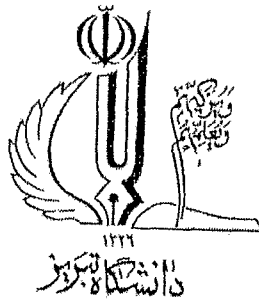


بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر
گروه قدرت

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی برق - قدرت

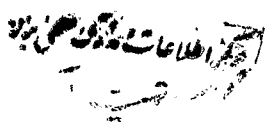
عنوان

مدل سازی و شبیه سازی پایداری سیستم قدرت

اساتید راهنما

۱۳۸۸ / ۴ / ۲۲

دکتر محمدرضا فیضی، دکتر مهرداد طرفدارحق



پژوهشگر

ابراهیم رسولی انارمرزی

بهمن ۱۳۸۷

۱۱۴۸۶۰

تقدیم به پدر و مادر مهربان و عزیزم

((چگونه سر ز خجالت بر آورم بر دوست که خدمتی به سزا بر نیامد از دستم))

حافظ

تقدیر و تشکر

اکنون که به یاری خداوند بزرگ این پایان نامه به اتمام رسیده است بر خود لازم می دانم از اساتید گرامیم جناب آقایان دکتر محمدرضا فیضی و دکتر مهرداد طرفدار حق که هدایت این پایان نامه را به عهده داشتند و همچون برادرانی دلسوز، با راهنمایی های علمی و حمایت های معنوی خود مرا در انجام این پروژه یاری داده اند، تشکر و قدردانی نمایم.

از دوستان عزیزم آقایان مهندس سعید دانیالی، توحید نوری، عباس فروزنده، سیامک مسعودی، مجتبی اکبریان، یاسین رضایی و سایر عزیزانی که در انجام این پروژه مرا یاری کردند، کمال تشکر و سپاسگزاری را دارم.

نام خانوادگی دانشجو: رسولی انارمرزی		نام: ابراهیم	
عنوان پایان نامه: مدل سازی و شبیه سازی پایداری سیستم قدرت			
اساتید راهنما: دکتر محمدرضا فیضی، دکتر مهرداد طرفدار حق			
استاد مشاور:-			
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد	رشته: برق	گرایش: قدرت	دانشگاه: تبریز
دانشکده: مهندسی برق و کامپیوتر	تاریخ فارغ التحصیلی: بهمن ۱۳۸۷	تعداد صفحات: ۹۴	
کلید واژه: پایداری سیستم قدرت، نوسانات فرکانس پایین، میرایی، پایداری سیستم قدرت فازی، کنترلر مرتبه ای فازی.			
<p>چکیده</p> <p>پایداری سیستم قدرت (PSS) وسیله ای است که با افزودن سیگنال های کمکی به سیستم تحریک، عملکرد دینامیکی سیستم قدرت را بهبود می بخشد. این پایداری معمولاً از سیگنال هایی از قبیل سرعت محور، فرکانس و توان پایانه ژنراتور تغذیه می شود و بر عملکرد دینامیکی سیستم قدرت با میرا کردن نوسان های آن، تاثیر مطلوب می گذارد. اشکال اصلی پایداری های مبتنی بر سیگنال $\Delta\omega$، استفاده از فیلتر پیچشی می باشد. برای حل مشکلات بالا از پایداری $\Delta P + \Delta\omega$ استفاده می شود. مولفه های پیچشی در انتگرال سیگنال ΔP خود به خود تضعیف می شود در نتیجه نیازی به فیلتر پیچشی نمی باشد. اما با افزایش δ حساسیت ΔP به نوسانات کاهش می یابد. در نتیجه باعث کاهش کارایی پایداری $\Delta P + \Delta\omega$ می شود. یکی از روش های افزایش کارایی این نوع پایداری، پایداری سیستم قدرت چند ورودی با ورودی های $\Delta P + \Delta\omega + \Delta Q$ است. این روش دارای قابلیت و نقاط ضعفی است. روش های کلاسیک در یک نقطه نامی طراحی و تنظیم می گردند. به علت غیرخطی بودن سیستم قدرت، چنانچه انحراف از نقطه نامی بزرگ باشد، عملکرد پایداری سیستم قدرت بهینه نخواهد بود. برای حل این مشکل از روش های مختلفی استفاده می شود. در این پایان نامه برای حل این مشکل، از روش کنترلر مرتبه ای فازی استفاده شده است. یکی از مشکلات سیستم فازی در حال حاضر تعداد زیاد قوانین و در نتیجه زمان محاسباتی زیاد آن است. در سیستم فازی استاندارد تعداد قوانین به طور نمایی با تعداد متغیرها افزایش می یابد. برای رفع این مشکل، کنترلرهای مرتبه ای فازی مطرح گردید. مزیت کنترلرهای مرتبه ای فازی افزایش خطی تعداد قوانین با افزایش تعداد متغیرها است. در نتیجه در این پایان نامه از روش پایداری سیستم قدرت چند ورودی مرتبه ای فازی استفاده شده است. بررسی ها بر روی شبکه تست کندور انجام گرفته است. با شبیه سازی پایداری با ورودی های $\Delta\omega$، $\Delta P + \Delta\omega$ و پایداری سیستم قدرت چند ورودی، نتایج حاصل با پایداری سیستم قدرت چند ورودی مرتبه ای فازی مورد تایید قرار گرفته است.</p>			

مقدمه

فصل اول: بررسی منابع

۱-۱ مقدمه

۲-۱ انواع پایداری از جهت شدت اغتشاش در سیستم قدرت

۱-۲-۱ پایداری مانا

۲-۲-۱ پایداری گذرا

۳-۲-۱ پایداری دینامیکی

۳-۱ اجزای پایدارساز سیستم قدرت (PSS)

۴-۱ انواع ورودی‌های PSS

۱-۴-۱ PSS براساس $\Delta\omega$

۲-۴-۱ PSS براساس ΔP_e و $\Delta\omega$

۳-۴-۱ PSS براساس ΔP_e

۴-۴-۱ PSS براساس \int

۵-۴-۱ PSS براساس $\Delta P + \Delta\omega + \Delta Q$

۵-۱ انواع روش‌های طراحی PSS

۱-۵-۱ روش‌های کلاسیک

۲-۵-۱ روش‌های مدرن

۳-۵-۱ روش‌های هوشمند

۶-۱ نوسانات فرکانس پایین

۱-۶-۱ تحلیل یک ژنراتور متصل به شین بینهایت

۲-۶-۱ مراحل طراحی PSS برای سیستم تک ماشینه

۱-۲-۶-۱ محاسبه فرکانس طبیعی نامیرا

۲-۲-۶-۱ جبران‌سازی فاز

۳-۲-۶-۱ طراحی گین K_c

۴-۲-۶-۱ بلوک پاک‌کننده

۳-۶-۱ بررسی MPSS تک ماشینه با استفاده از معادلات فضای حالت

۴-۶-۱ سیستم قدرت چندماشینه

۷-۱ نتیجه‌گیری

فصل دوم: مواد و روش‌ها

۱-۲ سیستم‌های تست مورد استفاده در بررسی PSS

۲-۲ مدل‌سازی سیستم قدرت

۱-۲-۲ معادلات ژنراتور سنکرون

۳۵	۲-۲-۲ مدل سازی یک توربین بخار
۴۰	۳-۲-۲ مدل سازی گاورنر در توربین بخار
۴۱	۱-۳-۲-۲ مدل سازی یک گاورنر مکانیکی- هیدرولیکی
۴۲	۴-۲-۲ مدل سازی سیستم تحریک
۴۲	۱-۴-۲-۲ یکسوساز و جبران کننده بار
۴۲	۲-۴-۲-۲ محدود کننده زیر تحریک
۴۲	۳-۴-۲-۲ محدود کننده فوق تحریک
۴۲	۴-۴-۲-۲ محدود کننده ولت بر هرتز
۴۳	۵-۴-۲-۲ پایدار ساز سیستم قدرت
۴۳	۶-۴-۲-۲ پایدار کننده سیستم تحریک
۴۳	۷-۴-۲-۲ تنظیم کننده خود کار ولتاژ
۴۳	۸-۴-۲-۲ تحریک کننده
۴۴	۹-۴-۲-۲ مدل سازی انواع سیستم های تحریک
۴۴	۱۰-۴-۲-۲ الف: مدل سازی سیستم تحریک جریان مستقیم
۴۵	ب: مدل سازی سیستم تحریک جریان متناوب
۴۶	ج: مدل سازی سیستم های تحریک استاتیک
۴۶	۵-۲-۲ مدل سازی خط انتقال
۴۷	۳-۲ مجموعه فازی
۴۷	۱-۳-۲ تعاریف اولیه مربوط به منطق فازی
۴۸	۱-۱-۳-۲ مقدار زبانی
۴۸	۲-۱-۳-۲ متغیر زبانی
۴۸	۳-۱-۳-۲ گزاره زبانی
۴۸	۴-۱-۳-۲ گزاره شرطی
۴۹	۲-۳-۲ ساختار کلی کنترل کننده فازی
۴۹	۱-۲-۳-۲ واحد Fuzzification Interface
۵۰	۲-۲-۳-۲ واحد Knowledge Base
۵۰	۳-۲-۳-۲ واحد Decision Making
۵۱	۴-۲-۳-۲ واحد Defuzzification Interface
۵۱	۴-۲ کنترلر مرتبه ای فازی
۵۲	۱-۴-۲ انواع ساختارهای روش کنترلر مرتبه ای فازی
۵۳	۵-۲ پایدار ساز فازی
۵۴	۱-۵-۲ کنترل کننده های کلاسیک از گونه فازی
۵۵	۲-۵-۲ کنترل کننده فازی
۵۶	۳-۵-۲ کنترلر مرتبه ای فازی
۵۷	۶-۲ نتیجه گیری
۵۸	فصل سوم: بحث و نتایج
۵۹	۱-۳ مقدمه

۶۰	۲-۳	بررسی شبکه آزمون مورد مطالعه
۶۰	۱-۲-۳	مدل سیستم قدرت
۶۰	۲-۲-۳	پارامترهای ترانسفورماتورها
۶۱	۳-۲-۳	پارامترهای ژنراتورها
۶۱	۴-۲-۳	پارامترهای بار
۶۲	۵-۲-۳	پارامترهای خط انتقال
۶۲	۶-۲-۳	پایدارساز سیستم قدرت (PSS)
۶۲	۷-۲-۳	سیستم تحریک
۶۳	۸-۲-۳	گاورنر
۶۳	۹-۲-۳	توربین بخار
۶۴	۳-۳	شماتیک کنترلر مرتبه‌ای فازی
۶۴	۴-۳	طراحی پایدارساز فازی برای سیستم تحت مطالعه
۶۳	۱-۴-۳	تابع عضویت
۶۳	۲-۴-۳	پایدارساز فازی مبتنی بر قوانین
۶۳	۳-۴-۳	غیرفازی سازی
۶۸	۵-۳	بررسی سیستم بدون PSS
۶۸	۱-۵-۳	شبیه‌سازی حالت اغتشاش سیگنال کوچک
۷۰	۲-۵-۳	شبیه‌سازی اتصال کوتاه در وسط خطوط ارتباطی
۷۳	۶-۳	بررسی PSS با ورودی $\Delta P + \Delta \omega$ و $\Delta \omega$
۷۳	۱-۶-۳	شبیه‌سازی حالت اغتشاش سیگنال کوچک
۷۵	۲-۶-۳	شبیه‌سازی اتصال کوتاه در وسط خطوط ارتباطی
۷۸	۷-۳	بررسی PSS با ورودی $\Delta P + \Delta \omega$ و MPSS
۷۸	۱-۷-۳	شبیه‌سازی حالت اغتشاش سیگنال کوچک
۸۰	۳-۷-۳	شبیه‌سازی اتصال کوتاه در وسط خطوط ارتباطی
۸۳	۸-۳	بررسی MPSS و HFMPSS
۸۳	۱-۸-۳	شبیه‌سازی حالت اغتشاش سیگنال کوچک
۸۶	۲-۸-۳	شبیه‌سازی اتصال کوتاه در وسط خطوط ارتباطی
۸۹	۹-۳	نتیجه‌گیری
۹۰		پیشنهادات
۹۱		منابع مورد استفاده
۹۲		مراجع

- ۸ شکل (۱-۱): ساختار PSS
- ۱۰ شکل (۲-۱): ژنراتور متصل به شین بی‌نهایت
- ۱۱ شکل (۳-۱): منحنی تغییرات توان اکتیو و راکتیو نسبت به تغییرات زاویه روتور
- ۱۳ شکل (۴-۱): بلوک دیاگرام کنترلر فازی
- ۱۴ شکل (۵-۱): کنترلر فازی پیشنهادی
- ۱۵ شکل (۶-۱): بلوک دیاگرام سیستم تک ماشینه برای مطالعات نوسانات فرکانس پایین
- ۱۷ شکل (۷-۱): بلوک دیاگرام ژنراتور متصل به شین بی‌نهایت
- ۱۸ شکل (۸-۱): سیستم تحریک با PSS
- ۲۰ شکل (۹-۱): ساختار MPSS
- ۲۰ شکل (۱۰-۱): سیستم مورد آزمایش
- ۲۱ شکل (۱۱-۱): نتایج برای خطای 3LO
- ۲۲ شکل (۱۲-۱): مدل سیستم ۳ ماشینه
- ۲۲ شکل (۱۳-۱): مشخصه δ_{12}
- ۲۴ شکل (۱۴-۱): بلوک دیاگرام سیستم چند ماشینه برای مطالعات نوسانات فرکانس پایین
- ۳۳ شکل (۱-۲): شمای ژنراتور سنکرون
- ۳۶ شکل (۲-۲): مقطع عرضی یک توربین بخار
- ۳۷ شکل (۳-۲): شکل ساده معادل یک توربین بخار
- ۳۸ شکل (۴-۲): مدل غیرخطی برای یک مرحله توربین بخار
- ۳۹ شکل (۵-۲): یک نمونه از نحوه قرار گرفتن مراحل مختلف توربین و قسمت‌های مختلف
- ۴۰ شکل (۶-۲): یک مدل خطی و ساده برای توربین شکل (۵-۲)
- ۴۰ شکل (۷-۲): یک مدل غیرخطی از توربین شکل (۵-۲)
- ۴۱ شکل (۸-۲): بخش‌های مختلف یک گاورنر مکانیکی-هیدرولیکی
- ۴۲ شکل (۹-۲): بلوک دیاگرام یک سروموتور، شیر کمکی و گاورنر

- ۴۴ شکل (۲-۱۰): بلوک دیاگرام کلی یک سیستم تحریک جریان مستقیم
- ۴۵ شکل (۲-۱۱): مدل کامل پیشنهادی برای بلوک دیاگرام شکل (۲-۱۰)
- ۴۶ شکل (۲-۱۲): بلوک دیاگرام برای سیستم تحریک با جریان متناوب
- ۴۶ شکل (۲-۱۳): نمونه‌ای از سیستم‌های تحریک استاتیک
- ۴۷ شکل (۲-۱۴): مدل خط انتقال
- ۴۹ شکل (۲-۱۵): ساختار یک کنترل کننده فازی
- ۴۹ شکل (۲-۱۶): نحوه فازی کردن یک داده ورودی
- ۵۲ شکل (۲-۱۷): ساختار کنترلر مرتبه‌ای فازی
- ۵۳ شکل (۲-۱۸): ساختار کنترلر فازی کلاسیک تک لایه
- ۵۳ شکل (۲-۱۹): ساختار کنترلر مرتبه‌ای فازی
- ۵۴ شکل (۲-۲۰): کنترل کننده کلاسیک
- ۵۶ شکل (۲-۲۱): تقسیم‌بندی صفحه فاز به طور فازی
- ۶۰ شکل (۳-۱): سیستم شبیه‌سازی شده
- ۶۲ شکل (۳-۲): شماتیک کلی PSS
- ۶۴ شکل (۳-۳): ساختار کنترلر مرتبه‌ای فازی پایدارساز چند ورودی
- ۶۵ شکل (۳-۴): تابع عضویت
- ۶۹ شکل (۳-۵): تغییرات سرعت روتور ماشین ۱ نسبت به ماشین ۴
- ۶۹ شکل (۳-۶): ولتاژ ترمینال ماشین ۱
- ۷۰ شکل (۳-۷): توان الکتریکی تولیدی ماشین ۱
- ۷۰ شکل (۳-۸): توان اکتیو انتقالی از ناحیه ۱ به ناحیه ۲
- ۷۱ شکل (۳-۹): تغییرات سرعت روتور ماشین ۱ نسبت به ماشین ۴
- ۷۱ شکل (۳-۱۰): ولتاژ ترمینال ماشین ۱
- ۷۲ شکل (۳-۱۱): توان الکتریکی تولیدی ماشین ۱

- ۷۲ شکل (۱۲-۳): توان اکتیو انتقالی از ناحیه ۱ به ناحیه ۲
- ۷۳ شکل (۱۳-۳): تغییرات سرعت روتور ماشین ۱ نسبت به ماشین ۴
- ۷۴ شکل (۱۴-۳): ولتاژ ترمینال ماشین ۱
- ۷۴ شکل (۱۵-۳): توان الکتریکی تولیدی ماشین ۱
- ۷۵ شکل (۱۶-۳): توان اکتیو انتقالی از ناحیه ۱ به ناحیه ۲
- ۷۶ شکل (۱۷-۳): تغییرات سرعت روتور ماشین ۱ نسبت به ماشین ۴
- ۷۶ شکل (۱۸-۳): ولتاژ ترمینال ماشین ۱
- ۷۷ شکل (۱۹-۳): توان الکتریکی تولیدی ماشین ۱
- ۷۷ شکل (۲۰-۳): توان اکتیو انتقالی از ناحیه ۱ به ناحیه ۲
- ۷۸ شکل (۲۱-۳): تغییرات سرعت روتور ماشین ۱ نسبت به ماشین ۴
- ۷۹ شکل (۲۲-۳): ولتاژ ترمینال ماشین ۱
- ۷۹ شکل (۲۳-۳): توان الکتریکی تولیدی ماشین ۱
- ۸۰ شکل (۲۴-۳): توان اکتیو انتقالی از ناحیه ۱ به ناحیه ۲
- ۸۱ شکل (۲۵-۳): تغییرات سرعت روتور ماشین ۱ نسبت به ماشین ۴
- ۸۱ شکل (۲۶-۳): ولتاژ ترمینال ماشین ۱
- ۸۲ شکل (۲۷-۳): توان الکتریکی تولیدی ماشین ۱
- ۸۲ شکل (۲۸-۳): توان اکتیو انتقالی از ناحیه ۱ به ناحیه ۲
- ۸۴ شکل (۲۹-۳): تغییرات سرعت روتور ماشین ۱ نسبت به ماشین ۴
- ۸۴ شکل (۳۰-۳): ولتاژ ترمینال ماشین ۱
- ۸۵ شکل (۳۱-۳): توان الکتریکی تولیدی ماشین ۱
- ۸۵ شکل (۳۲-۳): توان اکتیو انتقالی از ناحیه ۱ به ناحیه ۲
- ۸۶ شکل (۳۳-۳): تغییرات سرعت روتور ماشین ۱ نسبت به ماشین ۴
- ۸۷ شکل (۳۴-۳): ولتاژ ترمینال ماشین ۱

۸۷

شکل (۳-۳۵): توان الکتریکی تولیدی ماشین ۱

۸۸

شکل (۳-۳۶): توان اکتیو انتقالی از ناحیه ۱ به ناحیه ۲

۶۰	جدول (۱-۳): پارامترهای ترانسفورماتورها
۶۱	جدول (۲-۳): پارامترهای ژنراتور
۶۱	جدول (۳-۳): پارامترهای بار
۶۲	جدول (۴-۳): پارامترهای خط انتقال
۶۳	جدول (۵-۳): پارامترهای سیستم تحریک
۶۳	جدول (۶-۳): پارامترهای گاورنر
۶۴	جدول (۷-۳): پارامترهای توربین بخار
۶۶	جدول (۸-۳): مجموعه قواعد فازی
۶۶	جدول (۹-۳): مجموعه قواعد فازی

مقدمه

سیستم قدرت یک سیستم غیرخطی است که عملکرد دینامیکی آن تحت تاثیر مجموعه وسیعی از تجهیزات تشکیل دهنده آن قرار دارد که، هر یک عکس العمل زمانی و مشخصه متفاوت دارند. در زیرسیستم‌های یک سیستم قدرت، کنترل کننده‌هایی وجود دارند که مستقیماً بر اجزای سیستم قدرت عمل می‌کنند. در یک واحد تولیدی، این کنترل کننده‌ها شامل کنترل‌های چرخاننده اصلی (محرک‌ها) و سیستم تحریک است.

اهداف کنترل کننده‌ها به شرایط کاری و بهره‌برداری از سیستم قدرت بستگی دارد. در حالت نرمال ولتاژ و فرکانس نزدیک مقدار نامی هستند. زمانی که اغتشاشی در سیستم قدرت اتفاق می‌افتد، نوسانات فرکانس پایین در سیستم قدرت ایجاد می‌گردند. اگر گشتاور میراکننده در سیستم کافی نباشد، دامنه این نوسانات افزایش یافته و باعث بروز ناپایداری دینامیکی در سیستم می‌گردد. بنابراین، کنترل کننده‌ها باید سیستم را در کوتاه‌ترین زمان ممکنه به حالت نرمال بازگردانند.

روش‌های مختلفی برای افزایش پایداری دینامیکی مطالعه و پیشنهاد شده است که عبارتند از:

الف- استفاده از چند خط انتقال به صورت موازی

ب- استفاده از ادوات FACTS و HVDC

ج- افزودن سیگنال‌های کمکی به سیستم تحریک. کنترل کننده‌ای که این کار را انجام می‌دهد پایدارساز سیستم قدرت نامیده می‌شود.

استفاده از پایدارساز سیستم قدرت به دلیل سادگی ساخت، ارزانی، قابلیت تنظیم و سرعت عمل بالا برای بهبود پایداری دینامیکی متداولتر است.

در پایدارساز سیستم قدرت کلاسیک معمولاً از ورودی‌های ΔP ، $\Delta \omega$ و $\Delta P + \Delta \omega$ استفاده می‌گردد. در پایدارساز سیستم قدرت چند ورودی، تغییرات توان راکتیو (ΔQ) به پایدارساز سیستم قدرت کلاسیک با ورودی $\Delta P + \Delta \omega$ اضافه شده و در نتیجه سبب افزایش میرایی و بهبود پایداری سیستم در نوسانات فرکانس پایین برای زوایای روتور $\delta \geq 45^\circ$ می‌شود.

روش‌های کلاسیک در یک نقطه نامی طراحی و تنظیم می‌گردند. اما چنانچه انحراف از نقطه نامی بزرگ باشد، عملکرد پایدارساز سیستم قدرت بهینه نخواهد بود. برای حل این مشکل، از روش کنترلر مرتبه‌ای فازی استفاده می‌گردد. مزیت کنترلرهای مرتبه‌ای فازی افزایش خطی تعداد قوانین با افزایش تعداد متغیرها و در نتیجه کاهش قوانین نسبت به روش‌های فازی کلاسیک است.

از دیگر موارد بررسی شده در این پایان‌نامه تاثیر پایدارساز سیستم قدرت و انواع ورودی‌های آن بر پایداری نوسانات فرکانس پایین است و با انتخاب مقادیر مناسب برای پارامترهای پایدارساز سیستم قدرت و ورودی‌های مناسب، این نوسانات پایدار شده‌اند.

فصل سوم به ارائه نتایج و پیشنهادات می‌پردازد.

فصل اول

بررسی منابع

۱-۱ مقدمه

امروزه بخش اعظم انرژی مصرفی در هر جامعه به صورت انرژی الکتریکی است. سیستم مربوط به تولید، توزیع و مصرف این انرژی به عنوان سیستم قدرت شناخته می‌شود. فرکانس یکی از مشخصه‌های اصلی هر سیستم قدرت است و یکی از شروط اساسی برای انتقال و مبادله توان الکتریکی در شبکه، سنکرون بودن ژنراتورها نسبت به یکدیگر می‌باشد. بر این اساس مفهوم پایداری شبکه قدرت تعریف می‌شود و آن به معنای سنکرون بودن ژنراتورها و تمایل به بازگشت و باقی ماندن در شرایط پایدار به دنبال بروز اغتشاش در سیستم است.

پایداری دور هر ژنراتور با تعادل بین انرژی تولیدی و مصرفی آن رابطه دارد. از آن جاکه سیستم قدرت، یک سیستم متغیر با زمان است و در معرض انواع اغتشاشات می‌باشد، با عدم تعادل بین دو انرژی مذکور، نوساناتی در سیستم به وجود می‌آید. بنابراین وجود پایداری سیستم، شرط اساسی تحویل انرژی به مصرف‌کننده و عملکرد مناسب سیستم قدرت است.

۱-۲ انواع پایداری از جهت شدت اغتشاش در سیستم قدرت

پایداری در سیستم‌های قدرت سه دسته است [۱]:

پایداری مانا، پایداری دینامیکی و پایداری گذرا.

۱-۲-۱ پایداری مانا

توانایی سیستم در حفظ پایداری اش پس از یک اغتشاش بسیار کوچک پایداری مانا نامیده می‌شود.

۱-۲-۲ پایداری گذرا

توانایی سیستم در حفظ پایداری و میرا کردن نوسانات پس از یک اغتشاش شدید پایداری گذرای آن نامیده می‌شود. یک سیستم موقعی در صورت اعمال خطا پایدار است که متغیرهای آن، وقتی که زمان به سمت بی‌نهایت میل می‌کند، به مقادیر حالت مانا نزدیک شوند. بررسی پایداری بعد از یک

اغتشاش شدید، مطالعات پایداری گذرا نامیده می‌شوند.

در مطالعات پایداری گذرا، برای شبیه‌سازی یک اغتشاش بزرگ، معمولاً از خطای اتصال کوتاه (سه فاز)، استفاده می‌کنند.

ساده‌ترین روش برای پایداری گذرا، روش قدم به قدم حل معادله دیفرانسیل است. در این روش، معادلات حالت قبل از خطا، حین خطا و پس از خطای سیستم با یک روش عددی مناسب حل می‌شوند و تغییرات زوایای بار واحدهای مختلف به دست می‌آیند. اگر تمام زوایای بار پایدار باشند، سیستم پایدار است.

معادلات دیفرانسیل حاکم بر سیستم در اثر بروز خطا را می‌توان به سه دسته شامل معادلات دیفرانسیل حاکم بر سیستم قبل از خطا، معادلات دیفرانسیل حاکم بر سیستم حین خطا و معادلات دیفرانسیل حاکم بر سیستم پس از رفع خطا تقسیم‌بندی نمود.

۱-۲-۳ پایداری دینامیکی

توانایی سیستم در حفظ شرایط جدید پس از نوسانات ایجاد شده با یک اغتشاش کم‌دامنه پایداری دینامیکی نامیده می‌شود. اگر به یک سیستم قدرت چند ماشینه اغتشاش وارد شود فرکانس، زاویه بار و ولتاژ تمام واحدها دستخوش نوساناتی می‌شود که معمولاً در عرض چند ثانیه از بین می‌روند و سیستم در شرایط جدید آرام می‌گیرد. به علت کوچک بودن این اغتشاشات می‌توان سیستم را به کمک معادلات دیفرانسیل خطی مدل نمود و مورد مطالعه قرار داد.

نوسانات الکترومکانیکی یک پدیده ذاتی در شبکه‌های قدرت هستند. متداولترین این نوع نوسانات، نوسانات فرکانس پایین از نوع مد محلی است. فقدان میرایی کافی این نوسانات، قابلیت انتقال توان الکتریکی را کاهش می‌دهد. مطالعه این نوسانات در محدوده مطالعات دینامیکی قرار دارد. این نوسانات زمانی رخ می‌دهد که یک ژنراتور یا گروهی ژنراتور که در یک واحد تولید قرار دارند نسبت به بقیه نوسان کنند. حدود فرکانس این نوسانات ۱ تا ۲ هرتز است [۱]. این نوسانات هنگام وجود خطوط ضعیف بین این واحدها و بقیه سیستم خطرناکترند.

در مقابل گشتاور مکانیکی ورودی به ژنراتور، دو گشتاور به صورت مقاوم عمل می‌کنند. نوع اول گشتاور سنکرون کننده (T_s) است که با زاویه روتور ارتباط دارد. نوع دوم گشتاور میراکننده (T_d) است که تابعی از سرعت روتور می‌باشد. شروط اساسی پایداری سیستم عبارتند از: $T_s > 0$ و $T_d > 0$. چنانچه $T_s < 0$ باشد، ژنراتور از حالت سنکرون خارج خواهد شد. هنگامی که $T_s > 0$ و $T_d < 0$ باشد، آنگاه نوسانات فرکانس پایین روی خواهد داد و اگر دامنه این نوسانات افزایش یابد تا حدی که گشتاور سنکرون کننده صفر شود، آنگاه ژنراتور از حالت باز از حالت سنکرون خارج خواهد شد [۲].

روش‌های مختلفی برای افزایش پایداری دینامیکی مطالعه و پیشنهاد شده است که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد [۲]:

الف- استفاده از چند خط انتقال به صورت موازی

ب- استفاده از ادوات FACTS

ج- استفاده از پایدارساز سیستم قدرت (PSS^1)

د- روش‌های ترکیبی مانند استفاده از پایدارساز سیستم قدرت به همراه ادوات FACTS یا کنترل

گاورنر

از میان روش‌های فوق، روش PSS به دلیل سادگی ساخت، ارزانی، قابلیت تنظیم و سرعت عمل بالا متداولتر می‌باشد.

۳-۱ اجزای پایدارساز سیستم قدرت (PSS)

شکل (۱-۱) تجهیزات بکار رفته در پایدارسازهای سیستم قدرت را نشان می‌دهد که در آن سیگنال PSS از تعدادی سیگنال‌های ورودی مختلفی که در پایانه‌های ژنراتور اندازه‌گیری می‌شود حاصل می‌گردد. کمیت‌های اندازه‌گیری شده از فیلترهای بالاگذر و پایین‌گذر عبور می‌کند. سپس سیگنال فیلترشده از عناصر پیش‌فاز یا پس‌فاز عبور کرده و جابجایی فاز مورد نیاز به دست آمده و در

¹ Power System Stabilizer