بسم الله الرحمن الرحیم

۳۶۷۴
۶۰۶ - دا/د - عمروای
سلیمانی - ۵/۴
ا - اضافه

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران

۳۵۸۱

مرکز اطلاعات مدارک علمی ایران
تهیه مدارک

۳۲۸۰ ۱۹۲ ۲۰

دانشکده فنی مهندسی

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته

مهندسی برق کنترل

عنوان موضوع

طراحی کنترل گر تطبیقی برای خط HVDC

013572

نگارش

سجاد طباطبایی

استاد راهنما

دکتر حمید رضا مومنی

استاد مشاور

دکتر محمد رضا جاهد مطلق

بهار ۱۳۸۰

۳۶۵۸۱

دانشگاه تربیت مدرس

تاییدیه هیات داوران

آقای سجاد طباطبایی پایان‌نامه ۶ واحدی خود را با عنوان طراحی کنترلگر تطبیقی برای خط HVDC در تاریخ ۸۰/۳/۲۸ ارائه کردند. اعضای هیات داوران نسخه نهائی این پایان‌نامه را از نظر فرم و محتوی تایید و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی برق باگرایش کنترل پیشنهاد می‌کنند.

اعضای هیات داوران	نام و نام خانوادگی	امضاء
۱ـ استاد راهنمـــا :	آقای دکتر مؤمنی	
۲ـ استاد مشـــاور :	آقای دکتر جاهدمطلق	
۳ـ استادان ممتحن :	آقای دکتر یزدیان	
	آقای دکتر ذوالقدری	
۴ـ مدیـــر گـــروه :	آقای دکتر مجد	
(یا نمایندهٔ گروه تخصصی)		

بسمه تعالی

آیین‌نامهٔ چاپ پایان‌نامه (رساله)های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرّس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان‌نامه (رساله)های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرّس، مبیّن بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش‌آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

مادّهٔ ۱ در صورت اقدام به چاپ پایان‌نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اطلاع دهد.

مادّهٔ ۲ در صفحهٔ سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه)، عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد/رسالهٔ دکتری نگارنده در رشتهٔ مرتع-لترل است که در سال ۱۳۸۰ در دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرّس به راهنمایی سرکار خانم/جناب آقای دکتر صوفی، مشاورهٔ سرکار خانم/جناب آقای دکتر حامد مطلق و مشاورهٔ سرکار خانم/جناب آقای دکتر ــــــ از آن دفاع شده است.»

مادّهٔ ۳ به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.

مادّهٔ ۴ در صورت عدم رعایت مادّهٔ ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ‌شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرّس، تأدیه کند.

مادّهٔ ۵ دانشجو تعهد و قبول می‌کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در مادّهٔ ۴ را از محلّ توقیف کتابهای عرضه‌شدهٔ نگارنده برای فروش، تأمین نماید.

مادّهٔ ۶ اینجانب سجاد صیادی دانشجوی رشته مرتع-لترل مقطع کارشناسی ارشد متعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می‌شوم.

نام و نام خانوادگی:

تاریخ و امضا:

۸۰/۶/۲

تقدیم

به پدر و مادر عزیز و بزرگوارم

که اگر نبود بزرگواریها و بودنهای بی دریغشان هرگز راه کنونی به انجام نمیرسید. بی تردید هر آنچه امروز دارم به یاری و مدد این دو عزیز است.

به همسر عزیز ومهربانم

که همراهی و وجودش سراسر امید بخش و آرامش است و با بودنش راه صعب چه آسان می شود

چکیده:

در این تحقیق با استفاده از روش کنترل تطبیقی، یک کنترل کننده برای خط HVDC متصل به سیستم AC ضعیف طراحی شده است. در ابتدا، با توجه به اینکه برای کنترل هر سیستمی ابتدا باید مدل سیستم استخراج شود، سیستم HVDC را به روشی که بتوان تغییرات امپدانس و ولتاژ شبکه AC متصل به کانورتر را تخمین زد، مدل کرده ایم. و سپس ضریب تناسبی امپدانس معادل تونن شبکه AC متصل به کانورتر را بدست آورده ایم. در ادامه با استفاده روش شناسائی حداقل مربعات با فاکتور وزنی، سیستم را شناسایی کرده ایم. و این الگوریتم شناسائی را به دو صورت آزمودیم. ۱) ولتاژ منبع AC ثابت و معلوم. ۲) ولتاژ منبع AC متغیر و نامعلوم. با توجه به اینکه روش دوم پاسخ بهتری داشت، در این پایان نامه از این روش استفاده شده است.

با ترکیب روش تعیین دینامیک فرآیند و روش محاسبه پارامترهای یک کنترلگر PI ،الگوریتمی برای تنظیم اتوماتیک کنترلگر PI بدست آوردیم. سپس یک استراتژی خود تنظیم بر اساس روش تعیین دینامیکهای مدل مجتمعac/dc بسط داده و روش طراحی جایگذاری قطب و الگوریتم شناسایی توصیف نمودیم.

در انتها نیز، نحوه طراحی کنترل کننده جریان یکسوساز توصیف شده است.

کلید واژه ها:

جریان مستقیم ، کنترل تطبیقی ، شبیه سازی ، انتقال جریان مستقیم ولتاژ بالا ، سیگره ، سیستمهای AC ضعیف

تقدیر و سپاس

خدای را سپاس گذارم که جرعه دیگری از جام دانایی را به کام تشنه ام نوشاند. اکنون که قطعات این راه مرور میکنم خود را مرهون لطف چندین تن می یابم. بیش از همه قدر دان جناب آقای دکتر مومنی که راهنمائی این پروژه را بر عهده ایشان بود و همچنین از زحمات جناب آقای دکتر جاهد مطلق تشکر و قدر دانی می نمایم.

فهرست

عنوان | صفحه

فصل اول: مقدمه ۱

۱-۱- HVDC چیست؟ ۲

۱-۲- چرا HVDC ؟ ۲

۱-۳- کنترل HVDC ۳

فصل دوم: تاریخچه و مفاهیم کلی سیستم HVDC و مقایسه سیستم AC/DC ۶

۲-۱- مقدمه ۷

۲-۲- تاریخچه تکامل سیستمهای انتقال HVDC ۸

۲-۳- مزایای و معایب سیستم HVDC نسبت به سیستم AC ۱۰

۲-۳-۱. مزایای سیستم HVDC نسبت به سیستم AC ۱۰

۲-۳-۲. معایب سیستم HVDC نسبت به سیستم AC ۱۱

۲-۴- کاربردهای سیستم HVDC ۱۳

۲-۵- ساختارها و اجزای سیستم HVDC ۱۴

۲-۵-۱. طبقه بندی خطوط HVDC ۱۴

۲-۵-۱-۱. خطوط تک قطبی ۱۴

۲-۵-۱-۲. خطوط دو قطبی ۱۴

۲-۵-۱-۳. خطوط هم قطبی ۱۵

۲-۵-۲. اجزای سیستم انتقال HVDC ۱۷

۲-۵-۲-۱. مبدلها ۱۷

۲-۵-۲-۲. راکتورهای هموارساز ۱۹

۲-۵-۲-۳. فیلترهای هارمونیک ۱۹

۲-۵-۲-۴. منابع توان راکتیو ۱۹

۲-۵-۲-۵. الکترودها ۲۰

۲-۵-۲-۶. خطوط جریان مستقیم ۲۰

۲-۵-۲-۷. کلیدهای جریان متناوب ۲۰

عنوان | صفحه

فصل سوم: بررسی مبدلهای قدرت در سیستمهای HVDC ۲۱

۳-۱- مقدمه ۲۲

۳-۲- خواص مبدلهای قدرت ۲۳

۳-۳- مشخصه تریستور ۲۵

۳-۴- یکسو ساز تک فاز ۲۷

۳-۵- تاثیر سلف کموتاسیون در یکسو ساز تکفاز ۲۹

۳-۶- به دست آوردن معادلات پل گریس ۳۲

۳-۶-۱- بررسی پل گرتس با چشم پوشی از اندوکتانس منبع ۳۲

۳-۶-۲- بررسی پل گرتس با اندوکتانس منبع ۳۶

۳-۶-۲-۱- کاهش ولتاژ ناشی از کموتاسیون ۳۹

۳-۷- معادلات حالت اینورتری ۴۱

۳-۸- عملکرد ۱۲ پالسه ۴۱

۳-۹- مدار معادل یکسو ساز و اینورتر در حالت دائمی ۴۳

فصل چهارم: مبانی کنترل سیستم HVDC ۴۵

۴-۱- مقدمه ۴۶

۴-۲- اصول کنترل شبکه DC ۴۶

۴-۳- مشخصه های کنترلی شبکه HVDC دو پایانه ای ۴۹

۴-۴- پارامترها قابل کنترل در سیستم HVDC ۵۱

۴-۵- پایدار سازی مد در سیستم HVDC دو پایانه ای ۵۱

۴-۵-۱- ناپایداری در مشخصه کنترلی و پایدار سازی آن ۵۱

۴-۵-۲- حد جریان وابسته به ولتاژ در مشخصه کنترلی و پایدار سازی آن ۵۲

۴-۶- نمایش سیستم AC برای مطالعات DC ۵۳

عنوان | صفحه

فصل پنجم: روشهای کنترلی پایه سیستم HVDC ۵۶

۵-۱- مقدمه ۵۷

۵-۲- سیستم های کنترل ۵۹

۵-۲-۱- کنترل منفرد فاز(IPC) ۵۹

۵-۲-۱-۱ کنترل α ثابت ۵۹

۵-۲-۱-۱-۱ کنترل CEA با IPC ۶۰

۵-۲-۱-۱-۲ کنترل CC با IPC ۶۱

۵-۲-۱-۲ کنترل کسینوس معکوس ۶۱

۵-۲-۱-۳ مزایای سیستم کنترل IPC ۶۲

۵-۲-۱-۴ معایب سیستم کنترل IPC ۶۳

۵-۲-۱-۵ راههای رفع مشکل ناپایداری هارمونیکی سیستم کنترل IPC ۶۳

۵-۲-۲- کنترل هم فاصله پالسEPC ۶۳

۵-۲-۲-۱- کنترل فرکانس پالس(PFC) ۶۵

۵-۲-۲-۲- کنترل تناوب پالس ۶۷

۵-۲-۲-۳- کنترل فاز پالسPPC ۶۷

۵-۲-۲-۴- معایب روش EPC ۶۸

فصل ششم: کنترل های زاویه آتش ۶۹

۶-۱- مبانی کنترلهای زاویه آتش ۷۰

۶-۲- طراحی کنترلهای زاویه آتش ۷۳

۶-۲-۱- طراحی فیلتر چپی شف ،باترورث ۷۳

۶-۲-۱-۱- مقدمه ۷۳

۶-۲-۱-۲- روش طراحی فیلتر پایین گذر ۷۳

۶-۲-۱-۳- روش طراحی فیلتر میان گذر ۷۸

۶-۲-۱-۴- طراحی فیلتر میان گذر مطلوب ۷۹

مرکز تحقیقات کامپیوتری علوم اسلامی

عنوان | صفحه

۶-۳- شبیه سازی روش تولید پالس ۸۱

فصل هفتم: مدلسازی سیگنال کوچک ۸۷

۷-۱- مقدمه ۸۸

۷-۲- مدل سازی سیستم و آنالیز فضای حالت ۸۸

۷-۲-۱- - مدل سازی لینک HVDC ۸۸

۷-۲-۲- مدل سازی کنترل های کانورتر ۸۹

۷-۲-۳- خطی سازی مدل ۹۰

۷-۳- تابع تبدیل مدل ۹۱

۷-۳-۱- روشهای حل ۹۱

۷-۳-۲- روش حل مستقیم ۹۳

۷-۳-۳- روش جای گذاری قطب ۹۳

۷-۴- پاسخ گذرای سیستم ۹۴

۷-۵- ساختار الگوریتم کنترل(با بهره های ثابت) ۹۵

۷-۶- تخمین راکتانس تونن سیستم با استفاده از روش شناسائی حداقل مربعات ۹۷

۷-۶-۱- شناسائی حداقل مربعات بازگشتی زمان حقیقی ۹۷

۷-۶-۲- فرموله کردن مسئله شناسائی برای سیستم AC/DC ۹۹

۷-۶-۳- ضریب تناسبی ۱۰۳

۷-۶-۳-۱- سمت یکسو ساز ۱۰۳

۷-۶-۳-۲- سمت اینورتر ۱۰۵

۷-۶-۴- الگوریتم شناسائی ۱۰۵

۷-۶-۵- آزمایش الگوریتم شناسائی ۱۰۵

۷-۷- وارد کردن یک حلقه خود تنظیم تطبیقی در ساختار کنترل ۱۰۶

۷-۷-۱- مقدمه ۱۰۶

۷-۷-۲- مدل کنترل خود تنظیم ۱۰۶

عنوان | صفحه

۷-۸- ملاحظات پایداری..... ۱۱۴

فصل هشتم: طراحی کنترل کننده و نتایج شبیه سازی..... ۱۱۶

۸-۱- مقدمه..... ۱۱۷

۸-۲- توصیف سیستم..... ۱۱۷

۸-۲-۱- نمایش Z_{eq1} (یکسو ساز)..... ۱۱۸

۸-۲-۲- نمایش Z_{eq2} (اینورتر)..... ۱۱۹

۸-۲-۳- فیلترها و خازنهای موازی..... ۱۱۹

۸-۲-۴- سیستم DC..... ۱۲۰

۸-۲-۵- مقادیر توان سیستم..... ۱۲۱

۸-۳- تست الگوریتم شناسائی در حضور کانورتر..... ۱۲۱

۸-۴- نتایج شبیه سازی برای الگوریتم کنترلی با بهره ثابت..... ۱۲۸

۸-۴-۱- پاسخ گذرای جریان DC و زاویه آتش..... ۱۲۵

۸-۴-۲- اثر k_P ، k_i و T بر روی پاسخ گذرای I_d..... ۱۳۱

۸-۵- کنترل سیستمهای جریان مستقیم فشار قوی (HVDC)..... ۱۳۵

۸-۵-۱- کنترل کننده جریان..... ۱۳۵

۸-۵-۱-۱- طراحی کنترل کننده..... ۱۳۶

۸-۶- بررسی پایداری..... ۱۴۴

فصل نهم: نتیجه گیری و پیشنهادات..... ۱۴۵

۹-۱- نتیجه گیری..... ۱۴۶

۹-۲- پیشنهادات..... ۱۴۸

مراجع..... ۱۴۹

واژه نامه انگلیسی به فارسی..... ۱۵۴

واژه نامه فارسی به انگلیسی..... ۱۵۹

پیوست الف شناسائی سیستم بوسیله روش حداقل مربعات..... ۱۶۴

عنوان	فهرست اشکال	صفحه

فصل دوم:

شکل(۲-۱) : خطوط ارتباطی تک قطبی HVDC ۱۴

شکل(۲-۲) : خط ارتباطی دو قطبیHVDC ۱۵

شکل(۲-۳) : خط ارتباطی هم قطبی HVDC ۱۶

شکل(۲-۴) : سیستم چند تر میناله موازی ۱۷

شکل (۲-۵) : سیستم چند تر میناله سری ۱۷

شکل(۲-۶) :سیستم دو طرفه ۱۷

شکل(۲-۷) : نموداری از سیستم دو قطبی HVDC با نمایش مولفه های اصلی ۱۸

فصل سوم:

شکل(۳-۱) مبدلهای جریان و ولتاژ استاتیک : الف – مبدل جریان ب – مبدل ولتاژ ۲۲

شکل(۳-۲) : مشخصه تریستور ۲۶

شکل (۳-۳) : دیاگرام انتقال حالت برای سوئیچنگ تریستور ۲۷

شکل (۳-۴) : پل تک فاز گرتس ۲۷

شکل(۳-۵) : شکل موجهای پل تک فاز ۲۸

شکل (۳-۶) : عملکرد اینورتری ۲۹

شکل (۳-۷) : پل تک فاز با سلف کموتاسیون ۳۰

شکل (۳-۸) : عملکرد اینورتری با زاویه هم پوشانی ۳۰

شکل (۳-۹) : افت ولتاژ کموتاسیون ۳۱

شکل(۳-۱۰) : مدار معادل برای کنورتر سه فاز موج کامل ۳۲

شکل(۳-۱۱) شکل موجهای ولتاژ و جریان ورودی و خروجی مبدل گرتس $\alpha = \pi/3$ ۳۴

شکل(۳-۱۲) : مدار معادل طی کموتاسیون ۳۸

شکل(۳-۱۳) : جریان شیر طی کموتاسیون در ارتباط با ولتاژ کموتاسیون ۳۹

شکل(۳-۱۴) : شکل موج ولتاژ با نمایش تاثیر همپوشانی طی کموتاسیون از شیر ۱ به شیر ۳ ۴۱

عنوان	فهرست اشکال	صفحه

شکل(۳-۱۵) : کنورتر پل دوازده پالسه ۴۲

شکل(۳-۱۶) : شکل موجهای جریان و ولتاژ مستقیم و جریان متناوب ۴۲

شکل(۳-۱۷) : مدار معادل یکسو ساز در حالت دائمی ۴۳

شکل(۳-۱۸) : مدار معادل اینورتر در حالت دائمی ۴۴

فصل چهارم:

شکل(۴-۱) : مدار معادل شبکه DC ۴۶

شکل (۴-۲) : مشخصه های کنترلی مبدل ۴۹

شکل(۴-۳) : کار با هر کنورتر دارای مشخصه های ترکیبی اینورتر و کنورتر ۵۰

شکل(۴-۴) : نواحی دو پهلویی مد ۵۲

شکل(۴-۵) : اصلاح مشخصه V-I برای پایدار سازی مد ۵۳

شکل(۴-۶) : کانورتر و شبکه AC متصل به آن ۵۴

شکل(۴-۷) : دسته بندی سیستم های جریان متناوب به قوی و ضعیف ۵۴

شکل(۴-۸) : پاسخ فرکانسی چند سیستم با SCR مساوی ۵۵

فصل پنجم:

شکل(۵-۱) : سیستم کنترل جریان α ثابت ۶۰

شکل(۵-۲) : سیستم کنترل کسینوس معکوس ۶۲

شکل(۵-۳) : اصول سیستم کنترل با نوسان ساز قفل شونده ۶۴

شکل(۵-۴) : بلوک دیاگرام سیستم PFC ۶۵

شکل (۵-۵) : اصلاح فرکانس برای سیستم PFC ۶۶

شکل (۵-۶) : پالسهای آتش ۶۷

فصل ششم:

شکل(۶-۱): مدار معادل پل دیودی موج کامل سه فاز ۷۱

شکل(۶-۲): شکل موج ولتاژ و جریا نهای مدار پل شکل(۶-۱) ۷۲

شکل(۶-۳) :بهره باند توقف فیلتر باتروورث پائین گذر نرمالیزه شده ۷۵