بسم الله الرحمن الرحيم

۳۷/۱۹۳

۱۳۸۰/۸/۳۰

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران

دانشکده مهندسی برق

بررسی پایداری شبکه های موازی AC/DC

سید مرتضی قریشی

013814

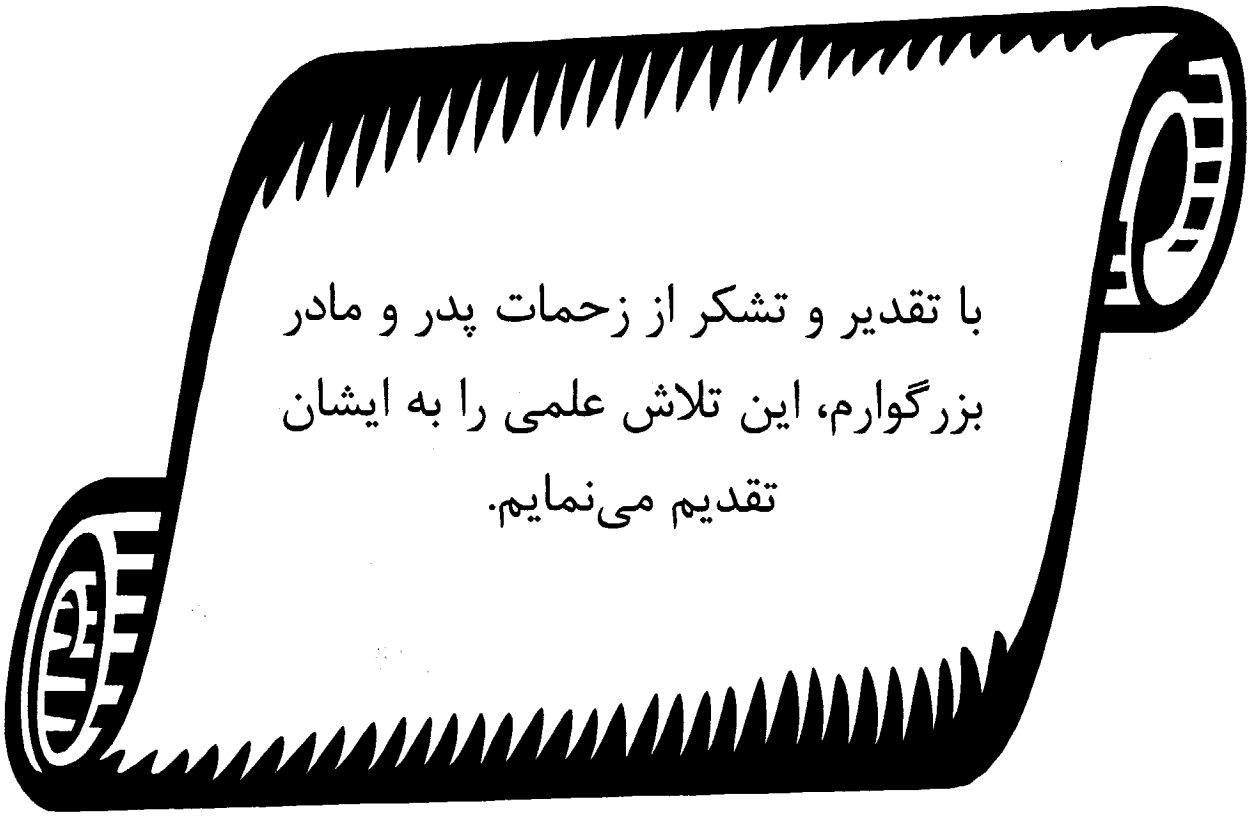
پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشتهٔ مهندسی برق

استاد راهنما: دکتر حیدرعلی شایانفر

تابستان ۱۳۷۹

۳۷۱۹۳


با تقدیر و تشکر از زحمات پدر و مادر
بزرگوارم، این تلاش علمی را به ایشان
تقدیم می‌نمایم.

Parallel Network شبکه موازی

Direct Current جریان مستقیم

Alternating current جریان متناوب

Power system سیستم قدرت

stability Analysis تجزیه و تحلیل پایداری

چکیده

پایداری سیستم قدرت ، مطالعه رفتار آن را در موقعیت‌هایی از قبیل تغییر ناگهانی در مقدار بار یا تولید و اتصال کوتاه در خطوط انتقال را در بر می‌گیرد. توانایی سیستم قدرت در حفظ پایداری ، تا حد زیادی به میرا کردن نوسانهای الکترومکانیکی به وسیلهٔ کنترلهای موجود در سیستم وابسته است. پایداری عمدتاً به دو دسته گذرا و سیگنال کوچک تقسیم بندی می‌شود که پایداری گذرا با استفاده از معادلات غیر خطی حاکم بر سیستم بررسی می‌گردد ولی تحلیل پایداری سیگنال کوچک با استفاده از مدل خطی سیستم و مقادیر ویژه آن انجام امکان پذیر است . همچنین برای طراحی کنترل کننده‌های مورد نیاز سیستم از مدل خطی آن استفاده می‌شود. با توجه به روابط پیچیدهٔ حاکم بر سیستم‌های قدرت لازم است روش مناسبی برای بدست آوردن مدل خطی سیستم مورد استفاده قرار گیرد.

در این پایان‌نامه از روش مدل اتصال اجزاء برای استخراج مدل خطی سیستم‌های قدرت (AC/DC) بهره‌گیری شده است. سپس با استفاده از یک روش مبتنی بر تئوری کنترل بهینه ، کنترل کننده‌هایی برای بهبود پایداری سیستم قدرت طراحی گردیده است. در این روش مقادیر ویژه مدهای الکترومکانیکی و تحریک سیستم به یک نوار عمودی از پیش تعیین شده انتقال داده می‌شود . در طراحی از هر دو روش "فیدبک حالت و خروجی" استفاده شده ولی برای بهره برداری عملی، تنها فیدبک خروجی بکاربرده می‌شود. برای نشان دادن تأثیر کنترل کننده‌های پیشنهادی در بهبود میرایی از تجزیه و تحلیل مقادیر ویژه و نتایج شبیه سازیهای غیر خطی سیستم در حوزه زمان بهره گرفته شده تا بهبود قابل توجه در عملکرد دینامیکی سیستم قدرت نشان داده شود.

منت خدای را عزوجل که طاعتش موجب قربت است و به شکر اندرش مزید نعمت. برخود لازم می‌دانم از جناب آقای دکتر شایانفر که در طول انجام این پایان‌نامه راهنما و مشوق اینجانب بوده‌اند تقدیر و تشکر نمایم. بدینوسیله از جناب آقای دکتر شولایی که استاد مشاور اینجانب بوده و مرا یاری نموده‌اند نیز تشکر می‌نمایم. همچنین مراتب قدردانی و سپاسگزاری خود را از کلیه دوستان عزیز و پرسنل آزمایشگاه تحقیقاتی برق که به نحوی مرا در انجام این پایان‌نامه یاری نموده‌اند ابراز می‌نمایم.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول : مقدمه ای بر سیستمهای HVDC	
مقدمه	۱
۱-۱- طبقه بندی خطوط HVDC	۴
۱-۱-۱- ساختار تک قطبی	۴
۱-۱-۲- ساختار سیستم دو قطبی	۴
۱-۱-۳- ساختار سیستم هم قطبی	۵
۱-۲- مدولاسیون DC	۶
فصل دوم : بررسی خطوط موازی AC / DC	
مقدمه	۹
۲-۱- معرفی چند نمونه از خطوط انتقال موازی AC - DC	۱۰
۲-۲- پدیده های مرتبط با موازی نمودن خطوط انتقال AC و DC	۱۳
۲-۲-۱- فاصله خطای بحرانی	۱۴
۲-۲-۲- تأثیر خطوط انتقال موازی AC / DC بر مدهای پیچشی ژنراتورهای توربینی	۱۵
۲-۲-۳- اثرات ناشی از قرار گرفتن خطوط AC و DC در یک راستا	۱۸
۲-۳- مروری بر کارهای انجام شده	۱۹

فصل سوم : مدل سازی سیستمهای قدرت AC / DC برای تحلیل پایداری سیگنال کوچک

مقدمه ۲۳

۳-۱- روش مدلسازی ۲۴

۳-۱-۱- مدل اتصال اجزاء ۲۵

۳-۱-۲- فرضیات در نظر گرفته شده برای مدلسازی ۲۶

۳-۲- معادلات اجزاء سیستم ۲۷

۳-۲-۱- ژنراتور سنکرون ۲۷

۳-۲-۲- مبدلهای HVDC ۲۹

۳-۲-۳- خط انتقال DC ۳۳

۳-۲-۴- موتور القائی ۳۳

۳-۲-۵- کنترل کننده های موجود در سیستم ۳۵

۳-۳- سیستم مورد مطالعه ۳۷

فصل چهارم : طراحی کنترل کنندهٔ بهینه برای بهبود پایداری سیستم قدرت AC / DC

مقدمه ۴۱

۴-۱- انتخاب روش طراحی ۴۲

۴-۲- طراحی کنترل کننده ها ۴۴

۴-۲-۱- کنترل کننده فیدبک حالت ۴۶

۴-۲-۲- کنترل کننده فیدبک خروجی ۴۷

۴-۳- طراحی کنترل کننده برای سیستم مورد مطالعه ۴۸

- نتیجه گیری ۵۳

فصل پنجم : شبیه سازی دینامیکی سیستم قدرت AC / DC

مقدمه ۵۵

۵-۱- روش شبیه سازی ۵۶

۵-۲- ساختار مدل سیستم قدرت ۵۸

۵-۳- نتایج شبیه سازی ها ۶۳

- نتیجه گیری ۷۹

فصل ششم : نتیجه گیری و پیشنهادات ۸۱

ضمیمه ۸۵

مراجع ۸۷

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

فصل اول :

شکل (۱-۱) ساختار تک قطبی HVDC ۴

شکل (۱-۲) ساختار دو قبطی HVDC ۵

شکل (۱-۳) ساختار هم قطبی HVDC ۵

فصل دوم :

شکل (۲-۱) خطوط ارتباطی بین جزیره ونکوور و کانادا ۱۱

فصل سوم :

شکل (۳-۱) دیاگرام جعبه ای سیستم تحریک و AVR ۳۵

شکل (۳-۲) دیاگرام جعبه ای ACR ۳۶

شکل (۳-۳) دیاگرام جعبه ای CEA ۳۶

شکل (۳-۴) دیاگرام تک خطی سیستم مورد مطالعه ۳۷

فصل چهارم :

شکل (۴-۱) دیاگرام جعبه ای DCM متعارف ۴۳

شکل (۴-۲) تغییرات سرعت ژنراتور G2 ۵۲

شکل (۴-۳) تغییرات سرعت ژنراتور G3 ۵۲

شکل (۴-۴) ولتاژ پایانه ژنراتور G2 ۵۲

شکل (۴-۵) ولتاژ تحریک ژنراتور G2 ۵۲

شکل (۴-۶) تغییرات زاویهٔ آتش مبدل یکسوساز ۵۳

شکل (۴-۷) تغییرات ولتاژ تحریک ژنراتور G3 ۵۳

شکل (۴-۸) تغییرات جریان خط انتقال DC ۵۳

شکل (۴-۹) تغییرات زاویهٔ خاموشی مبدل اینورتری ۵۳

فصل پنجم :

شکل (۵-۱) دیاگرام تک خطی سیستم در حالت گذرا ۶۲

شکل (۵-۲) تغییرات سرعت ژنراتور G2 ۶۴

شکل (۵-۳) تغییرات سرعت ژنراتور G3 ۶۴

شکل (۵-۴) تغییرات سرعت ژنراتور G2 ۶۵

شکل (۵-۵) تغییرات زاویهٔ رتور ژنراتور G2 ۶۵

شکل (۵-۶) تغییرات سرعت ژنراتور G3 ۶۶

شکل (۵-۷) تغییرات ولتاژ تحریک ژنراتور G2 ۶۷

شکل (۵-۸) تغییرات ولتاژ پایانه ژنراتور G2 ۶۷

شکل (۵-۹) تغییرات سرعت ژنراتور G2 ۶۹

شکل (۵-۱۰) تغییرات توان راکتیو مصرفی مبدل یکسوساز ۶۹

شکل (۵-۱۱) تغییرات توان در خط انتقال DC ۷۰

شکل (۵-۱۲) تغییرات زاویهٔ آتش تریستورهای مبدل یکسوساز ۷۰

شکل (۵-۱۳) تغییرات جریان در خط انتقال DC ۷۱

شکل (۵-۱۴) تغییرات ولتاژ مستقیم مبدل یکسوساز ۷۱

شکل (۵-۱۵) تغییرات سیگنالهای خروجی PSS و DCM ۷۲

شکل (۵-۱۶) تغییرات سرعت ژنراتور G2 ۷۳

شکل (۵-۱۷) تغییرات سرعت ژنراتور G3 ۷۳

شکل (۵-۱۸) تغییرات زاویهٔ خاموشی اینورتر ۷۴

شکل (۵-۱۹) تغییرات سرعت ژنراتور G2 ۷۵

شکل (۵-۲۰) تغییرات سرعت ژنراتور G3 ۷۵

شکل (۵-۲۱) تغییرات ولتاژ تحریک ژنراتور G3 ۷۶

شکل (۵-۲۲) تغییرات سرعت ژنراتور G2 ۷۷

شکل (۵-۲۳) تغییرات سرعت ژنراتور G3 ۷۷

شکل (۵-۲۴) تغییرات ولتاژ پایانه ژنراتور G2 ۷۸

شکل (۵-۲۵) تغییرات سرعت ژنراتورها ۷۹

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول (۳-۱) مقادیر ویژه سیستم بازای مقادیر مختلف زاویه خاموشی اینورتر ۳۸

جدول (۳-۲) مقادیر ویژه سیستم بازای مقادیر مختلف جریان خط انتقال DC ۳۹

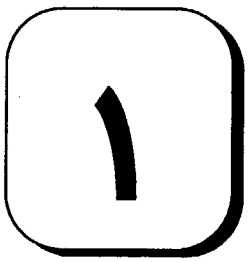
جدول (۴-۱) مقادیر ویژه مدهای نوسانی ژنراتورها در هنگام نصب PSS ۴۹

جدول (۴-۲) مقادیر ویژه مدهای نوسانی ژنراتورها در هنگام نصب DCM ۵۰

جدول (۴-۳) مقادیر ویژه مدهای نوسانی ژنراتورها ۵۱

فصل اول

مقدمه‌ای برسیستم‌های HVDC



مقدمه

امروزه تولید انرژی الکتریکی در نواحی دوردست و لزوم اتصال شبکه های قدرت کشورهای مختلف به منظور کاهش هزینه های تولید و صرفه جوئی در مصرف منابع محدود کره زمین باعث شده تا انتقال مقادیر زیاد انرژی الکتریکی در مسافتهای طولانی مدنظر قرار گیرد. با توجه به مشکلات انتقال توان AC خصوصاً در فواصل طولانی ، انتقال توان به صورت جریان مستقیم فشار قوی (HVDC) ضروری شده است.

در سیستم HVDC ، انرژی الکتریکی از یک شبکه AC دریافت شده توسط مبدل یکسوساز به کمیتهای DC تبدیل می‌شود و پس از انتقال توسط خطوط هوائی یا کابل های DC ، در انتهای خط توسط مبدل اینورتر به AC تبدیل می‌شود.

اولین کاربرد تجاری انتقال HVDC بین سرزمین سوئد و جزیرهٔ گاتلند در سال ۱۹۵۴ میلادی صورت پذیرفت . این سیستم از والوهای قوس جیوه ای استفاده می‌کرد و یک ارتباط زیردریائی به طول ۹۰ کیلومتر و ظرفیت ۲۰ مگاوات را فراهم می‌نمود. از آن موقع بکارگیری انتقال HVDC همواره رو به افزایش بوده است.با اختراع والوهای تریستوری ، انتقال HVDC جاذبهٔ بیشتری پیدا کرد . اولین سیستم HVDC که از این والوها استفاده می‌کرد، طرح رودخانه ایل بود که در سال ۱۹۷۲ میلادی به بهره برداری رسید.

پیشرفت های اخیر در تجهیزات تبدیل ، اندازه و هزینهٔ آنها را کاهش و قابلیت اعتماد آنها را افزایش داده است. این پیشرفتها منجر به استفاده گسترده از انتقال HVDC شده است.

سیستم های HVDC در موارد زیر بر سیستم های AC برتری دارند:

- **کابلهای زیر دریائی طولانی تر از ۳۰ کیلومتر.** در این موارد به علت ظرفیت خازنی زیاد کابل که نیازمند پستهای جبران ساز است ، استفاده از انتقال جریان متناوب عملی نمی‌باشد.

- **ارتباط ناهماهنگ بین دو سیستم جریان متناوب** که بعلت مسائل پایداری یا اختلاف در فرکانسهای نامی دو سیستم ، استفاده از خطوط جریان متناوب عملی نیست.

- **انتقال مقادیر زیاد توان در مسافتهای طولانی بوسیلهٔ خطوط هوائی** . در مسافتهای بالاتر از ۶۰۰ کیلومتر ، انتقال HVDC رقیبی برای انتقال جریان متناوب به شمار می رود.

به دلایل زیر استفاده از خطوط DC در مسافتهای طولانی بر خطوط AC برتری دارد:

- توان انتقالی در خطوط AC بستگی به اختلاف فازورهای ولتاژ طرفین خط دارد. برای یک توان مشخص این زاویه با طول خط افزایش می یابد. بنابراین حداکثر توان انتقالی توسط ملاحظات