

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ
ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата мр Александра Савића

Одлуком бр. 876/2 од 12.3.2013. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата мр Александра Савића под насловом

Избор типа, локације и параметара флексибилних регулационих уређаја у електроенергетским системима применом вишекритеријумске оптимизације

После прегледа достављене Дисертације и других пратећих материјала и разговора са Кандидатом, Комисија је сачинила следећи

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Магистарски рад по насловом "Планирање развоја дистрибутивних мрежа комбинаторном методом" кандидат је одбранио 16.11.1999. године.

Кандидат је тему докторске дисертације под називом "Избор типа, локације и параметара флексибилних регулационих уређаја у електроенергетским системима применом вишекритеријумске оптимизације" пријавио 31.8.2011. године и за ментора предложио Проф. др Николу Рајаковића.

Наставно-научно веће Електротехничког факултета у Београду на својој 737. седници, одржаној 11.10.2011. године именовало је Комисију за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације у саставу: Проф. Др Никола Рајаковић, Проф. др Драган Тасић, Доц. др Предраг Стефанов.

На својој 746. седници одржаној 24.4.2012. године Наставно-научно веће Електротехничког факултета у Београду усвојило је извештај Комисије за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације.

Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду је одлуком бр. 06-18424/21-12 на седници одржаној 7.5.2012. године, а на захтев Електротехничког факултета у Београду, дало сагласност на предлог теме докторске дисертације кандидата мр Александра Савића.

Кандидат је урађену дисертацију поднео на преглед и оцену 1.3.2013. године, а Наставно-научно веће Електротехничког факултета у Београду је 12.3.2013. године именovalo Комисију за преглед и оцену докторске дисертације у саставу: Проф. Др Никола Рајаковић, Проф. др Драган Тасић, Доц. др Предраг Стефанов.

1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација под називом “Избор типа, локације и параметара флексибилних регулационих уређаја у електроенергетским системима применом вишекритеријумске оптимизације” припада техничким наукама, ужој научној области електроенергетски системи за коју је матични факултет Електротехнички факултет Универзитета у Београду.

Ментор докторског рада је Проф. др Никола Рајаковић. Проф. Рајаковић је врхунски стручњак у области електроенергетских система. Аутор је великог броја радова у истакнутим међународним часописима.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Кандидат мр Александар Савић рођен је 23.07.1970. године у Љубовији где је стекао основно образовање. Средњу школу завршио је у Сребреници (Република Српска) и тако стекао звање техничара електротехнике. Све разреде основне и средње школе завршио је са одличним успехом и са највишим оценама. Електротехнички факултет у Београду уписао је 1989. године и након одслуженог војног рока 1990. године почео са студијама. Дипломирао је 1995. године као први у генерацији са просечном оценом 9,27 и оценом 10 на дипломском испиту. Од стране Електротехничког факултета награђен је као студент генерације Енергетског отсека 1995. године. Постдипломске студије на профилу Електроенергетске мреже и системи уписао је 1995. године. Магистарску тезу под насловом "Планирање развоја дистрибутивних мрежа комбинаторном методом" одбранио је 1999. године. Кандидат је од 1995. године запослен на Електротехничком факултету. У досадашњем раду био је ангажован у извођењу наставе из предмета Анализа електроенергетских система 1 и 2, Планирање електроенергетских система, Експлоатација електроенергетских система и Практикум из анализе електроенергетских система. Поред наставних активности учествовао је у изради више студија, елабората и научних пројеката. Кандидат је коаутор једног уџбеника. Кандидат је у студентским анкетама за свој рад у настави добијао врло високе оцене. Добитник је Повеље електротехничког факултета Универзитета у Београду у знак признања и захвалности за непрекидни 15-годишњи успешан рад на факултету.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата мр Александра Савића под насловом “Избор типа, локације и параметара флексибилних регулационих уређаја у електроенергетским системима применом вишекритеријумске оптимизације” садржи 208 страна. У оквиру текста има 93 слике и 26 табела. Текст дисертације састоји се из 6 поглавља: 1. Увод, 2. FACTS уређаји, 3. Вишекритеријумска оптимизација, 4. Еволутивне методе за вишекритеријумску оптимизацију, 5. Избор типа, локације и параметара FACTS уређаја, 6. Закључак. На крају текста дат је преглед коришћене литературе (86 библиографских референци) и биографија аутора.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У уводном поглављу истакнута је потреба за новим начинима управљања у савременим електроенергетским системима увођењем флексибилних регулационих уређаја (FACTS уређаји). Наглашен је значај оптималног избора типа, локације и параметара ових уређаја. У овом поглављу дат је и преглед референте литературе која се бави проблемом избора FACTS уређаја. Наглашене су добре стране али и слабости доступне литературе. У уводном поглављу посебно је истакнут циљ дисертације, а то је увођење нове процедуре за избор FACTS уређаја.

У другом поглављу дат је преглед основних типова флексибилних регулационих уређаја (FACTS уређаји). Дате су основне карактеристике, функције као и заменске шеме уређаја. У овом поглављу посебан значај је дат моделовању уређаја за потребе прорачуна токова снага. Поред комплетних модела дати су и упрошћени модели погодни за секвенцијалне прорачуне токова снага.

Треће поглавље посвећено је вишекритеријумској оптимизацији. У овом поглављу дати су концепти и дефиниције основних појмова везаних за вишекритеријумску оптимизацију. Такође, дат је преглед класичних метода које се користе за решавање проблема моделованих са више критеријумских функција.

Четврто поглавље обрађује методе вишекритеријумске оптимизације које се базирају на концепту еволуције у природи. Дати су основни принципи на којима се заснивају ове методе. Такође, дати су описи и алгоритми за најпознатије методе вишекритеријумске оптимизације. Посебан нагласак стављен је на генетички алгоритам са сортирањем према доминацији (Non-dominated Sorted Genetic Algorithm - NSGA-II). Овај алгоритам послужио је у дисертацији као математички алат за симултану оптимизацију више критеријумских функција. У овом поглављу предложен је начин за унапређење овог алгоритма у циљу повећања ефикасности при налажењу сета оптималних решења. У овом поглављу дат је и опис нове методе за избор компромисног решења на основу добијеног сета оптималних решења.

У петом поглављу дат је приказ нове развијене процедуре за одређивање оптималног типа, локације и параметара FACTS уређаја применом вишекритеријумске оптимизације. Развијена процедура примењена је на два реална инжењерска проблема. Први проблем се односи на одређивање оптималног типа, локације и параметара FACTS уређаја у преносној мрежи. Прорачун је извршен на реалном систему електропривреде Републике Србије са циљем да се добије оптималан план развоја преносне мреже увођењем само регулационих уређаја без изградње нових водова и трансформаторских станица. Други проблем се односи на налажење оптималне локације и параметара FACTS уређаја у дистрибутивној мрежи уз присуство дистрибуираних извора електричне енергије. Као резултат примене развијене процедуре, у оба случаја, добијени су конкретни предлози за тип, локације и параметре флексибилних регулационих уређаја.

У шестом поглављу дат је закључак у ком су изнете предности концепта вишекритеријумске оптимизације и унапређења која се добијају предложеном процедуром. Посебно су истакнути резултати и доприноси дисертације.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Свакодневни, све већи захтеви који се намећу савременим електроенергетским системима, услед раста потрошње, развоја тржишта електричне енергије, заштите животне средине или прикључења дистрибуираних извора електричне енергије, довели су до неопходности прилагођавања начина њихове експлоатације с циљем да се обезбеди максимална ефикасност рада система у нормалним радним режимима и максимална сигурност погона при присуству поремећаја. Повећање флексибилности рада преносне мреже применом FACTS уређаја представља један од свеprisутнијих начина за остваривање постављених циљева управљањем.

Употреба FACTS уређаја у електроенергетским системима омогућава боље искоришћење постојећих преносних водова и одлагање потребе за изградњом нових. Поред тога што FACTS уређаји могу да управљају токовима активних и реактивних снага по водовима на којима су постављени и напонским приликама у одговарајућим чворовима електроенергетске мреже, они имају и позитиван утицај на глобалне показатеље који карактеришу рад целог система. Имајући у виду актуелан тренд употребе FACTS уређаја у савременим електроенергетским системима од посебне је важности да се они искористе на најефикаснији могући начин.

У оквиру дисертације развијена је оригинална процедура за избор типа, локације и параметара FACTS уређаја. Развијена процедура омогућава обухватање произвољног броја критеријумских функција и на тај начин обухватање свих релевантних фактора који могу утицати на адекватан избор FACTS уређаја. У оквиру процедуре развијена је и оригинална метода за избор јединственог компромисног решења из добијеног сета оптималних решења.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У току израде дисертације кандидат је детаљно претражио доступну литературу. Коришћена литература у потпуности задовољава критеријуме доброг покривања области истраживања. Употребљена литература је адекватна, савремена и указује на најновије резултате и трендове развоја у области истраживања. Наведена литература била је добра основа за рад на одабраној теми дисертације. У дисертацији је наведено 86 библиографских референци.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Методологија истраживања у оквиру докторске дисертације може се сумирати кроз неколико активности.

Извршен је детаљан преглед постојеће литературе која се односи на проблем избора FACTS уређаја. Уочене су предности али и мане и слабости решења проблема избора FACTS уређаја који се могу срести у доступној литератури.

Развијена је оригинална процедура за избор типа, локације и параметара FACTS уређаја која превазилази слабости које се могу срести у литератури. Развијена процедура омогућава укључивање произвољног броја критеријумских функција. Процедура претражује велики број потенцијалних решења и у процесу оптимизације добијају се решења која су за анализирану мрежу најефикаснија, имајући у виду критеријумске функције којима је моделован оптимизациони проблем. У оквиру процедуре развијена је и оригинална метода за избор јединственог компромисног решења.

За потребе прорачуна у оквиру предложене процедуре развијен је софтверски алат у програмском пакету MATLAB. Развијени софтвер је омогућио ефикасно решавање постављеног оптимизационог проблема избора FACTS уређаја.

Развијена процедура тестирана је на два реална инжењерска проблема. Добијени резултати показали су ефикасност предложене процедуре посебно код мрежа велике димензионалности.

3.4. Применљивост остварених резултата

Развијена процедура за избор типа, локације и параметара FACTS уређаја, у оквиру дисертације, примењена је на два оптимизациона проблема. Први проблем се односио на одређивање оптималног типа, локације и параметара FACTS уређаја у преносној мрежи с намером да се оствари план развоја преносне мреже уградњом флексибилних регулационих уређаја без потребе за изградњом нових преносних водова. Процедура је тестирана на реалној мрежи Електропривреде Републике Србије. Добијени резултати су врло јасно указали на слабе тачке у преносној мрежи. Процедура је предложила конкретна решења за FACTS уређаје у погледу типа, локације и параметара. Уградњом предложених уређаја остварио би се план развоја преносне мреже без потребе за изградњом нових преносних капацитета. Поред тога у значајном мери би се поправиле перформансе мреже имајући у виду разматране критеријумске функције. Развијена процедура примењена је и на проблем одређивања типа, локације и параметара FACTS уређаја у дистрибутивној мрежи са великим присуством дистрибуираних извора електричне енергије. Као тест мрежа узета је реална дистрибутивна мрежа која напаја неколико места у региону Баната у Србији. Као резултат прорачуна добијени су предлози за уградњу FACTS уређаја који обезбеђују напајање крајњих потрошача квалитетном електричном енергијом за широк дијапазон могућих радних режима уз уважавање свих погонских ограничења. Добијени резултати у оба случаја показују да је развијена процедура врло ефикасна код решавања проблема избора FACTS уређаја код мрежа великих димензија. Процедура је тестирана на реалној преносној и дистрибутивној мрежи па су добијени резултати у потпуности примењиви. Развијена процедура није примењива само на проблеме који су анализирани у овој дисертацији. Она се може успешно применити на широк дијапазон проблема из енергетике, а такође и на проблеме из других научних области.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат је у својој дисертацији показао систематичност, упорност, креативност, самосталност и зрелост. Проблем којим се бави ова дисертација је веома актуелан и добијени резултати у значајној мери унапређују постојећа решења. Доприноси у овој дисертацији су оригинални и потврђују способност кандидата за самосталан научно-истраживачки рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

У дисертацији под насловом “Избор типа, локације и параметара флексибилних регулационих уређаја у електроенергетским системима применом вишекритеријумске оптимизације”, остварени су следећи научни доприноси:

- Развијена је оригинална процедура за избор типа, локације и параметара FACTS уређаја. Развијена процедура омогућава укључивање произвољног броја критеријумских функција. Тиме је омогућено обухватање свих релевантних фактора који могу утицати на правилан избор FACTS уређаја. Развијена процедура омогућава и упоредну анализу утицаја појединих типова или комбинације типова FACTS уређаја на анализирану мрежу и на основу ње предлаже ону комбинацију FACTS уређаја која за дату мрежу постиже најбоље ефекте у погледу на анализиране критеријумске функције.
- Развијена је нова метода за избор јединственог компромисног решења из добијеног сета оптималних решења. Ова метода представља компромис између два различита критеријума за избор јединственог решења. Развијена метода за избор јединственог решења равноправно третира све критеријумске функције и не зависи од броја анализираних критеријумских функција.
- Алгоритам NSGA-II, који је изабран за симултану оптимизацију критеријумских функција, додатно је унапређен увођењем локалног претраживања за чланове популације који се налазе на рубним деловима текућег Парето фронта. На тај начин је значајно повећана ефикасност при одређивању оптималних решења.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

На основу циљева истраживања и анализе резултата приказаних у овој докторској дисертацији може се рећи да је кандидат успешно одговорио на све постављене захтеве. Развијена процедура даје значајан допринос решавању проблема избора типа, локације и параметара FACTS уређаја. Развијени приступ је иновативан и омогућује обухватање свих релевантних критеријума који могу утицати на избор. Како се симултаном оптимизацијом више критеријумских функција добија сет оптималних решења, избор јединственог решења није препуштен крајњем кориснику већ је предложена нова метода за избор јединственог решења која равноправно третира разматране критеријумске функције.

4.3. Верификација научних доприноса

У току свог истраживачког рада, у ужој области теме докторске дисертације, кандидат Мр Александар Савић објавио је следеће радове:

Међународни часописи (Категорија M22):

1. **Savić, A.,** Stefanov, P.: New Method for Optimal Location and Parameters Setting of UPFC Devices Using Multi-Criteria Optimization, International Review Of Electrical Engineering – IREE, Vol.7, No.4, pp.5051-5060, 2012 (**IF(2010) = 1.364**) (ISSN 1827-6660).

Саопштења са међународних скупова штампана у изводу (Категорија M34):

1. **Savić, A.,** Stefanov, P., Rajaković, N.: Optimal Location of UPFC Devices Using Multi-Objective Optimization, *MEDPOWER Conference*, Nov. 2008, electronic issue.

Саопштења са домаћих скупова штампана у целини (Категорија M63)

1. **Savić, A.,** Stefanov, P.: Planiranje razvoja prenosne mreže Republike Srbije ugradnjom FACTS uređaja, Zbornik radova 29. međunarodnog savetovanja ENERGETIKA, Zlatibor, 2013.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу свега изложеног, Комисија констатује да дисертација испуњава све законске, формалне и суштинске услове, као и све критеријуме који се уобичајено примењују приликом вредновања докторске дисертације на Електротехничком факултету у Београду. Комисија сматра да докторска дисертација кандидата Мр Александра Савића садржи оригиналне научне доприносе који могу имати практичну примену у области електроенергетских система. Комисија са задовољством предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду да се докторска дисертација под називом “Избор типа, локације и параметара флексибилних регулационих уређаја у електроенергетским системима применом вишекритеријумске оптимизације” кандидата Мр Александра Савића, прихвати, изложи на увид јавности и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....

Проф. др Никола Рајаковић,
Електротехнички факултет Универзитета у Београду

.....

Проф. др Драган Тасић,
Електронски факултет Универзитета у Нишу

.....

Доц. др Предраг Стефанов,
Електротехнички факултет Универзитета у Београду