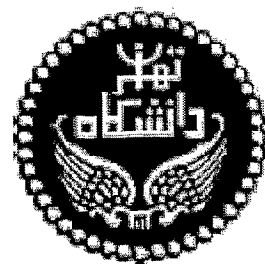
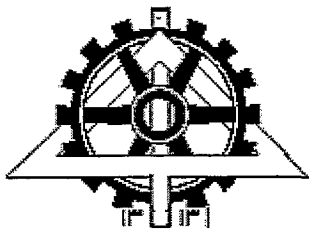




21.51



دانشگاه تهران
پردیس دانشکده های فنی
دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

عنوان:

تخمین پارامترهای ماشین سنکرون با استفاده از برازش برداری

نگارش:

مونا قاسمی

استاد راهنما: دکتر حمید لسانی

استاد مشاور: مهندس سید محمد تقی نبوی

پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته

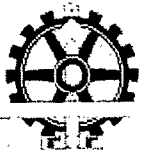
مهندسی - قدرت

کتابخانه اطلاعات آژانس علمی ایران
تاسیس ۱۳۵۷

۱۳۸۶ / ۱۸ / ۲

شهریورماه ۱۳۸۶

۹ / ۱۰ / ۳ / ۸



به نام خدا
دانشگاه تهران

پردیس دانشکده های فنی
دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

گواهی دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

هیأت داوران پایان نامه کارشناسی ارشد آقا/خانم **مونا قاسمی** در رشته مهندسی برق و کامپیوتر، گرایش: قدرت

با عنوان: "تخمین پارامترهای ماشین سنکرون با استفاده از برازش برداری"

به عدد **۲۰۱** - به حروف **دویست و یک**

در تاریخ **۱۳۸۶/۰۶/۲۰** نمره نهایی پایان نامه: **۲۰۱**

و درجه **عالی** ارزیابی نمود.

مشخصات هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبۀ دانشگاهی	دانشگاه یا موسسه	امضاء
۱-استاد راهنما استاد راهنمای دوم (حسب مورد)	دکتر حمید لسانی	استاد	تهران	
۲-استاد مشاور	مهندس محمد تقی نبوی	مربی	تهران	
۳-استاد مدعو خارجی (یا استاد مشاور دوم)	دکتر ابوالفضل واحدی	استاد یار	علم و صنعت	
۴-استاد مدعو داخلی	دکتر صادق واعظ زاده	استاد	تهران	
۵-داور و نماینده کمیته تحصیلات تکمیلی دانشکده	دکتر بابک نجاراعرابی	دانشیار	تهران	

تذکره: این برگه پس از تکمیل توسط هیأت داوران در نخستین صفحه پایان نامه درج می گردد.



دانشگاه تهران
پردیس دانشکده های فنی
دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته
مهندسی - قدرت

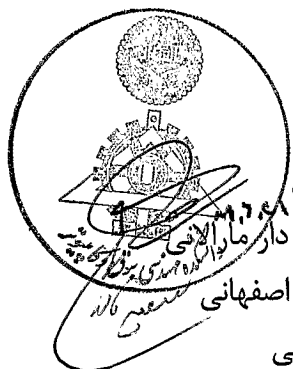
عنوان: تخمین پارامترهای ماشین سنکرون با استفاده از برازش برداری

نگارش: مونا قاسمی

استاد راهنما: دکتر حمید لسانی

استاد مشاور: مهندس سید محمدتقی نبوی

این پایان نامه در تاریخ ۸۶/۶/۲۰ در مقابل هیأت داوران دفاع گردید و مورد تصویب قرار گرفت.



دکتر جواد فیض
دکتر پرویز جبه دار مارالانی
دکتر سعید نادر اصفهانی
دکتر حمید لسانی
مهندس سید محمدتقی نبوی
دکتر ابوالفضل واحدی
دکتر صادق واعظ زاده
دکتر بابک نجار اعرابی

معاونت آموزشی و تحصیلات تکمیلی پردیس دانشکده های فنی:
رئیس دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر:
معاون پژوهشی و تحصیلات تکمیلی دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر:
استاد راهنما:
استاد مشاور:
عضو هیأت داوران:
عضو هیأت داوران:
عضو هیأت داوران:

تعهد نامه اصالت اثر

اینجانب مونا قاسمی تأیید می نمایم که مطالب مندرج در این پایان نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب است و به دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این نوشته از آنها استفاده شده است، مطابق مقررات ارجاع گردیده است. این پایان نامه قبلاً برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارائه نشده است. کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشکده فنی دانشگاه تهران می باشد.

نام و نام خانوادگی: مونا قاسمی

امضاء: ۱۳۸۶/۶/۲۰



تقدیم به

پدر و مادر عزیز، مهربان و همواره یارم،

همسر همواره همراهم، بابک

و برادر همواره پشتیبانم، امید

تقدیر و تشکر

بر خود لازم می دانم از اساتید گرامی آقایان دکتر لسانی و مهندس نبوی که هدایت و مشاوره این پایان نامه را بر عهده داشتند و با راهنمایی های خود مرا در انجام این پروژه یاری داده اند، سپاسگزاری نمایم،

و نیز از

اساتید گرانقدر آقایان دکتر واعظ زاده، دکتر محسنی، دکتر فرهنگی، دکتر صنایع پسند، دکتر شایگان و مهندس رضانی تبار که از کلاس درس ایشان بسیار آموخته ام، تشکر و قدردانی نمایم.

چکیده پایان نامه:

مطالعه و بررسی دقیق پایداری دینامیکی و گذرای شبکه و نیز تنظیم کنترل کننده های سیستم قدرت مستلزم مدل سازی و تخمین دقیق پارامترهای مدل ژنراتورهای سنکرون به عنوان مولدهای عمده و اصلی انرژی الکتریکی در شبکه می باشد. در رابطه با مدل سازی، مدل دو محوری پارک برای ماشین سنکرون پذیرفته شده و مورد استفاده و استناد قرار می گیرد. در رابطه با تخمین پارامترهای مدل نیز روش تست پاسخ فرکانسی حالت سکون^۱ که در قالب استانداردهای IEEE تدوین گشته، مورد استفاده قرار می گیرد. اما بهرحال در هر دو زمینه مدل سازی (شناسایی) و تخمین پارامترهای مدل چالشهایی وجود داشته که محققان را برای بررسی و تحقیق در آن موارد جذب نموده است. از جمله مهمترین این چالشها در زمینه شناسایی مدل، مدل سازی رفتار گسترده بدنه آهنی روتور بوده که مسیرهای جریانهای القایی را تشکیل می دهند. اینکه برای یک مطالعه خاص چه تعداد از شاخه های RL برای مدل سازی مسیرهای مذکور باید در مدار معادلهای محورهای d و q قرار گیرد، موضوع مورد بحث مقالات است. چالش دیگر در رابطه با ملاحظات مربوط به اندوکتانسهای ناشی تفاضلی می باشد. تمام این موارد باعث شده که مدل سازی قسمت مربوط به سیم پیچهای دمپر واقعی و مجازی برای هر مطالعه خاص در هاله ای از ابهام باشد. چالش عمده در زمینه شناسایی پارامترهای مدل، استفاده از یک روش شناسایی دقیق و کارآمد می باشد. در این پروژه به هر دو چالش در حوزه های شناسایی و تخمین پارامترهای مدل پاسخ داده شده است. در مرحله شناسایی، مدل جدیدی برای ماشین سنکرون بر اساس در نظر گرفتن قسمت سیم پیچهای دمپر به صورت جعبه سیاه و به فرم یک دوقطبی با نمایش ماتریس انتقال در محور d و فرم یک شبکه تک قطبی با نمایش ماتریس امیدانس در محور q در کنار سایر پارامترهای مدار معادل پیشنهاد شده و برای اندازه گیری فرکانسی پارامترهای شبکه های دو قطبی و تک قطبی مذکور شیوه جدیدی برای تستهای SSFR مطرح گردیده است. برای شناسایی پارامترهای شبکه های دو قطبی و تک قطبی مذکور نیز روش برازش جدیدی موسوم به برازش برداری^۲ معرفی و برای اولین بار در کاربردهای تخمین پارامترهای مدار معادلهای محورهای d و q ماشین سنکرون مورد استفاده قرار گرفته و دقت و کارایی آن در مقایسه با الگوریتم ژنتیک، الگوریتم جستجوی الگو و روشهای حداقل مربعات غیرخطی به اثبات رسیده است.

^۱ Stand Still Frequency Response

^۲ Vector Fitting (VF)

فصل اول : مقدمه

۱-مقدمه ۲

فصل دوم :

تخمین پارامترهای ماشین سنکرون با استفاده از اطلاعات تستهای SSFR

۱-۲ مقدمه ۷

۲-۲ مدل سازی ژنراتور ۹

۳-۲ اصول روش پاسخ فرکانسی در حالت ایستا (SSFR) ۱۰

۱-۳-۲ تاریخچه روش ۱۰

۲-۳-۲ تعریف پارامترهای عملیاتی برای محورهای طولی و عرضی ۱۱

۳-۳-۲ استخراج مدل ژنراتور سنکرون بر اساس نتایج آزمایش ۱۲

۴-۳-۲ شرایط آزمایش SSFR و تجهیزات مورد نیاز ۱۳

۱-۴-۳-۲ شرایط ماشین ۱۳

۲-۴-۳-۲ تجهیزات و اتصالات ۱۴

۳-۴-۳-۲ مراحل انجام آزمایش ۱۴

۴-۴-۳-۲ دقت اندازه گیری ۱۵

۵-۴-۳-۲ ملاحظات ایمنی ۱۷

۶-۴-۳-۲ پارامترهای اندازه گیری شده در تست ۱۸

۴-۲ روند آزمایش ۱۹

۱-۴-۲ اندازه گیری های مورد نیاز ۱۹

۲-۴-۲ تنظیم موقعیت روتور در آزمایشات مربوط به محور d ۲۰

۳-۴-۲ آزمایش های محور طولی ۲۱

۲۱	..... اندازه گیری R_a و $Z_d(s)$ ۱-۳-۴-۲
۲۲	..... محاسبه $sG(s)$ ۲-۳-۴-۲
۲۳	..... محاسبه $Z_{af0}(s)$ ۳-۳-۴-۲
۲۳	..... محاسبه Z_{fa0} ۴-۳-۴-۲
۲۴	..... آزمایشات محور عرضی ۴-۴-۲
۲۴	..... تنظیم موقعیت روتور در تست های محور عرضی ۱-۴-۴-۲
۲۴	..... محاسبه R_a و $Z_q(s)$ ۲-۴-۴-۲
۲۶	..... مراحل مختلف تعیین پارامترهای ژنراتور ۵-۲
۲۶	..... محاسبات محور طولی ۱-۵-۲
۲۸	..... محاسبات محور عرضی ۲-۵-۲
۲۹	..... رفتار غیرخطی مغناطیسی مواد ۳-۵-۲
۳۲	..... فرآیند برازش منحنی پاسخ فرکانسی ۴-۵-۲

فصل سوم :

بررسی روشهای مطرح شده برای تخمین پارامترهای ماشین سنکرون بر اساس آزمایشهای SSFR

۳۴	..... مقدمه ۱-۳
۳۴	..... بررسی پایان نامه های در دسترس ۲-۳
۳۶	..... بررسی مقالات ۳-۳
۳۶	..... (الف) ملاحظات مربوط به ماشینهای برجسته قطب برجسته
۴۵	..... (ب) ارائه تکنیک های دیگر برای تست های SSFR
۴۶	..... (ج) ملاحظات مربوط به ساختار مدار معادل

- د) ملاحظات مربوط به اشباع ۴۸
- ه) تأثیر انتخاب مدل ماشین سنکرون روی مطالعات سیستم ۵۱
- و) مرور کلی مسأله تخمین پارامترهای ماشین سنکرون ۵۴

فصل چهارم :

تشریح و پیاده سازی روش برازش برداری برای برازش پاسخ فرکانسی با استفاده از تقریب توابع گویا

- ۱-۴ مقدمه ۵۸
- ۲-۴ فرمول بندی روش ۵۹
- ۳-۴ تعیین قطب‌های اولیه ۶۰
- ۴-۴ اعمال روش برای تطبیق توابع فرکانسی ۶۱
- ۱-۴-۴ پاسخ فرکانسی ۶۱
- ۲-۴-۴ تطبیق با قطب‌های مختلط ۶۳
- ۳-۴-۴ تطبیق با قطب‌های اولیه حقیقی ۶۵
- ۴-۴-۴ تطبیق با توابع کاهش درجه یافته ۶۸

فصل پنجم :

استفاده از روش برازش برداری برای تخمین پارامترهای ماشین سنکرون

- ۱-۵ مقدمه ۷۱
- ۲-۵ مدار معادل پیشنهادی ماشین سنکرون ۷۲
- ۳-۵ استفاده از روش برازش برداری در پروسه تخمین پارامتر برای مدل پیشنهادی ۷۵
- ۴-۵ نتایج شبیه سازیها ۷۵

۴-۵- مقایسه روش برازش برداری با سایر روشها.....	۹۵
۱-۴-۵- مقایسه روش برازش برداری با الگوریتم جستجوی الگو.....	۹۵
۲-۴-۵- مقایسه روش برازش برداری با الگوریتم ژنتیک.....	۱۰۱
۳-۴-۵- مقایسه روش برازش برداری با جعبه ابزار Curve Fitting.....	۱۰۳

فصل ششم : نتیجه گیری و پیشنهادات

۱-۶- نتیجه گیری.....	۱۱۰
۲-۶- پیشنهادات.....	۱۱۱

فصل هفتم : مراجع

مراجع.....	۱۱۳
------------	-----

فصل دوم :

تخمین پارامترهای ماشین سنکرون با استفاده از اطلاعات تستهای SSFR

- شکل (۱-۲): بلوک دیاگرام بیان کننده معادله (۱-۲) ۱۱
- شکل (۲-۲): مدل مداری سیم پیچ محورهای d و q ۱۲
- شکل (۳-۲): نحوه اتصال تجهیزات برای تستهای SSFR ۱۶
- شکل (۴-۲): نحوه اتصالات سیم پیچ های تجهیزات ۱۷
- شکل (۵-۲): نحوه اتصالات سیم پیچ های تجهیزات با یک ورودی (ورودی مشترک) ۱۷
- شکل (۶-۲): نحوه اتصالات در آزمایشات مربوط به محور d ۲۰
- شکل (۷-۲): مقادیر نوعی اندازه گیری شده $Z_d(s)$ در نقاط مختلف فرکانسی ۲۲
- شکل (۸-۲): مقادیر محاسبه شده $L_d(s)$ در فرکانس های مختلف ۲۲
- شکل (۹-۲): مقادیر محاسبه شده $G(s)$ در فرکانس های مختلف ۲۳
- شکل (۱۰-۲): مقادیر نوعی اندازه گیری شده $Z_q(s)$ در نقاط مختلف فرکانسی ۲۵
- شکل (۱۱-۲): مقادیر محاسبه شده $L_q(s)$ در فرکانس های مختلف ۲۵
- شکل (۱۲-۲): ساختارهای مدار معادل برای محور مستقیم ۲۷
- شکل (۱۳-۲): ساختارهای مدار معادل برای محور q ۲۹
- شکل (۱۴-۲): منحنیهای هیستریزیس ۳۰
- شکل (۱۵-۲): مشخصه مغناطیسی آهن ۳۱

فصل سوم :

بررسی روشهای مطرح شده برای تخمین پارامترهای ماشین سنکرون بر اساس آزمایشهای SSFR

- شکل (۱-۳): رویه و دستگاههای آزمایش SSFR ۳۸
- شکل (۲-۳): تطبیق اندازه گیریها با مدلهای در نظر گرفته شده ۳۸
- شکل (۳-۳): اندوکتانسهای عملیاتی ژنراتور ۲۵۰ MVA ۳۹
- شکل (۴-۳): اندوکتانس عملیاتی محور d برای ۵ موقعیت روتور ۴۰
- شکل (۵-۳): روتور یک ژنراتور ۷۳۷ MVA قطب برجسته ۴۲
- شکل (۶-۳): دستگاههای اندازه گیری ۴۶
- شکل (۷-۳): مدل دو محوری توسعه یافته ماشین سنکرون ۴۷
- شکل (۸-۳): اثر نسبت دورهای تحریک به آرمیچر را روی اندوکتانس نشتی L_d در سطوح مختلف اشباع ۵۰
- شکل (۹-۳): دیاگرام تک خطی سیستم آزمایش ۵۱
- شکل (۱۰-۳): مدلهای مختلف ژنراتور استفاده شده در مطالعه ۵۲
- شکل (۱۱-۳): قسمت حقیقی مقدار ویژه (σ) اولین مد پیچشی ($15/71$ Hz) در مقابل سطح جبران سازی سری
- (a) مدل ژنراتور ($1q, 2d$ با L_{fd}) (b) مدل ژنراتور ($1q, 2d$ بدون L_{fd}) ۵۳
- شکل (۱۲-۳): قسمت حقیقی مقدار ویژه (σ) اولین مد پیچشی ($15/71$ Hz) در مقابل سطح جبران سازی سری
- (c) مدل ژنراتور ($2q, 2d$ با L_{fd}) (d) مدل ژنراتور ($2q, 2d$ بدون L_{fd}) ۵۴

فصل چهارم :

تشریح و پیاده سازی روش برازش برداری برای برازش پاسخ فرکانسی با استفاده از تقریب توابع گویا

- شکل (۱-۴): دامنه پاسخ فرکانسی $f(s)$ درجه ۱۸ ۶۱

- شکل (۲-۴): زاویه فاز پاسخ فرکانسی $f(s)$ درجه ۱۸ ۶۱
- شکل (۳-۴): تقریب‌های $\sigma_{fit}(s)$ و $(\sigma f)_{fit}(s)$ ۶۳
- شکل (۴-۴): تابع تطبیق داده شده $f(s)$ (تقریب درجه بیستم) ۶۴
- شکل (۵-۴): تطبیق دامنه تابع فرکانسی با قطب‌های حقیقی در تکرار اول ۶۵
- شکل (۶-۴): تطبیق زاویه فاز تابع فرکانسی با قطب‌های حقیقی در تکرار اول ۶۶
- شکل (۷-۴): تطبیق دامنه تابع فرکانسی با قطب‌های حقیقی در تکرار دوم ۶۶
- شکل (۸-۴): تطبیق زاویه فاز تابع فرکانسی با قطب‌های حقیقی در تکرار دوم ۶۷
- شکل (۹-۴): تقریب درجه ۱۴ دامنه $f(s)$ بعد از چهار تکرار ۶۸
- شکل (۱۰-۴): تقریب درجه ۱۴ زاویه فاز $f(s)$ بعد از چهار تکرار ۶۸

فصل پنجم :

استفاده از روش برازش برداری برای تخمین پارامترهای ماشین سنکرون

- شکل (۱-۵): مدار معادل دو محوری معمول و استاندارد ماشین سنکرون ۷۲
- شکل (۲-۵): مدار معادل پیشنهادی ماشین سنکرون ۷۲
- شکل (۳-۵): دامنه $Z_d(s)$ ۷۷
- شکل (۴-۵): فاز $Z_d(s)$ ۷۷
- شکل (۵-۵): دامنه $L_d(s)$ ۷۸
- شکل (۶-۵): فاز $L_d(s)$ ۷۸
- شکل (۷-۵): دامنه $i_{fd}(s)/i_d(s)$ ۷۹
- شکل (۸-۵): دامنه ها و زوایای فاز پارامترهای $ABCD$ ۸۰

- شکل (۵-۹): دامنه ها و زوایای فاز درایه های ماتریس T_{dr} ۸۱
- شکل (۵-۱۰): تقریب دامنه های درایه های ماتریس $T_{dr}(s)$ با استفاده از روش برازش برداری ۸۳
- شکل (۵-۱۱): تقریب دامنه های درایه های ماتریس $T_{dr}(s)$ با استفاده از روش برازش برداری ۸۳
- شکل (۵-۱۲): مدار معادل محور d ماشین سنکرون ۸۴
- شکل (۵-۱۳): منحنی دامنه امیدانس عملیاتی محور d ۸۶
- شکل (۵-۱۴): منحنی زاویه امیدانس عملیاتی محور d ۸۶
- شکل (۵-۱۵): منحنی دامنه اندوکتانس عملیاتی محور d ۸۷
- شکل (۵-۱۶): منحنی زاویه اندوکتانس عملیاتی محور d ۸۷
- شکل (۵-۱۷): منحنی دامنه ادمیتانس معادل روتور محور d ۸۸
- شکل (۵-۱۸): منحنی زاویه ادمیتانس معادل روتور محور d ۸۸
- شکل (۵-۱۹): تطبیق منحنی دامنه با روش برازش برداری با تابع درجه چهارم ۸۹
- شکل (۵-۲۰): تطبیق منحنی فاز با روش برازش برداری با تابع درجه چهارم ۹۰
- شکل (۵-۲۱): تطبیق منحنی دامنه با روش برازش برداری با تابع درجه سوم ۹۰
- شکل (۵-۲۲): تطبیق منحنی فاز با روش برازش برداری با تابع درجه سوم ۹۱
- شکل (۵-۲۳): تطبیق منحنی دامنه با روش برازش برداری با تابع درجه دوم ۹۱
- شکل (۵-۲۴): تطبیق منحنی زاویه با روش برازش برداری با تابع درجه دوم ۹۲
- شکل (۵-۲۵): تطبیق منحنی زاویه با روش برازش برداری با تابع درجه اول ۹۲
- شکل (۵-۲۶): تطبیق منحنی دامنه با روش برازش برداری با تابع درجه اول ۹۳
- شکل (۵-۲۷): شمایی از محیط GUI الگوریتم جستجوی الگو ۹۶
- شکل (۵-۲۸): منحنی دامنه تابع تقریب منته به استفاده از الگوریتم جستجوی الگو در مقایسه با تابع ادمیتانس اصلی ۹۷

- شکل (۲۹-۵): منحنی زاویه تابع تقریب منته به استفاده از الگوریتم جستجوی الگو در مقایسه با تابع ادمیتانس
 ۹۸ اصلی
- شکل (۳۰-۵): نحوه تغییرات تابع هدف (۲۰-۵) در طی ۸۰۱ تکرار ۹۸
- شکل (۳۱-۵): منحنی دامنه تابع تقریب منته به استفاده از الگوریتم جستجوی الگو در مقایسه با تابع ادمیتانس
 ۹۹ اصلی
- شکل (۳۲-۵): ناحیه اختلاف دو منحنی شکل (۳۱-۵) ۹۹
- شکل (۳۳-۵): منحنی زاویه تابع تقریب منته به استفاده از الگوریتم جستجوی الگو در مقایسه با تابع ادمیتانس
 ۱۰۰ اصلی
- شکل (۳۴-۵): ناحیه اختلاف دو منحنی شکل (۳۳-۵) ۱۰۰
- شکل (۳۵-۵): شمایی از محیط GUI الگوریتم ژنتیک ۱۰۲
- شکل (۳۶-۵): منحنی دامنه تابع تقریب منته به استفاده از الگوریتم ژنتیک در مقایسه با تابع ادمیتانس اصلی ۱۰۲
- شکل (۳۷-۵): منحنی زاویه تابع تقریب منته به استفاده از الگوریتم ژنتیک در مقایسه با تابع ادمیتانس اصلی ۱۰۳
- شکل (۳۸-۵): شمایی جعبه ابزار Curve Fitting نرم افزار MATLAB ۱۰۴
- شکل (۳۹-۵): تقریب درجه چهارم با استفاده از جعبه ابزار Curve Fitting ۱۰۶
- شکل (۴۰-۵): تقریب درجه چهارم با استفاده از روش برازش برداری ۱۰۶
- شکل (۴۱-۵): تقریب درجه سوم با استفاده از جعبه ابزار Curve Fitting ۱۰۷
- شکل (۴۲-۵): تقریب درجه سوم با استفاده از روش برازش برداری ۱۰۷
- شکل (۴۳-۵): تقریب درجه دوم با استفاده از جعبه ابزار Curve Fitting ۱۰۸
- شکل (۴۴-۵): تقریب درجه دوم با استفاده از روش برازش برداری ۱۰۸

فصل سوم :

بررسی روشهای مطرح شده برای تخمین پارامترهای ماشین سنکرون بر اساس آزمایشهای SSFR

جدول (۱-۳): پارامترهای محور d ژنراتور ۱/۴ MVA	۴۰
جدول (۲-۳): پارامترهای محور q ژنراتور ۱/۴ MVA	۴۰
جدول (۳-۳): امیدانس عملیاتی، ماشین اول، موقعیت اول	۴۴
جدول (۴-۳): امیدانس عملیاتی، ماشین اول، موقعیت دوم	۴۴
جدول (۵-۳): امیدانس عملیاتی، ماشین دوم، موقعیت اول	۴۴
جدول (۶-۳): امیدانس عملیاتی، ماشین دوم، موقعیت دوم	۴۴
جدول (۷-۳): امیدانس عملیاتی Z_d ، ماشین اول	۴۴
جدول (۸-۳): امیدانس عملیاتی Z_q ، ماشین اول	۴۴
جدول (۹-۳): امیدانس عملیاتی	۴۴
جدول (۱۰-۳): امیدانس عملیاتی Z_q ، ماشین دوم	۴۴
جدول (۱۱-۳): پارامترهای تخمینی برای محورهای d و q برای مقادیر مختلف نسبت دورهای تحریک به آرمیچر	۴۸
جدول (۱۲-۳): پارامترهای مدار معادل محور d را برای هر مجموعه از آزمایشها در سطوح مغناطیس کنندگی مختلف	۴۹
جدول (۱۳-۳): تخمین گر کلی در مقایسه تخمین گرههای منحصر برای هر مجموعه از آزمایشها در سطوح مختلف اشباع	۵۰
جدول (۱۴-۳): مقادیر عددی پارامترهای هر مدل	۵۳

فصل چهارم :

تشریح و پیاده سازی روش برازش برداری برای برازش پاسخ فرکانسی با استفاده از تقریب توابع گویا

- جدول (۱-۴): ضرایب پاسخهای فرکانسی تعریف شده بوسیله رابطه (۲-۴) ۶۰
- جدول (۲-۴): قطبهای اولیه ۶۲
- جدول (۳-۴): مقدار خطای rms برای تکرارهای مختلف ۶۲
- جدول (۴-۴): مقدار خطای rms برای تکرارهای مختلف ۶۵

فصل پنجم :

استفاده از روش برازش برداری برای تخمین پارامترهای ماشین سنکرون

- جدول (۱-۵): پارامترهای تخمین زده شده مثال IEEE std. 115 (1995) ۷۶
- جدول (۲-۵): نتایج قطبها، مانده ها و خطاهای منتهی از روش برازش برداری ۹۳
- جدول (۳-۵): مقایسه مقادیر اولیه پارامترهای مدار معادل روتور با پارامترهای تخمین زده شده با استفاده از روش برازش برداری ۹۴
- جدول (۴-۵): مقایسه برازش منحنی با استفاده از جعبه ابزار Curve Fitting در مقایسه با روش برازش برداری ۱۰۵

فصل اول

مقدمه