

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата Јелисавете Крстивојевић, дипл. ел. инж. за израду докторске дисертације

Одлуком Наставно-научног већа Електротехничког факултета у Београду на седници бр. 764 од 11.07.2013. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Јелисавете Крстивојевић за израду докторске дисертације и научне заснованости теме „Дигитална заштита енергетских трансформатора од унутрашњих кварова”.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Јелисавета Крстивојевић рођена је 23.03.1982. године у Ваљеву. Основну школу и природно-математички смер гимназије завршила је у Ваљеву. Носилац је дипломе „Вук Стефановић Караџић”. Електротехнички факултет Универзитета у Београду уписала је 2001. године. Дипломирала је на Енергетском одсеку – Смер за Електроенергетске системе. Дипломски рад на тему „Утицај потрошача у домаћинству на квалитет електричне енергије” одбранила је 2006. године и тиме стекла звање дипломираног инжењера електротехнике. Докторске студије на Електротехничком факултету у Београду на смеру Електроенергетске мреже и системи уписала је 2008. године.

Током основних студија од стране Електротехничког факултета у Београду проглашена је за најбољег студента у генерацији на Енергетском одсеку у трећој, четвртој и петој години студирања. Добитник је ETF BAFA USA награде за изванредан успех постигнут у току студирања. Након завршетка основних студија, од стране Електротехничког факултета у Београду, проглашена је за најбољег дипломца у генерацији на Енергетском одсеку.

Од марта 2007. године три месеца је радила као пројектант сарадник у Пројектном бироу „Електроисток”, Београд. Од јула 2007. године је запослена на Електротехничком факултету у Београду као сарадник у настави на Катедри за Електроенергетске системе. У звање асистента изабрана је у јулу 2009. године.

Учествује у извођењу рачунских вежби из предмета Елементи електроенергетских система, Разводна постројења, Релејна заштита и Практикум из елемената

электроэнергетских система, као и лабораторијских вежби из предмета Електрична мерења 1, Електрична мерења 2, Релејна заштита и Практикум из елемената електроенергетских система.

1.2. Сечено научноистраживачко искуство

Кандидат Јелисавета Крстивојевић је 2008. године уписала докторске студије на Електротехничком факултету у Београду на смеру Електроенергетске мреже и системи. Кандидат је током докторских академских студија одрадила све обавезе и положила испите из следећих предмета:

Р.бр.	Назив предмета	Оцена	ЕПСБ
1.	Високоталонска постројења	10 (десет)	9
2.	Високоталонска расклопна опрема	10 (десет)	9
3.	Примена програмских алата у електроенергетици	10 (десет)	9
4.	Ветроенергетика и соларна енергетика	10 (десет)	9
5.	Уземљивачки системи	10 (десет)	9
6.	Мерне спреге и мерни трансформатори	10 (десет)	9
7.	Руски језик	10 (десет)	9
8.	Поузданост електроенергетских система	10 (десет)	9
9.	Релејна заштита постројења и мрежа	10 (десет)	9
10.	Електрични сервомотори	10 (десет)	9

Кандидат Јелисавета Крстивојевић је објавила следеће радове:

Радови на међународним конференцијама:

1. Z. Djuric, M.Djuric, J.Krstivojevic, J.Trifunovic, "Modified Park's Model of Induction Machines", The 27th IASTED International Conference on Modelling, Identification and Control, Innsbruck, Austria, February 11-13, 2008.

Радови у домаћим часописима:

1. Ž. Đurišić, M. Đurić, J. Krstivojević, "Monofazni analizator kvaliteta električne energije", ENERGIJA, br 1-2, mart 2007. ISSN: 0354-8651, str 275 - 280.

Радови публиковани у зборницима регионалних конференција

1. J. Krstivojević, M. Đurić, "Selektivna zemljospojna zaštita za distributivne izvode", INFOTEN-JAHORINA Vol. 12, p. 91-96, March 2013.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу резултата које је кандидаткиња постигла у свом стручном и научном раду током основних и докторских академских студија, без икакве резерве, може се закључити да Јелисавета Крстивојевић у сваком погледу испуњава услове који је квалификују да приступи изради докторске дисертације под наведеним насловом.

2. Предмет и циљ истраживања

Сви технички системи функционишу с извесним нивоом поузданости. Када се говори о поузданости система онда је јасно да је она директно у функцији поузданости елемената тог система и начина њихове међусобне повезаности. Мали ниво поузданости условљава појаву

кварова и застоја у експлоатацији. Тежње да систем буде технички поуздан и јефтин су контрадикторне.

Електроенергетски систем има задатак да обезбеди сигурну и квалитетну испоруку електричне енергије потрошачима уз што мање трошкове. Да би ланац производње, преноса и потрошње електричне енергије могао уопште да функционише неопходни су енергетски трансформатори. Због велике важности као и цене енергетских трансформатора битно је обезбедити њихов сигуран и поуздан рад. Да би се трансформатори сачували и заштитили потребна је заштита која ће деловати у најкраћем року.

Пред уређаје за заштиту трансформатора се постављају оштри захтеви у погледу поузданости, сигурности у раду као и брзине деловања. Заштита трансформатора мора бити селективна, осетљива, брза и поуздана. Под селективношћу релејне заштите подразумева се способност релејне заштите да једнозначно укаже на место појаве ненормалног режима и на конкретни елемент електроенергетског система који је погођен кваром. Непотребно деловање заштите је непожељно јер изазива испад из погона трансформатора и може изазвати делимичне или потпуне распаде система. Поред захтева за селективношћу, јако битан параметар дигиталне заштите трансформатора јесте осетљивост. Под осетљивошћу се подразумева способност реаговања релејне заштите на могућа оштећења када су вредности улазних величина на које реагује заштита минималне. Потребно је да заштита брзо делује. Кварове у ЕЕС-у треба елиминисати што брже да би се минимизирале штетне последице које при њиховој појави настају.

Са аспекта поузданости енергетски трансформатори су елементи са највећом нерасположивошћу у ЕЕС-у. Трајање обнављања поквареног трансформатора (поправком или заменом са новом јединицом) зависи од различитих чинилаца, врсте и интензитета квара, расположивости екипе за отклањање квара, расположивости резервних елемената и других. Уколико се на трансформатору догоди квар који се може отклонити само његовом заменом време за испоруку новог трансформатора износи од неколико месеци до годину дана.

Алгоритам за заштиту енергетског трансформатора од унуташњих кварова који ће бити развијен имао би исту улогу као традиционална диференцијална заштита трансформатора. Улазни сигнали релеја би се добијали из струјних трансформатора којима је штићена зона омеђена. Разлика би била та што би се нови принцип заснивао на фазној компарацији улазних сигнала.

Приликом примене диференцијалне заштите на трансформатор као објект штићења треба имати у виду његове специфичности, као што су:

- Различитост номиналних струја примара и секундара која је дефинисана преносним односом трансформатора;
- Фазни помјерај струја примара и секундара који је дефинисан спрежним бројем.

Такође, посматрано из угла диференцијалне заштите трансформатора могу се издвојити радни режими у којима би могло доћи до непотребног реаговања заштите, а то су: укључење трансформатора (у празном ходу), препобуђеност трансформатора и засићење струјних трансформатора које наступа услед кварова ван штићене зоне. Правилно реаговање заштите подразумева познавање низа фактора међу којима се могу издвојити спрега трансформатора, струја магнећења, односно карактеристика магнећења трансформатора и параметри струјних трансформатора.

У литератури која се бави заштитом трансформатора доста пажње се посвећује питању које се односи на разликовање ударне струје укључења трансформатора и струје која се јавља при кваровима унутар штићене зоне. Код првих метода, које су се бавиле овим питањем, проблем је решаван увођењем временског одлагања реаговања. Овим би се нежељено реаговање избегло, али би се изгубило на брзини реаговања, док би у случају унутрашњег квара трансформатор био изложен квару непотребно дуго. Методе које се данас најчешће користе за разликовање унутрашњих кварова од режима који могу довести до непотребног реаговања диференцијалне заштите су методе које користе присуство виших хармоника за блокирање [1,2]. Међутим, неки аутори скрећу пажњу на то да се значајан ниво

хармоника који служе за блокирање може јавити и приликом унутрашњих кварова трансформатора, као и то да је код трансформатора нових генерација магнетно језгро израђено од материјала који могу да произведу ударне струје укључења са знатно мањим нивоом хармоника. У складу са тим неки аутори предлажу да се само модификује ниво хармоника при коме би заштита била блокирана, док други предлажу употребу других метода, неке од њих су: методе које се базирају на препознавању таласног облика струје, методе за естимацију грешке [3], методе које се базирају на протоку снаге кроз трансформатор [4], методе које се базирају на fuzzy логици или методе које се базирају на неуралним мрежама.

У предложеној докторској дисертацији биће развијен и објашњен принцип рада алгорита који би се користио за дигиталну заштиту енергетског трансформатора од унутрашњих кварова. Нови алгоритам би се базирао на фазној компарацији примарне и секундарне струје трансформатора. Да би се на овај начин реализовала селективна заштита обједињене су функције фазног компаратора и прекострујне заштите. Такође, коришћењем фазне компарације могао би се реализовати допунски критеријум који би користила традиционална диференцијална заштита, а који би смањио вероватноћу непотребног реаговања заштите при спољашњим кваровима услед засићења струјних трансформатора. На тај начин би се могла повећати поузданост диференцијалне заштите.

Релевантни библиографски извори

- [1] Guzman, A.; Zocholl, Z. ; Benmouyal, G. ; Altuve, H.J, A current-based solution for transformer differential protection. I. Problem statement, Power Delivery, IEEE Transactions on (Volume:16 , Issue: 4), Oct 2001, 485 - 491
- [2] Guzman, A. ; Zocholl, S. ; Benmouyal, G. ; Altuve, H.J., A current-based solution for transformer differential protection. II. Relay description and evaluation, Power Delivery, IEEE Transactions on (Volume:17 , Issue: 4), Oct 2002, 886 - 893
- [3] B. He, X. Zhang, Z.Q. Bo, A new method to identify inrush current based on error estimation, IEEE Trans. Power Deliver. 21 (3) (2006) 1163–1168.
- [4] K. Yabe, Power differential method for discrimination between fault and magnetizing inrush current in transformers, IEEE Trans. Power Deliver. 12 (3) (1997) 1109–1118.
- [5] P. Bastard, P. Bertrand and M. Meunier: A transformer model for winding fault studies. IEEE Transactions on Power Delivery, 690-699, April 1994.
- [6] Andrzej Wiszniewski, Waldemar Rebizanta, Ludwig Schiel: New algorithms for power transformer inter-turn fault protection, Electric Power Systems Research 79 (2009) 1454–1461
- [7] E. S. Jin, T. Chen, Z.Q. Bo, A Klimek and M. F. Yang: A New Method to Identify CT Saturation Based on the time Difference Algorithm, 2009 IEEE, Power & Energy Society General Meeting, 2009. PES '09. IEEE
- [8] Fahrudin Mekic, Ramsis Girgis, Zoran Gajic, Ed teNyenhuus: Power Transformer Characteristics and Their Effect on Protective Relays, 33rd Western Protective Relay Conference, Spokane, WA, October 17-19, 2006
- [9] S. A. Saleh, M. A. Rahman: Modeling and Protection of a Three-Phase Power Transformer Using Wavelet Packet Transform, IEEE Transactions On Power Delivery, vol. 20, no. 2, april 2005
- [10] Sami G. Abdulsalam, Wilsun Xu, Washington L. A. Neves, Xian Liu: Estimation of Transformer Saturation Characteristics From Inrush Current Waveforms, IEEE Transactions On Power Delivery, Vol. 21, No. 1, January 2006
- [11] Megahed, A.I.: A model for simulating internal earth faults in transformers, Developments in Power System Protection, 2001, Seventh International Conference on (IEE)
- [12] R.P. Maheshwari, H.K. Verma: Adaptive digital differential relay with overexcitation and inrush restraint, Electric Power Systems Research 41 (1997) 175-184
- [13] Zoran N. Stojanovic, Milenko B. Djuric: An algorithm for directional earth-fault relay with no voltage inputs, Electric Power Systems Research 96 (2013) 144– 149

- [14] Sinisa J. Zubic, Milenko B. Djuric :A distance relay algorithm based on the phase comparison principle, Electric Power Systems Research 92 (2012) 20– 28.
- [15] B. Vahidi, E. Esmaeeli: MATLAB-SIMULINK-Based Simulation for Digital Differential Relay Protection of Power Transformer for Educational Purpose, Computer Applications in Engineering Education, Article first published online: 29 SEP 2010, DOI: 10.1002/cae.20493

3. Полазне хипотезе

Основне хипотезе предложене докторске дисертације су:

- Могућност реализације дигиталне заштите трансформатора од унутрашњих кварова применом дигиталне фазне компарације.
- Претпоставља се да се избором одговарајуће методе за разликовање ударне струје укључења трансформатора и струје која се јавља при кваровима унутар штићене зоне, може обезбедити поуздан, а бржи одзив заштите у односу на традиционалну диференцијалну заштиту која користи присуство виших хармоника за блокирање.
- Могућност формирања одговарајућег модела за симулацију и имплементација новог алгоритма за заштиту у формираном моделу. Креирање корисничког интерфејса помоћу кога би кориснику сликовито и јасно били приближени принципи рада, сличности и разлике традиционалне диференцијалне заштите и заштите која би се базирала на новом алгоритму. Креирани софтвер би се могао користити у едукативне сврхе.

4. Научне методе истраживања

У овом истраживању издвојене су следеће методе истраживања:

- Метода теоријске анализе која се односи на проучавање досадашњих теоријских знања и најновијих резултата везаних за предмет дисертације.
- Методе прикупљања, обраде и анализе података о постојећим решењима на основу доступне литературе.
- Предлог новог решења и верификација истог рачунарским симулацијама.
- Компаративна метода која омогућава упоређивање добијених резултата са постојећим решењима.
- Метода систематског изучавања проблематике која је присутна у целокупном истраживању.

5. Очекивани научни допринос

Очекивани научни доприноси предложене докторске дисертације су:

- Нови приступ у реализацији дигиталне заштите енергетског трансформатора који би се заснивао на принципу утврђивања промене смера примарне струје у односу на секундарну или обрнуто.
- Развој новог алгоритма за дигиталну заштиту енергетских трансформатора од унутрашњих кварова.
- Детаљна анализа како примењени фазни компаратор, базиран на прорачуну интеграла тренутне снаге, види радне режиме трансформатора који могу имати утицаја на рад диференцијалне заштите.

6. План истраживања и структура рада

Истраживање наведене проблематике у стручној литератури.

Преглед и систематизација најновијих истраживања из посматране области.

Упознавање са принципима рада традиционалне диференцијалне заштите.

Сагледавање проблема са којима се сусреће диференцијална заштита трансформатора.

Развој новог алгоритма за заштиту трансформатора који би се базирао на диференцијалном принципу.

Формирање модела енергетског трансформатора за симулацију унутрашњих кварова.

Формирање модела система у којима ће бити симулиран, тестиран и верификован рад новог алгоритма.

Упоредна анализа перформанси новог алгоритма са већ постојећим.

7. Закључак и предлог

На основу свега претходно наведеног Комисија сматра да кандидат Јелисавета Крстивојевић, дипломирани инжењер електротехнике, испуњава све формалне и суштинске услове за приступање изради докторске дисертације. Резултати до којих би кандидаткиња 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 Јелисавети Крстивојевић одобри израду докторске дисертације под називом: „Дигитална заштита енергетских трансформатора од унутрашњих кварова“.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

др Миленко Ђурић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет

др Јован Микуловић, доцент
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет

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