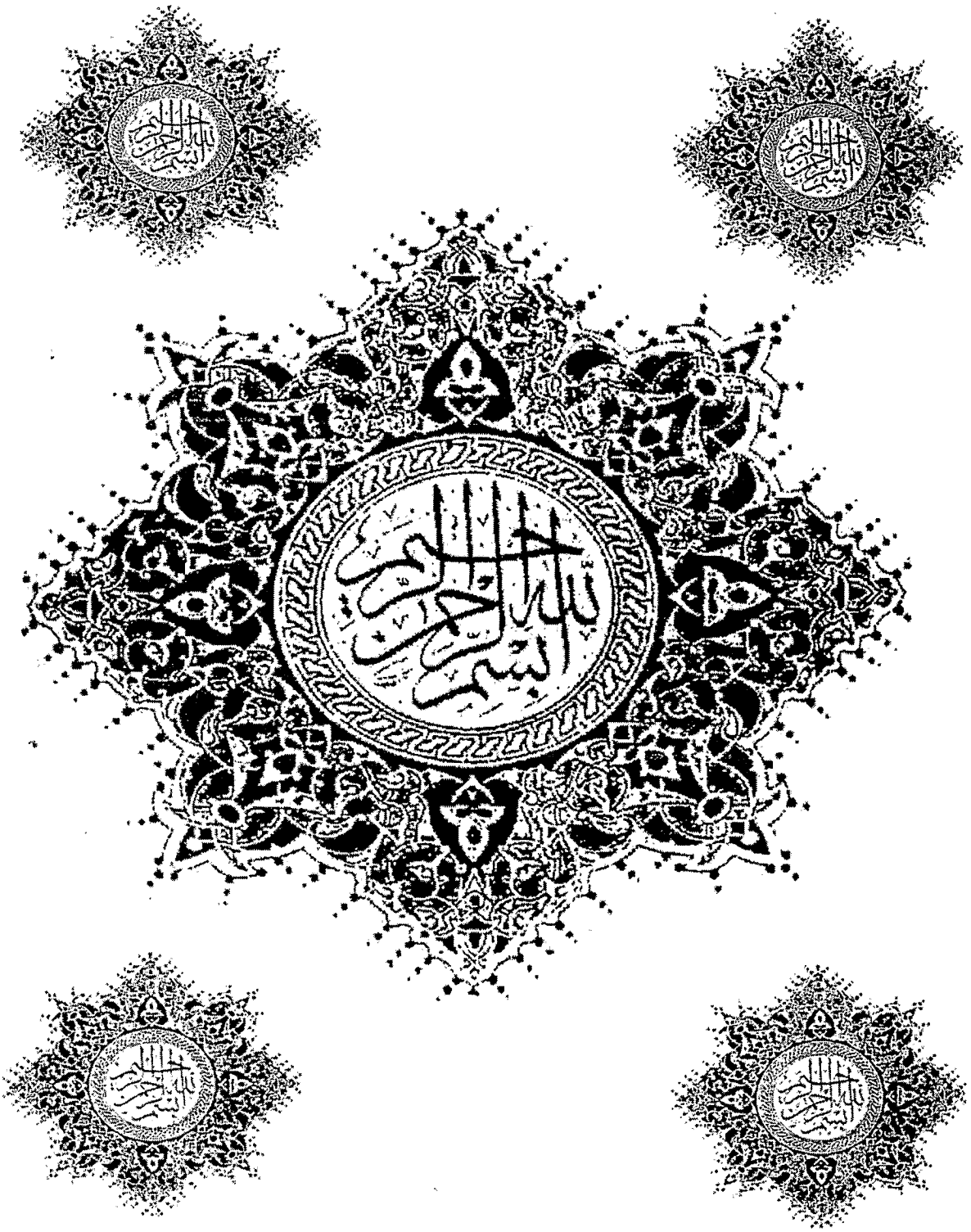

١١٩٠٢

۸۷/۱/۱۰۹۹۱۲
۸۸/۱/۱۷

دانشگاه شهید باهنر کرمان

دانشکده فنی ومهندسی

گروه مهندسی برق

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

طراحی کنترل کننده مکمل STATCOM به روش فازی جهت بهبود پایداری گذرا بر اساس تابع انرژی گذرا و بهینه سازی به وسیله الگوریتم ژنتیک

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران

استاد راهنما: دکتر احمد حکیمی

استاد مشاور: دکتر علی اکبر قره ویسی

۱۳۸۷/۱۲/۲۷

مؤلف:

مهدی سرایانی شاندیز

شهریور ماه ۱۳۸۷

۱۱۰۹۰۳

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 مزبور شناخته نمی‌شود.

۱۳۸۷/۱۲/۲۷

دانشجو : **مهدی سرایانی**

استاد راهنما : **دکتر احمد حکیمی**

داور ۱ : **دکتر مسعود رشیدی نژاد**

داور ۲ : **دکتر محمود سموات**

داور ۳ :

معاونت پژوهشی و تحصیلات تکمیلی یا نماینده دانشکده : **دکتر سعید سریزدی**

حق چاپ محفوظ و مخصوص به دانشگاه شهید باهنر کرمان است.

در امور الهی جایی برای باور نیست یقین باید کرد هر چیز کمتر از یقین شایسته خداوند نیست. یقین دارم لطف خداوند نهفته در ضمیر پاکترین و ناب ترین مخلوقاتش همواره حامی و راهنمای من بوده است و اینک حاصل زحمات ناچیز خویش را تقدیم می کنم به آنانکه از گوهر عمر خویش گذشتند تا گوهر وجود مرا بارور سازند، آنانکه جز محنت برایشان نبودم و جز رحمت برایم نبودند.

تشکر و قدردانی

با تشکر و سپاس فراوان از زحمات و راهنمایی های اساتید ارجمندم **جناب آقای دکتر حکیمی** و **جناب آقای دکتر قره ویسی** که نظرات و پیشنهادات راهگشای ایشان راهنمای اینجانب بوده و بدون مساعدت ایشان این امر میسر نبود.

و نیز از اساتید محترم آقایان **دکتر رشیدی نژاد** و **دکتر سموات** که زحمت داوری این پایان نامه را پذیرفتند، تشکر می نمایم.

چکیده

امروزه شبکه های برق دائما در حال گسترش و پیوستگی بیشتر هستند و این پیوستگی، شبکه را در مقابل اغتشاشات کوچک پایدارتر می کند اما در مقابل مشکلات جدی که در یک سیستم رخ می دهد کل سیستم تحت تاثیر قرار می گیرد. بنابراین مطالعات پایداری سیستم امری ضروری است. پایداری از جهات مختلفی مورد بررسی قرار می گیرد، از آن جمله پایداری زاویه ایست که به بررسی تغییرات زاویه ای روتور ژنراتورها در هنگام بروز اغتشاش می پردازد. اغتشاش تعادل بین توان مکانیکی ورودی و توان الکتریکی خروجی ژنراتورها را برهم می زند و باعث ذخیره شدن انرژی در روتور تا زمان باقی ماندن خطا در سیستم می شود و برای اجتناب از ناپایداری، سیستم باید توانایی جذب این انرژی گذرا را داشته باشد. سیستم های کنترلی مختلفی برای حفظ پایداری سیستم قدرت مورد استفاده قرار می گیرند شامل سیستم های کنترلی نیروگاه مانند PSS و سیستم های کنترلی خطوط انتقال مانند ادوات FACTS. از جمله ادوات FACTS موازی، STATCOM است که هدف اولیه استفاده از آن حفظ ولتاژ در نقطه اتصال می باشد اما با کنترل مناسب آن می توان تبادل توان اکتیو و راکتیو آن را با سیستم به گونه ای کنترل کرد که باعث بهبود عملکرد دینامیکی آن شود. در این پایان نامه هدف طراحی یک کنترل مکمل برای STATCOM می باشد. این کنترل کننده یک کنترل فازی است که ورودیهای آن تابع انرژی گذرا و مشتق آن می باشند. کنترل فازی یک کنترل غیرخطی و هوشمند است که نیازی به مدل سیستم با جزئیات کامل ندارد و به ساختار، پارامترها و تغییر شرایط عملکردی سیستم، به اندازه کنترلهای خطی متداول حساس نیست. علاوه بر این دانش بشری به راحتی از طریق قواعد اگر-آنگاه فازی با کنترل منطبق می شود. با استفاده از روشهای بهینه سازی می توان کنترل فازی طراحی شده را بهینه سازی نمود. الگوریتم ژنتیک روش جستجوی کامپیوتری بر پایه الگوریتم های بهینه سازی و بر اساس ساختار ژن و کروموزوم هاست که توسط پروفسور هلند مطرح گردید. این روش یک روش جستجوی موثر در فضای بسیار وسیع است که نهایتا منجر به جهت گیری به سمت پیدا کردن جواب بهینه می گردد.

فهرست مطالب

عنوان ..... صفحه

فصل اول: مقدمه..... ۱

۱-۱ مقدمه..... ۲

۱-۲ تعریف پایداری..... ۳

۱-۲-۱ پایداری فرکانس..... ۴

۱-۲-۲ پایداری ولتاژ..... ۵

۱-۲-۳ پایداری زاویه..... ۵

۱-۲-۳-۱ پایداری گذرا..... ۶

۱-۲-۳-۲ پایداری سیگنال کوچک..... ۷

۱-۳ روشهای بهبود پایداری..... ۹

۱-۴ مروری بر بعضی مقالات موجود در زمینه بهبود پایداری به وسیله STATCOM ۱۲

۱-۵ اهداف پایان نامه..... ۲۰

۱-۶ مروری مختصر بر ساختار پایان نامه..... ۲۱

فصل دوم: ادوات FACTS و معرفی STATCOM..... ۲۳

۲-۱ مقدمه..... ۲۴

۲-۲ ادوات FACTS..... ۲۵

۲-۲-۱ تعریف ادوات FACTS ۲۵

۲-۲-۲ اهداف بکارگیری ادوات FACTS ۲۶

۲-۲-۳ ساختار کنترل کننده های FACTS..... ۲۷

۲-۲-۳-۱ کنترل کننده های بر پایه تریستور ۲۷

۲-۲-۳-۲ کنترل کننده های بر پایه کانورتر ۲۸

۲-۳ جبرانگر ایستای سنکرون STATCOM ۳۰

۲-۳-۱ معرفی STATCOM ۳۰

۲-۳-۲ مشخصه ولتاژ- جریان STATCOM ۳۲

۲-۳-۳ مزیتهای STATCOM در مقایسه با SVC ۳۳

۲-۳-۴ تکنیک های کنترل STATCOM ۳۴

۲-۳-۵ مدلسازی STATCOM ۳۴

۲-۳-۶ کنترل STATCOM به منظور بهبود عملکرد دینامیکی آن ۳۸

۲-۳-۷ کاربردهای STATCOM ۳۹

۲-۳-۷-۱ کاربرد در انتقال ۳۹

۲-۳-۷-۲ کاربردهای خاص STATCOM ۴۱

۲-۳-۷-۳ کاربردهای ذخیره سازی انرژی ۴۱

۲-۴ نتیجه گیری ۴۲

فصل سوم: تابع انرژی ۴۳

۳-۱ مقدمه ۴۴

۳-۲ کاربرد سطوح برابر در بررسی پایداری گذرا ۴۶

۳-۳ ارتباط معیار سطوح مساوی و انرژی گذرا ۴۷

۳-۴ محاسبه تابع انرژی ۴۸

۳-۵ مدل سیستم ۴۹

۳-۶ فرمول بندی تابع انرژی ۴۹

۳-۷ نتیجه گیری ۵۳

فصل چهارم: فازی..... ۵۴

۴-۱ مقدمه..... ۵۵

۴-۲ منطق فازی..... ۵۶

۴-۳ قواعد فازی..... ۵۹

۴-۴ کنترل فازی..... ۶۴

۴-۵ کنترل فازی در مقایسه با کنترل کلاسیک..... ۶۵

۴-۶ طراحی کنترل کننده فازی..... ۶۶

۴-۶-۱ کنترل کننده فازی ممدانی..... ۶۸

۴-۶-۲ کنترلر فازی سوگنؤ..... ۷۰

۴-۷ نتیجه گیری..... ۷۲

فصل پنجم: الگوریتم ژنتیک..... ۷۳

۵-۱ مقدمه..... ۷۴

۵-۲ مفاهیم الگوریتم ژنتیک..... ۷۵

۵-۳ کدگذاری..... ۷۶

۵-۴ عملگرهای GA..... ۷۶

۵-۴-۱ تولید مثل..... ۷۸

۵-۴-۲ ادغام یا جفت گیری..... ۷۹

۵-۴-۳ جهش..... ۸۰

۵-۵ الگوریتم ژنتیک..... ۸۱

۵-۶ انواع الگوریتم های ژنتیک..... ۸۴

۵-۷ کنترلرهای منطق فازی تکاملی..... ۸۶

۵-۷-۱ روشهای ترکیب الگوریتم تکاملی و کنترلرهای منطق فازی..... ۸۶
۵-۷-۲ ترکیب الگوریتم تکاملی با کنترلر فازی TSK..... ۹۰
۵-۸ نتیجه گیری..... ۹۳

فصل ششم: شبیه سازی و بررسی نتایج..... ۹۴

۶-۱ مقدمه..... ۹۵
۶-۲ سیستم قدرت تحت مطالعه..... ۹۵
۶-۳ بررسی وضعیت پایداری سیستم..... ۹۶
۶-۴ کنترل کننده مکمل فازی ممدانی..... ۱۰۸
۶-۵ کنترل کننده مکمل فازی TSK ۱۲۲
۶-۶ کنترل کننده مکمل فازی TSK تکاملی..... ۱۳۱
۶-۷ نتیجه گیری..... ۱۴۱

فصل هفتم: ننتیجه گیری و پیشنهادات..... ۱۴۲

۷-۱ نتیجه گیری..... ۱۴۳
۷-۲ پیشنهادات..... ۱۴۴

فهرست شکلها

شکل ..... صفحه

شکل ۱-۱ طبقه بندی پایداری..... ۸

شکل ۲-۱ کنترل کننده های بر پایه تریستور..... ۲۸

شکل ۲-۲ کنترل کننده های بر پایه کانورتر..... ۲۹

شکل ۲-۳ منبع ولتاژ سنکرون تعمیم یافته..... ۳۰

شکل ۲-۴ ساختار پایه STATCOM..... ۳۲

شکل ۲-۵ مشخصه ولتاژ جریان STATCOM..... ۳۳

شکل ۲- ۶ مدل پایداری STATCOM..... ۳۵

شکل ۲-۷ مدل کنترل مکمل..... ۳۹

شکل ۳-۱ بررسی پایداری گذرا بر اساس سطوح برابر..... ۴۷

شکل ۴-۱ عملگرهای OR ، AND و NOT در منطق بولی..... ۵۷

شکل ۴-۲ عملگرهای AND,OR در منطق فازی..... ۵۷

شکل ۴-۳ مثال تصویری برای مقایسه عملگرهای AND,OR در منطق فازی و بولی..... ۵۸

شکل ۴- ۴ ساختار اصلی سیستم‌های فازی خالص..... ۶۰

شکل ۴- ۵ ساختار اصلی سیستم‌های فازی TSK ۶۲

شکل ۴- ۶ ساختار اصلی سیستم‌های فازی با فازی‌ساز و غیر فازی ساز..... ۶۳

شکل ۴- ۷ توابع تعلق ورودی، تابع انرژی ۶۷

شکل ۴- ۸ توابع تعلق ورودی، مشتق تابع انرژی..... ۶۷

شکل ۴-۹ تابع تعلق خروجی کنترل کننده ۶۸

شکل ۵-۱ مثالی از همبری تک نقطه ای..... ۷۹

شکل ۵-۲ مثالی از عملگر جهش..... ۸۱

شکل ۵-۳ ساختارکلی الگوریتم وراثتی..... ۸۳
شکل ۵-۴ مثالی از یک تابع تعلق ذوزنقه ای..... ۸۹
شکل ۶-۱ سیستم قدرت تحت مطالعه ۹۶
شکل ۶-۲ دیاگرام پایدارساز Delta Pa PSS ۹۷
شکل ۶-۳ انرژی گذرای سیستم ۹۸
شکل ۶-۴ زاویه بار ژنراتور ۱ ..... ۹۹
شکل ۶-۵ زاویه بار ژنراتور ۲ ..... ۹۹
شکل ۶-۶ زاویه بار ژنراتور ۳ ..... ۱۰۰
شکل ۶-۷ زاویه بار ژنراتور ۴ ..... ۱۰۰
شکل ۶-۸ تفاضل انحراف سرعت بین ژنراتور های ۲ و ۱ ..... ۱۰۱
شکل ۶-۹ تفاضل انحراف سرعت بین ژنراتور های ۳ و ۱ ..... ۱۰۲
شکل ۶-۱۰ تفاضل انحراف سرعت بین ژنراتور های ۴ و ۱ ..... ۱۰۲
شکل ۶-۱۱ انحراف سرعت بین ژنراتور های ۲ و ۱ ..... ۱۰۳
شکل ۶-۱۲ انحراف سرعت بین ژنراتور های ۳ و ۱ ..... ۱۰۴
شکل ۶-۱۳ انحراف سرعت بین ژنراتور های ۴ و ۱ ..... ۱۰۴
شکل ۶-۱۴ زاویه مکانیکی روتور بین ماشین ۱ و ۴ ..... ۱۰۵
شکل ۶-۱۵ زاویه مکانیکی روتور بین ماشین ۲ و ۴ ..... ۱۰۶
شکل ۶-۱۶ زاویه مکانیکی روتور بین ماشین ۳ و ۴ ..... ۱۰۶
شکل ۶-۱۷ تابع انرژی گذرا ۱۰۷
شکل ۶-۱۸ انرژی گذرای سیستم ۱۰۸
شکل ۶-۱۹ زاویه بار ژنراتور ۱ ..... ۱۰۹
شکل ۶-۲۰ زاویه بار ژنراتور ۲ ..... ۱۱۰
شکل ۶-۲۱ زاویه بار ژنراتور ۳ ..... ۱۱۰

شکل ۶-۲۲ زاویه بار ژنراتور ۴ ..... ۱۱۱
شکل ۶-۲۳ تفاضل انحراف سرعت بین ژنراتور های ۲ و ۱ ..... ۱۱۲
شکل ۶-۲۴ تفاضل انحراف سرعت بین ژنراتور های ۳ و ۱ ..... ۱۱۲
شکل ۶-۲۵ تفاضل انحراف سرعت بین ژنراتور های ۴ و ۱ ..... ۱۱۳
شکل ۶-۲۶ تفاضل زاویه روتور بین ژنراتورهای ۱ و ۴ ..... ۱۱۴
شکل ۶-۲۷ تفاضل زاویه روتور بین ژنراتورهای ۲ و ۴ ..... ۱۱۴
شکل ۶-۲۸ تفاضل زاویه روتور بین ژنراتورهای ۳ و ۴ ..... ۱۱۵
شکل ۶-۲۹ توان خط (tie line) ۱۱۵
شکل ۶-۳۰ سیگنال خروجی کنترلر مکمل ۱۱۶
شکل ۶-۳۱ مقایسه نرخ اتلاف انرژی گذرای سیستم ۱۱۷
شکل ۶-۳۲ مقایسه انحراف سرعت برای ژنراتورهای ۲ و ۱ ..... ۱۱۸
شکل ۶-۳۳ مقایسه انحراف سرعت برای ژنراتورهای ۳ و ۱ ..... ۱۱۸
شکل ۶-۳۴ مقایسه انحراف سرعت برای ژنراتورهای ۴ و ۱ ..... ۱۱۹
شکل ۶-۳۵ مقایسه تفاضل زوایای روتور ۱ و ۴ ..... ۱۲۰
شکل ۶-۳۶ مقایسه تفاضل زوایای روتور ۲ و ۴ ..... ۱۲۰
شکل ۶-۳۷ مقایسه تفاضل زوایای روتور ۳ و ۴ ..... ۱۲۱
شکل ۶-۳۸ انرژی گذرای سیستم ۱۲۲
شکل ۶-۳۹ تفاضل انحراف سرعت بین ژنراتور ۱ و ۲ ..... ۱۲۳
شکل ۶-۴۰ تفاضل انحراف سرعت بین ژنراتور ۱ و ۳ ..... ۱۲۳
شکل ۶-۴۱ تفاضل انحراف سرعت بین ژنراتور ۱ و ۴ ..... ۱۲۴
شکل ۶-۴۲ تفاضل زوایای روتور بین ژنراتور ۱ و ۴ ..... ۱۲۵
شکل ۶-۴۳ تفاضل زوایای روتور بین ژنراتور ۲ و ۴ ..... ۱۲۵
شکل ۶-۴۴ تفاضل زوایای روتور بین ژنراتور ۳ و ۴ ..... ۱۲۶

شکل ۶-۴۵ سیگنال خروجی کنترلر فازی ۱۲۶
شکل ۶-۴۶ انرژی گذرای سیستم ۱۲۷
شکل ۶-۴۷ تفاضل انحراف سرعت بین ژنراتور ۱ و ۲ ..... ۱۲۸
شکل ۶-۴۸ تفاضل انحراف سرعت بین ژنراتور ۱ و ۳ ..... ۱۲۸
شکل ۶-۴۹ تفاضل انحراف سرعت بین ژنراتور ۱ و ۴ ..... ۱۲۹
شکل ۶-۵۰ تفاضل زاویه روتور بین ژنراتور ۱ و ۴ ..... ۱۳۰
شکل ۶-۵۱ تفاضل انحراف سرعت بین ژنراتور ۲ و ۴ ..... ۱۳۰
شکل ۶-۵۲ تفاضل انحراف سرعت بین ژنراتور ۳ و ۴ ..... ۱۳۱
شکل ۶-۵۳ زاویه بار ژنراتور ۱ ..... ۱۳۲
شکل ۶-۵۴ زاویه بار ژنراتور ۲ ..... ۱۳۲
شکل ۶-۵۵ زاویه بار ژنراتور ۳ ..... ۱۳۳
شکل ۶-۵۶ زاویه بار ژنراتور ۴ ..... ۱۳۳
شکل ۶-۵۷ تفاضل انحراف سرعت بین ژنراتور ۱ و ۲ ..... ۱۳۴
شکل ۶-۵۸ تفاضل انحراف سرعت بین ژنراتر ۱ و ۳ ..... ۱۳۵
شکل ۶-۵۹ انحراف سرعت بین ژنراتور ۱ و ۴ ..... ۱۳۵
شکل ۶-۶۰ تفاضل زاویه روتور بین ژنراتور ۱ و ۴ ..... ۱۳۶
شکل ۶-۶۱ تفاضل زاویه روتور بین ژنراتور ۲ و ۴ ..... ۱۳۶
شکل ۶-۶۲ تفاضل زاویه روتور بین ژنراتور ۳ و ۴ ..... ۱۳۷
شکل ۶-۶۳ انحراف سرعت بین ژنراتور ۱ و ۲ ..... ۱۳۸
شکل ۶-۶۴ انحراف سرعت بین ژنراتور ۱ و ۳ ..... ۱۳۸
شکل ۶-۶۵ انحراف سرعت بین ژنراتور ۱ و ۴ ..... ۱۳۹
شکل ۶-۶۶ تفاضل زاویه روتور بین ژنراتور ۱ و ۴ ..... ۱۳۹
شکل ۶-۶۷ تفاضل زاویه روتور بین ژنراتور ۲ و ۴ ..... ۱۴۰

شکل ۶-۶۸ تفاضل زاویه روتور بین ژنراتور ۳ و ۴ ..... ۱۴۰

فهرست جدول ها

جدول ..... صفحه

جدول ۴-۱ قواعد کنترلر فازی ممدانی ۶۹

جدول ۴-۲ مقادیر وزنی طراحی شده برای خروجی PSS سوگنؤ ۷۰

جدول ۴-۳ قواعد کنترلر فازی TSK ۷۱

جدول ۵-۱ قواعد کنترلر فازی ۸۷

جدول ۵-۲ ضرایب c_1، c_2، c_3 کنترلر فازی TSK ۹۲

جدول ۶-۱ پارامترهای پایدارساز Delta Pa PSS ۹۷

فرهنگ اختصارات

PSS	Power System Stabilizer
FACTS	Flexible AC Transmission Systems
ANN	Artificial Neural Network
SA	Simulated Annealing
PSO	Particle Swarm Optimization
GA	Genetic Algorithm
AIS	Artificial Immune System
STATCOM	Static Synchronous Compensator
SMIB	Single Machine Infinite Bus
UPFC	Unified Power Flow Controller
CSC	Controllable Series Capacitor
QBT	Quadrature Boosting Transformer
CSD	Controllable Series Devices
CLF	Control Lyapunov Function
RCGA	Real coding Genetic Algorithm
SVD	Singular Value Decomposition
WSCC	Western Systems Coordinating Council
CCT	Critical Clearing Time
SSSC	Static Synchronous Series Compensation
PWM	Pulse Width Modulation
HVDC	High Voltage Direct Current
SVC	Static Var Compensator
TCSC	Thyristor-Controlled Series Capacitor
TCPAR	Thyristor-Controlled Phase Shifter
IPFC	Interline Power Flow Controller
SEP	Stable Equilibrium Point
TEF	Transfer Energy Function
COI	Center Of Inertia

مقدمه

فصل اول

۱-۱ مقدمه

یک سیستم قدرت الکتریکی شامل عناصر مجزایی است که به یکدیگر متصل شده و یک سیستم بزرگ و پیچیده را تشکیل می دهد که توانایی تولید[۱]، انتقال[۲] و توزیع[۳] انرژی الکتریکی را در سطح جغرافیایی گسترده ای دارد.

از آنجا که میزان مصرف برق در مناطق مختلف و در زمانهای مختلف متفاوت است و امکان ذخیره انرژی الکتریکی به صورت زیاد و با صرفه اقتصادی وجود ندارد، برای بهره برداری بهتر از سرمایه گذاری انجام شده در بخش تولید، بهتر است شبکه های تولید و توزیع برق به هم متصل شوند تا در زمانی که در یک منطقه میزان بار درخواستی بیشتر از توان تولیدی است و بالعکس، یک منطقه بتواند به منطقه دیگر سرویس بدهد. هر چند که اتصال سیستم های کوچک تولید و توزیع به یکدیگر سیستم را در مقابل اغتشاشات کوچک پایدارتر می نماید ولی چنانچه برای یک سیستم مشکل جدی پیش بیاید بر سیستم های دیگر نیز اثر می گذارد.

به هر حال بنا به دلایل اقتصادی شبکه های مدرن تولید و توزیع برق بسیار به هم پیوسته شده اند و نه تنها شبکه های یک کشور بلکه شبکه های کشور های مختلف و در نهایت شبکه های برق قاره های مختلف به هم متصل شده اند. اگر چه این اتصالات بنا به مقتضیات اقتصادی صورت گرفته اند، مطالعات دینامیکی سیستم های قدرت را بیش از پیش ضروری کرده اند. علاوه بر این برای استفاده حداکثر از سرمایه گذاری انجام شده در تولید، سیستمهای امروزی تولید در صنعت برق معمولا در حد بالای ظرفیت خود کار می کنند که این نیز دلیلی بر ضرورت انجام مطالعات دینامیکی است.

---

[1]Generation
[2]Transmission
[3]Distribution

یکی از ابتدایی ترین اصول در مطالعات دینامیکی پایداری است، یعنی اینکه بررسی شود که آیا سیستم توانایی باقی ماندن در حالت کار متعادل تحت شرایط کار عادی و بدست آوردن یک حالت قابل قبول از تعادل را بعد از قرار گرفتن در معرض اغتشاش داراست یا خیر؟

۲-۱ تعریف پایداری[1]

پدیده های دینامیکی مختلفی در سیستمهای قدرت رخ می دهد. این پدیده ها به دو صورت می باشند: پدیده های محلی[2] که فقط یک ناحیه یا منطقه خاص از سیستم قدرت را تحت تاثیر قرار می دهند یا تنها یکی از مولفه های سیستم را تحت تاثیر قرار می دهند. و دیگری پدیده هایی که باعث ایجاد تداخل و بر همکنشهایی بین نواحی مختلفی[3] از سیستم می گردد که ممکن است از لحاظ جغرافیایی از هم دور باشند. معمولا این قبیل پدیده ها در اثر وقوع یک اغتشاش و یا خطا در سیستم های قدرت آغاز می گردد.

رفتار سیستم پس از وقوع این اغتشاش وابسته به میزان بزرگی و زمان امتداد اغتشاش روی داده است. اغتشاشات کوچک معمولا نوسانات کوتاه و کوچکی را در سیستم قدرت ایجاد می کنند که به سرعت از بین می روند. در حالی که در اثر وقوع اغتشاشات بزرگ، نوسانات بزرگ و دامنه دار در سیستم قدرت به وقوع خواهد پیوست. پایداری وابسته به این است که آیا نوسانات بوقوع پیوسته حذف خواهند شد یا نه؟ و آیا عملکرد و بهره برداری از سیستم قدرت می تواند بدون اینکه برق رسانی به هیچ مصرف کننده ای تحت تاثیر قرار گیرد، ادامه پیدا کند. از آنجا که سیستم قدرت یک سیستم غیر خطی است، پایداری سیستم به شدت وابسته به نوع و اندازه اغتشاشات بوقوع پیوسته است. البته

[1] Stability
[2] Local phenomenon
[3] Interarea phenomenon