

NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU ELEKTROTEHNIČKOG FAKULTETA U BEOGRADU

Na svojoj sednici održanoj 11. oktobra 2011. godine Nastavno-naučno veće imenovalo nas je za članove Komisije za ocenu uslova i prihvatanje teme doktorske disertacije kandidata mr Aleksandra S. Savića, dipl. inž. elektrotehnike, pod nazivom: "Izbor tipa, lokacije i parametara fleksibilnih regulacionih uređaja u elektroenergetskim sistemima primenom višekriterijumske optimizacije". Nakon uvida u dostavljeni materijal podnosimo Nastavno-naučnom veću sledeći

IZVEŠTAJ

1. BIOGRAFSKI PODACI KANDIDATA

Aleksandar S. Savić rođen je 23.7.1970. godine u Ljuboviji gde je stekao osnovno obrazovanje. Srednju školu je završio u Srebrenici (Republika Srpska) i tako stekao zvanje tehničara elektrotehnike. Sve razrede osnovne i srednje škole završio je sa odličnim uspehom i sa najvišim ocenama. Na elektrotehnički fakultet u Beogradu upisao se 1989. godine i posle odsluženog vojnog roka 1990. godine otpočeo sa studijama. Kandidat je diplomirao 1995. godine kao prvi u generaciji sa prosečnom ocenom 9,27 i ocenom 10 na diplomskom ispitu. Postdiplomske studije na profilu Elektroenergetske mreže i sisteme upisao je 1995. godine. Sve predviđene predmete položio je sa visokim ocenama. Magistarsku tezu pod naslovom "Planiranje razvoja distributivnih mreža kombinatornom metodom" odbranio je 16.11.1999. godine i time stekao VII/2 stepen stručne spreme.

Od strane elektrotehničkog fakulteta nagrađen je kao student generacije Energetskog odseka 1995. godine.

Od oktobra 1995. zaposlen je na elektrotehničkom fakultetu, a 28. novembra iste godine izabran je u zvanje asistenta-pripravnika na Katedri za elektroenergetske sisteme. Na istoj Katedri dana 12.1.2000. godine izabran je u zvanje asistenta.

U dosadašnjem radu na fakultetu bio je angažovan u nastavi iz predmeta Analiza elektroenergetskih sistema 1 i 2, Planiranje elektroenergetskih sistema, Eksploatacija elektroenergetskih sistema i Praktikum iz analize elektroenergetskih sistema. Takođe je učestvovao u izvođenju laboratorijskih vežbi iz predmeta: Električna merenja, Merenja u elektroenergetici, Laboratorijske vežbe iz elektroenergetskih sistema, Tehnika visokog napon, Visokonaponska oprema i Relejna zaštita. U dosadašnjim studentskim anketama za svoj rad u nastavi dobijao je vrlo visoke ocene. Dobitnik je Povelje Elektrotehničkog fakulteta Univerziteta u Beogradu u znak priznanja i zahvalnosti za neprekidan 15-godišnji uspešan rad na Fakultetu.

Učestvovao je u izradi više studija i naučnih projekata, idejnih i glavnih elektro-projekata. Koautor je jednog udžbenika.

2. PREDMET I CILJ ISTRAŽIVANJA

Svakodnevni zahtevi koji se nameću elektroenergetskim sistemima kao što su konstantan rast konzuma, razvoj tržišta električne energije i sl., doveli su do toga da tradicionalni načini upravljanja karakteristični za vertikalno organizovane sisteme kao što su redispetching proizvodnje i izmena topologije mreže nisu dovoljni za kvalitetno upravljanje sistemom. Otuda se nameće potreba za novim, savremenijim načinima upravljanja kako kod vertikalno organizovanih tako i kod deregulisanih sistema. Potrebe za novim načinima

upravljanja posebno su izražene u deregulisanim elektroenergetskim sistemima. Kod ovakve organizacije elektroenergetskih sistema, mnogi problemi u radu kao što su preopterećenja i zagušenja prenosnih vodova, a takođe i problemi sa ugaonom i naposkom stabilnošću postaju još izraženiji nego u slučaju vertikalno organizovanih sistema. Intenzivan razvoj uređaja koji bi odgovorili ovim zahtevima, baziran na primeni elemenata energetske elektronike velikih snaga doveo je do formiranja nove grupe uređaja koji se mogu koristiti za regulaciju elektroenergetskih sistema. Ovi uređaji su poznati pod jedinstvenim nazivom FACTS (Flexible AC Transmission Systems) uređaji. Osnovna namena FACTS uređaja je povećanje kontrolabilnosti i prenosne sposobnosti sistema, odnosno direktna regulacija tokova snage željenim prenosnim koridorima, kao i regulacija napona na odabranim čvorovima u mreži.

Upotreba FACTS uređaja u elektroenergetskim sistemima omogućava bolje iskorišćenje postojećih prenosnih vodova i odlaganje potrebe za izgradnjom novih. Pored toga što FACTS uređaji mogu da upravljaju tokovima aktivnih i reaktivnih snaga i naponskim prilikama u elektroenergetskoj mreži, oni imaju i pozitivan uticaj na druge pokazatelje koje karakterišu rad prenosnog sistema. Imajući sve ovo u vidu i sa željom da se FACTS uređaji iskoriste na najefikasniji način, od posebne je važnosti izbor tipa, lokacije i parametara FACTS uređaja. Razmatranju ove problematike usmereno je istraživanje kojim se bavi predložena disertacija.

Za rešavanja ovog problema u literaturi se mogu uočiti dva osnovna pristupa. Kod prvog pristupa optimizacioni problem se modeluje preko jedne optimizacione funkcije, bilo da je ona jedinstvena ili da je formirana agregacijom više kriterijumskih funkcija pomoću težinskih koeficijenata. Kod drugog pristupa problem se modeluje preko više kriterijumskih funkcija koje se simultano optimizuju. Osnovna slabost prvog pristupa je ta što se izbor lokacije i parametara uređaja svodi na samo jednu optimizacionu funkciju. Međutim, tehnički, ekonomski i ekološki kriterijumi u deregulisanom okruženju su veoma kompleksni, pa svođenje problema na samo jednu optimizacionu funkciju je neadekvatno. U nameri da se maksimalno iskoriste sve kontrolne mogućnosti FACTS uređaja neophodno je problem izbora lokacije i parametara FACTS uređaja modelovati sa više kriterijumskih funkcija. U opštem slučaju potencijalne kriterijumske funkcije mogu biti različite po prirodi i međusobno kontradiktorne pa formiranje jedne agregirane funkcije nije najbolje rešenje jer ona ne bi adekvatno obuhvatila uticaje svih kriterijumskih funkcija i svakako bi favorizovala neke od razmatranih kriterijumskih funkcija. Razlog za to je subjektivnost pri izboru težinskih koeficijenata pri formiranju agregirane kriterijumske funkcije. Ovaj problem može da se prevaziđe simultanom optimizacijom postavljenih kriterijumskih funkcija. Na ovaj način omogućava se ravnopravan tretman svih kriterijumskih funkcija, a samim tim i obuhvatanje svih relevantnih faktora kod izbora tipa, lokacije i parametara FACTS uređaja. Tako se dolazi do drugog pristupa rešavanju optimizacionog problema, višekriterijumske optimizacije kod koje se kriterijumske funkcije simultano optimizuju. Kod ovakvog pristupa kao rezultat optimizacije, umesto jedinstvenog rešenja, dobija se set optimalnih rešenja. Ovo je i prednost i mana ovakvog pristupa. Set optimalnih rešenja daje uvid u regulacione mogućnosti razmatranih FACTS uređaja i daje krajnjem korisniku veću slobodu pri izboru finalnog rešenja. Međutim, ako krajnji korisnik nije adekvatno upućen u sam optimizacioni problem izbor konačnog rešenja iz velikog broja ponuđenih optimalnih rešenja za njega može da bude veoma težak i nepraktičan. Ovo je posebno izraženo kada se razmatra veći broj kriterijumskih funkcija. Već kod tri kriterijumske funkcije, grafički prikaz dobijenih rešenja u 3D prostoru nije praktičan za odabir finalnog rešenja, a za slučaj više od tri kriterijumske funkcije ne postoji način da se dobijena rešenja adekvatno grafički prikažu.

Cilj predložene disertacije je uvođenje nove metode za nalaženje optimalne lokacije i parametara FACTS uređaja primenom višekriterijumske optimizacije. Nova metoda bi omogućila uključivanje proizvoljnog broja kriterijumskih funkcija i to bez obzira na prirodu i

tip kriterijumskih funkcija. Kod ove metode izbor jedinstvenog optimalnog rešenja iz seta optimalnih rešenja ne bi bio prepušten krajnjem korisniku već bi u okviru metode bila predložena procedura za izbor finalnog rešenja koja ne favorizuje ni jednu od uključenih kriterijumskih funkcija već na ravnopravan način uvažava uticaj svih kriterijumskih funkcija.

Razvijena metoda biće testirana na realnom sistemu elektroprivrede Republike Srbije. Kod višekriterijumske optimizacije biće korišćeni globalni pokazatelji rada elektroenergetske mreže, kao što su gubici aktivne snage u sistemu, lokalni pokazatelji koji se odnose na nivoe opterećenja prenosnih vodova i napone čvorova, pokazatelji sigurnosti, pokazatelji vezani za rad sistema u tržišnom okruženju i ekonomski pokazatelji. Metoda će biti testirana kako za normalni radni režim tako i za poremećena radna stanja sistema.

Od mnoštva FACTS uređaja za istraživanje i analizu izabrani su karakteristični uređaji koji omogućavaju prikaz najvažnijih regulacionih dejstava i valorizaciju njihovih efekata na rad sistema. Za izabrane tipove FACTS uređaja biće data uporedna analiza njihovog pojedinačnog uticaja na sistem i kao rezultat te analize daće se preporuka koji FACTS uređaj ili koja kombinacija FACTS uređaja ima najbolji uticaj na posmatrani sistem u smislu poboljšanja njegovih performansi.

Relevantne reference:

- [1] J. Momoh, L. Mili, *Economic market design and planning for electric power systems*, IEEE Press, Wiley, Hoboken, New Jersey, USA, 2010.
- [2] N.G. Hingorani and L. Gyugyi, *Understanding FACTS: Concepts and Technology of Flexible AC Transmission System*, Wiley, New York, NY, USA, 1999.
- [3] M. Saravanan, S.M.R. Slochanal, P. Venkatesh and J. P. S. Abraham, "Application of Particle Swarm Optimization Technique for Optimal Location of FACTS Devices Considering Cost of Installation and System Loadability", *Electric Power Systems Research*, Vol. 77, pp. 276-283, 2007.
- [4] J. Baskaran, V. Palanisamy, "Optimal Location of FACTS Devices in a Power System Solved by a Hybrid Approach", *Nonlinear Analysis*, Vol. 65, pp. 2094-2102, 2006.
- [5] J.A. Dominguez-Navarro, J. L. Bernal-Agustin, A. Diaz, et al., "Optimal Parameters of FACTS Devices in Electric Power Systems Applying Evolutionary Strategies", *Electrical Power and Energy Systems* Vol. 29, pp. 83-90, 2007.
- [6] W. Shao, V. Vittal, "LP Based OPF for Corrective FACTS Control to Relieve Overloads and Voltage Violations", *IEEE Trans. on Power System*, Vol. 21, No. 4, pp. 1832-1839, Nov. 2006.
- [7] S. Sutha, N. Kamaraj, "Optimal Location of Multi Type Facts Devices for Multiple Contingencies Using Particle Swarm Optimization", *International Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 2008.
- [8] K. Deb, *Single and Multi-objective Optimization Using Evolutionary Computation Genetic Algorithms: NSGA-II*, KanGAL Report Number 2004002, Indian Institute of Technology, Kanpur, India.
- [9] E. Acha, C.R. Fuerte-Esquivel, H. Ambriz-Perez and C. Angeles-Camacho, *FACTS: Modelling and Simulation in Power Networks*, Wiley, London, UK, 2004.
- [10] J. Arrillaga, N.R. Watson, *Computer Modeling of Electrical Power Systems*, Wiley, London, UK, 2001.

3. POLAZNE HIPOTEZE

U savremenim elektroenergetskim sistemima FACTS uređaji postaju sve prisutniji način za upravljanje sistemom. Iz tog razloga veoma je važno upotrebiti ove uređaje tako da se unapredi rad elektroenergetskih sistema. Polazna pretpostavke predložene doktorske disertacije je ta da se adekvatnim izborom tipa, lokacije i parametara FACTS uređaja, uz uvažavanje što većeg broja relevantnih kriterijuma, u velikoj meri mogu unaprediti performanse jednog energetskog sistema.

4. METODE ISTRAŽIVANJA

U procesu istraživanja, pre svega, izvršiće se prikupljanje i sređivanje literature iz naučne oblasti kojom se bavi predložena disertacija. Uradiće se presek stanja u oblasti istraživanja uz detaljnu analiza postojećih rešenja. U okviru rada na disertaciji biće razvijena jedinstvena metoda za rešavanje problema izbora tipa, lokacije i parametara FACTS uređaja. Metoda će koristiti postojeće genetičke algoritme koji će biti dodatno unapređeni u cilju povećanja efikasnosti proračuna. Genetički algoritmi su izabrani iz razloga što lako izlaze na kraj sa raznorodnim kriterijumskim funkcijama kao i sa različitim tipovima ograničenja. Uz metodu biće razvijen i prateći softver koji će omogućiti efikasnu primenu razvijene metode. Metoda će biti testirana na realnim elektroenergetskim mrežama.

5. OČEKIVANI NAUČNI DOPRINOS

Pravilnim izborom tipa, lokacije, parametara FACTS uređaja, uz uvažavanje svih relevantnih činilaca, razvijenom metodom biće omogućeno maksimalno iskorišćenje svih pozitivnih uticaja koje FACTS uređaji imaju na prenosni sistem, uz najpovoljnije ekonomske efekte. Posebno, primena metode na Elektroenergetski sistem Republike Srbije predložiće optimalne lokacije za ugradnju FACTS uređaja, odgovarajući tip FACTS uređaja, kao i njihove parametre s ciljem da se unaprede performanse sistema i da se poveća efikasnost prenosne mreže.

Prema tome, očekivani naučni doprinosi su:

- Predlog i elaboracija nove metodologije za izbor lokacije, tipa i parametara FACTS uređaja imajući u vidu sve uticajne kriterijume;
- Implementacije predložene metodologije na elektroenergetski sistem Republike Srbije

Kao rezultat istraživanja u okviru ove teme do sada je publikovan rad u okviru zbornika međunarodnih konferencija: Aleksandar Savić, Predrag Stefanov, Nikola Rajaković, "Optimal Location of UPFC Devices Using Multi-Objective Optimization", *MEDPOWER Conference*, Nov. 2008.

6. PLAN ISTRAŽIVANJA I STRUKTURA RADA

U uvodnom izlaganju biće opisana oblast istraživanja i navedena postojeća rešenja iz relevantne literature. Nakon toga biće dat detaljan pregled osnovnih tipova FACTS uređaja. U nastavku, kao glavni deo rada, biće izložena nova optimizaciona metoda za nalaženje optimalne lokacije i parametara FACTS uređaja. Razvijena metoda biće testirana na elektroenergetskom sistemu Republike Srbije.

7. ZAKLJUČAK I PREDLOG

Komisija smatra da predložena tema tretira originalnu naučnu oblast. Njenom evaluacijom očekuju se doprinosi u primeni FACTS uređaja u savremenim elektroenergetskim sistemima. Imajući to u vidu, Komisija smatra da mr Aleksandar S. Savić ispunjava sve uslove da pristupi izradi doktorske disertacije, kao i da je predložena tema "Izbor tipa, lokacije i parametara fleksibilnih regulacionih uređaja u elektroenergetskim sistemima primenom višekriterijumske optimizacije" 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, 19. april 2012. godine

ČLANOVI KOMISIJE

dr Nikola Rajaković, red. prof.
Elektrotehnički fakultet Beograd

dr Dragan Tasić, red. prof.
Elektronski fakultet Niš

dr Predrag Stefanov, docent
Elektrotehnički fakultet Beograd