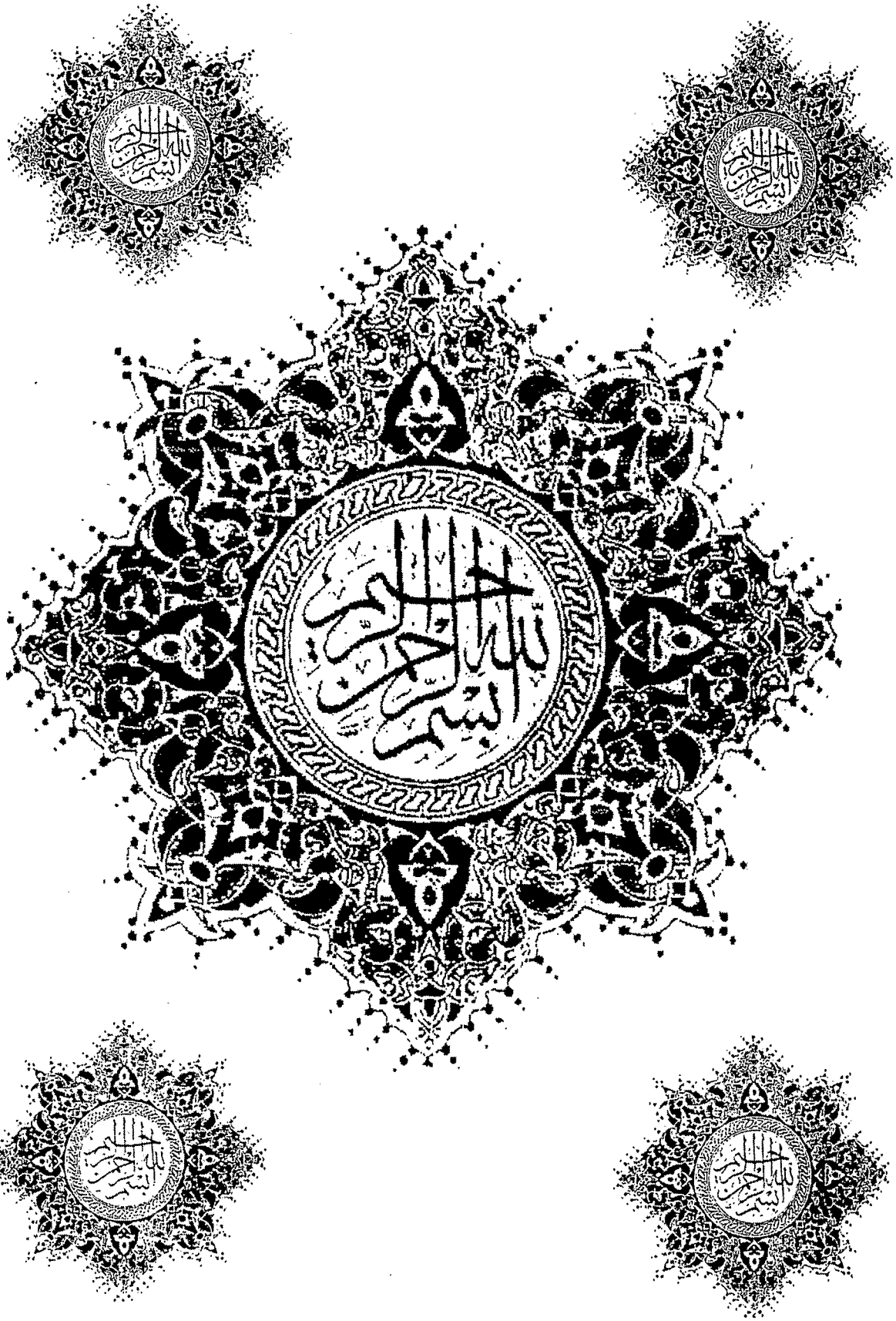

٩٣٧٢٧

دانشگاه شهید باهنر کرمان

دانشکده فنی مهندسی

گروه مهندسی برق

پایان نامه تحصیلی برای دریافت درجه کارشناسی ارشد مهندسی برق-کنترل

مدیریت بهینه رزرو توان راکتیو به کمک روش اجتماع پرندگان

استاد راهنما:

دکتر مسعود رشیدی نژاد

مؤلف:

محمدصادق فاتحی

مهرماه ۸۶

۹۳۷۶۷

دانشگاه شهید باهنر کرمان

این پایان نامه به عنوان یکی از شرایط احراز درجه کارشناسی ارشد به

گروه مهندسی برق

دانشکده فنی و مهندسی

دانشگاه شهید باهنر کرمان

تسلیم شده است و هیچگونه مدرکی به عنوان فراغت از تحصیل دوره مذبور شناخته نمی شود.

دانشجو: **محمدصادق فاتحی**

استاد راهنما: **دکتر مسعود رشیدی نژاد**

داور۱: **دکتر علی اکبر قره ویسی**

داور۲: **دکتر محسن محمدیان**

معاونت پژوهشی و تحصیلات تکمیلی یا نماینده دانشکده: **دکتر احمد حکیمی**

۱۳۸۷/۲/۱۱

حق چاپ محفوظ و مخصوص مؤلف است.

تقدیم به:

تقدیم به او که دلهایمان در سینه به عشق دیدار او می تپد. و تقدیم به پدر و مادر مهربان و همسر فداکارم که در سرتاسر زمان طولانی انجام این پایان نامه نهایت همکاری و کمک را به اینجانب مبذول داشتند.

تقدیر و تشکر:

با سپاس از پیشگاه خداوند باریتعالی که ایمان به کار و تلاش و استقامت را به ما ارزانی داشت. در این راستا قدردان راهنمائی ها و مشاوره های استاد ارجمندم جناب آقای دکتر مسعود رشیدی نژاد هستم که در طول انجام این پروژه از انتخاب موضوع تا تدوین و انتخاب مطالب همواره با سعه صدر بنده را از دانش خویش بهره مند ساختند.

همچنین مراتب قدردانی صمیمانه خود را به جناب آقای دکتر علی اکبر قره ویسی تقدیم می دارم که همواره از محضر ایشان درس آموختم و همچنین جناب آقای دکتر محسن محمدیان که در ویرایش و تصحیح نهایی این تحقیق به من یاری رساندند. امید است که توانسته باشم در این مجال پاسخگوی انتظارات این عزیزان بوده باشم.

چکیده

با توجه به اهمیت پایداری در سیستم های قدرت این مبحث از جمله مباحثی است که توجه بسیاری از محققان را به خود جلب نموده است. یکی از مهمترین مباحث موجود در زمینه پایداری سیستم های قدرت بحث فروپاشی ولتاژ می باشد در طی سال های اخیر تعداد بسیار زیادی فروپاشی از سراسر جهان گزارش شده که علاوه بر آنکه تولید کنندگان انرژی الکتریکی را از رسالت اصلی شان که تحویل برق در بازه معینی از ولتاژ و فرکانس است باز می دارد، لطمات جبران ناپذیری نیز هم به تولید کنندگان و هم به مصرف کنندگان این توان وارد می نماید. علت اصلی وقوع فروپاشی ولتاژ ناتوانی سیستم انتقال در پاسخ به افزایش تقاضای توان راکتیو عنوان شده است. حال با توجه به اهمیت توان راکتیو و نقش مهم آن در جلوگیری از فروپاشی ولتاژ، مدیریت و بهینه سازی آن لازمه هر شبکهٔ ایمنی است که می خواهد فاصله خود را تا مرز فروپاشی افزایش دهد. مدیریت بهینه توان راکتیو ضمن بهبود کانال عبور توان اکتیو و بهبود تلفات انتقال شبکه می تواند باعث بهبود در حاشیه امنیت سیستم گردد.

یک راه مناسب جهت بهبود حاشیه امنیت ولتاژ و به طبع آن دور نگه داشتن سیستم قدرت از فروپاشی ولتاژ استفاده از جبرانساز های توان راکتیو می باشد، یکی از مهمترین و کارآمدترین روش ها، استفاده از سیستم های انعطاف پذیر انتقال AC یا ادوات FACTS[1] است. با در نظر گرفتن هزینه سرمایه گذاری قابل ملاحظه این ادوات، استفاده بهینه آنها در یک سیستم قدرت از اهمیت خاصی برخوردار است. لذا بر این اساس در این پایان نامه سعی شده ابتدا با معرفی رزرو توان راکتیو و ادوات FACTS و لزوم بکارگیری آنها در سیستم های قدرت، به طرح مسئله پرداخته شود. سپس با استفاده از الگوریتم اجتماع پرندگان بعنوان روش بهینه سازی، بهترین مکان ومناسب ترین ظرفیت مربوط به ادوات FACTS تعیین شود. صحت نتایج بدست آمده بوسیله پیاده سازی روش فوق بر روی سیستم های استاندارد IEEE به اثبات رسیده است.

[1] Flexible AC Transmission System

فهرست مطالب

عنوان		صفحه
فصل اول	**پیشگفتار**	۱
۱-۱	مقدمه	۲
۱-۲	ساختار پایان نامه	۳
فصل دوم	**ادبیات موضوع و مروری بر کارهای انجام شده**	۵
۲-۱	مقدمه	۶
۲-۲	مروری بر روشهای ارزیابی ولتاژ	۶
۲-۲-۱	روش تحلیل استاتیکی	۷
۲-۲-۲	روش تحلیل دینامیکی	۷
۲-۳	بررسی شاخص های تعیین حد پایداری استاتیک ولتاژ	۸
۲-۳-۱	دترمینان ماتریس ژاکوبین و معادلات پخش بار	۸
۲-۳-۲	دترمینان ماتریس ژاکوبین کاهش یافته	۹
۲-۳-۳	اندازه کوچکترین مقدار ویژه ماتریس ژاکوبین	۱۰
۲-۳-۴	تابع انرژی	۱۰
۲-۳-۵	ضرائب حساسیت $\frac{\partial V}{\partial P}$, $\frac{\partial V}{\partial Q}$	۱۱
۲-۴	مدل بار	۱۲
۲-۵	الگوی افزایش بار	۱۲
۲-۶	مروری اجمالی بر بعضی اغتشاشات مهم در جهان	۱۳
۲-۷	مروری اجمالی برعده ای از مقالات موجود در زمینه پایداری ولتاژ	۱۳
۲-۸	نتیجه گیری	۱۷
فصل سوم	**مبانی تئوری**	۱۸
۳-۱	مقدمه	۱۹
۳-۲	مفاهیم اولیه	۲۰
۳-۲-۱	توان راکتیو	۲۰

۳-۲-۲	رزرو توان راکتیو	۲۱
۳-۳	محدودیت ولتاژ	۲۱
۳-۴	مناطق کنترل ولتاژ	۲۲
۳-۴-۱	فاصله الکتریکی	۲۳
۳-۵	ضعیف ترین شین	۲۶
۳-۵-۱	الگوریتمی بمنظور تعیین ضعیف ترین شین در یک سیستم قدرت	۲۶
۳-۶	آنالیز V-Q	۲۷
۳-۶-۱	روش کار برای رسم منحنی V-Q	۲۷
۳-۷	پدیده فروپاشی ولتاژ	۲۸
۳-۷-۱	مکانیزم فروپاشی ولتاژ	۲۹
۳-۸	نتیجه گیری	۳۲
فصل چهارم	**مدل سازی ریاضی در حضور ادوات FACTS**	**۳۳**
۴-۱	مقدمه	۳۴
۴-۲	مقدمه ای بر الکترونیک قدرت	۳۴
۴-۲-۱	اهداف FACTS	۳۴
۴-۲-۲	جبرانگرهای استاتیکی SVC	۳۵
۴-۲-۲-۱	راکتور کنترل شده تایریستوری(TCR)	۳۶
۴-۲-۲-۲	خازن سوئیچ شده تایریستوری(TSC)	۳۷
۴-۲-۲-۳	ترکیب TCR/TSC	۳۹
۴-۳	مفاهیم اصلی	۴۰
۴-۴	مدل ریاضی یک سیستم قدرت	۴۱
۴-۵	فرمول بندی ریاضی مسئله بهینه	۴۲
۴-۶	نتیجه گیری	۴۴
فصل پنجم	**روش اجتماع پرندگان**	**۴۵**
۵-۱	مقدمه	۴۶
۵-۲	تاریخچه	۴۶
۵-۳	تعاریف و مقدمات	۴۷
۵-۴	انواع توپولوژی و اصل همسایگی	۴۸
۵-۴-۱	توپولوژی ستاره	۴۸
۵-۴-۲	توپولوژی حلقه	۴۹

۵-۴-۳	توپولوژی چرخی	۴۹
۵-۵	الگوریتم های روش اجتماع پرندگان	۴۹
۵-۵-۱	الگوریتم بهترین فردی	۴۹
۵-۵-۲	الگوریتم بهترین جهانی	۵۰
۵-۵-۳	الگوریتم بهترین محلی	۵۳
۵-۶	تعیین شایستگی	۵۳
۵-۷	همگرایی	۵۳
۵-۸	نتیجه گیری	۵۵
فصل ششم	**رتبه بندی حوادث**	**۵۷**
۶-۱	مقدمه	۵۸
۶-۲	معرفی انواع حاشیه توان موهومی	۵۸
۶-۳	مفاهیم اولیه	۶۲
۶-۴	الگوریتم رتبه بندی حوادث	۶۳
۶-۵	رتبه بندی حوادث در سیستم ۳۹ شینه IEEE	۶۴
۶-۶	نتیجه گیری	۶۸
فصل هفتم	**بهینه سازی رزرو توان راکتیو**	**۶۹**
۷-۱	مقدمه	۷۰
۷-۲	اولین روش پیشنهادی جهت افزایش رزرو توان راکتیو	۷۱
۷-۳	الگوریتم افزایش رزرو توان راکتیو	۷۱
۷-۴	اعمال الگوریتم پیشنهادی بر روی سیستم ۳۹ شینه IEEE	۷۵
۷-۵	مدل سازی ریاضی مجدد مسئله بهینه	۸۱
۷-۶	نصب جبرانساز استاتیکی در محل بهینه	۸۲
۷-۷	الگوریتم مربوط به دومین روش پیشنهادی جهت افزایش رزرو توان راکتیو	۸۳
۷-۸	سناریو اول	۸۴
۷-۹	سناریو دوم	۸۸
۷-۱۰	سناریو سوم	۹۱
۷-۱۱	نتیجه گیری	۹۵
فصل هشتم	**نتیجه گیری و پیشنهادات**	**۹۷**
۹-۱	نتیجه گیری	۹۸
۹-۲	پیشنهادات	۱۰۰
مراجع		**۱۰۱**

فهرست اشکال

شکل **صفحه**

شکل ۳-۱ تقسیم بندی سیستم ۳۲ شینه Cigre به مناطق کنترل ولتاژ ۲۵
شکل ۳-۲ نمونه یک منحنی V-Q ۲۸
شکل ۳-۳ یک سیستم دو شینه شعاعی ۲۹
شکل ۳-۴ رفتار ولتاژ، جریان و توان مربوط به سیستم دو شینه شعاعی ۳۰
شکل ۳-۵ منحنی های V_R-P_R ۳۱
شکل ۴-۱ ساختار کلی TCR ۳۷
شکل ۴-۲ مدار خازن سوئیچ شده تایریستوری ۳۸
شکل ۴-۳ شماتیک TSC ۳۸
شکل ۴-۴ SVC با استفاده از ترکیب TSC و TCR ۳۹
شکل ۴-۵ مشخصهٔ V-I جبرانگر استاتیکی ۴۰
شکل ۵-۱ انواع توپولوژی روش اجتماع پرندگان ۴۸
شکل ۵-۲ فلوچارت روش اجتماع پرندگان ۵۴
شکل ۶-۱حاشیه توان راکتیو بدون استفاده از تجهیزات جبرانساز ۵۹
شکل ۶-۲ می نیمم حاشیه توان راکتیو ۶۰
شکل ۶-۳ منحنی V-Q در شرایط مختلف ۶۱
شکل۷-۱ دیاگرام سیستم ۳۹ شینه IEEE که به مناطق کنترل ولتاژ تفکیک شده است ۷۳
شکل ۷-۲ فلوچارت مربوط به الگوریتم پیشنهادی ۷۵
شکل ۷-۳ نمودار توان راکتیو تولیدی با اعمال وزن اول ۷۷
شکل ۷-۴ نمودار توان راکتیو تولیدی با اعمال وزن دوم ۷۸
شکل ۷-۵ نمودار توان راکتیو تولیدی با اعمال وزن سوم ۷۸
شکل ۷-۶ نمودار توان راکتیو تولیدی با اعمال وزن چهارم ۷۹
شکل ۷-۷ نمودار توان راکتیو تولیدی با اعمال وزن پنجم ۷۹
شکل ۷-۸ منحنی P-V قبل و بعد از بهینه سازی ۸۰
شکل ۷-۹ منحنی V-Q قبل و بعد از بهینه سازی ۸۰
شکل ۷-۱۰ فلوچارت نصب بهینه جبرانساز در سیستم ۸۳
شکل ۷-۱۱ فلوچارت مربوط به روش پیشنهادی ۸۴

شکل ۷-۱۲ دیاگرام سیستم ۳۹ شینه IEEE با نصب SVC ۸۵
شکل ۷-۱۳ نمودار توان راکتیو تولیدی ژنراتورها قبل و بعد از بهینه سازی ۸۶
شکل ۷-۱۴ نمودار جمع تلفات اکتیو و راکتیو خطوط انتقال قبل و بعد از بهینه سازی ۸۷
شکل ۷-۱۵ منحنی P-V قبل و بعد از بهینه سازی ۸۷
شکل ۷-۱۶ منحنی V-Q قبل و بعد از بهینه سازی ۸۸
شکل ۷-۱۷ دیاگرام سیستم ۹ شینه IEEE با نصب یک SVC ۸۹
شکل ۷-۱۸ نمودار توان راکتیو تولیدی ژنراتورها قبل و بعد از بهینه سازی ۸۹
شکل ۷-۱۹ نمودار جمع تلفات اکتیو و راکتیو خطوط انتقال قبل و بعد از بهینه سازی ۹۰
شکل ۷-۲۰ منحنی P-V قبل و بعد از بهینه سازی ۹۰
شکل ۷-۲۱ منحنی V-Q قبل و بعد از بهینه سازی ۹۱
شکل۷-۲۲ دیاگرام سیستم ۳۰ شینه IEEE با SVC ۹۲
شکل ۷-۲۳ نمودار توان راکتیو تولیدی ژنراتورها قبل و بعد از بهینه سازی ۹۳
شکل ۷-۲۴ نمودار جمع تلفات اکتیو و راکتیو خطوط انتقال قبل و بعد از بهینه سازی ۹۳
شکل ۷-۲۵ منحنی P-V قبل و بعد از بهینه سازی ۹۴
شکل ۷-۲۶ منحنی V-Q قبل و بعد از بهینه سازی ۹۴

فهرست جداول

جدول **صفحه**

جدول ۶-۱ رتبه بندی حوادث(فقط از دست رفتن خطوط) ۶۵

جدول ۶-۲ رتبه بندی حوادث(فقط از دست رفتن ژنراتورها) ۶۶

جدول۶-۳ رتبه بندی حوادث(همه حوادث ساده) ۶۶

جدول ۷-۱ جدول تفکیک سیستم به مناطق کنترل ولتاژ ۷۲

جدول ۷-۲ جدول ضعف سیستم ۳۹ شینه IEEE ۷۳

جدول ۷-۳ جدول وزن ژنراتورها ۷۶

جدول ۷-۴ نتایج قبل و بعد از بهینه سازی ۷۷

جدول ۸-۱ جدول ضعف سیستم ۳۹ شینه IEEE ۸۵

جدول ۸-۲ جدول ضعف سیستم ۹ شینه IEEE ۸۸

جدول ۸-۳ جدول ضعف سیستم ۳۰ شینه IEEE ۹۲

فرهنگ اختصارات

FACTS	Flexible AC Transmission System
$VCPI_Q$	Voltage collapse Proximity Indicator Versus Q
WSCC	Western Systems Coordinating Council
WECC	Western Electricity Coordinating Council
SVC	Static Var Compensator
SR	Saturated Reactor
TCR	Thyristor Controlled Reactor
TSC	Thyristor Switched Capacitor
TSR	Thyristor Switched Reactor
TCT	Thyristor Controlled Transformer
SVS	Static Var System
PSO	Particle Swarm Optimization
RPM	Reactive Power Margin
MRPM	Minimum Reactive Power Margin
RPMI	Reactive Power Margin Index
MRPMI	Minimum Reactive Power Margin Index

فصل اول

پیشگفتار

۱-۱ مقدمه

در چند دهه اخیر تعداد زیادی فروپاشی ولتاژ[1] از سراسر دنیا گزارش شده است. که در اثر این فروپاشی ها تولید کننده ها از مسئولیت اصلی شان که تحویل برق در محدوده معینی از ولتاژ و فرکانس، و بدون قطعی برق است باز مانده اند. و علاوه بر آن بعضاً لطمات بسیاری نیز به تولید کننده ها و مصرف کننده ها وارد می شود. به هر حال مسئله پایداری در همه زمینه های علمی یکی از مهمترین مباحث است و صنعت برق نیز از این قاعده مستثنی نیست. در مورد پایداری سیستم های قدرت تحقیقات فراوانی انجام شده و در آینده هم خواهد شد. این بحث در صنعت برق مسئله جدیدی نیست چرا که اولین مطالعات انجام شده در این زمینه به سال ۱۹۶۸ بر می گردد.

آنچه که مشخص است این است که یکی از عوامل اصلی فروپاشی ولتاژ در سیستم های قدرت، ناتوانی سیستم انتقال در پاسخ به افزایش تقاضای توان راکتیو شبکه است. بدلیل اهمیت مطالعه توان راکتیو و نقش مهم آن در فروپاشی ولتاژ، مطالعه رفتار سیستم و شناسایی نقاط ضعف و قوت شبکه از دید توان راکتیو فوق العاده حائز اهمیت است.

با پیدایش جبرانساز های توان راکتیو سیستم های قدرت توانستند قابلیت انتقال، انعطاف پذیری، امنیت ولتاژ، پایداری و.... خود را نسبت به قبل بهبود بخشند. قطعاً استفاده از جبرانساز های توان راکتیو طراحان سیستم های قدرت را قادر خواهد ساخت تا سیستم را از فروپاشی ولتاژ به دور نگه دارند. در این پایان نامه نیز از یک جبرانساز توان راکتیو استفاده شده تا اهمیت نقش این تجهیزات بیش از پیش مشخص شود.

در این پایان نامه در مرحله اول سعی شده که میزان رزرو توان راکتیو در بحرانی ترین شین و پیرو آن بحرانی ترین منطقه کنترل ولتاژ افزایش یابد بدون اینکه هرگونه جبران سازی به سیستم متصل شود. با همان شبکه اولیه و صرفاً با اعمال یک مدیریت صحیح و یک روش بهینه سازی هوشمند به این مهم دست یابیم. علاوه بر آن در تابع

[1] Voltage Collapse

هدف مسئله بهینه سازی، تلفات اکتیو و راکتیو لحاظ شده تا در امر بهینه سازی تلفات انتقال نیز بهبود حاصل کنیم. در ضمنِ اینکه حاشیه امنیت ولتاژ نیز افزایش درخور توجهی داشته باشد. در مرحله دوم با اضافه کردن یکی از تجهیزات جبران ساز توان راکتیو همان اهداف قبل را دنبال کردیم که در این صورت شاهد بهبودی چشمگیرتری خواهیم بود.

نکته قابل تأمل دیگری که در این پایان نامه وجود دارد استفاده از روش بهینه سازی جدید و هوشمند اجتماع پرندگان است. که در این تحقیق سعی شده توانایی ها و سادگی های این روش هنگام پیاده سازی بر روی سیستم های قدرت نشان داده شود و میل و رغبت خواننده را در به کارگیری این گونه روش ها بر روی سیستم های قدرت افزایش دهد. به همین منظور از تفکر اولیه پدید آورندگان این تئوری، که از رفتار دسته جمعی پرندگان نشأت می گیرد. سخن به میان آورده شده تا درکی ساده، اساسی و جامع به مخاطب داده شود.

۱-۲ ساختار پایان نامه

در فصل دوم ضمن انجام مروری بر کارهای انجام شده در زمینه پایداری ولتاژ و مدیریت توان راکتیو، روش های ارزیابی پایداری ولتاژ معرفی می شود و بدنبال آن عده ای از فروپاشی های مهم بوقوع پیوسته در سراسر جهان عنوان می گردد. در فصل سوم پایان نامه در ابتدا مخاطب را با مفاهیم اولیه توان راکتیو و بعضی از تعاریف مقدماتی این نوع توان مطلع می سازیم سپس به بیان تعریفی از رزرو توان راکتیو پرداخته وبه دنبال آن به معرفی و بیان مباحثی همچون مناطق کنترل ولتاژ و ضعیف ترین شین سیستم قدرت می پردازیم، مخاطب قطعاً در فصول بعد به دانستن این مفاهیم نیازمند است. در فصل چهارم ضمن معرفی ادوات FACTS[1]، نکات بنیادی مرتبط با جبرانسازهای استاتیکی بعنوان یکی از پرکاربردترین و در عین حال توانمند ترین جبرانسازهای توان راکتیو ذکر شده و به بیان مدل ریاضی یک سیستم قدرت در حالت کلی پرداخته شده و سپس آن را تعمیم داده و در نهایت مدل ریاضی مد نظر در این پایان نامه استخراج گردیده است. در فصل پنجم مخاطب با روش جدید و هوشمند اجتماع پرندگان آشنا می شود و پس از بیان تاریخچه این الگوریتم به بیان مباحث تئوری و روابط

[1] Flexible AC Transmission System

مربوطه پرداخته شده و انواع الگوریتم های موجود در این زمینه به رشته تحریر در آمده است. در فصل ششم پس از معرفی یک سری مفاهیم تازه در زمینه حاشیه توان راکتیو مخاطب با الگوریتم جدیدی جهت رتبه بندی حوادث در سیستم قدرت مواجه خواهد شد. این روش جدید بر پایه حاشیه توان راکتیو نهاده شده و شاخص تعریف شده نیز بر همین مبنا است. در فصل هفتم هر آنچه که در رابطه با مدیریت توان راکتیو و بویژه رزرو توان راکتیو بیان نمودیم به مرحله اجرا در می آید و الگوریتم جدیدی جهت افزایش رزرو توان راکتیو در مناطق کنترل ولتاژ بخصوص در ضعیف ترین منطقه ارائه خواهد شد و در ادامه فصل مذکور ضمن ایجاد تغییراتی در تابع هدف و محدودیت های مسئله توانایی های بیشتری به مسئله داده شده و با استفاده از روش هوشمند اجتماع پرندگان یک تجهیز جبرانساز استاتیکی در محل بهینه نصب شده و سپس اقدام به حل مسئله بهینه می نماییم.

فصل دوم

ادبیات موضوع و مروری بر کارهای انجام شده

۲-۱ مقدمه

در سال های اخیر مطالعات متعددی در زمینه پایداری ولتاژ انجام شده است. مقالات بسیار زیادی نیز در زمینه های مختلف این موضوع به چاپ رسیده است. به نحوی که مسئله فروپاشی ولتاژ مسئله ای کاملاً شناخته شده می باشد. اما به نظر می رسد، که مقالات محدودتری به بحث مدیریت توان راکتیو و بویژه مدیریت رزرو توان راکتیو توجه داشته است. از آنجا که بررسی رزرو توان راکتیو در سیستم های قدرت بویژه در سیستم های انتقال اهمیت بسیار بالایی دارد باید به این مبحث بعنوان مسئله ای مجزا توجه شده و در هر سیستم قدرتی وضعیت رزروها بدقت و بدرستی تعیین شده و فاصله سیستم تا مرز فروپاشی ولتاژ مشخص گردد. نخستین گام برای ارزیابی درجه ایمنی یک سیستم قدرت از دیدگاه پایداری استاتیک ولتاژ، تعیین یک شاخص مناسب برای پیش بینی و تخمین حد پایداری می باشد که در این راستا، شاخص ها و معیارهای متفاوتی از سوی محققین پیشنهاد شده است اما آنچه که در این میان حائز اهمیت است این است که شاخص انتخابی می بایست درک فیزیکی مشخص و روشنی از حد پایداری سیستم به بهره بردار دهد. در این فصل به بررسی اجمالی عده ای از این شاخص ها پرداخته شده است.

۲-۲ مروری بر روش های ارزیابی ولتاژ

بطور کلی تکنیک های مدل سازی فروپاشی ولتاژ به دو دسته اصلی تقسیم می شوند:

۱ تکنیک های دینامیکی

۲ تکنیک های استاتیکی

غالباً آن دسته از دینامیک های سیستم قدرت که بر پایداری ولتاژ اثر می گذارند، کند هستند. لذا بسیاری از جنبه های پایداری را می توان با استفاده از روش های استاتیکی آنالیز کرد. با هر روشی که تحلیل پایداری ولتاژ انجام شود نتایج زیر حاصل می شود:

۱- فاصله سیستم تا مرز ناپایداری.

۲- عوامل اصلی موثر در ناپایداری ولتاژ.

۳- شناخت نواحی ضعیف از دیدگاه پایداری ولتاژ.

۴- شناخت اقدامات لازم جهت ایجاد بهبودی در پایداری ولتاژ.

۲-۲-۱ روش تحلیل استاتیکی

روش استاتیکی از وضعیت سیستم در بازه های زمانی مختلف در طول مسیر و در حوزه زمان تصویر می گیرد. معادلات موجود در شبکه ترکیبی از معادلات دیفرانسیل حاکم بر ژنراتور و سیستم های کنترل و بار و نیز معادلات جبری پخش بار در شبکه می باشند. در محدوده های زمانی فوق، مشتقات متغیر های حالت در معادلات دیفرانسیل صفر فرض می شوند ومتغیر های حالت مقادیری متناظر با محدوده زمانی معین اختیار می کنند. در نتیجه معادلات کلی سیستم به معادلات جبری خالص تبدیل می شوند و بکارگیری روش های تحلیل استاتیکی امکان پذیر می گردد.

نکته دیگر این است که اگر شرایط بار گذاری سیستم به حالت بحرانی[1] نزدیک باشد. ممکن است مشکلات عددی در محاسبات پخش بار نیوتن رافسون پیش بیاید. بنابراین نیازمند تکنیک های خاص جهت ایجاد همگرایی هستیم. شایان ذکر است که در این تحقیق نیز سیستم قدرت از نقطه نظر پایداری استاتیک مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۲-۲-۲ روش تحلیل دینامیکی

ساختار کلی مدل سیستم برای تحلیل پایداری ولتاژ و تحلیل پایداری گذرا یکسان است. معادلات کلی سیستم مجموعه ای از معادلات دیفرانسیل مرتبه اول حاکم بر سیستم های تحریک، گاورنر و ژنراتور در بخش تولید و معادلات دیفرانسیل بار و سیستم های کنترلی دیگر و نیز مجموعه ای از معادلات جبری پخش بار خواهند بود.

[1] شرایط نزدیک به ناپایداری