



УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ • ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ

Булевар краља Александра 73 • 11000 Београд • Србија •

Тел. 011/324-8464 • Факс: 011/324-8681

ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

БР. 163/6

ДАТУМ 31.1.2011.

БЕОГРАД

Универзитет у Београду
Већу научних области техничких наука

З А Х Т Е В

За давање сагласности на предлог теме докторске дисертације

Молимо да, сходно чл.46 ст.5.тач.4 Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“ бр.131/06), дате сагласност на предлог теме докторске дисертације:
„Усмерени релеји базирани на дигиталном фазном компаратору“ коју је пријавио кандидат **мр Зоран Стојановић**.
Научна област: **електротехника**

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

- Име, име једног од родитеља и презиме кандидата
Мр ЗОРАН (НОВИЦА) СТОЈАНОВИЋ
- Назив и седиште факултета на коме је стекао високо образовање
Електротехнички факултет у Београду
- Година дипломирања: **2003.године**
- Назив магистарске тезе кандидата
„Процена стања металоксидног одводника пренапона применом метода заснованих на анализи струје одвођења при радном напону мреже“
- Назив факултета на коме је магистарска теза одбрањена
Електротехнички факултет у Београду
- Година одбране магистарске тезе: **2009.године**
- Назив факултета на коме је кандидат завршио докторске студије: /
- Одсек, смер или група: /
- Година завршетка докторских студија: /

Обавештавамо вас да је Наставно-научно веће Електротехничког факултета на седници одржаној 25.01.2011.године размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације.

Прилог:

- Предлог теме докторске дисертације са образложењем
- Акт надлежног тела Факултета о подобности теме за израду докторске дисертације

РЕПУБЛИКА СРБИЈА
ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА



Проф. др Милодраг Поповић



УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ • ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ

Булевар краља Александра 73 • 11000 Београд • Србија •

Тел. 011/324-8464 • Факс: 011/324-8681

ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ
25. 1. 2011.
СТАТУМ
БЕОГРАД

На основу чл.128 Закона о високом образовању и чл.66 и чл.68 Статута Електротехничког факултета у Београду, Наставно-научно веће на седници од 25.01.2011.године, донело је

ОДЛУКУ

О ПРИХВАТАЊУ ТЕМЕ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Прихвата се тема докторске дисертације под насловом:
„Усмерени релеји базирани на дигиталном фазном компаратору“ коју је пријавио мр Зоран Стојановић.

За ментора је именован др Миленко Ђурић, редовни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

ДЕКАН

Електротехничког факултета



Проф. др Милодраг Поповић



Додатак уз образац 1.

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

Име и презиме: Milenko B. Đurić

Звање: redovni profesor

Списак радова објављених у научним часописима са Science Citation Index (SCI) листе који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. M. Djurić, Ž. Djurišić, "Frequency measurement of distorted signals using Fourier and zero crossing techniques", Electric Power System Research, Volume 78, Issue 8, August 2008, Pages 1407-1415, ISSN: 03787796, IF: 1.243
2. M. Djurić, Z. Radojević, K. Zorić, "Determination of the arc extinction time on power lines using voltage signals", European Transactions on Electrical Power, Volume 12, Issue 6, November 2002, Pages 415-418, ISSN: 1430144X, IF: 0.161
3. Z. Radojević, V. Terzija, M. Djurić, "Numerical algorithm for overhead lines arcing faults detection and distance and directional protection", IEEE Transactions on Power Delivery, Volume 15, Issue 1, January 2000, Pages 31-37, ISSN: 08858977, IF: 0.381
4. M. Djurić, K. Zorić, N. Jejina, "Neural-network-based approach for secondary arc recognition on HV overhead lines", European Transactions on Electrical Power, Volume 9, Issue 5, 1999, Pages 309-312, ISSN: 1430144X, IF: 0.142
5. M. Djurić, Z. Radojević, V. Terzija, "Time domain solution of fault distance estimation and arcing faults detection on overhead lines", IEEE Transactions on Power Delivery, Volume 14, Issue 1, 1999, Pages 60-65, ISSN: 08858977, IF: 0.363

(навести најмање пет радова у случају менторства дисертације која се пријављује од 01.01.2010. године).



ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

[Signature]

NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU ELEKTROTEHNIČKOG FAKULTETA U BEOGRADU

Na svojoj sednici 2. novembra 2010. godine Nastavno-naučno veće imenovalo nas je za članove Komisije za ocenu uslova i prihvatanje teme doktorske disertacije kandidata mr Zorana N. Stojanovića, dipl. inž. elektrotehnike, pod nazivom: "Usmereni releji bazirani na digitalnom faznom komparatoru". Nakon uvida u dostavljeni materijal podnosimo Nastavno-naučnom veću sledeći

IZVEŠTAJ

1. BIOGRAFSKI PODACI KANDIDATA

Zoran N. Stojanović rođen je 22.07.1979. godine u Požarevcu. Gimnaziju opšteg smera završio je 1998. godine u Svilajncu. Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu – Energetski osek upisao je 1998. godine. Diplomirao je 21.11.2003. godine na istom fakultetu, na smeru Elektroenergetski sistemi. Po završetku redovnih studija upisao je posle diplomске studije na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Beogradu – smer Visokonaponska oprema i postrojenja, gde je 27.04.2009. godine odbranio magistarsku tezu pod nazivom "Procena stanja metaloksidnog odvodnika prenapona primenom metoda zasnovanih na analizi struje odvođenja pri radnom naponu mreže".

Godinu dana radio je u projektnom birou Energoprojekt-Hidroinženjeringa. Od 2005. godine zaposlen je na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Beogradu kao asistent-pripravnik. U zvanje asistenta izabran je 13.10.2009.

Učestvovao je u izradi više studija i naučnih projekata, idejnih i glavnih elektro-projekata, kao i tehničkih kontrola. Koautor je jednog udžbenika, jednog rada publikovanog u međunarodnom časopisu, dva rada publikovana u domaćim časopisima, jednog rada publikovanog na međunarodnoj konferenciji i dva rada publikovana na domaćim konferencijama. Posедуje licence Inženjerske komore Srbije za odgovornog projektanta elektroenergetskih instalacija visokog i srednjeg napona, kao i elektroenergetskih instalacija niskog i srednjeg napona. Dobitnik je godišnje nagrade Privredne komore Beograda za najbolju magistarsku tezu za 2009 godinu.

2. PREDMET I CILJ ISTRAŽIVANJA

Svaki tehnički sistem ima neku pouzdanost koja je za dostignuti tehnološki razvoj prihvatljiva. Međutim, ni jedan sistem nije apsolutno pouzdan jer je verovatnoća pojave kvarova uvek veća od nule. Za dovoljno pouzdan rad elektroenergetskog sistema neophodno je brzo detektovati i izolovati element sa kvarom od ostatka sistema. Ovaj zadatak obavlja sistem relejne zaštite. Drugim rečima, zadaci relejne zaštite jesu sprečavanje pojave kvara zbog nenormalnih radnih stanja odnosno, minimiziranje štete ukoliko do kvara ipak dođe. Da bi relejna zaštita uspešno izvršila svoje zadatke mora biti: selektivna, brza, osetljiva i pouzdana.

Od kraja 19. veka do danas u tehnološkom smislu razvijene su tri generacije zaštitnih releja: elektromehanički, analogni elektronski i digitalni releji. Prve dve generacije releja više se ne proizvode. Međutim, karakteristike različitih zaštitnih releja nastale su i standardizovane su u vreme dominacije elektromehaničkih releja te su kasnije samo preslikane na nove generacije zaštitnih uređaja. Zaštitni releji prve dve generacije su monofunkcionalni, tj. svaka zaštitna funkcija zahteva poseban uređaj. Digitalna tehnologija treće generacije omogućava da jedan hardverski uređaj obavlja više zaštitnih funkcija.

Usmereni releji pojavljuju se u sklopu većeg broja zaštita kao dodatna funkcija koja obezbeđuje selektivnost zaštite. Usmereni relej određuje "smer" struje u odnosu na referentnu veličinu, koja može biti napon ili neka druga struja. Kod naizmeničnih veličina "smer" struje u odnosu na referentnu veličinu određen je faznim pomerajem između posmatrane struje i referentne veličine.

Fazni pomeraji između električnih veličina, za potrebe digitalnih releja, mogu se odrediti različitim metodama. Kod prenosnih vodova visokog i ekstremno visokog napona primenu nalaze

metode na bazi priraštaja trenutnih vrednosti električnih veličina, odnosno metode na bazi putujućeg talasa koje se odlikuju velikom brzinom konvergencije. Međutim, ove metode su još u fazi istraživanja. Kada nema potrebe za tako velikim brzinama odziva, u upotrebi su konvencionalne metode koje se zasnivaju na fazorima električnih veličina. Pri tome, za određivanje amplitude i početne faze na raspolaganju stoje neke od dobro poznatih metoda za obradu signala: metoda prolaska signala kroz nulu (*Zero-crossing*), *Fourier*-ova, najmanjih kvadrata (*Least Error Squares*), *Newton*-a i druge.

U predloženoj doktorskoj disertaciji biće objašnjen princip rada digitalnog faznog komparatora kojim se može realizovati funkcija usmerenosti. Osnovna ideja ogleda se u tome da se ne računa fazni pomeraj između struje i referentnog napona, već energija odnosno integral trenutne snage signala na intervalu dužine polovine osnovne periode napona ili struje. Algoritam usmerenog releja koji se bazira na integralu trenutne snage signala ima osobine faznog komparatora. Kada se sa kontinualnog pređe na diskretni sistem opisani postupak se svodi na sumu proizvoda odbiraka struje i referentne veličine. Na taj način proračun se maksimalno pojednostavljuje što se odražava i na skraćenje procesorskog vremena neophodnog za realizaciju ove zaštitne funkcije. Kako se proračuni vrše na prozoru podataka dužine polovine osnovne periode to je i brzina konvergencije algoritma na zavidnom nivou. Robustnost digitalnog faznog komparatora biće testirana signalima zaprljanim višim harmonicima, jednosmernom komponentom i šumom, te signalima čija frekvencija odstupa od naznačene frekvencije sistema.

U nastavku disertacije biće izloženo nekoliko specifičnih primena ovog postupka na realne probleme. Svaki od algoritama biće detaljno testiran serijom računarski generisanih signala.

Kao prva primena biće izložen algoritam za usmereni relej bez mrtve zone reagovanja realizovan digitalnim faznim komparatorom. Osnovni nedostatak usmerenih zaštita predstavlja postojanje "mrtve" zone reagovanja. Naime, pri bliskim kratkim spojevima napon na mestu ugradnje releja postaje toliko mali da je praktično neupotrebljiv za ispravan rad releja. Ovaj problem biće rešen uvođenjem kašnjenja po naponu koji se dovodi releju. Posebna pažnja biće posvećena problemu sinhronizacije kada stvarna frekvencija sistema odstupa od naznačene.

U nastavku će biti prikazana trofazna varijanta usmerenog releja baziranog na digitalnom faznom komparatoru. Usmerena funkcija biće kombinovana sa prekostrujnom zaštitom kako bi bili izvedeni konkretni uslovi reagovanja za sve vrste kratkih spojeva u mreži: jednofazni kratak spoj, dvofazni kratak spoj, dvofazni kratak spoj sa zemljom i trofazni kratak spoj.

Na kraju, biće predstavljen i algoritam za usmereni relej bez naponskih ulaza namenjen radu u izolovanim mrežama. Ovaj relej, umesto napona kao referentne veličine, koristi radne struje budući da se iste praktično ne menjaju pri pojavi jednostrukog zemljospoja. Na taj način obezbeđuje se selektivnost prekostrujnih releja bez korišćenja naponskih transformatora.

Predloženom disertacijom uvodi se novi način određivanja smera naizmeničnih veličina u elektroenergetskom sistemu. Ovaj postupak karakterišu malo zauzeće procesorskog vremena i velika brzina odziva. Primenom pomenutog algoritma mogu se rešiti realni problemi postojećih zaštita kao što su: eliminisanje mrtve zone reagovanja usmerenog releja i uvođenje selektivnosti prekostrujne zaštite bez korišćenja napona u izolovanim mrežama.

Relevantne reference:

- [1] K.S. Prakash, O.P. Malik, G.S. Hope, Amplitude comparator based algorithm for directional comparison protection of transmission lines, IEEE Transactions on Power Delivery 4 (1989) 2032 – 2041.
- [2] Gabriel Benmouyal, Simon Chano, Characterization of phase and amplitude comparators in UHS directional relays, IEEE Transactions on Power Systems 12 (1997) 646 – 653.
- [3] He Jia-li, Zhang Yuan-hui, Yang Nian-ci, New type power line carrier relaying system with directional comparison for EHV transmission lines, IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems 103 (1984) 429 – 436.
- [4] Moustafa Mohammed Eissa, Evaluation of a New Current Directional Protection Technique Using Field Data, IEEE Transactions on Power Delivery 20 (2005) 566 – 572.

- [5] P.G. McLaren SM, G.W. Swift SM, Z. Zhang, E. Dirks, R.P. Jayasinghe, I. Fernando, A new directional element for numerical distance relays, IEEE Transactions on Power Delivery 10 (1995) 666 – 675.
- [6] Gabriel Benmouyal, Jean Mahseredjian, A combined directional and faulted phase selector element based on incremental quantities, IEEE Transactions on Power Delivery 16 (2001) 478 – 484.
- [7] M. I. Gilany, O.P. Malik, G.S. Hope, A digital protection technique for parallel transmission lines using a single relay at each end, Transactions on Power Delivery 7 (1992) 118 – 125.
- [8] M. M. Eissa, O. P. Malik, A new digital directional transverse differential current protection, IEEE Transactions on Power Delivery 11 (1996) 1285 – 1291.
- [9] A. K. Pradhan, A. Routray, S. Madhan Gudipalli, Fault direction estimation in radial distribution system using phase change in sequence current, IEEE Transactions on Power Delivery 22 (2007) 2065 – 2071.
- [10] P. G. McLaren, K. Mustaphi, G. Benmouyal, S. Chano, A. Girgis, C. Henville, M. Kezunovic, L. Kojovic, R. Marttila, M. Meisinger, G. Michel, M. S. Sachdev, V. Skendzic, T. S. Sidhu, D. Tziouvaras, Software Models for Relays, IEEE Transactions on Power Delivery 16 (2001) 238-45.

3. POLAZNE HIPOTEZE

Usmereni releji pojavljuju se u sklopu većeg broja zaštita (prekostrujnih, diferencijalnih, distantnih, i.t.d) kao dodatna funkcija koja obezbeđuje selektivnost zaštite. Kod naizmeničnih veličina "smer" struje u odnosu na referentnu veličinu, koja može biti napon ili neka druga struja, određen je faznim pomerajem između posmatrane struje i referentne veličine. Polazna pretpostavka ove doktorske disertacije je da se funkcija usmerenosti releja može realizovati bez proračuna fazora napona i struje, već na bazi proračuna energije, odnosno integrala trenutne snage na osnovnoj poluperiodi signala.

4. METODE ISTRAŽIVANJA

U izradi disertacije biće korišćene sledeće metode istraživanja: prikupljanje i sređivanje podataka o postojećim rešenjima na osnovu dostupne literature; analiza postojećih i predlog sopstvenog rešenja; verifikacija novog postupka računarskim simulacijama.

5. OČEKIVANI NAUČNI DOPRINOS

Naučni doprinos predložene disertacije bio bi novi pristup u određivanju smera naizmeničnih veličina u elektroenergetskom sistemu. Ovaj postupak karakterišu malo zauzeće procesorskog vremena i velika brzina odziva. Usmereni releji na bazi digitalnog faznog komparatora mogli bi naći primenu u mrežama svih naponskih nivoa gde se funkcija usmerenosti zahteva. Pored monofaznih, moguće je realizovati i trofazne varijante ovog releja. Primenom pomenutog algoritma mogli bi se rešiti realni problemi postojećih zaštita kao što su: eliminisanje mrtve zone reagovanja usmerenog releja pri bliskim kratkim spojevima i uvođenje selektivnosti prekostrujne zaštite bez korišćenja napona u izolovanim mrežama.

6. PLAN ISTRŽIVANJA I STRUKTURA RADA

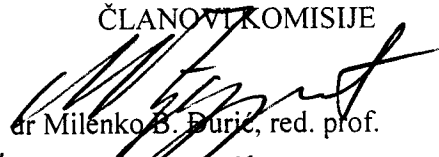
U uvodnom izlaganju biće opisana oblast istraživanja i navedena postojeća rešenja iz relevantne literature. Nakon toga biće objašnjen princip rada digitalnog faznog komparatora kojim se može realizovati funkcija usmerenosti. U nastavku disertacije biće izloženo nekoliko specifičnih primena ovog postupka na realne probleme. Svaki od algoritama biće testiran serijom računarski generisanih signala.

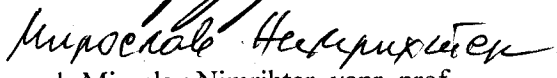
7. ZAKLJUČAK I PREDLOG

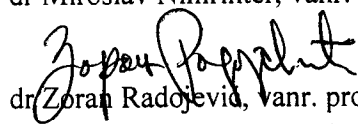
Komisija smatra da predložena tema tretira originalnu naučnu oblast. Njenom razradoma očekuju se doprinosi u razvoju digitalnih zaštitnih releja. Shodno tome, Komisija smatra da mr Zoran N. Stojanović ispunjava sve uslove da pristupi izradi doktorske disertacije, kao i da je predložena tema "Usmereni releji bazirani na digitalnom faznom komparatoru" naučno zasnovana, aktuelna i da omogućava postizanje originalnih naučnih rezultata. Komisija predlaže Nastavno-naučnom veću Elektrotehničkog fakulteta Univeziteta u Beogradu da prihvati predloženu temu i kandidatu odobri izradu doktorske disertacije.

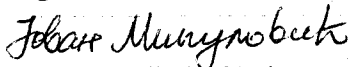
U Beogradu, 17. decembar 2010. godine

ČLANOVI KOMISIJE


dr Milenko B. Đurić, red. prof.


dr Miroslav Nimrihter, vanr. prof.


dr Zoran Radojević, vanr. prof.


dr Jovan Mikulović, doc.