

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата **мр Жељка Марковића** за израду докторске дисертације

Одлуком бр. 963/1 од 30. јуна 2015. године, а на основу закључка и записника са 787. седнице Наставно-научног већа Електротехничког факултета Универзитета у Београду одржане 23. јуна 2015. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата **мр Жељка Марковића, дипл. инж. ел.**, за израду докторске дисертације под насловом **“Нова метода за прорачун утицаја металних инсталација у тлу на расподелу струје земљоспоја у трансформаторској станици”**.

На основу материјала приложеног уз захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1 Биографски подаци

Мр Жељко Марковић, дипл. инж., рођен је 13. новембра 1971. године у Београду. Основну школу и гимназију завршио је у Београду са одличним успехом. Школске године 1990/91 уписао је Електротехнички факултет у Београду. Дипломирао је 1997. године на Енергетском одсеку, на смеру за Енергетске претвараче и погоне, са оценом 10. Последипломске студије је уписао школске 1997/98. године на Електротехничком факултету у Београду, на смеру Енергетски претварачи и погони. Магистарску тезу под насловом „Метод за синтезу дигиталног закона управљања серво системом са еластично спрегнутим масама“ успешно је одбранио 23. априла 2004. године. Исте године положио је и стручни испит прописан за дипломираног инжењера електротехнике одсека енергетика.

Професионалну каријеру је започео 1998. године, запосливши се у Привредном друштву за дистрибуцију електричне енергије “Електродистрибуција Београд” д.о.о., на месту инжењера у Дирекцији одржавања и услуга. Од 2002. до 2012. године ради на пословима руководиоца Погона Крњача, Дирекција приградска. Од 2012. године прелази у Јавно предузеће „Електропривреда Србије“, где је најпре обављао послове помоћника директора Дирекције за дистрибуцију електричне енергије, а од 2013. до јуна 2014. године послове директора Дирекције за дистрибуцију електричне енергије. Истовремено, од јануара 2014. године, именован је за в.д. директора Привредног друштва „ЕПС Снабдевање“ д.о.о. и те послове је обављао до јануара 2015. године. Од јануара 2015. године обавља послове на месту Експерта за унапређење пословног система ЈП „ЕПС“, на коме се и данас налази.

Од 2000. године па све до гашења, био је један од уредника стручног часописа „Електродистрибуција“. Члан је Инжењерске коморе Србије и Управног одбора Удружења дипломираних инжењера електротехнике (УДИЕС).

По завршетку студија 1997. године, па све до 2007. године, био је ангажован и на извођењу наставе на Катедри за енергетске претвараче и погоне Електротехничког факултета у Београду у звању хонорарног сарадника из предмета Испитивање електричних машина, Електрична вуча и Микропроцесорско управљање електромоторним погонима.

Објавио је 3 рада у националном стручном часопису, 2 стручна чланка из области енергетике на интернет порталу „Балкан магазин“, а у зборницима научних и стручних скупова са рецензијама 7 радова.

1.2 Стечено научноистраживачко искуство

Кандидат Жељко Марковић је последипломске студије на Електротехничком факултету у Београду уписао школске 1997/98. године на смеру Енергетски претварачи и погони. Након што је положио све испите предвиђене наставним планом и програмом, магистарску тезу под насловом „Метод за синтезу дигиталног закона управљања серво системом са еластично спрегнутим масама“ одбранио је 23. априла 2004. године и стекао академски назив магистра електротехничких наука - област Енергетски претварачи и погони. Ментор при изради магистарског рада био је др Слободан Вукосавић, редовни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

Основна тематика магистарског рада била је синтеза регулатора брзине серво погона са еластично спрегнутим масама. Задатак рада био је пројектовања регулатора методом подешавања полова. У раду је изложен проблем решавања једначине са полиномима која се користи при синтези полиномијалног регулатора вишег реда какав је предложен у раду. Описана је процедура пројектовања регулатора методом подешавања полова, изложен начин једнозначног одређивања степена полинома на основу услова каузалности дигиталног закона управљања и проверена стабилност система и осетљивост система на поремећаје. Предложен је поступак којим се при синтези регулатор пројектује са могућношћу оптималног одбацавања поремећаја и грешака. Размотрени су практични аспекти у методи подешавања полова и иста је упоређена са другим методама за синтезу дигиталног закона управљања.

За потребе синтезе регулатора методом подешавања полова развијена је и рачунарска апликација. Изведен је математички модел серво погона са еластично спрегнутим масама и изложен поступак синтезе регулатора брзине серво погона са еластично спрегнутим масама. Анализиране су перформансе регулатора рачунарском симулацијом и упоређене са перформансама стандардних (индустријских) ПИ регулатора. Приказан је метод одређивања дискретног модела за потребе синтезе регулатора експерименталног лабораторијског серво погона методом идентификације система, а потом је за дати лабораторијски серво погон извршена синтеза регулатора брзине серво погона. Регулатор је тестиран на реалном примеру и дати су резултати мерења његових перформанси. На крају рада, у закључку су наведени и даљи правци рада на овој врсти регулатора.

Магистарски рад садржи 145 страница стандардног формата А4. Подељен је у 9 поглавља од којих осмо представља закључак, а девето списак непосредно коришћене литературе. Увод је нумерисан. Рад садржи 3 табеле, 108 слика и прилоге на ЦД у облику оригиналног софтвера – апликације за пројектовање регулатора методом подешавања полова, м-фајлова за Матлаб и фајлова са симулационим моделима за Симулинк.

Након завршетка студија 1997. године, па све до 2007. године, мр Жељко Марковић је био ангажован и на извођењу наставе на Катедри за енергетске претвараче и погоне Електротех-

ничког факултета у Београду из предмета Испитивање електричних машина, Електрична вуча и Микропроцесорско управљање електричним погонима у својству спољног сарадника.

Кандидат је 2004. године положио стручни испит прописан за дипломираног инжењера електротехнике одсека енергетика. Члан је Инжењерске коморе Србије и Управног одбора Удружења дипломираних инжењера електротехнике (УДИЕС).

Од 2000. године па све до гашења часописа био је један од уредника часописа „Електродистрибуција“.

Публиковао је три рада у националном стручном часопису, два стручна чланка из области енергетике на интернет порталу „Балкан магазин“, а у зборницима научних и стручних скупова са рецензијама објавио је седам радова.

Радови публиковани у часописима националног значаја (Категорија М51)

1. **Ж. Марковић**, Н. Петровић, *“Комуникација путем електроенергетске мреже – статус технологије“*, Електродистрибуција, бр. 2, год. 28, авг. 2000., пп. 131-139, ISSN 0351-5109
2. **Ж. Марковић**, Ј. Стевић, *“Истраживање величине обрачунских губитака у мрежи напонског нивоа 0,4 кV на делу конзума Погона Крњача ЈП „Електродистрибуција – Београд“ у зимском периоду 2002/2003. године“*, Електродистрибуција, бр. 3, год. 32, дец. 2004., пп. 68-84, ISSN 0351-5109
3. П. Савић, **Ж. Марковић**, *“Оцена тачности метода за прорачун губитака електричне енергије у дистрибутивним мрежама на основу статистичких критеријума“*, Електродистрибуција, бр. 1, год. 33, април 2005., пп. 14-24, ISSN 0351-5109

Саопштења са домаћих скупова штампана у целини (Категорија М63)

1. **Ж. Марковић**, С. Антић, *“Израда алгоритама за управљање брзином и позицијом векторски контролисаног асинхроног мотора“*, Зборник радова ХLI Конференција ЕТРАН, Златибор, јун 1997., пп. 440-443
2. С. Антић, **Ж. Марковић**, *“Лабораторијска станица за испитивање алгоритама за управљање асинхроним моторима“*, Зборник радова IX Симпозијума Енергетска електроника Ее '97, Нови Сад, октобар 1997., пп. 311-318
3. Д. Жутић, **Ж. Марковић**, С. Антић, *“Упоредна анализа алгоритама управљања позиционим сервомеханизмом“*, Зборник радова ХLII Конференција ЕТРАН, Врњачка Бања, јуна 1998. год. п.п. 303-306
4. М. Перишић, С. Антић, **Ж. Марковић**, *“Подешавање параметара IP брзинског регулатора у условима серво система са давачем положаја ограничене резолуције“*, Зборник радова ХLII Конференција ЕТРАН, Врњачка Бања, јун 1998., пп. 307-310
5. З. Лазаревић, **Ж. Марковић**, Н. Лакетић, Р. Марић, *“Ефекти смањења реактивног оптерећења у преносној и електродистрибутивној мрежи“*, Зборник радова XXVIII Саветовања ЈУКО ЦИГРЕ, Врњачка Бања, октобар 2007., СТК Цб, пп. 417-428
6. Н. Златковић, **Ж. Марковић**, Н. Мраковић, *“Анализа квалитета електричне енергије и међусобног утицаја преносног и дистрибутивног система у тачки примопредаје електричне енергије“*, Зборник радова IX Саветовања ЦИРЕД Србија, Врњачка Бања, септембар 2014., СТК 2, пп. 203-211

7. **Ж. Марковић**, А. Марковић, М. Даниловић, *“Правци развоја тржишта електричне енергије у Србији”*, Зборник радова XXXII Саветовање ЦИГРЕ Србија, Златибор, мај 2015., СТК Ц5, pp. 401-413

Радови публиковани на интернет порталима

1. **Ж. Марковић**, *“Оператор(и) дистрибутивног система у електроенергетском систему Републике Србије”*, Веб часопис „Балкан магазин“, Београд, октобар 2013.
<http://www.balkanmagazin.net/struja/cid189-74785/operatori-distributivnog-sistema-u-elektroenergetskom-sistemu-republike-srbije>
2. **Ж. Марковић**, *“Тржиште електричне енергије у Републици Србији после друге фазе либерализације”*, Веб часопис „Балкан магазин“, Београд, април 2014. год.
<http://www.balkanmagazin.net/struja/cid189-87409/trziste-elektricne-energije-u-republici-srbiji-posle-druge-faze-liberalizacije>

Кандидат мр Жељко Марковић, дипл. инж., полагао је 01. јула 2015. године **докторски испит** на Електротехничком факултету Универзитета у Београду при чему је комисија у саставу:

1. др Златан Стојковић, редовни професор, Електротехнички факултет Универзитета у Београду
2. др Владица Мијаиловић, редовни професор, Факултет техниких наука у Чачку Универзитета у Крагујевцу
3. др Јован Цветић, редовни професор, Електротехнички факултет Универзитета у Београду
4. др Миомир Костић, редовни професор, Електротехнички факултет Универзитета у Београду

једногласно закључила да су кандидат и тема подобни за израду докторске дисертације на Електротехничком факултету Универзитета у Београду.

1.3 Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу резултата које је кандидат постигао у свом досадашњем стручном и научном раду, а од којих бисмо издвојили следеће

- одбрана магистарске тезе под називом „Метод за синтезу дигиталног закона управљања серво системом са еластично спрегнутим масама“, након полагања свих испита предвиђених наставним планом и програмом магистарских студија,
- публикација наведених радова, и поред чињенице да кандидат у оквиру редовног ангажовања на свом радном месту није превасходно оријентисан на научни већ претежно на стручни рад,
- учешће и презентација радова на већем броју домаћих конференција и стручних тематских скупова,
- остварено практично искуство у области коју покрива предложена тема докторске дисертације, а посебно кроз досадашње стручне активности у оквиру радног места, али и кроз чланство и активности у одговарајучим стручним организацијама,

можемо закључити да кандидат мр Жељко Марковић, дипл. инж. ел., испуњава основне услове који га квалификују да приступи изради докторске дисертације са предложеном темом.

2. Предмет и циљ истраживања

Пријављена тема докторске дисертације иницирана је, пре свега, практичним потребама које проистичу из законских обавеза привредних друштава за пренос или дистрибуцију електричне енергије, али и других предузећа која поседују електроенергетске објекте, нарочито трансформаторске станице виших напонских нивоа, у погледу обезбеђења услова безбедности за људе унутар и у околини ових објеката. Међутим, овде постоји и одређени теоријски интерес који је последица могућих значајних утицаја ових појава на друге инфраструктурне системе (цевоводни транспорт, водоводи, телекомуникације итд.).

Надземни водоводи и подземни каблови као елементи мрежа и система значајно утичу на карактеристике система уземљења електроенергетских постројења. Приликом земљоспоја у постројењу струја земљоспоја се враћа у напојно постројење различитим путевима. Један део струје одводи се преко заштитне ужади надземних водова, односно металних плаштева и екрана подземних каблова, а други део се одводи директно у тло са самог уземљивача постројења. Вредности потенцијала и напона додира и корака у околини уземљивача преко којих се процењују услови безбедности у околини постројења одређене су само овим другим делом струје. Јасно је да се смањењем ове компоненте струје смањују и вредности потенцијала, односно напона додира и корака у околини постројења. На свом путу кроз земљу према напојном постројењу ова струја користи и све друге различите металне инсталације и конструкције које су положене у земљу дуж трасе напојног вода (водоводи, гасоводи, други цевоводи, металне шине за транспортна средства итд.). На тај начин се остварује одређен утицај ових металних инсталација на карактеристике уземљивачког система постројења. Зато је за коректну процену услова безбедности унутар и у близини напајаног постројења потребно на одређен начин обухватити и утицаје оваквих металних инсталација. Ови утицаји се најпогодније обухватају одређивањем што тачније расподеле струје земљоспоја при квару у напајаном постројењу.

Део струје квара који се враћа у напојно постројење преко плаштева и екрана каблова, односно заштитних ужади ваздушних водова састоји се од две компоненте. Прва компонента је електромагнетског, индуктивног карактера и последица је електромагнетске спреге између фазних проводника вода кроз које протиче укупна струја квара и металних плаштева и екрана код каблова, односно заштитних ужади код ваздушних водова. Друга компонента је кондуктивног, галванског карактера, пошто се затвара галванским путем, преко проводника самог уземљивача и плаштева и екрана каблова, односно заштитних ужади ваздушних водова, који су на једном крају везани директно на сам уземљивач постројења погођеног кваром, а на другом крају на уземљивач суседног постројења. Код ваздушних водова се јавља и значајан додатни уземљивачки ефекат стубова вода пошто су они уземљени, а заштитно уже је на сваком стубу галвански везано за сам стуб.

Компонента струје која је последица електромагнетске спреге процењује се преко вредности редуccionог фактора вода који се дефинише као однос дела струје земљоспоја који се враћа у напојно постројење кроз земљу и укупне струје квара. Редуccionи фактор вода зависи од односа међусобне импедансе између плашта или екрана кабла код каблова, односно заштитне ужади код ваздушног вода и фазних проводника вода и сопствене импедансе плашта или екрана кабла код каблова, односно заштитне ужади код ваздушног вода, рачунате за повратни пут струја кроз земљу. Обе ове импедансе зависе од еквивалентне дубине повратног пута струја кроз земљу која, према Карсоновој теорији, зависи од односа специфичне отпорности тла и фреквенције струје. Компонента струје која је последица галванске везе уземљивача и плаштева и екрана каблова код каблова зависи од сопствене импедансе плашта и екрана кабла и вредности отпора уземљивача на другом крају кабла. Код ваздушних водова ова компонента зависи од еквивалентне импедансе уземљења заштитног ужета која у себи обухвата и уземљивачки ефекат уземљења стубова.

Металне инсталације у тлу утичу на расподелу струје квара на два начина. Први утицај је електромагнетски и он је последица електромагнетске спреге између фазних проводника кроз које протиче струја квара и самих металних инсталација у тлу. Последица овог утицаја је да металне инсталације у тлу директно утичу на вредност редукционог фактора вода. Други утицај је кондуктивног карактера и огледа се у томе да повратне струје на свом путу кроз земљу бирају путеве најмањег отпора и затварају се и кроз ове металне инсталације. Овај утицај се манифестује као ефективно смањење специфичне отпорности тла у односу на вредност која би се имала када тих металних инсталација не би било. На овај начин се остварује директан утицај на вредност импедансе уземљења заштитног ужета, али се јавља и додатни утицај на вредност редукционог фактора вода преко еквивалентне дубине повратног пута струја кроз земљу. Имајући у виду да присуство осталих металних инсталација у тлу у принципу има позитиван утицај на расподелу струје земљоспоја у смислу смањења дела струје који се одводи у тло са самог уземљивача постројења, прорачуни уземљивача постројења у којима се овај утицај занемарује реално доводе до предимензионирања уземљивача постројења, а самим тим и до повећања потребних инвестиционих средстава.

Ово су разлози због којих је главни предмет истраживања у овој дисертацији развој поступка за што тачније одређивање расподеле струје квара при земљоспоју у постројењу којим би се обухватио и утицај металних инсталација разних намена у тлу на ову расподелу. У доступној домаћој и иностраној литератури постоје одређена решења у том погледу, али су она углавном за случајеве постројења напајаних кабловима. За случај напајања постројења ваздушним водовима, барем на основу доступне литературе, овај проблем није решаван. У раду ће бити обрађени кабловски водови, али ће главно тежиште рада бити усмерено на обухватање ових утицаја у случају ваздушних водова. Циљ дисертације је да се кроз теоријска разматрања, одговарајуће рачунарске симулације и експериментални рад свеобухватно сагледа проблем утицаја металних инсталација у тлу на расподелу струје земљоспоја. Биће развијен нов матрични математички модел за потребе рачунарских прорачуна који ће на задовољавајући начин обухватити утицај осталих металних инсталација у тлу на расподелу струје земљоспоја, а самим тим и на карактеристике уземљивачких система. Из претходних разматрања је јасно да ће истраживања првенствено бити усмерена на изналажење могућности за одређивање еквивалентне вредности редукционог фактора вода и одређивање еквивалентне вредности импедансе уземљења заштитне ужади уз обухватање утицаја металних инсталација у тлу.

У литератури је указано на чињеницу да се вредности неких параметара водова добијене експерименталним путем често могу знатно разликовати од теоријских прорачунских вредности и да карактеристике тла имају значајан утицај на тачност прорачуна ових параметара, а самим тим и на тачност прорачуна расподеле струје земљоспоја. Због тога ће бити извршена и анализа степена тачности израза за прорачун тих параметара у условима присуства осталих металних инсталација у тлу. Јасно је да су за ово потребна и значајна експериментална истраживања.

Очекује се да резултати добијени у оквиру израде докторске дисертације буду применљиви у свакодневној пројектантској пракси. Значај ових истраживања се огледа у томе што би резултати истраживања могли да пројектантима у пракси омогуће бољи увид у услове безбедности и да им дају могућност да утичу на обим потребних инвестициона улагања и по могућству остваре одређене материјалне уштеде.

Област којом се бави пријављена докторска дисертација генерално спада у научно-стручну област електроенергетских система, а сама тематика у ужем смислу односи се на проблематику уземљења електроенергетских система и заштите електроенергетских објеката.

Релевантни библиографски извори:

Расподела струје земљоспоја у ТС, као и утицај осталих металних инсталација на њену расподелу, били су предмет проучавања више аутора код нас и у свету. Најзначајније референце у које је кандидат имао увид и које је користио у својим досадашњим истраживањима у вези са проблематиком докторске дисертације, наведене према редоследу публикација, су:

1. J. R. Carson, "Wave propagation in overhead wires with ground return", *Bell Syst. Tech. J.*, vol. 5, pp. 539-554, 1926
2. J. Nahman, "Uzemljenje neutralne tačke elektrodistributivnih mreža", *Beogradski izdavačko grafički zavod*, Beograd, 1980.
3. J. Nahman, "Eksperimentalna analiza sistema uzemljenja TS 110/10 kV „Filmski grad“ i „Slavija“ i smernice za projektovanje sistema uzemljenja gradskih TS 110/10 kV", *Elektrotehnički fakultet*, Beograd, 1981.
4. F. L. Alvarado, R. Betancourt, "An accurate closed-form approximation for ground return impedance calculations", *Proc. IEEE*, vol. 71, pp. 279-280, 1983.
5. F. Dawalibi, D. Bensted, D. Mukhedkar, "Soil effects on ground fault currents", *IEEE Trans. on Power App. and Syst.* vol. PAS-100, no. 7, pp. 3442-3448, 1983.
6. R. McCotter, H. Smolleck, S. Ranade, W. Kersting, "An investigation of the fundamental-frequency impedance of a single-phase distribution lateral", *IEEE Trans. Power Del.* vol. PWRD-1, no. 1, pp. 232-238, 1986.
7. J. Fortin, H. Sarmiento, D. Mukhedkar, "Field measurement of ground fault current distribution and substation ground impedance at LG-2, Quebec", *IEEE Trans. Power Del.* vol. PWRD-1, no. 3, pp. 48-60, 1986.
8. S. Sobral, J. Barbarosa, V. Costa, "Ground potential rise characteristics of urban step-down substations fed by power cables – a practical example", *IEEE Trans. Power Del.* vol. 3, no. 4, pp. 1564-1572, 1987.
9. J. Villas, D. Mukhedkar, V. Fernandes, A. Magalhaes, "Ground grid design of a transition station system – a typical example of fault transfer", *IEEE Trans. Power Del.* vol. 5, no. 1, pp. 124-129, 1990.
10. M. Pizzaro, R. Errikson, "Modeling of the ground mode of transmission lines in time domain simulations", *Proc. 7th ISH*, Dresden, Germany, 1991, pp. 179-182
11. J. Nahman, D. Salamon, "Effects of the metal sheathed cables upon the performance of the distribution substations grounding systems", *IEEE Trans. Power Del.* vol. 7, no. 3, pp. 1179-1187, 1992.
12. Lj. Popović, "Practical method for evaluating ground fault current distribution in station supplied by an unhomogeneous line", *IEEE Trans. Power Del.* vol. 12, no. 2, pp. 722-727, 1997.
13. Lj. Popović, "Practical method for evaluating ground fault current distribution in station, towers and ground wire", *IEEE Trans. Power Del.* vol. 13, no. 1, pp. 123-128, 1998.
14. Lj. Popović, "A practical method for evaluation of ground fault current distribution on double circuit parallel lines", *IEEE Trans. Power Del.* vol. 15, no. 1, pp. 108-113, 2000.
15. Lj. Popović, "Efficient reduction of fault current through the grounding grid of substation supplied by cable line", *IEEE Trans. Power Del.* vol. 15, no. 2, pp. 556-561, 2000.
16. J. Nahman, "Compact models of nonuniform lines for earthing-system analysis", *Proc. Inst. Elect. Eng., Gen. Transm. Distrib.*, vol. 148, pp. 579-582, 2001.
17. J. Nahman, V. Mijailović, "Odabrana poglavlja iz visokonaponskih postrojenja", *Akademski misao*, Beograd, 2002.
18. J. Nahman, V. Djordjević, D. Salamon, "Grounding effects of HV and MV underground cables associated with urban distribution substation", *IEEE Trans. Power Del.* vol. 17, no. 1, pp. 111-116, 2002.

19. Lj. Popović, "Determination of the reduction factor for feeding cable lines consisting of three single-core cables", *IEEE Trans. Power Del.* vol. 18, no. 3, pp. 736-743, 2003.
20. M. Petrović, "Merenje redukcionog faktora napojnog voda za TS 110/10 kV „Obilić“, *Elektrotehnički institut „Nikola Tesla“*, Izveštaj br. 3405235-L, Beograd, 2005.
21. R. Zeng, J. He, J. Lee, et al. "Influence of overhead transmission line on grounding impedance measurement of substation", *IEEE Trans. Power Del.* vol. 20, no. 2, pp. 1219-1225, 2005.
22. T. Noda, "A double logarithmic approximation of Carson's ground return impedance", *IEEE Trans. Power Del.* vol. 21, no. 1, pp. 472-479, 2005.
23. O. R. Leañes, J. L. Naredo, P. Moreno, "Assessment of approximate formulas for calculating overhead-line earth-impedances", *Proc. IEEE Power Symposium NAPS'08*, pp. 1-6, 2008.
24. S. Mangione, "A simple method for evaluating ground-fault current transfer at the transition station of combined overhead-cable line", *IEEE Trans. Power Del.* vol. 23, no. 3, pp. 1413-1418, 2008.
25. Lj. Popović, "Influence of metal installations surrounding the feeding cable line on the ground fault current distribution in supplied substations", *IEEE Trans. Power Del.* vol. 23, no. 4, pp. 2583-2590, 2008.
26. Jinliang He, Rong Zeng, Bo Zhang, "Methodology and technology for power system grounding", IEEE, John Wiley & Sons, Singapore, 2013.

У овом прегледу дат је нагласак само на референце које су се бавиле проблемима који се третирају у овом истраживању. У реф. 1 први пут, од стране Карсона, адекватно је изведен израз за импедансу повратног пута струја кроз земљу за хоризонталне паралелне надземне водове. Референце 2 до 4 и 26 дају општи поступак одређивања редукционог фактора вода и импедансе уземљења кабла и ваздушног вода. Пошто су у теорији уведена бројна поједностављења која имају за циљ да олакшају прорачуне, аутори су често указивали на разлике које су се јављале између прорачунских и експерименталних вредности (на пр. реф. 5). Уочено је да вредности свих важних параметара могу знатно одступати у односу на прорачунате вредности, као и да карактеристике тла имају значајан утицај на тачност прорачуна, а самим тим и на тачност прорачуна расподеле струје земљоспоја (на пример реф. 3 и 6). Пошто израз за импедансу повратног пута кроз земљу укључује интеграл са само једном одређеном границом, док је друга неодређена, и нема аналитичко решење, користе се различите апроксимације. Једнострука логаритамска апроксимација је предложена од стране више аутора, као у реф. 4, док се у реф. 10 и 22 предлаже двострука логаритамска апроксимација, такође у циљу повећања поузданости. Поред овог могу се уочити и другачији приступи, као у реф. 23, који предлажу нумеричко решавање интеграла. Остале референце углавном указују на могуће начине решавања проблема утицаја металних инсталација у тлу за случајеве напајања постројења кабловским водовима.

3. Полазне хипотезе

Полазна хипотеза у овом истраживању је да металне инсталације разних намена у тлу битно утичу на вредности неких параметара електричних водова, а тиме и на расподелу струје земљоспоја за квар у постројењу. Ова хипотеза је последица чињенице да се вредности неких параметара водова добијене експерименталним путем у неким случајевима знатно разликују од теоријски прорачунских вредности и да је то последица утицаја металних инсталација у тлу. Због тога ће бити извршена анализа степена тачности израза за прорачун тих параметара у условима присуства металних инсталација разних намена у тлу. Пошто су у литератури развијени одређени поступци у којима се ови утицаји обухватају код каблова, они ће бити проверени, али ће тежиште истраживања бити на обухватању ових утицаја код ваздушних водова. Јасно је да су за ове анализе потребна и значајна експериментална истраживања.

Друга хипотеза је да је развојем сложенијег, усавршеног матричног математичког модела и одређене софтверске подршке могуће обухватити утицај металних инсталација разних намена у тлу на расподелу струје земљоспоја за квар у електроенергетском постројењу. Очекује се да ће на основу рачунарских симулација и поређења резултата симулација са одговарајућим експерименталним резултатима бити развијен рачунарски поступак за одређивање расподеле струје земљоспоја за квар у електроенергетском постројењу који ће бити тачнији од модела који се данас стандардно примењују, пошто ће у њему бити обухваћени и утицаји металних инсталација у тлу на ову расподелу.

4. Научне методе истраживања

У циљу анализе и провере полазних хипотеза, истраживања ће се засновати на примени квантитативних метода (развоју матричног математичког модела), рачунарским прорачунима и реалним експериментима.

Применом рачунарских симулација, у програмском пакету MATLAB, биће извршена анализа метода за одређивање параметара ваздушних водова, без и са обухватањем утицаја металних инсталација на њихове вредности. Утицај ће бити моделован додавањем појединачних металних елемената и сложенијих металних структура положених у земљу у околини водова, при чему ће бити вариран њихов положај у односу на вод, дубина укопавања и промена специфичне отпорности тла.

На основу добијених резултата из претходног пасуса, биће формиран матрични математички модел комплетног система уземљења једног електроенергетског постројења напајаног различитим бројем и типовима водова. При томе ће бити вариран број водова и могућност да код неких водова постоји утицај металних инсталација у тлу, а код неких водова не. Тај модел ће бити матричног типа и решавањем тог модела у општем случају добиће се расподела струје земљоспоја за квар у посматраном постројењу. И ове процедуре биће развијене у програмском окружењу MATLAB. Овакав модел омогућиће поређење резултата добијених за случај када ови утицаји нису обухваћени прорачуном и случаја када су обухваћени. На основу тога ће бити могуће извршити и процену када и где је потребно узимати у обзир ове утицаје.

Јасно је су за уважавање свих релевантних чинилаца када је у питању утицај околних металних инсталација неопходна и обимна теренска мерења, односно мерења на лицу места. Истраживања у оквиру дисертације биће базирана на доступним подацима из литературе, на резултатима мерења која су за потребе ових истраживања спроведена у мрежи ЈП “Електромережа Србије“ и ПД „Електродистрибуција Београд“, као и на експериментима којима ће се верификовати нов матрични математички модел.

5. Очекивани научни доприноси

Очекивани научни доприноси предложене дисертације су:

- развој и примена новог унапређеног поступка за одређивање сопствене и међусобне импедансе код водова, посебно надземних, у условима присуства металних инсталација у тлу,
- експериментална верификација различитих поступака за одређивање сопствене и међусобне импедансе код водова, посебно надземних, у условима присуства металних инсталација у тлу,
- развој и примена новог матричног математичког модела за потребе рачунарских симулација за одређивања расподеле струје земљоспоја у систему уземљења електроенергетског постројења који уважава утицаје металних инсталација у тлу на расподелу струје земљоспоја,

- поређење резултата прорачуна за случај када ови утицаји нису обухваћени прорачуном и случај када су они обухваћени прорачуном. На основу поређења резултата извршиће се процена и утврдити критеријуми када и где је потребно узимати у обзир ове утицаје,,
- експериментална верификација новог матричног математичког модела,
- унапређење поступка за процену услова безбедности у напајаној трансформаторској станици и утврђивање ефеката материјалних уштеда и повећања економске ефикасности при пројектовању и изградњи нових електроенергетских постројења, а посебно ТС 110/X kV, уз поштовање законског оквира.

6. План истраживања и структура рада

У уводном делу рад ће садржати преглед иностране и домаће праксе, опис проблема расподеле струје кvara у напајаној трансформаторској станици, као и постојеће методе прорачуна. Указаће се на циљеве дисертације и значај потребе да се унапреде матрични математички модел и еквивалентне шеме водова.

У наставку, даће се теоријски оквир и матрични математички модел за прорачуне параметара водова, посебно ваздушних, без и са обухватањем утицаја металних инсталација разних намена у тлу. Биће приказани резултати рачунарских симулација и поређења ових резултата са расположивим експерименталним резултатима.

Потом ће бити приказан нов матрични математички модел целокупног система уземљења електроенергетског постројења, развијен за потребе рачунарских симулација за одређивање расподеле струје земљоспоја у постројењу, који обухвата утицаје металних инсталација у тлу на расподелу струје земљоспоја.

Биће презентовани резултати прорачуна расподеле струје земљоспоја у постројењу за различите бројеве и типове водова који улазе у постројење, као и извршеног поређења резултата добијених прорачуна за случај када утицаји металних инсталација у тлу нису обухваћени прорачуном и случај када су они обухваћени прорачуном.

Извршиће се експериментална потврда новог матричног математичког модела.

На основу поређења наведених резултата биће извршена процена и предложени критеријуми у којим случајевима је ове утицаје потребно узимати у обзир, а у којима не.

У закључном делу ће се дати најважнији акценти из дисертације са смерницама за даља истраживања.

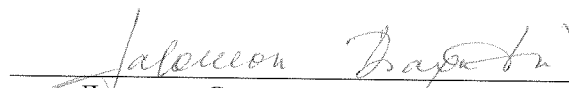
7. Закључак и предлог

На основу свега наведеног, Комисија констатује да је предложени садржај теме докторске дисертације актуелан у светлу даљег развоја проблематике уземљења електроенергетских објеката, посебно у смислу детаљнијег обухватања утицаја металних инсталација разних намена у тлу на карактеристике уземљивачких система електроенергетских постројења. Стога би резултати који се очекују у току израде ове докторске дисертације имали значајан како научни, тако и практични допринос у области система уземљења електроенергетских објеката и њиховог утицаја на остале инфраструктурне објекте у њиховој близини. Комисија сматра да кандидат испуњава све услове прописане Законом о високом образовању и Статутом Електротехничког факултета Универзитета у Београду за одобрење теме и приступање изради докторске дисертације под насловом „Нова метода за прорачун утицаја металних инсталација у тлу на расподелу струје земљоспоја у трансформаторској станици“ и предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду да кандидату мр Жељку Марковићу одобри израду дисертације под наведеним насловом.

Ужа научна област дисертације су електроенергетски системи, за коју је Електротехнички факултет Универзитета у Београду матичан. За ментора израде докторске дисертације предлаже се др Драгутин Саламон, ванредни професор, Универзитет у Београду - Електротехнички факултет. Уз овај извештај се прилаже и списак радова предложеног ментора на одговарајућем формулару Универзитета.

У Београду, 06. јула 2015. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ:



др Драгутин Саламон, ванредни професор
Универзитет у Београду - Електротехнички факултет
(предложени ментор)



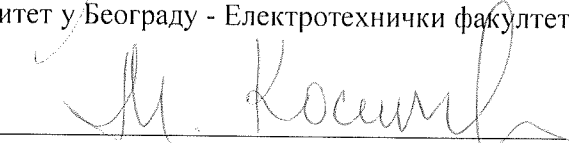
др Златан Стојковић, редовни професор
Универзитет у Београду - Електротехнички факултет



др Владица Мијаиловић, редовни професор
Универзитет у Крагујевцу - Факултет техничких наука
у Чачку
(члан комисије који није запослен на Електротехничком
факултету Универзитета у Београду)



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



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