بسمه تعالی

طرح پیشنهادی جهت دریافت پایان نامه کارشناسی ارشد

دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه شهرکرد

مشخصات دانشجو:

نام و نام خانوادگی:محمد صادق غفوری دره گرگی

شماره دانشجویی:۸۷۱۴۰۴۱۰۷

رشته تحصیلی:برق-قدرت

مشخصات استاد راهنما:

نام و نام خانوادگی	تخصص	مرتبه دانشگاهی	محل کار
عباس کارگر	برق قدرت	استادیار	دانشگاه شهرکرد

مشخصات استاد مشاور:

نام و نام خانوادگی	تخصص	مرتبه دانشگاهی	محل کار
جعفر سلطانی	برق قدرت	استاد	دانشگاه شهرکرد

مشخصات پایان نامه:

۱-عنوان پایان نامه:

۱-۱-عنوان به فارسی:

مدیریت تراکم در بازار رقابتی با استفاده از ادوات FACTS

۱-۲-عنوان به لاتین:

Congestion Management in Competitive Market With FACTS Device

۲-مقدمه و معرفی طرح:

تجدید ساختار در صنعت برق با اهداف ایجاد رقابت در تولید برق در نتیجه کاهش قیمت برق، افزایش بازدهی شبکه‌قدرت، بهبود سرویس‌دهی و کیفیت برق در سیستم قدرت بوجود آمد. اما به‌خاطر وجود محدودیت-های انتقال یا به عبارتی قیود فنی موجود در انتقال توان، بازار برق از یک سیستم رقابتی کامل فاصله گرفته است. از مهمترین این قیود ایجاد تراکم در سیستم انتقال است که به واسطه فضای رقابتی محدود می گردد. با توجه به اینکه تامین قیود بهره برداری از وظایف بهره بردار مستقل سیستم است، بنابراین مدیریت تراکم نیز توسط بهره-بردار مستقل سیستم انجام می شود.

تراکم یک واژه اقتصادی است که از علوم اقتصاد وارد شده است. این واژه عموماً در مطالعات ترافیک حمل ونقل و نیز شبکه های کامپیوتری مورد استفاده قرار گرفته است. هم اکنون در تجدید ساختار سیستم های قدرت به عنوان مسئله اساسی مورد بحث قرار گرفته است. محدودیت انتقال توان در خطوط انتقال از گذشته تحت عنوان تنگناهای انتقال و یا قابلیت بارگذاری خطوط انتقال، همواره گریبانگیر بهره برداران سیستم‌های انتقال بوده است. این محدودیت‌ها که تحت عنوان تراکم خطوط انتقال نام‌گذاری می گردند، سبب می گردد ایمنی حالت مانای شبکه به خطر افتد که در اینصورت نیاز به تنظیم خروجی ژنراتورها برای رفع آن، با کمترین هزینه است. اما با طرح دسترسی آزاد در شبکه های انتقال در سیستم های تجدید ساختار یافته تراکم خطوط انتقال شکل حادتری به خود گرفته و رخداد آن از حالت معین و ثابت سیستم‌های سنتی به وضعیتی غیر دقیق و ریسک پذیر تغییر یافته است.

مدیریت تراکم انتقال یکی از امور مهم و اساسی در بهره برداری از سیستم انتقال است. تراکم انتقال زمانی که اضافه بار در خطوط انتقال و ترانسفورماتورها اتفاق می‌افتد ظاهر می‌شود. در سیستم یکپارچه عمودی، بهره بردار سیستم از هزینه تولید هر واحد آگاه بوده و از پخش بار بهینه برای توزیع واحدها بدون تجاوز خطوط انتقال از

محدوده مجاز خود در کمترین هزینه استفاده می‌کرد. در سیستم‌های قدرت تجدید ساختار شده با جداسازی تولید، انتقال و توزیع از هم و دسترسی باز به شبکه انتقال، مدیریت تراکم کمی مشکل و پیچیده شده است.

انتخاب روش مدیریت تراکم (CMM) ارتباط نزدیکی با ساختار بازار دارد و روش انتخابی برای مدیریت تراکم از نظر اقتصادی باید قابل قبول باشد و انگیزه لازم را جهت سرمایه گذاری به منظور افزایش ظرفیت انتقال و ظرفیت تولید فراهم نماید. روشی که در این تحقیق مدنظر است مبتنی بر یکی از روش های پیشرفته روز یعنی استفاده از ادوات FACTS[1] و کامل ترین آن ها یعنی UPFC[2] است.

[1] Flexible AC transmission system
[2] Unified power flow controller

۳-اهداف اصلی طرح:

۱)بررسی روندشکل گیری بازار برق و معرفی بازار برق ایران

۲)بررسی تراکم خطوط انتقال و روش های مدیریت آن و بررسی مدیریت تراکم در کشورهای مختلف

۳)تحلیل روش مدیریت تراکم انتقال با استفاده از ادوات FACTS و شبیه سازی این روش در محیط نرم افزار های مورد نظر

۴)بررسی سیستم قدرت مورد نظر در حضور و بدون حضور تجهیز FACTS

۵)تحلیل حالت خطای سیستم و تحلیل Contingency mode

۴-ارائه فرضیات:

۱)برای ساده سازی،از مدل پخش بارمستقیم DC استفاده می شود.

۲)اطلاعات پخش بار و قیمت ها را دانسته در نظر می گیریم.

۳)در این تحقیق فرض بر این است که مقدار تولید واحدها در روز بهره برداری بازار با استفاده از برنامه پخش بار بهینه OPF[۳] به دست می‌آید و مسأله در مدار قرار گرفتن نیروگاه ها مطرح نیست.

[3] Optimal power flow

۵-پیشینه تحقیق و بررسی منابع:

بعد از تاسیس اولین بازار برق در سال ۱۹۷۳ در کشور شیلی و پاسخ مناسب این شیوه(استفاده از انرژی الکتریکی به عنوان کالا)و تاثیر آن در بالا بردن بهره وری و افزایش کیفیت انرژی تحویلی به مصرف کنندگان، بازار-های برق بعدی به سرعت در کشورهای دیگر تاسیس شد و به سرعت شروع به پیشرفت کردند. البته رقابتی شدن تولید برق، حداکثر شدن سود توسط تولید کنندگان و خواست حداقلی قیمت برای مصرف کنندگان مشکلاتی را به وجود آورده است در این تحقیق تا حدی سعی بر این است که یکی از این مشکلات (تراکم خطوط انتقال) مورد بررسی قرارگیرد. در [۱] محدودیتهای فراروی یک سیستم انتقال که شامل محدودیتهای فیزیکی نظیر حد حرارتی خط و یا ترانسفورماتورومحدودیت‌های سیستمی نظیر محدودیت ولتاژ گره، پایداری گذرا، پایداری دینامیکی و قابلیت اطمینان سیستم مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به محدودیت‌های فوق عوامل بسیاری می تواند در رخداد تراکم خطوط انتقال موثر باشد. از آن جمله می توان به مواردی نظیر خروجی‌های خط انتقال، خروجی های ژنراتور، تغییرات در سطح تقاضای انرژی، مبادلات هماهنگ نشده و ... اشاره نمود.در [۲] روش های قیمت گذاری انتقال در بازار برق کشورهای مختلف دنیا آورده شده است که این روش ها به صورت عنوان وار به شرح ذیل اند:

-روش قیمت گذاری نرخ تمبر پستی

-روش قیمت گذاری مگاوات-مایل

-روش ظرفیت استفاده نشده انتقال

-روش مگاولت آمپر-مایل

-روش توان کاهشی

-روش عوامل توزیع

-روش های پخش بار جریان متناوب

-روش های ردیابی

-روش قیمت گذاری تراکم

در [۳] روش های جاری قیمت گذاری تراکم انتقال در کشورهای مختلف آورده شده است که عناوین این روش ها به شرح زیر است:

-روش ارزیابی

-روش تفکیک مکانی قیمت

- روش تفکیک زمانی قیمت

- روش مسئولیت پرداخت بهای تراکم

- روش ارزیابی قیمت تراکم بر مبنای بهره برداری شبیه سازی شده سیستم قدرت در مقابل بهره برداری واقعی از سیستم قدرت.

در [۴] مشخصات قوانین مدیریت تراکم بیان شده است این قوانین باید خصوصیاتی از قبیل قاطعانه بودن، عادلانه بودن، از دید اقتصادی کارا بودن، شفاف بودن، امکان پذیر بودن و سازگاری با انواع قراردادها را دارا باشند. در [۵] روش مدیریت ناحیه ای تراکم انتقال مورد بحث قرار می‌گیرد که به عنوان روشی برای مدیریت تراکم ارایه می-گردد.یک مسئله بهینه سازی یکسان با حفظ قابلیت اطمینان و داشتن بازاری غیر تبعیض آمیز و نداشتن سود برای بهره بردار مستقل سیستم بر اساس روش مدیریت تراکم ناحیه ای اجرا شده است. در [۶] با استفاده از روش های ریاضی و استفاده از نتایج پخش بار بهینه به این نتیجه دست یافته است که تمایل به پرداخت بیشتر توسط مشترکین مصرف کننده بازار، برابر با قطع کمتراست. در [۷] تاثیر انعطاف پذیری تقاضا در مدیریت تراکم بررسی شده که در آن قیمت بار را تابعی از توان مصرفی آن در نظر گرفته و این تابع به صورت یک خط راست با شیب منفی است. در این روش ISO[۴] از روش پخش بار بهینه استفاده نموده است و بازار را هم به صورت حوضچه ای فرض نموده است. در [۸] مدیریت تراکم با استفاده از روش جداسازی خدمات انجام می پذیرد دو روش پرداخت بر اساس پیشنهاد و قیمت گذاری حاشیه ای که با استفاده از روش پخش بار بهینه انجام گرفته اند با هم مقایسه شده است. در بازارهای الکتریسیته که معمولاً ترکیب بازار قراردادهای دو جانبه و حوضچه ای توان هستند خدمات مختلفی از جمله: توان لازم برای قراردادهای دو جانبه، توان لازم برای تلفات و مدیریت تراکم قراردادهای دو جانبه، و تولید لازم برای بازار حوضچه توان و تلفات و مدیریت آن تجارت می شوند که جداسازی مگاوات فوق و هزینه آن در [۸] آورده شده است. در [۹] استفاده از ادوات FACTS در مدیریت تراکم در یک بازار برق با دسترسی آزاد مورد بررسی قرار می گیرد. ادوات FACTS با کنترل پخش توان، امکان افزایش استفاده از قابلیت های شبکه برق را فراهم می آورند و می توانند از تراکم انتقال جلوگیری کنند. میزان افزایش ظرفیت انتقال و کنترل پذیری فلوی توان برای بهره بردار مستقل سیستم ISO در بازار برق باید مورد توجه قرار گیرد تا میزان کارایی این تجهیزات به خوبی مورد محک قرار گیرد. همچنین در [۱۰] تاثیر ادوات FACTS بر افزایش معاملات قراردادهای دو جانبه و چند جانبه و کاهش میزان تراکم مورد بررسی قرار گرفته است دو نوع تجهیز SVC[۵] و TCSC[۶] در برنامه پخش بار بهینه OPF مدل شده اند. همچنین در همین مرجع به روشی برای قیمت گذاری ادوات FACTS پرداخته

[4] Independent operating system
[5] Static var compensators
[6] Thyristor control switched capacitor

است که با استفاده از روش لاگرانژ قیمتی پیشنهادی برای ادوات FACTS ارایه می گردد. در [۱۱] به جایابی مناسب UPFC پرداخته و سپس پارامترهای کنترلی آن را به منظور تامین کامل همه قراردادهای دو و چند جانبه و تغذیه کل دیماند قراردادهای حوضچه ای با حداقل قیمت مورد بررسی قرار داده است. در [۱۲] دو تجهیز TCSC و دیگری جا به جا کننده فاز کنترل شده با تریستور TCPS[۷] را با استفاده از روش تزریق توان PIM[۸] مدل نموده که می توان با مقایسه آن با مدل DC پخش توان ظرفیت های بهینه را برای فروش توان مد نظر قرار داد. در [۱۳] قابلیت انتقال کلی توان میان یک فروشنده خاص و یک خریدار توان با استفاده از کاربرد یک TCSC مورد بررسی قرار گرفته است. در [۱۴] یک برنامه‌ریزی غیرخطی برای مشخص کردن قیمت توان اکتیو و راکتیو با هدف ماکزیمم کردن رفاه اجتماعی و در نظر گرفتن محدودیتهای سیستم پیشنهاد می شده است.در [۱۵] به بررسی قراردادهای دو جانبه از دو منظر امکان پذیری انجام و از طرف دیگر امنیت و قابلیت اطمینان پرداخته است. با استفاده از ماتریس حساسیت کامل ژاکوبین به بررسی تاثیر قابلیت اطمینان بر یک قرارداد دو جانبه پرداخته است.برای بررسی وضعیت قابلیت اطمینان، از خروج یک خط انتقال در حضور و بدون وجود UPFC استفاده شده است. شبکه استاندارد مورد مطالعه در این تحقیق یک شبکه استاندارد ۲۴ باس IEEE است. در [۱۶] به شبیه-سازی یک UPFC در نرم افزار MATLAB و EMTP پرداخته است. به دست آوردن پارامترهای کنترلی و ضرایب PI کنترلر مورد نظر قرار گرفته است. در [۱۷] قرار گرفتن یک UPFC در نقاط مختلف شبکه برای مشاهده تاثیر آن بر روی چهار پارامتر: افزایش امپدانس سری خط، جبرانسازی توان راکتیو موازی، مولفه ولتاژ و زاویه فاز سیستم مورد مطالعه قرار گرقته است. همچنین تاثیر UPFC در بهبود قراردادها و مدیریت تراکم در مقابل قیمت خود تجهیز مورد نظر اجمالی قرار گرفته است.

[7] Thyristor controlled phase shifter
[8] Power injection Method

۶-مواد و روش اجرا:

در ابتدای این تحقیق شبکه های قدرت تجدید ساختار یافته وروند شکل گیری آنها بررسی می‌گردد. در ادامه به معرفی تراکم در خطوط انتقال پرداخته می شود، سپس روش های مختلف مدیریت تراکم در خطوط انتقال اعم از روش های فنی و اقتصادی مورد توجه قرار می گیرد. در ادامه روش مورد نظر در این تحقیق یعنی استفاده از ادوات FACTS برای مدیریت تراکم که یکی از روش های فنی است مورد بررسی قرار می گیرد. تجهیز FACTS که در این کار مورد نظر است کنترل کننده توان یکپارچه UPFC است، این تجهیز خود متشکل از دو تجهیز دیگر یعنی STATCOM وSSSC است که تجهیز اول به صورت موازی و تجهیز دوم به شکل سری در مدار قرار می-گیرند. روش مورد استفاده برای مدل نمودن این عناصر روش تزریق توان PIM است. شبکه های نمونه برای این تحقیق شبکه های ۴و۹باسه IEEEاست. در ادامه حضور این عنصر در شبکه دارای خطا (ContingencyMode) و بررسی تراکم در این شبکه و تاثیر این تجهیز بر تراکم خطوط مورد بررسی قرار می گیرد. البته شایان ذکر است که خطایی که در این پروژه مد نظر است خروج یک خط از مدار است. نرم افزار های پیشنهادی برای انجام این پروژه، نرم افزارهایی که قابلیت پخش بار بهینه OPF را دارا باشند نرم افزار Powerfactory(DigSilent) ، CYME و Mathwork و...اند.همچنین نرم افزار های بهینه سازی نظیر gams هم می توانند در اجرای این تحقیق راهگشا باشند.

۷-منابع:

۱- فتاحی می آبادی،ع.احسان،م۱۳۸۲. ((مدیریت پرشدگی خطوط انتقال در سیستم های قدرت تجدید ساختار شده)) نشریه علمی برق، سال شانزدهم، شماره ۳۷،صفحات ۵۵-۶۸

۲- شاهیده پور.م، یمین.ح، زوی لی۱۳۸۴.((عملیات بازار در سیستم های الکتریکی قدرت)) حسین سیفی، غلامحسین یوسفی و میر محسن پدرام، دانشگاه تربیت مدرس ، ایران

3.Shirmohammadi,D."Restructuring Of the electric Power system".Power engineering consultants Inc.

4. Wang.X,Song.Y,Lu.Q. "Operation of market-oriented power System".

5.Yu,J.Yu,J.Galvin,J, 2001 "Zonal congestion Management and Settlement",Power Engineering Society Summer Meeting.IEEE Volume 1,15-19 July page(s) 249-254 Vol.1.

6. Nayak,A.S. Pai,M.A,2002, "Congestion Management in Restructured Power System using an Optimal Power Flow Framework",Power System Engineering Research Center.

7. Gross,G. Bompard,E. Carpanto,E. Chicco,G,2000. "The role of demand elasticity in congestion management and pricing".power Engineering Society Summer Meeting 2000. IEEE Volume 4, Page(s):2229-2234Vol.4.

8. Franco,P.C. Kockar,I. Galiana,F.D,2002. "Pay-As-Bid Pricing in Combined Pool/Bilateral Electricity Markets"PSCC,Sevilla,24-28 June.

9. Schaffner,ch. Anderson,G,2000. "Use FACTS Devices for Congestion Management in a Liberalized Electricity Market".IEEE Volume 3, Page(s):1429-1234Vol.4.

10.Grang.M.Huang,Ping Yan,2003, "Establishing Pricing Schemes for FACTS Devices in Congestion Management"Power Engineering Society General Meeting, IEEE Volume 2, 13-17 July Pages(s)1023-1030 Vol.2.

11. Singh,S.N , Verma,K.S., Gupta,H.O,2001. "Optimal control in Open Power Market Using Unified Power Flow Controller"Power engineering Society Summer Meeting.IEEE Volume 3, Pages(s)1698-1703 Vol.3.

12. Xing Wang , Song, Y.H. Lu,Q. Sun, Y.Z,2001 "Series FACTS Devices in Financial Transmission Rights Auction for Congestion Management " Power Engineering Review, IEEE Volume 21, Nov. Pages(s):18-28

13. Wang,F. Shrestha,G.B,2001" Allocation ot TCSC to Optimize Total Transmission Capacity in a Competitive Power Market" ,Power Engineering Society Winter Meeting , IEEE Volume 2, Pages(s):587-593

14. Sriviastava, S.C. Verma R.K,2000 " Impact of FACTS Devices on Transmission Pricing in a Deregulated Electricity Market" Electric Utility Deregulation and Restructuring and Power Technologies, proceeding. DRPT. International Conference on Volume, Pages(s): 642-648

15. Kumar,A. Chanana, S,2008" New secure bilateral Transaction determination and study of pattern under Contingencies and UPFC in competitive hybrid electricity markets " ,Electrical Power and Energy Systems, ELSEVIER journal31, Pages:23-33

16. Orizondo,R. Alves,R. 2006" UPFC Simulation and Control Using the ATP/EMTP and MATLAB/simulink Program",Power Engineering Society Winter Meeting , IEEE Volume 3, Pages(s): 1126-1133

17. Hesamzadeh,M.R, Wolfs,P. 2007" A Novel Modeling Approach for Exploring the Effects of UPFC on Restructured Electricity Market" ,Power Engineering Society Summer Meeting , IEEE Volume 2, Pages(s): 978-984

۸-مراحل اجرا و زمان بندی:

شرح مراحل انجام پایان نامه	مدت زمان مورد نیاز از تاریخ شروع
مطالعه روند شکل گیری بازار های برق رقابتی	۱ ماه
مطالعه بازار های انرژی رقابتی در کشورهای مختلف	۱ ماه
مطالعه تراکم خطوط انتقال و روش های مدیریت آن(روش های فنی و اقتصادی)	۲ ماه
مطالعه ادوات FACTS و روش های مدل سازی آن ها در نرم افزارهای مورد نظر	۱ ماه
شبیه سازی تجهیز مورد نظر (UPFC) در یک شبکه برق تجدید ساختار شده و در نظر گرفتن شرایط متفاوت بهره برداری برای آن	۴ ماه
تجزیه و تحلیل داده ها	۱ ماه
تهیه پایان نامه	۱ ماه
دفاع از پایان نامه	تابستان ۸۹

۹-هزینه ها:

هزینه ها	مبلغ به ریال
تایپ,تکثیر و صحافی	۱۵۰۰۰۰۰
نرم افزار	۴۵۰۰۰۰۰
جمع کل	۶۰۰۰۰۰۰

امضا دانشجو.....

امضا اساتید راهنما

۱-.....

۲-.....

امضا اساتید مشاور

۱-.....

۲-.....

موافقت محل اجرای طرح پایان نامه:

نام و نام خانوادگی: امضا:

موضوع طرح پیشنهادی پایان نامه در جلسه شورای گروه..... در تاریخ.....مورد بررسی قرار گرفت و به تصویب رسید.

نام و نام خانوادگی: امضا:

موضوع این پایان نامه در جلسه شورای پژوهشی و تحصیلات تکمیلی دانشکده..... در تاریخ.....مورد بررسی قرار گرفت و به تصویب رسید.

مسئول تحصیلات تکمیلی دانشکده

موضوع طرح پیشنهادی پایان نامه در جلسه شورای تحصیلات تکمیلی دانشگاه در تاریخ.....مورد بررسی قرار گرفت و به تصویب رسید.

مدیر تحصیلات تکمیلی دانشگاه

نام و نام خانوادگی: امضا:

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات،
ابتکارات و نوآوری‌های ناشی از تحقیق موضوع
این پایان‌نامه متعلق به دانشگاه شهرکرد است.

فهرست مطالب

عنوان **شماره صفحه**

فصل اول- مقدمه..... ۶
۱-۱- ضرورت موضوع پایان‌نامه..... ۶
۱-۲- مرور کارهای گذشته..... ۷
۱-۳- چارچوب پایان‌نامه..... ۱۰
فصل دوم- نگاهی به بازار در سیستم‌های الکتریکی..... ۱۲
۲-۱- مقدمه..... ۱۲
۲-۲- ساختار و بهره برداری بازار..... ۱۴
۲-۲-۱- اهداف بهره برداری بازار..... ۱۴
۲-۲-۲- مدل‌های بازار برق..... ۱۵
۲-۲-۳- ساختار بازار..... ۱۶
۲-۲-۳-۱- عناصر کلیدی بازار..... ۱۶
۲-۲-۳-۲- عناصر دیگر بازار..... ۲۰
۲-۳- انواع بازار توان..... ۲۱
۲-۳-۱- بازارهای انرژی، خدمات جانبی و انتقال..... ۲۲
۲-۳-۲- بازارهای پیشرو و زمان-حقیقی..... ۲۴
۲-۴- قدرت بازار..... ۲۵
۲-۵- عناصر کلیدی در بهره‌برداری بازار..... ۲۶
۲-۶- تراکم انتقال..... ۲۷
۲-۷- قیمت‌گذاری انتقال..... ۲۸
۲-۸- روش‌های جاری قیمت‌گذاری تراکم انتقال در کشورهای مختلف..... ۲۸
۲-۹- مدیریت تراکم انتقال..... ۲۹
۲-۱۰- مدیریت ناحیه‌ای تراکم انتقال..... ۳۱
۲-۱۱- مدیریت تراکم با استفاده از پخش بار بهینه..... ۳۲
۲-۱۲- پخش توان در بازار حوضچه‌ای..... ۳۳
۲-۱۲-۱- توزیع توان..... ۳۳
۲-۱۳- توزیع توان در بازار دو جانبه..... ۳۳
۲-۱۴- مدیریت تراکم با استفاده از حراج بارهای قابل قطع..... ۳۴
۲-۱۵- ساختار حراج و مقیاس زمانی..... ۳۴
۲-۱۶- انتخاب بهینه پیشنهادات بارهای قابل قطع..... ۳۴
۲-۱۷- شبیه‌سازی قراردادهای دو جانبه..... ۳۴
۲-۱۷-۱- معادلات پخش بار..... ۳۴
۲-۱۸- مدل کاهش تراکم..... ۳۵
۲-۱۸-۱- تابع هدف..... ۳۵
۲-۱۹- بازار مزایده خدمات توازن محلی برای مدیریت تراکم انتقال..... ۳۶
۲-۲۰- مدیریت تراکم با استفاده از جداسازی هزینه خدمات..... ۳۷
۲-۲۰-۱- محاسبه خدمات مگاوات مجزا شده و هزینه مرتبط با آن..... ۳۸
۲-۲۱- استفاده از ترتیب راه اندازی نیروگاه‌ها در مدیریت تراکم خطوط انتقال..... ۳۹
۲-۲۲- حق فیزیکی انتقال..... ۴۰

۲-۲۳- استفاده از ادوات FACTS برای مدیریت تراکم انتقال ۴۱
فصل سوم-روش‌های نوین جایابی ادوات FACTS بر پایه معیارهای فنی و اقتصادی ۴۳
۳-۱- مقدمه ۴۳
۳-۲- معرفی مدل های ادوات FACTS ۴۴
۳-۳- اهداف FACTS ۴۵
۳-۴- اصول جبران استاتیک موازی توان راکتیو ۴۵
۳-۵- ساختار کنترل کننده هایFACTS ۴۶
۳-۶- گروه اول کنترل کننده های FACTS ۴۶
۳-۶-۱- جبران‌کننده‌های استاتیکی SVC ۴۷
۳-۶-۲- راکتور کنترل شده تایریستوری (TCR) ۴۷
۳-۶-۳- خازن سوئیچ شونده تایریستوری (TSC) ۴۷
۳-۶-۴- ترکیب TCR/TSC ۴۸
۳-۶-۵- جبران سری ۴۹
۳-۶-۶- انواع طرح های جبران سری ۵۰
۳-۷- گروه دوم کنترل کننده های FACTS برپایه مبدل ۵۱
۳-۸- شبیه‌سازی و نتایج آن ۵۴
۳-۸-۱- سیستم مورد مطالعه ۵۴
۳-۸-۲- شبیه‌سازی ۵۷
۳-۸-۲-۱- روش اول معیار $\alpha = \frac{\delta_{op}}{\delta_{\max}}$ ۵۷
۳-۸-۲-۲- روش دوم معیارPI ۵۹
۳-۸-۲-۳- روش سوم معیار CCCij ۶۲
فصل چهارم-استفاده از ادوات FACTS جهت اصلاح یک شبکه متراکم در اثر خطا ۶۶
۴-۱- مقدمه ۶۶
۴-۲- مروری بر خطاها در سیستم قدرت ۶۷
۴-۳- حاشیه امنیت و اندیس‌ها ۶۸
۴-۳-۱- اندیس‌های امنیت ۶۹
۴-۳-۲- دستورالعمل مدیریت امنیت ۶۹
۴-۴- سیستم مورد مطالعه ۷۱
۴-۵- افزایش حاشیه امنیت ۷۱
۴-۶- کاهش اندیس‌های امنیت ۷۳
۴-۷- نتیجه‌گیری ۷۷
فصل پنجم-نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۷۸
۵-۱- نتیجه‌گیری ۷۸
۵-۲- پیشنهادات ۷۹
پیوست الف-مروری بر بازار برق ایران ۸۰
الف-۱- فرایند طراحی تجدید ساختار در صنعت برق ایران ۸۰
الف-۲- فراهم نمودن زیر ساخت های قانونی و اجرایی لازم ۸۱
الف-۳- ویژگی های بازار برق ایران ۸۲
الف-۴- اجزای تشکیل دهنده بازار برق ایران طبق تصویب هیئت وزیران ۸۳

الف-۴-۱- هیات تنظیم بازار ۸۳
الف-۴-۲- مدیریت بازار برق ۸۳
الف-۴-۳- مرکز ملی راهبری و پایش شبکه سراسری ۸۳
الف-۴-۴- فروشندگان بازار ۸۴
الف-۴-۵- مشتریان بازار ۸۴
الف-۴-۶- خدمات انتقال ۸۵
الف -۵- برنامه ریزی روزانه بازار برق ۸۵
پیوست ب-روش های مدیریت تراکم در کشور های مختلف ۸۷
ب-۱- مدیریت تراکم در نوردیک ۸۷
ب-۱-۱- مبادله متقابل ۸۸
ب-۲- مراحل اصلی مدیریت تراکم در نروژ ۸۹
ب-۳- مدیریت تراکم در کالیفرنیا ۹۰
ب -۳-۱- نواحی متراکم ۹۱
ب -۳-۲- پیشنهادات تعدیلی ۹۱
ب-۳-۳- تراکم بین ناحیه ای ۹۲
ب-۳-۴- مدیریت تراکم داخل ناحیه ای ۹۲
ب-۳-۵- روش شبیه سازی ۹۳
مراجع ۹۴

فهرست اشکال

عنوان **شماره صفحه**

شکل ۲-۱: بهره‌برداری بازار برق تجدید ساختار شده ۱۵
شکل ۳-۱: جبران استاتیکی موازی VAR ۴۶
شکل ۳-۲: کنترل کننده های معمول FACTS با استفاده از تایریستور ۴۷
شکل ۳–۳: ساختار کلی TCR ۴۸
شکل ۳–۴: مدل خازن سوئیچ شده تایریستوری ۴۹
شکل ۳–۵: SVC با استفاده از ترکیب TSC و TCR ۴۹
شکل ۳–۶: مشخصه I-V جبران‌کننده استاتیکی ۵۰
شکل ۳-۷: یک سیستم انتقال با جبران خازنی سری ۵۰
شکل ۳-۸: پروفیل ولتاژ در یک سیستم ساده ۵۱
شکل ۳–۹: طرح های مختلف جبران سری ۵۲
شکل ۵-۱۰: منبع ولتاژ سنکرون بر اساس سوئیچینگ مبدل که به صورت موازی وصل شده است ۵۳
شکل ۳- ۱۱: مجموعه کنترل کننده FACTS دارای سوئیچینگ مبدل ۵۴
شکل ۳-۱۲: شمای کلی شبکه ۱۴ باسه IEEE ۵۵
شکل ۳-۱۳: شمای کلی شبکه ۵ باسه IEEE ۵۵
شکل ۴-۱: حاشیه امنیت ۶۹
شکل ۴-۲: دستورالعمل عملکرد ادوات FACTS جهت افزایش حاشیه امنیت ۷۱
شکل ۴-۳: سیستم۹ باسهIEEE با خطا بین باس ۵ و ۶ ۷۲
شکل ۴-۴: تغییرات حاشیه امنیت ۷۳
شکل ۴-۵: سیستم۱۴ باسهIEEE با خطا بین باس ۷ و ۸ ۷۴
شکل ۴-۶: سیستم ۵۷ باسه IEEE ۷۵
شکل ۴-۷: توزیع توان و ولتاژ باس ها در بار متوسط همراه با خطا ۷۶
شکل ۴-۸: توزیع توان و ولتاژ باس ها در بار سنگین همراه با خطا ۷۷
شکل الف-۱: نمای شماتیک بازار برق ایران ۸۲
شکل الف-۲: ساختار بازار برق ایران در سال ۱۳۸۵ ۸۳

فهرست جداول

عنوان **شماره صفحه**

جدول ۳-۱: اطلاعات خطوط شبکه ۱۴ باسه IEEE شکل ۵-۱۲..... ۵۶
جدول ۳-۲: اطلاعات بار شبکه ۱۴ باسه IEEE شکل ۵-۱۲..... ۵۶
جدول ۳-۳: اطلاعات ژنراتورها شبکه ۱۴ باسه IEEE شکل ۵-۱۲..... ۵۷
جدول ۳-۴: اطلاعات خطوط شبکه ۵ باسه IEEE شکل ۵-۱۳..... ۵۷
جدول۳ -۵: اطلاعات بار شبکه ۵ باسه IEEE شکل ۵-۱۳..... ۵۷
جدول ۳-۶: اطلاعات ژنراتورها شبکه ۵ باسه IEEE شکل ۵-۱۳..... ۵۷
جدول ۳-۷: روش α برای شبکه ۵ باسه در حالت بدون اضافه بار..... ۵۸
جدول ۳-۸: روش α برای شبکه ۵ باسه در حالت اضافه بار در خط ۴ به اندازه نیم پریونیت..... ۵۹
جدول ۳-۹: روش α برای شبکه ۱۴ باسه در حالت بدون اضافه بار..... ۵۹
جدول۳-۱۰: روش α برای حالت ۱۴ باسه در حالت اضافه بار درخط ۳ به اندازه نیم پریونیت..... ۶۰
جدول ۳-۱۱: روش PI بر روی شبکه ۵ باسه..... ۶۳
جدول ۳-۱۲: روش PI بر روی شبکه ۱۴ باسه..... ۶۳
جدول ۳-۱۳: روش CCC_{ij} بر روی شبکه ۵ باسه..... ۶۵
جدول ۳-۱۴: روش CCC_{ij} بر روی شبکه ۱۴ باسه..... ۶۶
جدول ۴-۱: حاشیه امنیت در حالات کاری مختلف..... ۷۳
جدول ۴-۲: حاشیه امنیت در حالات کاری مختلف شبکه ۱۴ باسه..... ۷۴
جدول ۴-۳: خطوط با مشکل اضافه بار و افت ولتاژ در هر حالت..... ۷۵
جدول ۴-۴: اندیس امنیت در بار متوسط..... ۷۶
جدول ۴-۵ : اندیس های امنیت در بار سنگین همراه با خطا..... ۷۷

فصل اول

مقدمه

۱-۱- ضرورت موضوع پایان نامه

تجدید ساختار در صنعت برق با اهداف ایجاد رقابت در تولید برق و در نتیجه کاهش قیمت برق، افزایش بازدهی شبکه قدرت، بهبود سرویس دهی و کیفیت برق در سیستم قدرت به وجود آمد. اما بخاطر وجود محدودیت‌های انتقال یا به عبارتی قیود فنی موجود در انتقال توان، بازار برق از یک سیستم رقابتی کامل فاصله گرفته است. از مهمترین این قیود ایجاد تراکم در سیستم انتقال است که بواسطه آن فضای رقابت محدود می‌گردد. با توجه به اینکه تامین قیود بهره برداری از وظایف بهره بردار مستقل سیستم (ISO)[۱] است، بنابراین مدیریت تراکم نیز توسط بهره بردار مستقل سیستم انجام می‌شود.

مدیریت تراکم انتقال یکی از امور مهم و اساسی در بهره‌برداری از سیستم انتقال است. تراکم انتقال زمانی که اضافه بار در خطوط انتقال و ترانسفورماتورها اتفاق می‌افتد ظاهر می‌شود. در سیستم یکپارچه

۱- Indipendent System Operator

عمودی، بهره‌بردار سیستم از هزینه تولید هر واحد آگاه بوده و از پخش بار بهینه برای توزیع واحدها بدون تجاوز خطوط انتقال از محدوده مجاز خود در کمترین هزینه استفاده می‌کند. در سیستم‌های قدرت تجدید ساختار شده با جداسازی تولید، انتقال وتوزیع از هم و دسترسی باز به شبکه انتقال، مدیریت تراکم مشکل‌تر شده است.

روش‌های متعدد فنی و اقتصادی جهت مدیریت تراکم در شبکه‌های انتقال تجدید ساختار شده وجود دارد. در این پایان نامه به تعدادی از این روش ها اشاره می‌شود. یکی از روش‌های فنی مدیریت تراکم استفاده از ادوات نوین FACTS[1] است. رفع مشکلات تراکم درخطوط انتقال با احداث خطوط جدید و با ظرفیت بالاتر امکانپذیر است. اما به دلیل هزینه بالا و مدت زمان اجرای طرح‌های نوسازی، همچنین مشکلات زیست محیطی و سیاسی، احداث یک خط انتقال جدید به سادگی میسر نیست. استفاده از ظرفیت خطوط موجود برای شرکت‌های برق از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. استفاده از ادوات FACTS که با تکیه بر پیشرفت الکترونیک قدرت در سال های اخیر رشد چشمگیری داشته است، یک گزینه مناسب جهت نصب در خطوط و استفاده بهینه از ظرفیت خطوط می باشد.

۱-۲- مرور کارهای گذشته

بعد از تاسیس اولین بازار برق در سال ۱۹۷۳ در کشور شیلی و پاسخ مناسب این شیوه (استفاده از انرژی الکتریکی به عنوان کالا) و تاثیر آن در بالا بردن بهره وری و افزایش کیفیت انرژی تحویلی به مصرف کنندگان، بازارهای برق بعدی به سرعت در کشورهای دیگر تاسیس و به سرعت شروع به پیشرفت کردند. البته رقابتی شدن تولید برق، حداکثر شدن سود توسط تولید کنندگان و خواست حداقلی قیمت برای مصرف کنندگان مشکلاتی را به وجود آورده است در این تحقیق تا حدی سعی بر این است که یکی از این مشکلات (تراکم خطوط انتقال) مورد بررسی قرارگیرد. در [۱] روش های قیمت گذاری انتقال در بازار برق کشورهای مختلف دنیا آورده شده است. در [۲] محدودیت‌های فراروی یک سیستم انتقال که شامل محدودیت‌های فیزیکی نظیر حد حرارتی خط و یا ترانسفورماتور و محدودیت‌های سیستمی نظیر محدودیت ولتاژ گره، پایداری گذرا، پایداری دینامیکی و قابلیت اطمینان سیستم مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به محدودیت‌های فوق عوامل بسیاری می تواند در رخداد تراکم خطوط انتقال موثر باشد. از آن جمله می توان به مواردی نظیر خروجی‌های خط انتقال، خروجی های ژنراتور، تغییرات در سطح تقاضای انرژی، مبادلات هماهنگ نشده و ... اشاره نمود. در [۳] روش های جاری قیمت گذاری تراکم انتقال در کشورهای مختلف آورده شده است.

۱- Felexible AC Transmision System