



دانشگاه زنجان

دانشکده مهندسی

گروه برق

پایان نامه کارشناسی

گرایش: الکترونیک

عنوان:

طراحی پایدار کننده های مقاوم برای سیستم های قدرت

استاد راهنما: دکتر جلیل زاده

نگارش: کشاورز افشار هاله

بهار ۹۱

چکیده :

توسعه شبکه های قدرت نوسانات خود به خودی با فرکانس کم را، در سیستم به همراه داشته است. بروز اغتشاش هایی نسبتاً کوچک و ناگهانی در شبکه باعث بوجود آمدن چنین نوساناتی در سیستم می شود. در حالت عادی این نوسانات بسرعت میرا شده و دامنه نوسانات از مقدار معینی فراتر نمی رود. اما بسته به شرایط نقطه کار و مقادیر پارامترهای سیستم ممکن است این نوسانات برای مدت طولانی ادامه یافته و در بدترین حالت دامنه آنها نیز افزایش یابد. امروزه جهت بهبود میرایی نوسانات با فرکانس کم سیستم، در اغلب شبکه های قدرت پایدار کننده های سیستم قدرت (PSS) به کار گرفته می شود.

این پایدار کننده ها بر اساس مدل تک ماشینی به شین بینهایت سیستم در یک نقطه کار مشخص طراحی می شوند. بنابراین ممکن است با تغییر پارامترها و یا تغییر نقطه کار شبکه، پایداری سیستم در نقطه کار جدید تهدید شود.

موضوع این پایان نامه طراحی پایدار کننده های مقاوم برای سیستم های قدرت است، به قسمی که پایداری سیستم در محدوده وسیعی از تغییر پارامترها و تغییر شرایط نقطه کار تضمین شود. در این راستا ابتدا به مطالعه اثر تغییر پارامترهای

سیستم های قدرت تک ماشینه و چند ماشینه پرداخته می شود. سپس دو روش طراحی کنترل کننده های مقاوم تشریح شده، و در مسئله مورد مطالعه به کار گرفته می شوند. سرانجام ضمن نقد و بررسی این روش ها، یک روش جدید برای طراحی PSS ارائه می شود. در این روش مسئله طراحی پایدار کننده مقاوم به

## مسئله پایدار کردن

مجموعه ای از مدل‌های سیستم در نقاط کار مختلف تبدیل می‌شود. این مسئله نیز به

یک مسئله استاندارد بهینه‌سازی تبدیل شده و با استفاده از روش‌های برنامه‌ریزی

غیر خطی حل می‌گردد. سرانجام کارایی روش فوق در طراحی پایدار کننده‌های

مقاوم برای یک سیستم قدرت چند ماشینه در دو مسئله مختلف (اثر تغییر پارامترها

بر پایداری دینامیکی و تداخل PSS ها) تحقیق شده و برتری آن بر روش کلاسیک

به اثبات می‌رسد.

## فهرست

فصل اول.....	۵
۳-۱- تاریخچه.....	۱۰
<b>فصل دوم.....</b>	<b>۱۶</b>
۱-۲- پایداری دینامیکی سیستم های قدرت:.....	۱۷
۲-۲- نوسانات با فرکانس کم در سیستم های قدرت.....	۱۸
شکل (۱-۲) سیستم تک ماشین شین بینهایت.....	۱۹
مدل ماشین سنکرون:.....	۲۰
معادله مکانیکی (نوسان):.....	۲۱
شکل (۲-۲) بلوک دیاگرام تابع انتقال برای مطالعه پدیده نوسانات با فرکانس کم.....	۲۲
مراحل طراحی PSS:.....	۲۴
شکل (۳-۲) - بلوک دیاگرام PSS.....	۲۷
۵-۲- مدل سازی سیستم قدرت چند ماشینه:.....	۲۷
(شکل ۲-۴) بلوک دیاگرام ماشین سنکرون در یک سیستم قدرت چند ماشینه.....	۲۸
<b>فصل سوم.....</b>	<b>۲۹</b>
۱-۳- کنترل مقاوم:.....	۳۰
کنترل مقاوم در واقع تلاشی در جهت ایجاد مصالحه بین این دو وضعیت می باشد.....	۳۳
الف) شاخه مقادیر تکین:.....	۳۸
ب) شاخه $H^\infty$ :.....	۴۰
پ) شاخه Kharitonov :.....	۴۱
شکل (۱-۳) بلوک دیاگرام سیستم به همراه کنترل کننده.....	۴۵
۵-۳- پایدار سازی مقاوم سیستم های بازه ای.....	۵۳
<b>فصل چهارم.....</b>	<b>۶۴</b>
۱-۴- طراحی پایدار کننده های مقاوم برای سیستم های قدرت:.....	۶۵
<b>فصل پنجم.....</b>	<b>۱۱۶</b>
۱-۵- استفاده از ورش طراحی جدید در حل چند مسئله:.....	۱۱۷
<b>فصل ششم.....</b>	<b>۱۳۷</b>
۱-۶- بیان نتایج:.....	۱۳۸
<b>مراجع.....</b>	<b>۱۴۱</b>

# پایان نامه کارشناسی

## فصل اول

### مقدمه

## ۱-۱- پیشگفتار:

افزایش روز افزون مصرف انرژی الکتریکی، توسعه سیستم های قدرت را بدنبال داشته است بطوریکه امروزه برخی از سیستم های قدرت در جغرافیایی به وسعت يك قاره گسترده شده اند. به موازات این توسعه که با مزایای متعددی همراه است، در شاخه دینامیک سیستم های قدرت نیز مانند سایر شاخه ها مسائل جدیدی مطرح شده است. از جمله این مسائل می توان به پدیده نوسانات با فرکانس کم، تشدید زیر سنکرون (SSR)، و سقوط ولتاژ اشاره کرد.

پدیده نوسانات با فرکانس کم در این میان از اهمیت ویژه ای برخوردار است و در بحث پایداری دینامیکی سیستم های قدرت مورد توجه قرار می گیرد. بروز اغتشاش های مختلف در شبکه، انحراف سیستم از نقطه تعادل پایدار را به دنبال دارد، در چنین وضعیتی به شرط اینکه سنکرونیزم شبکه از دست نرود، سیستم با نوسانات فرکانس کم به نقطه تعادل جدید نزدیک می شود. هنگامی که یک ژنراتور

به تنهایی کار می کند، نوسانات با فرکانس کم به دلیل میرایی ذاتی به شکل نسبتاً قابل قبولی میرا می شوند. اما کاربرد برخی از المان ها مانند تحریک کننده های

سریع، با اثر دینامیک قسمت های مختلف شبکه ممکن است باعث تزریق میرایی منفی به شبکه شود، به طوریکه نوسانات فرکانس کم شبکه به شکل مطلوبی میرا

نشده و یا حتی از میرایی منفی برخوردار شوند. بدیهی است افزایش میرایی

مودهای الکترومکانیکی سیستم در چنین وضعیتی می تواند به عنوان یک راه حل

مورد استفاده قرار گیرد. بر این اساس پایدار کننده های سیستم قدرت (PSS) بر

اساس مدل تک ماشین نه شین بینهایت طراحی شده و در محدوده وسیعی به کار

گرفته می شوند. از دید تئوری کنترل، پایدار کننده های فوق در واقع یک کنترل

کننده کلاسیک با تقدیم فاز<sup>۱</sup> می باشد که بر اساس مدل خطی سیستم در یک نقطه کار

مشخص طراحی می شوند.

همراه با پیشرفت های چشمگیری در تئوری سیستم ها و کنترل، روش های جدید

برای طراحی پایدار کننده های سیستم قدرت ارائه شده است، که به عنوان نمونه

می توان به کنترل کنده های طرح شده بر اساس تئوری های کنترل تطبیقی، کنترل

مقاوم، شبکه های عصبی مصنوعی و کنترل فازی اشاره کرد [۵-۱]. در همه این

روش ها سعی بر اینست که نقایص موجود در طراحی کلاسیک مرتفع شده به

طوریکه کنترل کننده به شکل موثرتری بر پایداری سیستم و بهبود میرایی نوسانات

اثر گذارد.

روش های کنترل مقاوم، که در این پایان نامه مورد توجه است به شکل جدی از

اوایل دهه هشتاد (۱۹۸۰) مطرح شد و خود به شاخه های متعددی تقسیم می شود.

قبل از هر توضیحی درباره کنترل مقاوم نخست به بیان مفهوم عدم قطعیت در مدل

می پردازیم. در کنترل کلاسیک طراحی بر اساس مدل مشخصی از سیستم صورت

می گیرد. مدل سیستم تنها یک تقریب از دینامیک های واقعی سیستم است. حذف

دینامیک های سریع به منظور ساده سازی، تغییر مقادیر پارامترهای مدل به دلایل

1- Phase Lead

مختلف از منابع ایجاد عدم قطعیت در مدل سیستم ها می باشد. بنابراین بدلیل وجود چنین عدم قطعیت هایی در مدلسازی، اهداف مورد نظر طراح ممکن است توسط کنترل کننده های طرح شده بر اساس مدل تحقق نیابند.

به منظور رفع این مشکل در کنترل مقاوم بر اینستکه عدم قطعیت های حائز اهمیت موجود در مدل، در طراحی کنترل کننده لحاظ شوند. معمولاً مدلسازی عدم قطعیت در اکثر شاخه های کنترل مقاوم خانواده ای از سیستم ها را بوجود می آورد، حال کنترل کننده مقاوم بایستی چنان طرح شود که برای هر یک از اعضاء این خانواده اهداف مورد نظر در طراحی برآورده شود.

موضوع این پایان نامه طراحی پایدار کننده های مقاوم برای سیستم های قدرت است، به قسمی که پایداری سیستم در محدوده وسیعی از تغییر پارامترها و تغییر شرایط نقطه کار تضمین شود. در این راستا ابتدا به مطالعه اثر تغییر پارامترها بر

پایداری

سیستم های قدرت تک ماشینه و چند ماشینه پرداخته می شود. سپس دو روش طراحی کنترل کننده های مقاوم تشریح شده، و در مسئله مورد مطالعه به کار گرفته می شوند. سرانجام ضمن نقد و بررسی این روش ها، یک روش جدید برای

طراحی PSS ارائه می شود. در این روش مسئله طراحی پایدار کننده مقاوم به مسئله پاردار کردن مجموعه ای از مدل های سیستم در نقاط کار مختلف تبدیل می شود. این مسئله نیز به یک مسئله استاندارد بهینه سازی تبدیل شده و با استفاده از

روش های برنامه ریزی غیر خطی حل می گردد. سرانجام کارایی روش فوق در طراحی پایدار کننده های مقاوم برای یک سیستم قدرت چند ماشینه در دو مسئله



مختلف (اثر تغییر پارامترها بر پایداری دینامیکی و تداخل PSS ها) تحقیق شده و

برتری آن بر روش کلاسیک به اثبات می رسد.

۲-۱- رئوس مطالب :

بخش بعدی این فصل به بررسی تحقیقات انجام شده در زمینه طراحی پایدار

کننده های مقاوم سیستم های قدرت اختصاص داده شده است.

در فصل دوم نخست به بیان مفاهیم اساسی در پایداری دینامیکی، و تشریح پدیده

نوسانات با فرکانس کم در سیستم های قدرت پرداخته می شود. مدلسازی سیستم

تک ماشینه به منظور مطالعه پدیده نوسانات با فرکانس کم، و روش طراحی PSS

به کمک این مدل در قسمت های بعدی این فصل صورت می گیرد. در بخش آخر

فصل نیز مدلسازی سیستم های قدرت چند ماشینه و نکات مربوط به آن مورد

بررسی قرار می گیرد.

در فصل سوم ابتدا صورت مسئله کنترل مقاوم به طور کامل تشریح می شود.

سپس به تاریخچه کنترل مقاوم و سیر پیشرفت برخی از شاخه ای آن پرداخته می

شود. در پایان فصل طی دو بخش جداگانه به توضیح روش های Pick -

Nevanlinna و Kharitonov که در ادامه مورد استفاده قرار می گیرند، می

پردازیم.

طراحی کنترل کننده مقاوم با استفاده از روش Kharitonov - Pick برای سیستم

قدرت تکماشینه و نقد و بررسی یک مقاله در این زمینه در ابتدای فصل چهارم

(بخش (۴-۲)) صورت می گیرد. در بخش (۴-۳) پس از بدست آوردن معادلات

فضای حالت برای سیستم های قدرت چند ماشینه، به بررسی پایداری دینامیکی یک

سیستم سه ماشینیه در نقاط کار مختلف و طراحی PSS در يك نقطه کار ناپایدار می پردازیم. در بخش (۴-۴) اثر تغییر پارامترها بر پایداری این سیستم مطالعه شده و روش Kharitonov جهت طراحی پایدار کننده های مقاوم مورد استفاده قرار می گیرد. در بخش (۴-۵) به ارائه يك روش جدید که با الهام از روش Kharitonov شکل گرفته است، می پردازیم. سپس این روش به منظور طراحی يك کنترل کننده مقاوم که در محدوده وسیعی از تغییر شرایط نقطه کار پایداری سیستم را تضمین می کند، به کار گرفته می شود.

در فصل پنجم ابتدا روش فوق در حل مسئله تداخل PSS ها مورد استفاده قرار می گیرد. سپس به طراحی کنترل کننده های فیدبک حالت بهینه بر اساس مجموعه ای از مدل های سیستم، و پاره ای نکات در این زمینه می پردازیم.

فصل ششم نیز به يك جمع بندی کلی از پایان نامه و بیان نتایج اختصاص داده شده است.

### ۳-۱- تاریخچه

بررسی همه کار های انجام شده در جهت بهبود پایداری دینامیکی سیستم های قدرت حتی به صورت مختصر، به دلیل مطالعات و تحقیقات متعددی که در این زمینه صورت گرفته است، گزارش مفصلي را طلب می کند. در این زیر بخش ضمن اشاره مختصر به شاخه های مهم تحقیق، کار های انجام شده بر اساس شاخه کنترل مقاوم را مرور خواهیم کرد.

با بروز نا پایداری دینامیکی در سیستم های قدرت تحقیقات گسترده ای در این زمینه آغاز شد. مفاهیم اساسی پایداری دینامیکی برای ژنراتور سنکرون متصل به

شین بینهایت، اولین بار توسط Concordia و Demello به شیوه ای زیبا در سال ۱۹۶۹ بیان شد [۶]. در این مقاله با معرفی مفاهیم گشتاور های سنکرون کننده و میرا

کننده اثر پارامترهای مختلف سیستم و شرایط نقطه کار بر پایداری دینامیکی ماشین سنکرون تشریح شده، و بدنبال آن با استفاده از تئوری جبران فاز به طراحی PSS پرداخته شد. به دلیل اهمیت این مطالب در فصل دوم، به طور مفصل به بررسی پایداری دینامیکی سیستم های قدرت خواهیم پرداخت.

در مرجع [۷] اثر دینامیک ماشین های سنکرون یک سیستم قدرت چند ماشینه بر پایداری دینامیکی ماشین  $i$  ام این شبکه بررسی شده است. حاصل این مطالعه چند توصیه مفید در طراحی PSS برای ماشین های سنکرون در سیستم های چند ماشینه می باشد.

همچنین از آنجایی که پایدار کننده های سیستم قدرت بر اساس مدل تک ماشین  $f$  شین بینهایت طراحی می شود، هماهنگ سازی این پایدار کننده ها در سیستم های قدرت چند ماشینه اجتناب ناپذیر است. بدین منظور روش های مختلفی (مانند روش های طراحی ترتیبی و افزایش پهنای باند PSS ها) در جهت هماهنگ سازی PSS ها ارائه شده است.

از دیگر مسائل مورد مطالعه در زمینه پایداری دینامیکی سیستم های قدرت، تعیین بهترین محل برای نصب PSS در شبکه های بزرگ به منظور بهبود میرایی یک

مود خاص شبکه می باشد. این موضوع که هم اکنون نیز در رأس تحقیقات قرار دارد مورد بررسی قرار گرفته است.

همگام با توسعه تئوری های کنترل روش های پایدار سازی سیستم های قدرت نیز بهبود یافت. از اوایل دهه ۱۹۷۰ کاربرد کنترل بهینه در بهبود پایداری دینامیکی به طور چشمگیری افزایش یافت. روش طراحی پایدار کننده با استفاده از تئوری کنترل بهینه به سیستم های قدرت چند ماشینه می باشد.

اگر چه استفاده از روش های کنترل بهینه<sup>۱</sup> مورد استقبال فراوان محققان دانشگاهی قرار گرفت و مقالات متعددی در جهت توسعه این روشها در پایدار سازی سیستم های قدرت انتشار یافت، اما هرگز به شکل جدی در صنعت برق مطرح نشد. گذشته از مشکلات اجرایی استفاده از روش های کنترل بهینه در عمل، نقص اصلی این روش ها بی توجهی به مسئله عدم قطعیت های<sup>۲</sup> مختلف موجود در مدل سیستم می باشد. تغییر پارامترهای سیستم، صرف نظر از دینامیک های سریع و دینامیک های مدل نشده فرکانس بالا در مدلسازی، از مهمترین منابع ایجاد عدم قطعیت در مدل سیستم می باشد. چشم پوشی از عدم قطعیت های مختلف موجود در مدل ممکن است، نتایج گمراه کننده ای را به دنبال داشته باشد، به طوریکه اهداف مورد نظر در کنترل با به کارگیری کنترل کننده طرح شده بر اساس مدل سیستم، در سیستم واقعی تحقق نیابد.

1- LQ optimal Control  
2- Uncertainty

در ادامه این زیر بخش کارهای انجام شده در جهت بهبود پایداری سیستم های قدرت که بر مبنای تئوری کنترل مقاوم شکل گرفته است را توضیح می دهیم.

بررسی استحکام پایداری<sup>۱</sup> با استفاده از مفاهیم مقادیر تکین<sup>۲</sup> ماتریس ها (که عمدتاً بر قضیه Nyquist تعمیم یافته استوارند) به منظور تحلیل پایداری دینامیکی سیستم

های قدرت، اولین بار در سال ۱۹۸۴ به کار رفت. Chan و Athans در این مقاله ابتدا با استفاده از گشتاورهای سنکروه کننده و میرا کننده یک مدل ماتریس تابع

انتقال  $G(s)$  برای سیستم قدرت ارائه کردند. سپس با مدلسازی عدم قطعیت های

ناشی از دینامیک های مدل نشده مودهای پیچشی شافت ژنراتور، تغییر مقادیر

گشتاورهای سنکرون کننده و میرا کننده بدلیل تغییر شرایط نقطه کار، و تغییر در

دینامیک های تحریک کننده های<sup>۳</sup> سیستم به صورت عدم قطعیت های ضرب شوند

به تحلیل پایداری سیستم پرداختند. این مقاله بیشتر جنبه تحلیل داشته و توصیه های

مفیدی را در طراحی کنترل کننده های مقاوم به دنبال ندارد.

Ohtsuka و همکارانش در سال ۱۹۹۲ از تئوری کنترل  $H^\infty$  در طراحی کنترل

فیدبک حالت برای یک توربوژنراتور استفاده کردند [۲۰]. آنها با استفاده از یک روند

ماتریس گین فیدبک حالت را چنان طراحی کردند که نرم  $H^\infty$  تابع انتقال حلقه بسته

سیستم

می نییم شود. مهمترین مزیت این روش بهبود پایداری و قابلیت بالا در دفع

۳- این شاخه از کنترل مقاوم با عنوان شاخه مقادیر تکین در فصل سوم بطور مختصر توضیح داده شده است.

4- Singular Values

1- Variations in Actuator Dynamic

اغتشاش است. اشکال اصلی آن نیز افزایش مقادیر گین های فیدبک حالت نسبت به گین های بدست آمده از روش کنترل بهینه می باشد.

Chow و همکارانش روش طراحی کنترل کننده های مقاوم  $H^\infty$  را به منظور طراحی PSS مقاوم برای یک سیستم تک ماشینه بکار بردند. در این مقاله مقدار

راکتانس خط انتقال بین ژنراتور سنکرون و شین بینهایت قطعی نبوده و عامل ایجاد عدم قطعیت در مدل سیستم می باشد. مهمترین مزیت این روش مقاوم بودن

پایداری در برابر تغییرات راکتانس خط انتقال است. عیب این روش، بالا بودن مرتبه PSS مقاوم می باشد.

تئوری Nevanlinna - Pick به منظور طراحی پایدار کننده مقاوم برای سیستم قدرت تک ماشینه شین بینهایت به کار گرفته شده است. در ادامه بحث ضمن توضیح

مفصل این تئوری به نقد و بررسی این مقاله نیز در انتهای بخش (۴-۲) خواهیم پرداخت.

طراحی کنترل کننده های فیدبک حالت غیر حساس نسبت به تغییر پارامترهای سیستم، با استفاده از تئوری Lyapunov و معادله ریکاتی کنترل فیدبک حالت برای

سیستم تک ماشینه بینهایت چنان طراحی می شود که عملکرد سیستم در برابر تغییر پارامترهای ژنراتور سنکرون حساس نباشد. مزیت مهم این روش عدم نیاز به مقادیر واقعی پارامترهای ماشینه است،

تنها محدوده تغییر این پارامترها جهت طراحی مورد نیاز است.

تئوری کنترل  $H^\infty$  به منظور طراحی یک کنترل کننده مقاوم برای سیستم توربو ژنراتور مورد استفاده قرار گرفته است. در این مقاله سیگنال کنترل به طور

همزمان به اکتسایتیروگاورنر اعمال می شود. استفاده از روش فوق ضمن بهبود

پاراداری دینامیکی و گذرا در محدوده وسیعی از شرایط نقطه کار خطر تحریک

مودهای پیچشی شفت را نیز به دنبال ندارند.

**فصل چهارم، طراحی پایدار کننده های مقاوم برای سیستم های قدرت چند ماشینه**

می باشد. در این مقاله ابتدا اثر تغییر پارامترها بر پایداری دینامیکی یک سیستم

قدرت سه ماشینه مطالعه شده سپس یک روش جدید جهت طراحی PSS ارائه می

شود. در این روش طراحی پاردار کننده مقاوم بر اساس مجموعه ای از مدل های

سیستم در نقاط کار مختلف صورت می گیرد. مزیت اصلی این پایدار کننده ها که

دارای ساختاری مشابه با PSS معمولی می باشند، بهبود پایداری سیستم در محدوده

وسیعی از تغییر پارامترهای سیستم است.

## فصل ششم

# نتیجه گیری



## ۶-۱- بیان نتایج :

نتایج حاصل از مطالعات انجام گرفته در این پایان نامه را می‌توان به شرح زیر بیان کرد.

۱- ناتوانی روش *Nevalinna - Pick* در طراحی پایدار کننده های مقاوم برای

سیستم‌های قدرت تک ماشینه تحقیق شد . بعبارت دیگر استفاده از این روش به

منظور طراحی پایدار کننده های مقاوم در برابر تغییر پارامترهای و شرایط نقطه

کار مناسب نمی‌باشد . مطالعات انجام شده در این پایان نامه نشان داد که حتی در

صورت برقراری شرایط لازم برای وجود کنترل کننده های مقاوم ، این کنترل

کننده ها از عملکرد ضعیفی در پایدار سازی سیستم برخوردارند .

۲- پایداری دینامیکی سیستم های قدرت چند ماشینه مورد مطالعه قرار گرفت . در

این مطالعه برای یک سیستم قدرت سه ماشینه ، پایدار کننده های کلاسیک (*PSS*)

بر اساس مدل تک ماشینه فوشین بی نهایت در یک نقطه کار مشخص طراحی شده ،

و سپس کارایی این کنترل کننده ها در پایدار سازی و بهبود پایداری سیستم در

نقطه کار فوق به کمک شبیه سازی کامپیوتری تایید شد .

۳- اثر تغییر پارامترها بر پایداری دینامیکی سیستم های قدرت چند ماشینه مورد

بررسی قرار گرفت و نشان داده شد که حتی در حضور *PSS* های کلاسیک ممکن

است پایداری سیستم تهدید شود . بنابراین طراحی پایدار کننده های مقاوم در چنین

مواردی الزامی است .

۴- عدم کارایی روش *Kharitonov* در طراحی پایدار کننده های مقاوم ، به دلیل

محافظه کاری آن در مدلسازی عدم قطعیت های ناشی از تغییر پارامترها ، تحقیق

۵- یک روش جدید جهت طراحی *PSS* (با الهام از روش *Kharitonov*) ارائه شد

در این روش که پایدار کننده بر اساس مجموعه ای از مدل های سیستم در نقاط کار

مختلف طراحی می شود ، مسئله طراحی پایدار کننده مقاوم به یک مسئله همزمان

پایدار کردن مجموعه ای از توابع انتقال تبدیل می شود . سپس مسئله اخیر در قالب

یک مسئله استاندارد بهینه سازی ، با استفاده از روش های برنامه ریزی غیر خطی

حل می شود .

۶- عملکرد کنترل کننده های طراحی شده به کمک روش جدید ، با پایدار کننده های

کلاسیک (*PSS*) در یک سیستم قدرت سه ماشینه مورد مقایسه قرار گرفت و برتری

کنترل کننده های طراحی شده بر اساس مجموعه ای از نقاط کار به کمک شبیه

سازی کامپیوتری به اثبات رسید . مهمترین مزیت این کنترل کننده ها بهبود

پایداری سیستم در محدوده وسیعی از تغییر پارامترها می باشد .

۷- با انتخاب مناسب مجموعه مدل های طراحی ، نشان داده شد که روش طراحی

جدید می تواند به منظور هماهنگ سازی *PSS* ها به کار گرفته شود . در این راستا

ابتدا مشکل تداخل *PSS* ها در یک سیستم چند ماشینه مورد تحلیل قرار گرفت . سپس

نحوه کاربرد روش جدید به منظور رفع این مشکل تشریح شد .

بنابراین بطور خلاصه می توان روش طراحی بر اساس مجموعه‌ای از مدل های سیستم را به عنوان یک روش تعمیم یافته طراحی PSS تلقی کرد. در این روش

طراح می تواند با گنجاندن مدل های مختلف سیستم در مجموعه مدلهای طراحی به اهدافی مانند: استحکام پایداری در برابر تغییر پارامترها و هماهنگی پایدار کننده ها دست یابد.

بعبارت دیگر روش طراحی فوق از انعطاف پذیری بالایی برخوردار است، بطوریکه طراح با تغییر تابع هدف می تواند محدودیت های بیشتری را روی پارامترهای کنترل کننده به منظور دستیابی به بهترین جواب در نظر بگیرد.

از دیگر مزایای PSS های جدید می توان به موارد زیر اشاره کرد:

الف) PSS های جدید دارای ساختاری مشابه با PSS های کلاسیک می باشند.

ب) در طراحی PSS های جدید دینامیک سایر ماشین های سیستم نیز در نظر گرفته می شود.

همچنین جهت کاهش زمان طراحی می توان از پارامترهای PSS کلاسیک به عنوان یک نقطه شروع برای برنامه بهینه سازی استفاده کرد.

۸- روش طراحی کنترل فیدبک حالت بهینه برای سیستم های قدرت چند ماشینی

توضیح داده شد. سپس ضمن تحقیق این مطلب که با قطع یکی از سیگنالهای کنترل

ورودی به ماشینهای سنکرون ممکن است پایداری سیستم تهدید شود، روش طراحی بر اساس مجموعه‌ای از مدلهای سیستم جهت رفع این مشکل به کار گرفته

شد.

## مراجع:

### (دانشنامه مرجع مهندسی ایران)

## IRAN ENGINEERING REFERENCE ENCYCLOPEDIA :

1 - Gless, G. E (1966). "Direct method of Lyapunov applied to transient power system stability." *IEEE Trans.*

*on Power Apparatus and Systems*, Vol. PAS-85,

2 - El-Abiad, A. H. and Nagappan, K. (1966). "Transient stability region of multi-machine power systems."

*IEEE Trans. on Power Apparatus and Systems*

3 - Gupta, C. L. and El-Abiad, A. H. (1976). "Determination of the closest unstable equilibrium state for

Lyapunov's method in transient stability studies." *IEEE Trans. on Power Apparatus and Systems*, Vol. PAS-95,

4 - Kakimoto, N., Ohsawa, Y. and Hayashi, M. (1978). "Transient stability analysis of electric power system

via Lure' type Lyapunov functions, Part I and II." *Trans. IEE of Japan*,

5 - Athay, T., Podmore, R. and Virmani, S. (1979). "A practical method for direct analysis of transient stability."

*IEEE Trans. on Power Apparatus and Systems*, Vol. PAS-98,

6 - Chiang, H. D., Wu, F. F. and Varaiya, P. P. (1987). "Foundations of direct methods for power system

transient stability analysis." *IEEE Trans. on Circuits and Systems*,

7 - Chiang, H. D., Wu, F. F. and Varaiya, P. P. (1988). "Foundation of potential energy boundary

surface method for power system transient stability analysis." *IEEE Trans. on Circuits and Systems*, Vol. CAS-35,

8 - Chiang, H. D. (1989). "A theory-based controlling UEP method for direct analysis of power system

transient stability." *Proc., 1989 Int. Symposium on Circuits and Systems*

9 - Tong, J., Chiang, H. D. and Conneen, T. P. (1993). "A sensitivity-based BCU method for fast

derivation of stability limits in electric power systems." *IEEE Trans. on Power Systems*, 10 - Chiang, H. D., Wu, F.

F. and Varaiya, P. P. (1994). "A BCU method for direct analysis of power system

transient stability." *IEEE Trans. on Power Systems*,

11 - Fouad, A. A., and Vittal, V. (1992). *Power system transient stability analysis using the transient energy*

*function method*. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, N.J.

13 - Treinen, R. T., Vittal, V. and Kliemann, W. (1996). "An improved technique to determine the

controlling unstable equilibrium point in a power system." *IEEE Trans. On Circuits and Systems Part I: Fundamental*

*Theory and Applications*,

14 - Lee J. (2004). "An optimization-driven framework for the computation of the controlling UEP in

transient stability analysis." *IEEE Trans. On Automatic Control*,

15 - Lee, J. and Chiang, H. D. (2004). "A singular fixed-point homotopy method to locate the closest

unstable equilibrium point for transient stability region estimate." *IEEE Trans. On Circuits and Systems Part II*,

16 - Anderson, P. M. and Fouad, A. A. (1977). *Power system control and stability*. Iowa State Univ. Press, Ames, IA.

17 - Pai, M. A. (1989). *Energy function analysis for power system stability*. Kluwer Academic Publishers,

- Boston.  
 18 - Pai, M. A. (1981). *Power system stability analysis by the direct method of Lyapunov*. North-Holland Publishing Co., New York.
- 20 - Uyemura, K., Matsuki, J., Yamada, I. and Tsuji, T. (1972). "Application of an energy function in transient stability analysis of power systems." *Electrical Engineering in Japan*,
- 21 - Maria, G. A., Tang, C. and Kim, J. (1990). "Hybrid transient stability analysis." *IEEE Trans. on Power Systems*,
- 22 - Foad, A. A., Kruempel, K. C., Vittal, V., Ghafurian, A., Nodehi, K. and Mitache, J. V. (1986). "Transient stability program output analysis." *IEEE Trans. on Power Systems*
- 23 - Tang, C. K., Graham, C. E., El-Kady M. and Alden, R. T. H. (1994). "Transient stability index from conventional time domain simulation." *IEEE Trans. on Power Systems*,
- 24 - Mansour, Y., Vaahedi, E., Chang, A. Y., Corns, B. R., Garrett, B. W., Demaree, K., Athay, T. and Cheung, K. (1995). "B.C. hydro's on-line transient stability assessment (TSA) model development, analysis, and post-processing." *IEEE Trans. on Power Systems*