

Универзитет у Београду
Електротехнички факултет

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата Синише Зубића, магистра електротехнике, за израду докторске дисертације

На седници Наставно-научног већа Електротехничког факултета у Београду бр.761 од 16.04.2013. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Синише Зубића за израду докторске дисертације и научне заснованости теме „Алгоритми за дистантне заштите на бази дигиталне фазне компарације“.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1 Биографски подаци

Кандидат мр Синиша Зубић рођен је 27.02.1982. године у Бугојну. Након завршетка средње Електротехничке школе у Вукосављу, 2000. године је уписао Електротехнички факултет у Бањој Луци. У току студија био је учесник неколико студентских такмичења у знању и освојио прво мјесто на Електријади 2003. године из области електричне машине. Основне студије завршио је у мају 2006. године. Наслов тема дипломског рада био је „Алгоритам за усмјерени релеј на бази интеграла тренутне снаге“, а тема припада области релејне заштите.

Од 01.09.2006. године запослен је на Електротехничком факултету у Бањој Луци. У звање асистента на Катедри за електроенергетику изабран је 15.12.2006. године, док је у звање вишег асистента изабран у јануару 2012. године.

Као асистент је ангажован на предметима Заштита у ЕЕС, Експлоатација ЕЕС и низу других предмета из области електроенергетски системи. На другом циклусу студија је ангажован као сарадник на предмету Квалитет електричне енергије. Учествовао је у имплементацији два пројекта од националног значаја из тематике обновљивих извора енергије и енергетске ефикасности.

1.2 Стечено научноистраживачко искуство

Кандидат је 2006. године уписао постдипломске студије на Електротехничком факултету у Бањој Луци, гдје је све испите предвиђене програмом положио просјечном оцјеном 10. За примарну област истраживања изабрао је релејну заштиту из које је под менторством проф. др Миленка Ђурића узео и тему магистарског тезе под називом „Дистантни релеј за једнофазне кварове базиран на дигиталном фазном компаратору“. Резултати истраживања су презентовани у виду магистарске тезе коју је кандидат одбранио 27.12.2010. године на Електротехничком факултету Универзитета у Бањој Луци. Рад на докторској дисертацији је наставак и проширење започетих истраживања у области дигиталних релејних заштита. Кандидат је аутор/коаутор 18 радова од којих је један објављен у међународном часопису са импакт фактором, 3 на међународним конференцијама, а преостали на регионалним (Босна и Херцеговина и Србија) конференцијама и часописима. Коаутор је једне монографије и рецензент међународног часописа *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*.

Списак објављених радова релевантних за рад на предложеној теми

Радови кандидата објављени у међународним часописима

1. Zubić S., Djurić M.: *A distance relay algorithm based on the phase comparison principle*, - Electric Power Systems Research, Vol 92, 2012, pp. 20-28.

Радови кандидата објављени у зборницима конференција националног значаја

2. Зубић С., Ђурић М., Зељковић Ч.: *Алгоритми дистантне заштите базирани на различитим фазним компараторима*, - Инфотех, научно-стручни симпозијум, Јахорина, март 2011.
3. Зубић С., Ђурић М., Зељковић Ч.: *Алгоритам за дистантни релеј без мртве зоне, на бази фазне компарације*, - Електродистрибуција, бр. 1 од августа 2010. године, Београд, стр. 42-50.
4. Зубић С., Ђурић М., Зељковић Ч.: *Побољшање алгоритма дистантне заштите на бази интеграла тренутне снаге*, - VIII симпозијум индустријска електроника ИНДЕЛ научно-стручни симпозијум, Електротехнички факултет Бања Лука, 5.-7. новембар 2010.
5. Зубић С., Ђурић М., Зељковић Ч.: *Алгоритам за дистантни релеј базиран на интегралу тренутне снаге*, - Инфотех, научно-стручни симпозијум, Јахорина, март 2010.
6. Зубић С., Ђурић М., Зељковић Ч.: *Алгоритам за усмјерени релеј без мртве зоне базиран на интегралу тренутне снаге*, - Инфотех, научно-стручни симпозијум, Јахорина, март 2008.
7. Аврамовић А., Зубић С.: *Филтарско повећање робусности алгоритма релејне заштите на бази фазне компарације*, - ЕТРАН, Бања Врућица, 6-9. јуна 2011.

Monografija

1. Milenko Djurić, V.Terzija, Z.Radojević, Ž.Djurišić, Z.Stojanović, S.Zubić, V.Bajić
“Алгоритми за дигиталне релејне заштите”, ЕТА, Београд 2012. , ISBN 978-86-85361 - 34-0. COBISS.SR-ID 141505548.

1.3 Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу резултата које је кандидат постигао у свом стручном и научном раду током основних студија, последипломских студија и у периоду након стицања научног степена магистра, без икакве резерве, може се закључити да Синиша Зубић у сваком погледу испуњава услове који га квалификују да приступи изради докторске дисертације под наведеним насловом.

2. Предмет и циљ истраживања

Електроенергетски системи су непрекидно изложени великом броју неповољних утицаја који неминовно доводе до појаве кварова и ненормалних радних стања. Кварови су врло често праћени великим вриједностима струја које могу изазвати трајна оштећења елемената система и без напајања оставити велики број потрошача. Због тога је основни задатак система релејне заштите да елемент погођен кваром у што краћем времену издвоји од остатка електроенергетског система и тиме спријечи да дође до већих посљедица. Дистантне заштите су у преносним мрежама нашле широку примјену због велике брзине реаговања и селективности и у најсложенијим петљастих мрежама. Алгоритми дистантних заштита су основна тема ове докторске дисертације.

Од релејне заштите високонапонских мрежа се захтијева висок ниво поузданости, сигурности и велика брзина реаговања, што није увијек лако постићи код дистантних заштита. На поузданост и сигурност заштите утичу бројни фактори попут оптерећења вода, локације квара и отпорности лука. Због тога се може десити да заштита не одреагује на квар у најбржем степену, него га искључи тек након дуже временске задршке, што неповољно утиче на очување стабилности електроенергетског система. Уколико заштита одреагује на квар изван своје штићене зоне, то може довести до испада више водова у преносној мрежи, а тиме и до распада система [1,2]. Проблем поузданости и сигурности је већи у јако оптерећеним мрежама, а у последње вријеме такве ситуације се јављају у земљама које се нагло развијају и у земљама гдје се због максимизације профита преносне мреже излажу великим напрезањима без улагања у нове водове [3]. То је већ довело до неколико великих распада система, што проблематику сигурности и брзине релејне заштите чини актуелном [4].

До сада је развијен велики број алгоритама дистантних заштита а најзначајнији се према принципу рада могу подијелити на:

- Алгоритме базиране на моделу штићеног вода – за одређивање локације квара рјешавају одговарајуће диференцијалне једначине [5]–[9];
- Алгоритме базиране на детекцији путујућих таласа – детектују рефлектоване компоненте таласа насталог на мјесту појаве квара [6,10,11];
- Алгоритме базиране на естимацији фазора основног хармоника сигнала – из естимираних фазора напона и струја мјерених на штићеном воду процјењују импедансу петље квара, а тиме и удаљеност квара. За естимацију фазора најчешће се користе *DFT (Discrete Fourier Transformation)* [2,5,6,12], метода најмањих квадрата (*LES – Least Error Squares*) [2,5,6], *DWT (Discrete Wavelet Transformation)* [6,13], Њутнов метод [14,15] и др. Квар се најчешће лоцира посредно, тако што се одреде фазори помоћних величина који се фазно пореде, па се ту ради о фазној компарацији [1,6].

Једно од поља истраживања у овој дисертацији је развој нових алгоритама дистантних заштита.

За објективно поређење новог алгоритма са неким постојећим рјешењем потребно је процијенити:

1. поузданост и сигурност,
2. број захтјеваних рачунских операција у сваком периоду одабирања и
3. брзину искључења квара.

Избор начина тестирања алгоритама је кључан за објективну процјену поменутих величина. Ово је такође поље које се разматра у предложеној дисертацији.

Алгоритми дистантне заштите, које развијамо у предложеној дисертацији, раде на бази фазне компарације код које умјесто естимације фазора користимо фазно поређење сигнала у временском домену [16]. Избјегавањем естимације фазора елиминишемо релативно велики број рачунских операција који представља отежавајућу околност за извршавање у реалном времену. Показаћемо и детаљно анализирати све уочене предности и недостатке фазне компарације у временском домену. Један од задатака је и да нађемо начин да се процијени фреквентна карактеристика предложених алгоритама и да се упореди са познатим карактеристикама алгоритма на бази *DFT*. Најчешће коришћене карактеристике реаговања дистантне заштите су кружна и полигонална па је задатак да и на бази фазне компарације у временском домену развијемо оба поменута типа карактеристике. За сваку карактеристику реаговања је потребно оптимизовати коефицијенте, што је кључни корак да се елиминишу недостаци рјешавања проблема у временском домену. Последњи корак је тестирање и поређење развијених алгоритама са конвенционалним рјешењима на бази *DFT*.

Квалитет алгоритама се традиционално тестира детерминистичким приступом, тако што се у моделу преносне мреже варирају улазне величине од важности и прати осјетљивост алгоритма на њихову промјену. Овакав начин тестирања води до генерисања низа сценарија од којих су многи мало вјероватни у пракси. Овим приступом се не добијају одговори на веома важна питања:

- колика је стварна поузданост и сигурност алгоритма у реалним околностима, односно колика је вјероватноћа погрешног реаговања алгоритма и
- каква је распоdjела брзина реаговања алгоритма на квар?

Одговор на ова два питања захтијева стохастички приступ тестирању, што се већ одавно примјењује у великом броју других области. Улазни параметри тестног модела се задају стохастички и симулира се велики број кварова (Монте Карло симулације), али тако да вриједности улазних величина модела буде што је могуће ближе вриједностима које се јављају у преносној мрежи. То значи да је за ову врсту симулација потребно познавати густине распоdjеле вјероватноће свих значајних промјенљивих попут отпорности лука, оптерећења вода, локације квара и др. Због тога је један од задатака и одређивање поменутих функција за преносне мрежа БиХ и Србије. За процјену тражених функција прикупљамо вишегодишње записи кварова забиљежене комерцијалним дистантним заштитима у мрежама БиХ, Србије и Хрватске, записе вриједности напона и токова снага на 110kV, 220kV и 440kV водовима кроз сва четири годишња доба и симулирамо трополне кратке спојеве у програмским пакетима *PSS (Power System Simulator)* и *PSA (Power System Assistant)* како би процијенили снаге мрежа на крајевима анализираних водова. Тиме ће бити омогућено формирање стохастичког модела преносне мреже који се може користити за процјену поузданости, сигурности и распоdjеле брзина реаговања на квар свих тестираних алгоритама.

Релевантни библиографски извори

[1] G. Ziegler, *Numerical Distance Protection: Principles and Applications*, 3rd ed., Wiley VCH, Berlin, Germany, 2008.

- [2] Fan Wang, *Power Quality Disturbances and Protective Relays, Component Switching and Frequency Deviation*, Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden 2003.
- [3] Zexin Zhou, Xiaofan Shen, Daqing Hou, Shaojun Chen, *Analog Simulator Tests Qualify Distance Relay Designs to Today's Stringent Protection Requirements*, <https://www.selinc.com/WorkArea/DownloadAsset.aspx?id=3197>
- [4] Report of the Enquiry Committee on Grid Disturbance in Northern Region on 30th July 2012. and in Northern, Eastern & North-Eastern Region on 31st July 2012. http://www.powermin.nic.in/pdf/GRID_ENQ_REP_16_8_12.pdf
- [5] Waldemar Rebizant, Janusz Szafran, Andrzej Wiszniewski, *Digital Signal Processing in Power System Protection and Control*, Springer-Verlag London, 2011.
- [6] A. G. Phadke and J. S. Thorp, *Computer relaying for power systems*, Second Edition, John Wiley & Sons Ltd, 2009.
- [7] Đurić M., Radojević Z., Terzija V.: *Time Domain Solution of Fault Distance Calculation and Arcing Faults Detection on Overhead Lines*, - IEEE Transaction on Power Delivery, Vol. 14, No. 1, January 1999, pp. 60-67.
- [8] Suonan Jiale, Wang Zengchao, Kang Xiaoning, *An accurate fault location algorithm based on parameter identification of linear differential equation using one terminal data*, - International Conference on Advanced Power System Automation and Protection (APAP), 2011. pp. 407-412
- [9] Jiankang Zhang, Jiale Suonan, Zaibin Jiao, Guobing Song, Xiaohua Su, *A Fast Full-Line Tripping Distance Protection Method for HVDC Transmission Line*, - Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference (APPEEC), 2012. pp. 1-5.
- [10] V. Pathirana, P. G. McLaren, *A Hybrid Algorithm for High Speed Transmission Line Protection*, - IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 20, No. 4, 2005. pp. 2422 – 2428.
- [11] V. Pathirana, P.G. McLaren and E. Dirks, *Investigation of a hybrid travelling wave/impedance relay principle*, - IEEE Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering, 2002 (CCECE 2002), Vol. 1, May 2002, pp. 48 -53
- [12] A. Gomez Exposito, J.A. Rosendo Macias, J.L. Ruis Macias, *Discrete Fourier transform computation for digital relaying*, - International Journal of Electrical Power and Energy Systems, Vol 25, 2003, pp. 229–233.
- [13] Kleber M. Silva, Washington L.A. Neves, Benemar A. Souza, *Distance protection using a wavelet-based filtering algorithm*, - Electric Power Systems Research, Vol 80, Issue 1, January 2010, pp. 84-90.
- [14] Terzija V., Djurić M.: *Direct estimation of voltage phasor, frequency and its rate of change using Newton's iterative method*, - International Journal of Electrical Power and Energy Systems, Vol 16, 1994, pp. 423–428.
- [15] Djurić M., Terzija V.: *An algorithm for frequency relaying based on the Newton-Raphson method*, - Electric Power Systems Research, Vol 31, 1994, pp. 119–124.
- [16] Zubić S., Djurić M.: *A distance relay algorithm based on the phase comparison principle*, - Electric Power Systems Research, Vol 92, 2012, pp. 20-28

3. Полазне хипотезе

Основне хипотезе предложене докторске дисертације су:

- Фазна компарација у временском домену може бити примјењена за реализацију алгоритама дистантне заштите са свим најважнијим облицима карактеристика реаговања.
- Избором оптималних карактеристика реаговања на бази фазне компарације у временском домену могуће је добити брже, сигурније и рачунски мање захтјевне алгоритме у односу на конвенционално рјешење на бази *DFT*.

- Прикупљањем података из преносних мрежа могуће је реализовати стохастички модел који омогућава процјену поузданости, сигурности и брзине реаговања алгоритама, за разлику од тренутно коришћеног детерминистичког приступа гдје је процјена поменутих особина индиректна.

4. Научне методе истраживања

Методологија истраживање током израде ове дисертације укључиваће:

- Преглед постојећих резултата у области алгоритама дистантних заштита и начина њиховог тестирања.
- Развој оригиналних алгоритама дистантних заштита на бази фазне компарације у временском домену.
- Развој методологије и стохастичких модела мреже за процјену поузданости, сигурности и брзине детекције квара на бази доступних мјерења из преносних мрежа Босне и Херцеговине и Србије.
- Тестирање, анализа и поређење развијених алгоритама са конвенционалним рјешењима која се примјењују у пракси.

5. Очекивани научни допринос

Очекивани доприноси предложене докторске дисертације су развој нових алгоритама дистантне заштите и стохастичког модела мреже у коме тестирање даје објективнију процјену најзначајнијих перформанси поређених алгоритама. Детаљна анализа фазне компарације у временском домену, уз процјену њене фреквентне карактеристике и осталих значајних параметара, може бити употријебљена за развој и других типова заштита. Прикупљени подаци из преносних мрежа БиХ и Србије, уз процјену функција густине расподјеле вјероватноће свих величина значајних за проблематику релејне заштите, могли би послужити и другим ауторима да на бази стохастичког модела мреже процењују употребљивост развијених алгоритама било које врсте релејне заштите.

6. План истраживања и структура рада

Предложена дисертација се састоји од неколико тематских цјелина. У уводном дијелу биће дат преглед стања у области дистантних заштита и значај предмета истраживања у докторској дисертацији. У другој цјелини биће анализирани дистантне заштите на бази фазне компарације. Предвиђено је да се у тој цјелини да математичка основа и детаљан опис свих развијених алгоритама. У трећој цјелини биће класификовани најзначајнији критеријуми поређења алгоритама, затим поређење предложених и класичних алгоритама по критеријуму захтјевањег броја рачунских операција. Биће описан и поступак процјене фреквентне карактеристике предложених алгоритама. У четвртој цјелини биће анализиран утицај параметара мреже на детекцију квара и детерминистички приступ у тестирању алгоритама. У петој цјелини биће развијени стохастички модели мреже на бази доступних параметара из преносних мрежа БиХ и Србије. Алгоритми ће бити тестирани на овим моделима и биће дата процјена поузданости, сигурности и брзине детекције квара.

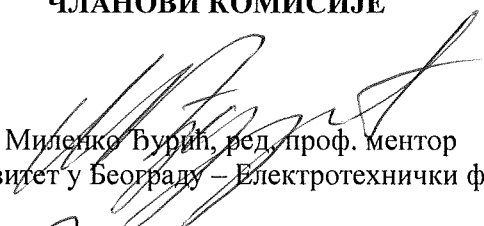
7. Закључак и предлог

На основу свега претходно наведеног Комисија сматра да кандидат Синиша Зубић, магистар електротехнике, испуњава све формалне и суштинске услове за приступање изради докторске дисертације. Резултати до којих би кандидат требало да дође при изради докторске дисертације имали би значајан научни и практични допринос у области релејне заштите високонапонских преносних мрежа.

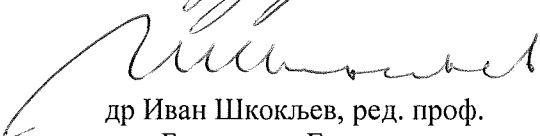
Узимајући у обзир све поменуте чињенице, Комисија предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду да кандидату Синиши Зубићу одобри израду докторске дисертације под називом: „Алгоритми за дистантне заштите на бази дигиталне фазне компарације“.

У Београду, 26.04.2013. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



др Милењко Ђурић, ред. проф. ментор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Иван Шокљев, ред. проф.
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Драган Тасић, ред. проф.
Универзитет у Нишу – Електронски факултет



др Зоран Стојановић, доцент
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет