

NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU ELEKTROTEHNIČKOG FAKULTETA UNIVERZITETA U BEOGRADU

Na sednici Nastavno-naučnog veća Elektrotehničkog fakulteta Univerziteta u Beogradu održanoj 24.04.2012. godine imenovani smo za članove komisije za pregled i ocenu doktorske disertacije Mr Srđana Dimitrijevića, dipl. inž. elektrotehnike, pod naslovom „Obnavljanje pogona distributivnih sistema u okviru razvoja inteligentnih elektroenergetskih mreža”. Nakon pregleda dostavljenog materijala podnosimo Nastavno-naučnom veću Elektrotehničkog fakulteta Univerziteta u Beogradu sledeći

Izveštaj

1. Uvod

1.1. Naslov i obim disertacije;

Doktorska disertacije Mr Srđana Dimitrijevića, dipl. inž. elektrotehnike, pod naslovom „Obnavljanje pogona distributivnih sistema u okviru razvoja inteligentnih elektroenergetskih mreža” sadrži 147 stranica (zajedno sa slikama) sa 20 stranica Priloga.

1.2 Hronologija odobravanja i izrade disertacije;

Kandidat Mr Srđan Dimitrijević, dipl. inž. elektrotehnike, prijavio je temu pod naslovom „Obnavljanje pogona distributivnih sistema u okviru razvoja inteligentnih elektroenergetskih mreža” 16.12.2011. godine a Nastavno-naučno veće je 27.12. 2011. godine imenovalo komisiju za ocenu uslova i prihvatanje teme u sastavu dr Nikola Rajaković, Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu, redovni profesor, dr Ivan Škokljević, Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu, redovni profesor i dr Rade Čirić, Pokrajinski sekretarijat za nauku i tehnološki razvoj u Vladi AP Vojvodine, naučni saradnik. Veće je odobrilo temu i imenovalo mentora prof. dr Nikolu Rajakovića 06.03.2012. godine. Na Izveštaj ove komisije je Veće naučnih oblasti tehničkih nauka dalo saglasnost 26.03.2012. godine. Na sednici Nastavno-naučnog veća Elektrotehničkog fakulteta Univerziteta u Beogradu održanoj 24.04.2012. godine imenovana je komisije za pregled i ocenu doktorske disertacije Mr Srđana Dimitrijevića, proširena u odnosu na komisiju za ocenu uslova i prihvatanje teme sa prof. dr Zoranom Radojevićem.

1.3 Mesto disertacije u odgovarajućoj naučnoj oblasti;

U užoj naučnoj oblasti ELEKTROENERGETSKE MREŽE I SISTEMI disertacija je pozicionirana u područje distributivnih mreža koje evolutivno prelaze u inteligentne mreže zahvaljujući upravo i doprinosima koji poboljšavaju zadatke obnavljanja pogona posle poremećaja, a upravo se o tim doprinosima radi u ovoj disertaciji.

1.4 Biografski podaci o kandidatu;

Mr Srđan Dimitrijević je rođen 05. 01 1971.god. u Beogradu. Osnovnu i srednju školu je završio u Velikoj Plani i Smederevskoj Palanci. Elektrotehnički fakultet, Energetski osek, je upisao 1991.god u Čačku. Posle završene prve godine, nastavlja sa studijama u Beogradu na Elektrotehničkom fakultetu, Energetski osek, smer Elektroenergetske mreže i sistemi. Diplomirao je 17.07.1998.godine sa prosečnom ocenom tokom studiranja 7.16 i ocenom diplomskog rada 10. Postdiplomske studije je upisao 1998.godine na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu. Odbranio je magistarsku tezu pod naslovom „Novi način rešavanja obnavljanja pogona srednjenaponskih distributivnih mreža posle teških poremećaja” i stekao akademsko zvanje magistra elektrotehničkih nauka iz oblasti Elektroenergetskih mreža i sistema, 17.06.2002.god. na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu. Od januara 1999. godine do aprila 1999. godine bio je u radnom odnosu u preduzeću za planiranje i izgradnju JP „Plana“, u Velikoj Plani. Od aprila 1999. do avgusta 2004. godine bio je u radnom odnosu u Elektroprivredi Srbije – Elektrodistribucija u Velikoj Plani, između ostalog i na poslovima

analize, modelovanja i planiranja distributivnih sistema. Od avgusta 2004.godine do oktobra 2007.godine bio je u radnom odnosu u kompaniji ENTEL-Energoprojekt u Beogradu gde je radio kao konsultant na međunarodnim projektima. Od oktobra 2007.godine do aprila 2011.godine imao je ugovor sa kompanijom KEMA-Consulting, sedište u Holandiji, ogranak u Bonu (Nemačka) gde je u okviru INC (*Intelligent Networks and Control*) grupe radio kao konsultant na međunarodnim projektima. Od aprila 2011.godine je u radnom odnosu u kompaniji Mott Macdonald, sedište u Velikoj Britaniji, ogranak u Abu Dhabi-u (Ujedinjeni Arapski Emirati) gde, između ostalog, radi na međunarodnim projektima iz oblasti analize (studija) elektroenergetskih sistema.

Mr Srđan Dimitrijević je zajedno sa mentorom, kao prvi autor, publikovao rad u vrhunskom časopisu od međunarodnog značaja. Osim toga bio je učesnik na brojnim projektima na kojima su u potpunosti ili delimično zastupljeni problemi iz elektroenergetskih sistema.

2. Opis disertacije

2.1. Struktura i sadržaj disertacije;

Doktorska disertacija mr Srđana Dimitrijevića, dipl. inž. elektrotehnike sadrži 5 glava, prilog i spisak literature. Spisak literature sadrži 145 referenci.

U uvodnom delu dat je pregled relevantne literature iz oblasti inteligentnih elektroenergetskih mreža, proračuna tokova snaga u distributivnim sistemima i obnavljanja pogona distributivnih sistema. Zatim je prikazan detaljan matematički opis modelovanja i topološke interpretacije distributivnih mreža uključujući proračune tokova snaga u distributivnim mrežama. Iza toga kandidat daje kraći opis postojećih načina rešavanja obnavljanja pogona, iza čega sledi detaljan matematički opis predloženog novog efikasnog načina rešavanja problema obnavljanja pogona u distributivnim sistemima. Opisuje se i dodatna funkcija algoritma koja rešava problem preopterećenja pojedinih elemenata distributivnog sistema prilikom nalaženja rešenja za obnavljanje pogona kao i funkcija filtriranja neophodnih prekidačkih akcija. Na kraju, daju se zaključci kao i glavni doprinosi koji su učinjeni predloženim načinom rešavanja obnavljanja pogona. Rad je podeljen u sedam poglavlja.

Doktorsku disertaciju čine sledećih pet poglavlja, spisak literature i prilozi:

1. Uvod
2. Inteligentne mreže
3. Topologija distributivne mreže i tokovi snaga u distributivnim sistemima
4. Obnavljanje pogona nakon poremećaja u radu urbanih distributivnih sistema
5. Zaključak
6. Literatura
7. Prilozi

2.2. Kratak prikaz pojedinačnih poglavlja;

U glavi 1. opisani su predmet i cilj disertacije uključujući kratak opis inteligentnih mreža, proračuna tokova snaga u distributivnim mrežama, problema obnavljanja pogona i prikazana je struktura disertacije. Pored opštih uvodnih razmatranja, dat je pregled odabrane literature iz oblasti inteligentnih mreža, tokova snaga u distributivnim mrežama kao i pregled literature iz oblasti obnavljanja pogona distributivnih sistema.

U glavi 2. opisan je koncept inteligentnih mreža uključujući definicije inteligentnih mreža. Vizija inteligentnih mreža opisana je pomoću ključnih parametara kojima se definiše

jedna tehničko-tehnološka celina, kao što su: 1) karakteristike, koje inteligentne mreže treba da imaju 2) tehnologije, koje će biti primenjene i 3) unapređenja postojećih elektroenergetskih sistema. Predstavljene su strategije razvoja i istraživanja, koje će podržati transformaciju postojećih elektroenergetskih mreža u inteligentne elektroenergetske mreže. Uloga obnavljanja pogona distributivnih sistema u konceptu inteligentnih mreža opisana je na kraju ovog poglavlja, čime je napravljen uvod u preostali deo disertacije, koji obrađuje problem obnavljanja pogona distributivnih sistema.

U glavi 3. opisan je proračun tokova snaga u distributivnim sistemima, koji je sastavni deo kompletnog algoritma za nalaženje rešenja obnavljanja pogona. Objašnjen je način matematičkog modelovanja elektroenergetskih elemenata distributivnog sistema uključujući detaljan opis modelovanja opterećenja, distributivnog voda i potrošačkih čvorova. Opisana je topološka interpretacija distributivne mreže i simulirane promene pogonske strukture distributivnih sistema. Opis odabrane metode za proračun tokova snaga u distributivnim sistemima dat je na kraju ove glave.

U glavi 4. opisan je efikasan način rešavanja obnavljanja pogona distributivnih sistema. Prikazan je pregled postojećih načina rešavanja obnavljanja pogona, iza čega je usledila postavka problema obnavljanja pogona koji je bio rešavan u ovoj disertaciji. Zatim je matematički prikazan originalni Primov algoritam, modifikacija Primovog algoritma i primena modifikovanog Primovog algoritma prilikom uvođenja novog načina rešavanja obnavljanja pogona distributivnih sistema. U ovoj glavi je takođe objašnjen i način rešavanja preopterećenja pojedinih elemenata distributivnog sistema, koje može da se javi u toku nalaženja rešenja obnavljanja pogona, kao i način filtriranja prekidačkih akcija koje je potrebno uraditi kako bi se predloženo rešenje praktično realizovalo. Rezultati simulacija raznih zadataka rešavanja obnavljanja pogona na distributivnoj mreži opisani su na kraju ove glave. Urađene su posebne simulacije za predloženi način rešavanja obnavljanja pogona i za kompletni algoritam za rešavanje obnavljanja pogona. Predloženi način rešavanja predstavlja sastavni deo kompletnog algoritma za obnavljanje pogona, koji uključuje i transfer opterećenja i filtriranje prekidačkih akcija.

U glavi 5. opisani su zaključci kao i glavni doprinosi koji su učinjeni predloženim načinom rešavanja obnavljanja pogona.

U glavi 6. prikazan je spisak literature koja je korišćena prilikom izrade disertacije.

U glavi 7. prikazani su grafički prilozi testirane distributivne mreže sa rezultatima. Prilozi su sastavni deo rezultata simulacija testirane mreže koja je opisana u glavi 4.

3. Ocena disertacije

3.1 Savremenost, originalnost i značaj;

Doktorska disertacija mr Srđana Dimitrijevića, dipl. inž. elektrotehnike, pod naslovom „Obnavljanje pogona distributivnih sistema u okviru razvoja inteligentnih elektroenergetskih mreža” predstavlja savremen pristup u obradi aktuelne problematike obnavljanja pogona distributivnih sistema u okviru inteligentnih elektroenergetskih mreža (eng. *Smart Grid*). Primenom novih tehnologija u distributivnim sistemima neophodno je unaprediti aplikacije koje služe kao podrška dispečerskom odlučivanju a koje su sastavni deo upravljanja savremenim distributivnim sistemima.

Predloženim pristupom rešavanja napravljen je originalan i značajan iskorak u rešavanju predmetne problematike što je i potvrđeno objavljivanjem rezultata istraživanja u časopisu sa SCI faktorom. Značaj predloženog načina rešavanja u domenu teorije se ogleda u novom definisanju načina rešavanja problema obnavljanja pogona u distributivnim mrežama. Istovremeno predloženi način rešavanja može biti dobra osnova za buduća istraživanja u elektroenergetskim mrežama i sistemima uključujući istraživanja i primenu u drugim tehničkim disciplinama. Praktičan značaj predloženog načina rešavanja predstavlja primenjivost algoritma kao podrške u dispečerskom odlučivanju prilikom upravljanja distributivnim sistemima.

3.2. Osvrt na referentnu i korišćenu literaturu;

Literatura korišćena u disertaciji obuhvata oblasti elektroenergetskih inteligentnih mreža, tokova snaga u distributivnim sistemima i obnavljanja pogona u distributivnim sistemima. Navedena literatura je poslužila za pregled dosadašnjih istraživanja iz oblasti obnavljanja pogona kao i za razvoj pratećih aplikacija neophodnih da se izvrši zaokruženo istraživanje u okviru ove disertacije. Pregled dosadašnjih istraživanja je poslužio za stvaranje polazne osnove i identifikaciju pravca istraživanja prezentovanog u disertaciji. Prateće aplikacije su razvijene kako bi razvoj predloženog načina rešavanja bio olakšan i verifikovan. Prateće aplikacije uključuju proračun tokova snaga u distributivnim sistemima, transfer opterećenja i slično.

Navedene reference su preuzete iz prestižnih stručnih časopisa iz oblasti elektroenergetskih mreža i sistema. Spisak literature sadrži 145 referenci.

3.3. Analiza primenjenih naučnih metoda i njihova adekvatnost za sprovedeno istraživanje;

Kao naučna metoda korišćena je originalna modifikacija postojeće metode. Predložen način rešavanja je baziran na Primovom algoritmu. Algoritam je originalno modifikovan čime je omogućena primena logike Primovog algoritma na rešavanje obnavljanje pogona. Zatim je ovako modifikovan algoritam upotrebljen za definisanje novog načina rešavanja obnavljanja pogona distributivnih sistema. Proces definisanja predloženog načina rešavanja je detaljno prikazan u disertaciji sa potrebnim matematičkim elementima. Detalji bitni za jasno razumevanje predloženog načina rešavanja su dodatno analizirani. Matematička interpretacija predloženog načina rešavanja je objavljena u časopisu sa SCI liste.

Posle toga je urađena primena modifikovanog Primovog algoritma prilikom uvođenja novog načina rešavanja obnavljanja pogona distributivnih sistema. Ovakav pristup pokazao se u celosti adekvatan jer je doveo do vrlo upotrebljivog algoritma.

3.4. Ocena primenljivosti i verifikacije ostvarenih rezultata;

Predloženi način rešavanja može biti primenjivan u budućim istraživanjima ali i za praktičnu primenu kao podrška u dispečerskom odlučivanju. Rezultati su verifikovani putem simulacija različitih zadataka rešavanja obnavljanja pogona distributivnih mreža. Za simulaciju je korišćena tipična distributivna mreža.

Detalji predloženog načina rešavanja opisani u disertaciji su dovoljni da se na osnovu istih može napisati algoritam i koristiti za buduća istraživanja ili primenu u praksi.

3.5. Ocena sposobnosti kandidata za samostalni naučni rad;

Kandidat je tokom izrade ove doktorske disertacije pokazao da je u stanju da samostalno rešava probleme i da uspešno vlada savremenim naučnim saznanjima i metodama. Kandidat je ispoljio zahtevanu naučnu zrelost i osposobljen je za dalji uspešan naučno-istraživački rad.

4. Ostvareni naučni doprinos

4.1. Prikaz ostvarenih naučnih doprinosa;

Ključni doprinos u disertaciji je, kasnije simulacijama verifikovan, novi način rešavanja obnavljanja pogona u distributivnim mrežama koji mrežu dodatno unapređuje u smeru inteligentne elektroenergetske mreže. Doprinosi koji su proistekli iz primene ovog novopredloženog načina rešavanja obnavljanja pogona a koji su bazirani na modifikaciji Primovog algoritma, su:

- Broj potrošača kojima je obezbeđeno obnavljanje napajanja električnom energijom posle većih poremećaja u distributivnom sistemu je osetno povećan, odnosno smanjena je neisporučena energija,

- Broj prekidačkih akcija neophodnih da dobijeno rešenje obnavljanja napajanja električnom energijom postane izvodljivo, odnosno da može da se realizuje u praksi je smanjen,
- Mogućnost definisanja željene pogonske strukture oblasti pogođene kvarom je uvedena i primenjena u algoritmu. Treba ukazati da se ova željena pogonska struktura definiše pre početka rešavanja zadatka obnavljanja pogona distributivne mreže nakon dejstva poremećaja,
- Prosečno vreme trajanja prekida napajanja električnom energijom potrošača koji pripadaju analiziranoj distributivnoj mreži u toku godine je smanjeno upravo zahvaljujući unapređenju performansi pouzdanosti mreže,
- Troškovi obnavljanja pogona su smanjeni i
- Performanse distributivne mreže su poboljšane.

4.2. Kritička analiza rezultata istraživanja;

Predložen način rešavanja obuhvata tipičnu srednjenaponsku distributivnu mrežu. Način rešavanja je u potpunosti odgovorio ciljevima istraživanja što je potvrđeno rezultatima kao i objavljivanjem istih u vrhunskom naučnom časopisu međunarodnog značaja.

Uloga specifičnih uređaja, koji tek treba da se povezuju na srednjenaponskom nivou distributivne mreže a u okviru primene koncepta inteligentnih elektroenergetskih mreža (eng. *Smart Grid*), i njihov uticaj na obnavljanje pogona distributivnih sistema bi mogla da posluži kao ideja za dalja istraživanja i eventualno unapređenje predloženog načina rešavanja. U postojećoj literaturi ovaj problem je uglavnom obrađivan u oblasti proračuna tokova snaga distributivnih sistema.

4.3. Očekivana primena rezultata u praksi;

Rezultati istraživanja su primenljivi u praksi i mogu poslužiti za formiranje algoritma kojim bi se podržalo odlučivanje dispečera prilikom upravljanja distributivnim sistemima u alarmantnim situacijama. Na ovaj način se mogu doneti kvalitetne i brze odluke u vezi obnavljanja napajanja potrošača električnom energijom u slučaju poremećaja u distributivnom sistemu. Rezultati se mogu koristiti i za buduća istraživanja uključujući istraživanja u vezi potpune automatizacije obnavljanja pogona distributivnih sistema koje predstavlja i jedan od ciljeva inteligentnih elektroenergetskih sistema.

Analiza rezultata istraživanja pokazuje da su ostvareni doprinosi od značajne praktične vrednosti jer unapređuju veoma bitne pokazatelje rada mreže.

Na osnovu prethodnih sagledavanja s pravom se očekuje primena ostvarenih rezultata u praksi.

4.4. Verifikacija naučnog doprinosa objavljivanjem u časopisu;

Naučni doprinos doktorske disertacije je verifikovan radom objavljenim u vrhunskom naučnom časopisu međunarodnog značaja "An innovative approach for solving the restoration problem in distribution networks", u časopisu Electric Power Systems Research, 81 (2011), pp. 1961-1972.(IF 1.478, izvor zvanična internet strana časopisa)

Osim toga kandidat je bio učesnik na brojnim projektima na kojima su u potpunosti ili delimično zastupljeni problemi iz elektroenergetskih sistema.

5. Zaključak i predlog

Kandidat mr Srđan Dimitrijević, dipl. ing. elektrotehnike, u svojoj doktorskoj disertaciji je razmatrao problem obnavljanja pogona u distributivnim sistemima uključujući i produženu ulogu obnavljanja pogona u inteligentnim elektroenergetskim mrežama. U disertaciji je predložen novi način rešavanja obnavljanja pogona u distributivnim sistemima. Glavni doprinosi ove disertacije, koji su proistekli iz primene novog načina rešavanja obnavljanja pogona, u poređenju sa raspoloživim rezultatima u literaturi, su:

- Povećan je broj potrošača kojima je obezbeđeno obnavljanje napajanja električnom energijom posle poremećaja u distributivnom sistemu,
- Smanjen je broj prekidačkih akcija neophodnih da se dobijeno rešenje obnavljanja napajanja električnom energijom realizuje u praksi,
- Ustanovljena je mogućnost definisanja željene pogonske strukture oblasti pogođene kvarom. Ova željena pogonska struktura se definiše pre početka nalaženja rešenja obnavljanja pogona,
- Smanjeno je prosečno vreme trajanja prekida napajanja električnom energijom u toku godine,
- Smanjeni su troškovi obnavljanja pogona i
- Poboljšane su performanse distributivnog sistema.

Na osnovu prethodnog, članovi Komisije predlažu Nastavno-naučnom veću Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu da prihvati rad „Obnavljanje pogona distributivnih sistema u okviru razvoja inteligentnih elektroenergetskih mreža” Mr Srđana Dimitrijevića kao doktorsku disertaciju i odobri javnu usmenu odbranu.

U Beogradu, 20.10.2012. godine

Komisija:

Dr Nikola Rajaković, red. prof.
Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu

Dr Ivan Škopljev, red.prof.
Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu

Dr Rade Ćirić, naučni saradnik
Pokrajinski sekretarijat za nauku i tehnološki razvoj u Vladi AP Vojvodine

Dr Zoran Radojević, red.prof.
Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu