,...) [4]. На лошем контакту може доћи до прегревања, чиме се формира „врела“ тачка. Уколико температура „вреле“ тачке премаше вредност трајно дозвољене температуре околне електричне изолације, долази до деградације њених својстава. Даљим порастом температуре на лошем контакту може доћи до паљења околне електричне изолације (проводника, електроинсталационог елемента или запаљивог материјала).

Досадашња научна истраживања лошег контакта највећим делом су се односила на:

- хемијску анализу структуре материјала на лошем контакту (снимање лошег контакта рентгенским зрацима, микрографија итд.) [50,52,55],
- мерење температуре лошег контакта и одређивање температуре топљења појединих слојева материјала (на пример, једињења CuO и Cu_2O) [47,58],
- анализу запаљивих гасова ослобођених из PVC изолације (гасна хроматографија) [47,58],
- математичко моделовање динамичке отпорности лошег контакта (снимањем таласних облика напона и струје на лошем контакту) [47,52,54],
- анализу појаве иницијалног формирања и пораста слоја једињења CuO на месту настанка лошег контакта (експерименти су спроведени за разне комбинације материјала као што су бакар – бакар, бакар – месинг, бакар – челик, ...) [47,52,54],
- снимање појаве почетка настанка редног електричног лука на лошем контакту и даљих процеса прегревања, паљења и сагоревања околне PVC изолације [54,57],
- експериментално праћење процеса настанка пожара када се у близини лошег електричног контакта налази запаљиви материјал [50,51], итд.

Основни недостатак свих истраживања је да су експерименти извршени за релативно мале вредности јачине струје (максимално до 5 А) и мале пресеке проводника (око 0.75 mm^2). Пошто је највећи број истраживања реализован у Сједињеним Америчким Државама (изузев [47,50]) експерименти су рађени са мрежним напоном од 115 V и мрежном фреквенцијом од 60 Hz. Истраживање у оквиру предметне дисертације садржаће експериментални део са реалним струјама оптерећења и реалним пресецима проводника у нисконапонским електроенергетским инсталацијама, при мрежном напону од 230 V и фреквенцији од 50 Hz. Такође, за разлику од досадашњих истраживања (изузев [50]), значајан број експеримената извршиће се на намерно изазваним лошим контактима стварних елемената

електроинсталационих компоненти (шуко-утикача и шуко-утичница), а не само на њиховим моделима.

Један од циљева истраживачког рада је да се изврши анализа топлотних ефеката изазваних лошим електричним контактом. Она ће обухватити лоше контакте који настају:

- због непотпуног налегања површине бакарног проводника и контактне површине електроинсталационог елемента израђене од разних материјала (бакар, месинг и нерђајући челик – прохром), и
- због смањене силе притиска налегања контактних површина бакарног проводника и завртња у електроинсталационом елементу (на пример, утикачу или утичници).

На основу извршених експеримената, применом критеријума истог пораста температуре лошег контакта, установиће се корелација између наведених механизма настајања лошег електричног контакта, који се најчешће јављају у пракси.

Један од главних циљева предметног истраживања је да се дефинише методологија за рано откривање лошег контакта, која би се заснивала на корелацији између импедансе петље квара и степена погоршања контакта. Она би могла да постане део процедуре која се користи приликом периодичних испитивања електричних инсталација заснованих на електричним мерењима [60]. За превентивно откривање лоших електричних контаката све више се користи снимање електричних инсталација термовизијском камером [5,14]. Међутим, недостатак ове методе је неприступачност камере свим деловима електричних инсталација (најчешће се користи за разводне табле и ормане), као и још увек висока цена за обављање таквих прегледа.

Циљ истраживања је и да се разматрањем топлотних ефеката на електричним контактима трофазних шуко-утикача у стамбеним јединицама различите старости (5 – 15 год., 15 – 30 год. и 30 – 50 год.) изради препорука за превентивну периодичну контролу стања електричних контаката.

На месту настанка лошег контакта, временом може доћи до успостављања електричног лука (најчешће се ради о редном електричном луку), који услед континуалног ослобађања топлоте може да изазове паљење околне електричне изолације или запаљивог материјала [1,2,10,12,14,16,19,48,49,53,58,59]. На европском тржишту се недавно појавила заштитна AFDD (Arc Fault Detection Device) компонента [16,22], која се у разводну таблу уграђује уместо аутоматског прекидача и има могућност да, поред класичних кварова, препозна и нежељени редни електрични лук (најчешће настао на лошем контакту) и на време прекине напајање струјног кола у коме се он појавио. Циљ истраживања биће и експериментално испитивање (тестирање) функционалности AFDD компоненте (сличне америчком прекидачу: Arc Fault Circuit Interrupter [48]), које ће се спровести у Лабораторији за испитивање нисконапонских електричних инсталација Електротехничког факултета Универзитета у Београду. Под тестирањем функционалности AFDD компоненте подразумева се не само провера њеног правовременог реаговања у свим релевантним ситуацијама, него и провера одсуства њеног реаговања у струјним колима са пријемницима чији нормалан рад прати појава виших хармоника или редног електричног лука. Уколико резултати испитивања буду у свему позитивни, препоручиће се инсталирање компоненти сличних AFDD-у у јавним и пословним објектима у Србији у којима се окупља већи број људи (на пример, обданишта, школе, факултети, болнице, спортске хале, робне куће, биоскопи, позоришта, кафићи итд.), а у циљу смањења броја пожара узрокованих кваром на електричним инсталацијама.

Најефикаснији начин за смањење броја таквих пожара представљају периодичне верификације електричних инсталација ниског напона. Пошто се ускоро очекује доношење

правилника по коме ће оне постати обавезне, потребно је унапредити постојећу методологију за њихово обављање. Додатна процедура за утврђивање стања електричних контаката, која би се спроводила у оквиру електричних мерења, сигурно би омогућила правовремене превентивне акције за спречавање појаве почетног пожара на електричним инсталацијама, у чему се огледа значај предметног истраживања. Развој методологије на којој би се заснивала додатна процедура представљао би оригиналан допринос предложене докторске дисертације. Од посебног значаја су и израда:

1. препоруке за вршење периодичних прегледа електричних контаката у струјним колима са пријемницима веће снаге (у зависности од старости објекта, односно уграђених електричних инсталација), и
2. препоруке за инсталирање заштитних компоненти које би спречиле настанак пожара узрокованих појавом редног електричног лука (уколико лабораторијско тестирање AFDD компоненте потврди њену потпуну функционалност).

2.1. Релевантни библиографски извори са резултатима на које се надовезују истраживања предвиђена у предложеној дисертацији

47. Sletbak J., Kristensen R., Sundklakk H., Navik G., Runde M.: *Glowing contact areas in loose copper wire connections*, IEEE Transactions on Components, Hybrids and Manufacturing Technology, Vol. 15, 1992, pp. 322-327.
48. Gregory G., Scott G.: *The arc – fault circuit interrupter: An emerging product*, IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 34, 1998, pp. 48-55.
49. Lee D., Trotta A., King W.: *New technology for preventing residential electrical fires: Arc-fault circuit interrupters*, Fire Technology, Vol. 36, 2000, pp. 145-162.
50. Chung S.C., Hyang K.K., Dong O.K.: *The properties variation of PVC insulated plug damaged by poor contact*, Proceedings of the 7th International Conference on Properties and Applications of Dielectric Materials, Nagoya, Japan 2003, pp. 431-434.
51. Babrauskas V.: *How do electrical wiring faults lead to structure ignitions?*, Fire and Materials Conference, London, United Kingdom 2005, pp. 39-51.
52. Shea J.: *Glowing contact physics*, Proceedings of the 52nd Holm Conference on Electrical Contacts, Montreal, Canada 2006, pp. 48-57.
53. Babrauskas V.: *Mechanisms and modes for ignition of low-voltage, PVC-insulated electrotechnical products*, Fire and Materials, Vol. 30, 2006, pp. 151-174.
54. Shea J.: *Conditions for series arcing in PVC wiring*, IEEE Transactions on Components and Packaging Technologies, Vol. 30, 2007, pp. 532-539.
55. Shea J., Zhou X.: *Material effect on glowing contact properties*, Proceedings of the 53rd Holm Conference on Electrical Contacts, Pittsburgh, USA 2007, pp. 90-97.
56. Gilman T.H., Le May I.: *Mechanical and electrical failures leading to major fires*, Engineering Failure Analysis, Vol. 14, 2007, pp. 995-1018.
57. Zhou X., Hastings J., Schoepf T.: *Application feasibility of detecting glowing contacts using acoustic sensing technology*, Proceedings of the 55th Holm Conference on Electrical Contacts, Vancouver, Canada 2009, pp. 1-7.
58. Shea J.: *Identifying causes for certain types of electrically initiated fires in residential circuits*, Fire and Materials, Vol. 35, 2011, pp. 19-42.
59. Wang S., Wu C., Wang Y.: *Detection of arc fault on low voltage power circuits in time and frequency domain approach*, International Journal of Circuits, Systems and Signal Processing, Vol. 6, 2012, pp. 1-11.
60. SRPS IEC 60364-6: 2008 *Електричне инсталације ниског напона, Део 6: Верификација*, Институт за стандардизацију Србије, Београд, 2008.

3. Полазне хипотезе

Полазне хипотезе су проистекле из проучавања литературе, експеримената реализованих у оквиру пројекта Министарства просвете, науке и технолошког развоја *"Препоруке за извођење и правилно коришћење нисконапонских електричних и громобранских заштитних инсталација и развој методологије за верификацију њиховог квалитета са аспекта заштите грађевинских објеката од пожара (TR 36018)"*, недавно израђеног нацрта *Правилника о техничким захтевима за електричне инсталације ниског напона* и активности Лабораторије за испитивање нисконапонских електричних и громобранских заштитних инсталација Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

X₁: Могуће је да се за разне комбинације електричних контаката (бакар – бакар, бакар – месинг и бакар – нерђајући челик) утврди који је од тих лоших контаката при истим условима (једнако струјно оптерећење, исти пресек проводника и исти степен погоршања контакта) критичан у погледу достизања максималне трајно дозвољене температуре (на пример, максимална трајно дозвољена температура за PVC изолацију износи 70 °C).

Електрични контакт по правилу образују бакарни проводници или бакарни проводник и контактна површина одговарајућег дела електроинсталационе компоненте (нпр. стезалке, папучице, клеме) која је израђена од другачијег материјала (у пракси се најчешће користе месинг или нерђајући челик – прохром). Извођењем и анализом резултата великог броја експеримената са електродама од бакра, месинга и нерђајућег челика (попречних пресека: 1.5 mm², 2.5 mm² и 4 mm²), установиће се критична комбинација материјала коју при напред наведеним истим условима карактерише највећи пораст температуре.

X₂: Могуће је утврдити како редукција момента затезања завртња у електроинсталационој компоненти (нпр. у шуко-утикачу или шуко-утичници) доприноси настајању „вреле“ тачке у случају:

1. бакарног проводника пуног пресека, и
2. лицнастог бакарног проводника.

Извођењем и анализом резултата великог броја експеримената установиће се како редукција момента затезања завртња на бакарни проводник пуног пресека или лицнасти бакарни проводник утиче на пораст температуре контакта у шуко-утикачу и шуко-утичници. У складу с тим, утврдиће се да ли су неповољнији лоши контакти у уграђеној електричној инсталацији објекта (која се уобичајено изводи са бакарним проводницима пуног пресека) или лоши контакти у напојним кабловима пријемника (најчешће израђени од лицнастих бакарних проводника).

X₃: Могуће је установити везу између старости стамбених јединица (тачније, старости њихових електричних инсталација) и вероватноће настанка опасне „вреле“ тачке на лошем електричном контакту у критичном струјном колу које напаја електрични шпорет.

Извођењем и анализом резултата експеримената у стамбеним јединицама различите старости (5 – 50 год.), израдиће се препорука за дужину периода периодичне контроле стања електричних контаката у зависности од старости објекта, односно старости уграђених електричних инсталација. Препорука ће се заснивати на одређивању зависности пораста температуре електричних контаката трофазног шуко-утикача напојног кабла шпорета од старости шуко-утичнице. Експеримент ће се извести при максималном струјном оптерећењу које ће се реализовати укључивањем свих грејача рингли и рерне. Струјно коло електричног шпорета се може сматрати критичним, јер се на њега прикључује пријемник највеће снаге чији су контакти током рада најдужи период времена изложени највећем струјном оптерећењу.

X₄: Могуће је извршити експерименталну проверу функционалности рада AFDD компоненте у лабораторијским условима.

Експерименти и критеријуми за проверу функционалности рада AFDD компоненте биће засновани на искуствима стеченим изучавањем тзв. AFCI (Arc-Fault Circuit Interrupter) прекидача, компоненте сличне намене, која се на америчком тржишту налази од 2002. год. Реализоваће се велики број лабораторијских експеримената помоћу којих ће се симулирати све релевантне ситуације успостављања редног електричног лука, и то за различите комбинације материјала електрода (бакар – бакар, бакар – месинг и бакар – нерђајући челик). Вршиће се провера правовременог реаговања AFDD компоненте у сваком од тих случајева. Такође, реализоваће се експерименти помоћу којих ће се извршити провера нереаговања AFDD компоненте при нормалном раду нелинеарних пријемника који садрже енергетску електронику (нпр. персонални рачунар, штампач, микроталасна пећница, клима-уређај итд.), као и при нормалном раду пријемника који садрже колекторске моторе (нпр. усисивач, бушилица, фен итд.).

На основу резултата експеримената, израдиће се препорука за инсталирање AFDD компоненте у објектима у којима се окупља велики број људи или образложено мишљење о неадекватности њене употребе у Србији.

X₅: Могуће је, развојем методологије за откривање лоших електричних контаката, значајно унапредити део постојеће процедуре за верификацију електричних инсталација ниског напона који се односи на електрична мерења.

Унапређење постојеће процедуре засниваће се на вредности измерене импедансе петље квара. Мерење импеданса петље квара обавља се у оквиру периодичних испитивања (верификација) нисконапонских електричних инсталација и служи за проверу ефикасности система заштите у случају квара. Препорука за вршење превентивног притезања контаката у струјном колу засниваће се на измереној вредности импедансе петље квара: препоручиће се да се оно врши када се њена измерена вредност приближи гранично дозвољеној. Гранично дозвољена вредност ће се установити на основу извршених експеримената (у лабораторији) и успостављене корелације између измерене вредности импедансе петље квара и степена погоршања контакта. Напомињемо да повећана вредност импедансе петље квара (услед појаве лошег контакта) може да задовољи са становишта провере ефикасности система заштите у случају квара, а да постоји реална опасност од појаве „вреле“ тачке у струјном колу. Спровођење процедуре редовне контроле стања електричних контаката у струјним колима омогућило би правовремене превентивне акције које треба да спрече егзистенцију „врелих“ тачака на њима. Израдом описане процедуре био би решен проблем немогућности да се термовизијском камером открију опасне „вреле“ тачке које се не налазе на видним местима (уз то, према Правилнику који се односи на верификацију нисконапонских електричних инсталација, термовизијски преглед не представља обавезан део процедуре за вршење верификације).

4. Научне методе истраживања

За успешну реализацију циљева истраживања и доказивање хипотеза постављених у докторској дисертацији, користиће се основне и посебне методе логичког расуђивања и научног сазнања.

Од основних метода научног истраживања користиће се:

- експериментална метода,
- метода анализе, и

- метода синтезе.

Поред наведених основних метода истраживања, користиће се и следеће посебне методе:

- метода компаративне анализе, и
- индуктивна и дедуктивна метода закључивања.

5. Очекивани научни допринос

Очекивани научни доприноси су:

1. За разне комбинације електричних контаката (бакар – бакар, бакар – месинг и бакар – нерђајући челик) утврдиће се критична комбинација материјала на лошем контакту насталом услед непотпуног налагања бакарног проводника и контактне површине електроинсталационог елемента (критична је она комбинација која при истим условима (једнаком струјном оптерећењу, истом пресеку проводника и истом степену погоршања контакта) прва достиже максималну трајно дозвољену температуру PVC изолације).
2. Утврдиће се утицај редукције момента затезања завртња у електроинсталационој компоненти на настајање „вреле“ тачке у шуко-утикачу и шуко-утичници. Испитаће се да ли су неповољнији лоши електрични контакти настали у напојним кабловима пријемника (где је уобичајен лицнасти бакарни проводник) или лоши електрични контакти настали у уграђеној инсталацији објекта (где је уобичајен бакарни проводник пуног пресека).
3. Очекивани допринос ће представљати и успостављање корелације између непотпуног налагања бакарног проводника пуног пресека и контактне површине електроинсталационог елемента израђене од разних материјала (бакар, месинг и нерђајући челик) и редукције момента затезања завртња на бакарни проводник пуног пресека (критеријум: исти пораст температуре).
4. Израдиће се препорука за дужину периода периодичне контроле стања електричних контаката у зависности од старости објекта, односно уграђених електричних инсталација.
5. Очекивани допринос је израда препоруке за вршење превентивног притезања контаката у струјним колима. Она ће бити резултат развоја методологије за откривање лоших електричних контаката која ће се заснивати на успостављању корелације између измерене вредности импедансе петље кvara и степена погоршања контакта.

6. План истраживања и структура рада

6.1. План истраживања

План истраживања, који одређује ток израде предложене докторске дисертације, садржи следеће активности:

- проучавање релевантне литературе,
- проучавање релевантне регулативе,
- лабораторијску анализу топлотних ефеката (пораста температуре) на лошем електричном контакту, насталом услед непотпуног налагања бакарног проводника и контактне површине електроинсталационог елемента израђене од разних материјала (бакар, месинг и нерђајући челик – прохром):

Прва група експеримената ће се извршити у лабораторији. Лош електрични контакт се помоћу одговарајуће механичке апаратуре симулира на електродама кружног попречног пресека 1.5 mm^2 , 2.5 mm^2 и 4 mm^2 израђеним од бакра, месинга и нерђајућег челика – прохрома. Анализираће се следеће комбинације материјала: бакар – бакар, бакар – месинг и

бакар – нерђајући челик. Управо се ове комбинације материјала сусрећу у пракси као контактне површине између електроинсталационог елемента и бакарног проводника. У првој групи експеримената лош електрични контакт ће се симулирати различитим процентом међусобног налегања површина две електроде (100% налегање – добар контакт, 40 – 60% налегања – лош контакт и 10 – 20% налегања – веома лош контакт). На основу прве групе изведених експеримената, анализираће се пораст температуре на лошим електричним контактима наведених комбинација материјала на контактним површинама у зависности од јачине струје (8 – 25 A, са следећим вредностима: за 1.5 mm^2 – 8 и 10 A, за 2.5 mm^2 – 10, 13 и 16 A, а за 4 mm^2 – 16, 20 и 25 A) и времена њеног „протицања“ кроз контакт. Мерење температуре ће се вршити сваких 10 минута, и то помоћу ласерског мерача температуре. Укупно време трајања експеримента ће бити 60 минута, како је урађено и у сличним експериментима спроведеним у САД-у. Први закључци ће бити изведени на основу експериментално добијених зависности температуре лошег електричног контакта од оптерећења струјног кола и времена његовог трајања (претпоставља се да ће се стварањем додатног слоја купрум-оксида повећавати електрична отпорност контакта). Резултати експеримента ће показати при којој се комбинацији струје и времена (I, t), а у зависности од врсте материјала и процента површине налегања електрода $S(\%)$, достижу критични пораст температуре лошег електричног контакта (у односу на референтну вредност, која, на пример може да буде максимална дозвољена температура за PVC изолацију: 70°C). Извршени експерименти, анализе резултата мерења и изведени закључци јасно ће указати на проблем пораста температуре који је резултат непотпуног налегања површина између бакарног проводника и контактне површине електроинсталационог елемента. За време трајања сваког експеримента, U-I методом ће се мерити електрична отпорност контакта (R), како би се установила њена зависност од температуре контакта T ($R=f(T)$). Отпорност електричног контакта ће се мерити у истим тренуцима времена када се буде вршило и мерење његове температуре.

- лабораторијску анализу топлотних ефеката (пораста температуре) на лошем електричном контакту, насталом услед редукције момента затезања завртња у електроинсталационој компоненти (на пример, утикачу или утичници):

Друга група експеримената извршиће се на најбројнијим електроинсталационим елементима у нисконапонским електричним инсталацијама: монофазном шуко-утикачу и утичници. Експерименти ће се извршити на лошим електричним контактима на утикачу (за два пресека лицнастог бакарног проводника: 1.5 mm^2 и 2.5 mm^2), уз добре контакте на шуко-утичници, а при струјама оптерећења од 8, 13 и 16 A. Сви експерименти ће се реализовати за три различите редукције момента затезања завртња у утикачу: добар контакт ће се симулирати помоћу момента затезања од $M=1.5 \text{ Nm}$, лош контакт са $M=0.5 \text{ Nm}$ и веома лош контакт са $M=0.2 - 0.4 \text{ Nm}$. Подешавање малих момената затезања завртња ($0.2 - 0.5 \text{ Nm}$) извршиће се помоћу одговарајућег дигиталног момент-одвртача, док ће се подешавање великог момента затезања завртња (1.5 Nm) вршити помоћу механичког момент-одвртача. За време трајања експеримената (60 минута) поново ће се помоћу ласерског мерача температуре сваких 10 минута бележити пораст температуре на електричном контакту у зависности од струје оптерећења и времена њеног трајања. Сви експерименти ће се поновити за лоше контакте у шуко-утичници (за бакарне проводнике пуног пресека: 1.5 mm^2 и 2.5 mm^2) и добре контакте на утикачу, а при истим струјама оптерећења: 8, 13 и 16 A. За време трајања сваког експеримента, U-I методом ће се мерити отпорност контакта (у истим временским тренуцима у којима се буде вршило мерење температуре), да би се поново установила зависност промене отпорности контакта у функцији његове температуре ($R=f(T)$).

Извршени експерименти, анализе резултата мерења и изведени закључци јасно ће указати на проблем пораста температуре који се дешава на нисконапонским електроинсталационим

елементима (у утикачу, утичници, лустер клеми, сијаличном грлу, прекидачу итд.) при редукацији момента затезања завртња. Извођењем и анализом резултата великог броја експеримената установиће се како редукација момента затезања завртња на бакарном проводнику пуног пресека или лицнастом бакарном проводнику утиче на пораст температуре контакта у шуко-утикачу и шуко-утичници. У складу с тим, утврдиће се да ли су неповољнији лоши контакти у уграђеној електричној инсталацији објекта (која се уобичајено изводи са бакарним проводницима пуног пресека) или лоши контакти у напојним кабловима пријемника (најчешће израђени од лицнастих бакарних проводника).

Анализом резултата добијених у напред описаним експериментима, треба успоставити везу између промене површине налегања контактних површина ΔS и промене момента затезања завртња на шуко-утичници и/или утикачу ΔM ($\Delta S=f(\Delta M)$). Основни критеријум за успостављање ове везе биће исти топлотни ефекат (нпр. достизање гранично дозвољене температуре за PVC изолацију) на електричном контакту који изазива непотпуно налегање контактних површина или редукација момента затезања завртња.

- одређивање зависности пораста температуре електричних контаката трофазног шуко-утикача напојног кабла шпорета (при максималном струјном оптерећењу) од старости шуко-утичнице (за објекте старости 5 – 50 год.):

У оквиру треће групе експеримената извршиће се анализа пораста температуре на електричним контактима трофазних шуко-утикача у стамбеним јединицама које су различите старости (5-15 год.; 15-30 год.; 30-50 год.). За објекте истог опсега старости експеримент ће се извести на око 5 трофазних шуко-утикача. Анализираће се трофазна струјна кола електричног шпорета, која су критична како са аспекта броја електричних контаката у утикачу, тако и са аспекта максималне струје оптерећења. Пре експеримента, извршиће се притезање (и евентуално чишћење) сва 4 електрична контакта шуко-утикача. Након 60 минута трајања максималне струје оптерећења (укључивањем свих грејача рингли и рерне), термовизијском камером ће се одредити температура сваког од 4 електрична контакта (стежаљки за три фазна и неутрални проводник). На основу добијених резултата, израдиће се препорука у оквиру које ће се класификовати стамбене јединице према потреби за вршењем верификације, која ће зависити од старости уграђене електричне инсталације, односно од могућности настајања лоших електричних контаката („врелих“ тачака).

- проверу функционалности рада недавно конструисане Siemens-ове AFDD (Arc Fault Detection Device) компоненте, која представља заштиту у случају настанка редног електричног лука:

Биће описан принцип рада AFD (Arc Fault Detection) уређаја који треба да обезбеди заштиту у случају појаве редног електричног лука тако што ће да препозна (детектује) његове јединствене карактеристике (јединствен таласни облик струје) и затим искључи струјно коло у коме се он појавио.

Рад нелинеарних пријемника који садрже енергетску електронику (димера за регулацију светлосног флуksа, микроталасних пећница, аудио-видео технике, персоналних рачунара, клима уређаја итд.) у нормалном режиму карактеришу таласни облици струје слични ономе који се успоставља при појави редног електричног лука. Уз то, рад пријемника који садрже колекторске моторе (усисивача, бушилица, миксера, фенова итд.) у нормалном режиму карактерише електрични лук који настаје на додирним површинама између четкица и кришки колектора. Због тога, тестирање AFD уређаја мора да укључи и проверу њиховог нереаговања у струјним колима са таквим пријемницима.

Експерименти помоћу којих ће се проверити реаговање AFD уређаја у случају настанка редног електричног лука укључују:

1. Експерименте помоћу којих ће се извршити провера функционалности (реаговања) AFD уређаја у случају успостављања редног електричног лука за различите комбинације материјала електрода (бакар – бакар, бакар – месинг и бакар – нерђајући челик). Помоћу регулационог термичког пријемника (отпорничке кутије) извршиће се експерименти при струјама оптерећења 2 – 16 A ($\Delta I=2$ A);
 2. Експерименте помоћу којих ће се извршити провера функционалности (нераговања) AFD уређаја при нормалном раду нелинеарних пријемника који садрже енергетску електронику (нпр. компакт-флуо извора, персоналних рачунара, микроталасних пећница и клима уређаја);
 3. Експерименте помоћу којих ће се извршити провера функционалности (нераговања) AFD уређаја при нормалном раду пријемника који садрже колекторске моторе (нпр. усисивача, бушилица, фенова и миксера);
 4. Експерименте помоћу којих ће се извршити провера функционалности (нераговања) AFD уређаја у случајевима када се у струјном колу појављују краткотрајне варнице (приликом извлачења утикача из утичнице или отварања прекидача при нормалном радном режиму пријемника);
 5. Експерименте помоћу којих ће се извршити провера функционалности (реаговања) AFD уређаја при појави редног електричног лука у струјном колу термичког пријемника у случајевима када су на исто струјно коло прикључени нелинеарни пријемници (персонални рачунари, микроталасна пећница, клима уређај, аудио-видео техника итд.) који могу да „маскирају“ јединствен таласни облик струје електричног лука.
- развој методологије за праћење стања контаката (у оквиру верификације електричних инсталација ниског напона), помоћу које се правовремено могу детектовати струјна кола у којима постоје лоши електрични контакти:

У лабораторијским условима формираће се стандардно струјно коло одговарајуће дужине и пресека проводника, које ће да садржи уобичајене електроинсталационе елементе. Оно ће да напаја термички пријемник (струјна кола термичких пријемника се могу сматрати критичним, јер су њихови контакти најдужи период времена изложени највећем струјном оптерећењу). Струјно коло ће поред фазног, неутралног и заштитног проводника садржати и заштитну компоненту (аутоматки прекидач или осигурач са топлјивим уметком), разводну кутију и шуко-утичницу. Почетним (иницијалним) мерењем на шуко-утичници ће се извршити мерење импедансе петље квара струјног кола када су електрични контакти на свим електроинсталационим елементима остварени без редукције момента затезања завртња (његова вредност ће износити 1.5 Nm). Затим ће се, уз помоћ отпорничке кутије променљиве отпорности (230 V и 40 A), у струјном колу успостављати струјна оптерећења од 8A, 10A, 13A и 16A, која одговарају уобичајеним називним струјама заштитних компоненти. После иницијалног мерења, на електричном контакту бакарног проводника и завртња на шуко-утичници вршиће се постепена редукција момента затезања (одвртањем завртња), чиме ће се створити услов за повећање отпорности и температуре контакта. Поред редукције момента затезања, експерименти ће обухватити и истраживање утицаја формирања једињења CuO на месту настанка лошег контакта, чије ће се стварање убрзавати третирањем разблаженом царском водицом. Мерење импедансе петље квара вршиће се по успостављању оног степена редукције момента затезања завртња при коме се трајно одржава температура од 70 °C (ласерским мерачем температуре или термовизијском камером непрекидно ће се пратити

температура контакта). Нова измерена вредност импедансе петље квара представљаће њену гранично дозвољену вредност, односно вредност која одговара максималној дозвољеној температури за PVC изолацију – 70 °C. Препорука за вршење превентивног притезања контаката у струјним колима (ту се превасходно мисли на контакте у шуко-утичницама, на стезаљкама аутоматских прекидача или на контактима осигурача са топлјивим уметком, на редним стезаљкама у разводним таблама...) засниваће се на измереној вредности гранично дозвољене импедансе петље квара. За струјне кругове са класичним заштитним компонентама разних називних струја упоредиће се максимално дозвољена вредност импедансе петље квара која обезбеђује ефикасну заштиту у случају квара са њеном гранично дозвољеном вредношћу при којој се у струјном колу може појавити „врела“ тачка. Сprovedена анализа ће показати да ли на основу измерене вредности импедансе петље квара може да се констатује да је ефикасност система заштите у случају појаве квара задовољавајућа, а да је у струјном колу и даље могућа егзистенција „вреле“ тачке. Процедура контроле стања електричних контаката у струјним колима редуковала би вероватноћу појављивања лоших електричних контаката и опасних „врелих“ тачака на њима. Доношењем овакве процедуре решио би се проблем немогућности да се термовизијском камером открију „вреле“ тачке са којима не постоји визуелни контакт (уз то, према Правилнику који се односи на верификацију нисконапонских електричних инсталација, термовизијски преглед није обавезан, већ представља препоручену методу за детекцију „врелих“ тачака).

6.2. Структура рада

1. Уводни део

- Преглед литературе која садржи публиковане резултате из предметне области (статистички подаци о пожарима, преглед кварова на нисконапонским електричним инсталацијама (са посебним освртом на лоше контакте и редни електрични лук), класичне заштитне компоненте, уређаји за детекцију редног електричног лука, релевантна регулатива која се односи на верификацију електричних инсталација ниског напона)
- Значај и сложеност предмета истраживања
- Преглед и анализа досадашњих истраживања
- Методе истраживања
- Циљеви истраживања
- Хипотезе истраживања

2. Анализа топлотних ефеката на лошем електричном контакту

- Преглед литературе која садржи публиковане резултате у вези са топлотним ефектима на лошем електричном контакту

2.1. Лош контакт настао услед непотпуног налегања бакарног проводника и контактне површине електроинсталационог елемента

- Експеримент у лабораторији: опис апаратуре и ток извођења експеримента
- Приказ резултата мерења за следеће комбинације материјала: бакар – бакар, бакар – месинг и бакар – нерђајући челик
- Анализа резултата мерења (утврдиће се критична комбинација материјала на лошем контакту насталом услед непотпуног налегања бакарног проводника и контактне површине електроинсталационог елемента (критична је она комбинација која при

истим условима (једнаком струјном оптерећењу и истом степену погоршања контакта) прва достиже максималну трајно дозвољену температуру PVC изолације))

- Закључак

2.2. Лош контакт настао услед редукције момента затезања завртња у електроинсталационој компоненти

- Експеримент у лабораторији: опис апаратуре и ток извођења експеримента
- Приказ резултата мерења
- Анализа резултата мерења (установиће се како редукција момента затезања завртња на бакарни проводник пуног пресека или лицнасти бакарни проводник утиче на пораст температуре контакта у шуко-утикачу и шуко-утичници)
- Закључак

3. Препорука за вршење периодичног прегледа електричних контаката у струјним колима са пријемницима веће снаге у зависности од старости објекта, односно уграђених електричних инсталација

- Експеримент на терену: опис апаратуре и ток извођења експеримента
- Приказ резултата мерења
- Анализа резултата мерења (установиће се веза између старости стамбене јединице (тачније, старости њених електричних инсталација) и вероватноће настанка опасне „вреле“ тачке на лошем електричном контакту у критичном струјном колу које напаја електрични шпорет)
- Препорука за вршење периодичног прегледа електричних контаката
- Закључак

4. Испитивање функционалности рада Siemens-ове AFDD (Arc Fault Detection Device) компоненте, која представља заштиту у случају настанка редног електричног лука

- Опис принципа рада AFD уређаја
- Експеримент у лабораторији: опис апаратуре и ток извођења експеримента
- Приказ резултата испитивања функционалности рада AFD уређаја
- Препорука за инсталирање AFDD компоненте у објектима у којима се окупља велики број људи или образложено мишљење о неадекватности њене употребе у Србији
- Закључак

5. Унапређење дела постојеће процедуре за верификацију електричних инсталација ниског напона којом се правовремено могу детектовати струјна кола у којима постоје лоши електрични контакти

- Проучавање регулативе која се односи на верификацију електричних инсталација ниског напона
- Експеримент у лабораторији: опис апаратуре и ток извођења експеримента
- Израда процедуре за верификацију електричних инсталација ниског напона која се односи на детекцију струјних кола у којима постоје лоши електрични контакти
- Закључак

6. Закључак

- Преглед и анализа доприноса
- Правци даљег истраживања

7. Литература

- Списак коришћене литературе

7. Закључак и предлог

На основу изложеног, Комисија констатује да магистар, дипл. инжењер електротехнике, Неџад А. Хациефендић испуњава све формалне и суштинске услове да може приступити изради докторске дисертације под насловом **„Утицај лоших електричних контаката на настанак почетног пожара и метода за њихово откривање у нисконапонским електричним инсталацијама“**.

Предложена тема је научно заснована и припада ужој научној области Енергетски претварачи и погони. Резултати до којих би кандидат требало да дође значајно би допринели унапређењу заштите од настанка пожара изазваних кваровима на нисконапонским електроенергетским инсталацијама.

Стога Комисија предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета у Београду да магистру Неџаду А. Хациефендићу одобри израду докторске дисертације под руководством др Миомира Костића, редовног професора Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

Београд, 24.10.2014. год.

др Миомир Костић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет

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

др Драган Тасић, редовни професор
Универзитет у Нишу – Електронски факултет Ниш

др Јован Цветић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет