

تحلیل ماشین الکتریکی و سیستم‌های محرکه (جدیدترین ویرایش)

تألیف:

پال. سی. کراوز

الگ. واسینچوک

اسکات دی. سادهورف

(دانشگاه پردو)

مترجمان:

دکتر مصطفی صدیقی‌زاده

(استادیار دانشگاه شهید بهشتی، تهران)

مهندس محمدصادق صابری

ویراستار: مهندس سعید افشاری زاده بهبهانی

سرشناسه : کراوس پل - Krause, Paul C.
عنوان و نام پدیدآور : تحلیل ماشین های الکتریکی و سیستم های محرکه (جدیدترین ویرایش) : مترجمان : مصطفی صدیقی زاده، محمدصادق صابری : ویراستار سعید افشاری زاده بهیجانی.
مشخصات نشر : تهران: سها دانش، ۱۳۹۲.
مشخصات ظاهری : ۵۹۲ ص. : مصور، جدول، نمودار.
شابک : ۹۷۸-۶۰۰-۱۸۱-۰۵۸-۹
یادداشت : کتاب حاضر در سال ۱۳۷۶ با ترجمه مرتضی سقانیان نژاد، حسن نیک خواجویی توسط مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان به چاپ رسیده است.
موضوع : ماشین آلات برقی
وضعیت فهرست نویسی : فیا.
شناسه افزوده : صدیقی زاده، مصطفی ۱۳۵۲.
شناسه افزوده : صابری-محمد صادق. ۱۳۴۵-
رده بندی کنگره : ۶۲۱/۳۱۸۱TK : ۱۳۹۲ ۳ت۴ک
رده بندی دربی : ۶۲۱/۳۱۰۴۲
شماره کتاب شناسی ملی : ۳۱۰۸۷۰۸

این اثر مشمول قانون حمایت مؤلفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸ است؛ هر کس تمام یا قسمتی از این اثر را بدون اجازه (ناشر) نشر یا پخش یا عرضه کند مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.

تلفن و فکس : ۶۶۵۶۹۸۸۱-۳

۶۶۵۶۲۸۹۸ - ۶۶۵۶۳۱۷۷ - ۶۶۵۶۲۹۲۳

همراه : ۰۹۱۲۱۲۶۱۴۱۹



سهادانش

مرکز پخش : میدان انقلاب - اول کارگر جنوبی - کوچه رشتچی - روبروی دانشگاه علمی کاربردی - پلاک ۹

عنوان کتاب : تحلیل ماشین های الکتریکی و سیستم های محرکه (جدیدترین ویرایش)
مترجمین : دکتر مصطفی صدیقی زاده - مهندس محمد صادق صابری
ناشر : انتشارات سهادانش (عضو انجمن ناشران دانشگاهی)
طراحی جلد و ناظر فنی چاپ : علی ربانی
سال چاپ : ۱۳۹۲
نوبت چاپ : اول
تیراژ : ۵۰۰ نسخه
قیمت : ۲۶۰۰۰۰ ریال

فروشگاه شماره ۱ : خیابان انقلاب - نبش خیابان ۱۲ فروردین - پلاک ۱۴۴۴ - کتابفروشی الیاس : تلفن : ۶۶۴۰۵۰۸۴
فروشگاه شماره ۲ : میدان انقلاب بازار بزرگ کتاب - طبقه زیرین - پلاک ۲ - کتابفروشی سخنکه
ارسال انواع کتاب به تمام نقاط ایران : تلفن : ۰۲۱-۶۶۴۰۸۰۰۰ (خط ۱۰ خط) : www.ajansketab.com

ISBN : 978-600-181-058-9

شابک : ۹۷۸-۶۰۰-۱۸۱-۰۵۸-۹

فروشگاه اینترنتی : www.sohadanesh.ir
پست الکترونیکی : info@sohadanesh.ir

کلیه حقوق این کتاب برای سهادانش محفوظ است.

بی شک یکی از معتبرترین مراجع برای درس تئوری جامع ماشین‌های الکتریکی مقطع کارشناسی ارشد مهندسی برق قدرت، کتاب تحلیل ماشین‌های الکتریکی تألیف پال سی کراوز است که در سال ۱۹۸۶ توسط انتشارات مک‌گراهیل چاپ شده است و اساتید گرانقدر آقایان دکتر سقائیان‌زاد و دکتر نیک-خواجویی در سال ۱۳۷۶ آن را ترجمه کرده و توسط انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان به چاپ رسیده است. به دلیل انطباق بسیار مناسب فصول این کتاب با سر فصل درس تئوری جامع ماشین‌الکتریکی در بسیاری از دانشگاه‌های ایران این کتاب توسط اساتید به عنوان مرجع اصلی معرفی شده و به دلیل علاقه مخاطبان، ترجمه این کتاب چندین بار تجدید چاپ شده است.

در سال ۲۰۰۲ پال سی کراوز به همراه دوتن از همکاران خود الگ و اسینچوک و اسکات دی سادهورف ویرایش جدیدی از این کتاب را ارائه نموده‌اند که علاوه بر به روز نمودن مطالب قبلی کتاب، مدلسازی محرکه‌ها و مدلسازی همزمان ماشین‌الکتریکی به همراه محرکه را در دستگاه مرجع به مطالب کتاب افزوده و با تأکید بیشتری به این موضوعات پرداخته‌اند و کلمه سیستم‌های محرکه را نیز به عنوان کتاب اضافه کرده‌اند که جزئیات بیشتر تفاوت‌های ویرایش دوم با ویرایش قبلی در پیشگفتار مولفان آمده است. به روز بودن مطالب جدید کتاب به خصوص در فصول ۱۱ تا ۱۵ ما را بر آن داشت که دست به ترجمه این مجموعه جدید بزنیم. امید این که ترجمه این کتاب به آموزش دانشجویان عزیز رشته برق در زمینه ماشین‌های الکتریکی و سیستم‌های محرکه کمک نموده و نیازهای مهندسين شاغل در صنعت را نیز برآورد سازد و گامی کوچک در راستای خودکفایی کشورمان باشد.

در اینجا جا دارد از دانشجویان کارشناسی ارشد رشته برق قدرت دانشگاه شهید بهشتی تهران و دانشگاه بین‌المللی امام خمینی قزوین که مطابقت نسخه نهایی ترجمه با متن انگلیسی کتاب را انجام داده‌اند تشکر نماییم. ویراستاری دقیق آقای مهندس سعید افشاری بهیمنی‌زاده برای کم کردن غلط‌های تایپی و روان نمودن متن تقدیر و تشکر می‌نماییم. دلگرمی‌ها و حمایت‌های مالی آقای قرایی مدیر محترم انتشارات سها دانش در به ثمر نشستن این کار بسیار تعیین کننده بود. در خاتمه لازم می‌دانم از خانواده‌هایمان که با صبر و شکیبایی محیط مناسبی برای کار را برای ما فراهم نموده‌اند سپاسگزاری نمایم. قطعاً تهیه و تنظیم کتابی در این حجم خالی از اشکال نخواهد بود. موجب امتنان خواهد بود که خوانندگان اینجانبان را از این اشکالات آگاه نموده تا در چاپ‌های بعدی در نظر گرفته شود.

با آرزوی توفیق الهی در خدمت به نهضت علمی کشور

مصطفی صدیقی‌زاده (استادیار دانشگاه شهید بهشتی) m_sedighi@sbu.ac.ir

محمد صادق صابری (دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی برق قدرت دانشگاه شهید بهشتی تهران)

ویرایش اول این کتاب توسط پال سی کراوز در سال ۱۹۸۶ تألیف و بوسیله انتشارات مک گراهیل چاپ شد. هشت سال بعد همان کتاب توسط انتشارات IEEE پرس در حالی که الگ واسینچوک و اسکات سادهورف به عنوان همکاران مؤلف به کتاب افزوده شده بودند تجدید چاپ شد. تمرکز اولین ویرایش کتاب بیشتر بر تحلیل ماشین‌های الکتریکی با استفاده از دستگاه مرجع بود، در حالی که مفهوم دستگاه مرجع با سرعت دلخواه مورد تأکید قرار می‌گرفت. این نظریه علاوه بر این که در تحلیل ماشین‌های الکتریکی بوسیله بسیاری از تحلیل‌گران ماشین‌های الکتریکی مورد استفاده قرار گرفت، بلکه یکی از روش‌های مناسب برای تحلیل سیستم‌های محرکه الکتریکی نیز شد. در ویرایش اول کتاب استفاده از نظریه دستگاه مرجع برای تحلیل یک سیستم محرکه کامل شامل (ماشین، مبدل و کنترل‌کننده) چندان مورد تأکید قرار نگرفت. هدف این ویرایش توجه به این موضوع و برآورده نمودن نیاز مهندسانی است که در زمینه سیستم محرکه فعالیت دارند. به این دلیل کلمات «و سیستم‌های محرکه» به عنوان کتاب افزوده شده است.

اگر چه برخی از مطالب کتاب بازیابی شده و یا دچار تغییر و یا حذف شده‌اند (برای مثال مؤلفه‌های متقارن سه‌فاز) ولی بیشتر مطالب ارائه شده در ۱۰ فصل اول همان مطالب ویرایش اول هستند. ولی برخی مطالب فصول ۱۱ تا ۱۵ که در ارتباط با سیستم‌های محرکه الکتریکی هستند جدید می‌باشند. به خصوص تحلیل مبدل‌های مورد استفاده در سیستم‌های محرکه الکتریکی ارائه شده در فصول ۱۱ و ۱۳ و محرکه‌های موتورهای جریان مستقیم، القایی و جریان مستقیم بدون جاروبک معرفی شده در فصول ۱۲، ۱۴ و ۱۵ تغییرات جدی داشته‌اند.

قلب تحلیل مورد استفاده در این کتاب تبدیل به دستگاه مرجع اختیاری است. می‌توان نشان داد که همه تبدیلات حقیقی و موهومی مورد استفاده در تحلیل ماشین و محرکه در این کتاب حالت خاصی از این تبدیل عمومی هستند. تحلیل‌گران ماشین‌های الکتریکی جدید و محرکه‌ها باید نظریه دستگاه مرجع را به خوبی درک کنند. به این دلیل عملکرد کامل همه ماشین‌های الکتریکی و محرکه‌های در نظر گرفته شده به صورت خروجی‌های کامپیوتری رسم شده و متغیرهای اصلی آنها در دستگاه‌های مرجع مختلف رسم شده تا دانشجو بتواند اثرات و فواید این تبدیل را به خوبی درک کند.

مطالب این کتاب اگر دانشجویان درسی مقدماتی در ماشین‌های الکتریکی گذرانده باشند بسیار مفیدتر خواهد بود. با این حال دانشجویان کارشناسی آشنا با مسائل بدون چنین زمینه‌ای هم قادر به استفاده از این کتاب به عنوان یک کتاب درسی خواهند بود. اگر از این کتاب به عنوان اولین درس در این زمینه استفاده شود وقت زیادی باید صرف اصول اساسی مورد بحث در فصل ۱، بخش‌هایی از فصل ۲ که به ماشین‌های جریان مستقیم اصلی می‌پردازد، بیشتر فصل ۳ درباره‌ی نظریه دستگاه مرجع و بخش‌های آغازین فصل‌های ۴ و ۵ و ۶ در مورد ماشین‌های القایی، سنکرون و ماشین‌های جریان مستقیم بدون جاروبک شود.

برخی از مطالب کتاب که فقط برای مهندسان قدرت جذاب بوده‌اند و در ویرایش اول کتاب آمده بودند در این کتاب کاهش داده شده یا حذف شده‌اند. بهر حال مطالب بخش‌های پایانی فصل‌های ۴ و ۵ درباره ماشین‌های القایی و سنکرون و همچنین امیداندس کاربردی فصل هفتم و مدل‌های کاهش یافته فصل نهم زمینه مناسبی برای مهندسان سیستم‌های قدرت ایجاد می‌کنند.

در پایان ما از کوشش‌ها و کمک‌های منتقدان کتاب به خصوص محمداله‌اوری و کارکنان انتشارات IEEE و انتشارات جان وایلی و پسران قدردانی می‌نماییم.

وست لافایته - ایندیانا

نوامبر ۲۰۰۱

پال سی کراوز

الگ واسینچوک

اسکات دی سادهورف

فهرست مطالب

فصل اول: اصول اساسی ماشین‌های الکتریکی	۷
۱.۱ مقدمه	۷
۲.۱ مدارها با تزویج مغناطیسی	۷
۳.۱ تبدیل انرژی الکترو مکانیکی	۱۷
۴.۱ سیم پیچی‌های ماشین و MMF فاصله هوایی	۴۱
۵.۱ اندوکتانس‌های سیم پیچی و معادلات ولتاژ	۵۳
مراجع	۶۴
مسائل	۶۴
فصل دوم: ماشین‌های الکتریکی جریان مستقیم	۷۳
۱.۲ مقدمه	۷۳
۲.۲ ماشین‌های جریان مستقیم ابتدایی	۷۴
۳.۲ معادلات ولتاژ و گشتاور	۸۲
۴.۲ انواع اصلی ماشین‌های جریان مستقیم	۸۴
۵.۲ مشخصات دینامیکی موتورهای DC شنت و آهنربای دائم	۹۴
۶.۲ بلوک دیاگرامهای حوزه زمان و معادلات حالت	۹۸
۷.۲ حل مشخصات دینامیکی با استفاده از تبدیل لابلاس	۱۰۳
مراجع	۱۱۰
مسائل	۱۱۱
فصل سوم: نظریه دستگاه مرجع	۱۱۵
۱.۳ مقدمه	۱۱۵
۲.۳ تاریخچه	۱۱۶
۳.۳ معادله‌های تبدیل: تغییر متغیرها	۱۱۷
۴.۳ انتقال متغیرهای مدار ساکن به دستگاه مرجع اختیاری	۱۲۳
۵.۳ دستگاه‌های مرجع رایج	۱۲۴
۶.۳ انتقال بین دستگاههای مرجع	۱۳۱
۷.۳ تبدیل یک مجموعه متعادل	۱۳۲
۸.۳ روابط فازوری حالت دائمی متعادل	۱۳۳
۹.۳ معادلات ولتاژ حالت دائمی متعادل	۱۳۷
۱۰.۳ مشاهده متغیرها از چند دستگاه مرجع	۱۴۰
مراجع	۱۴۵
مسائل	۱۴۶
فصل چهارم: ماشینهای القایی متقارن	۱۴۹
۱.۴ مقدمه	۱۴۹
۲.۴ معادلات ولتاژ بر حسب متغیرهای ماشین	۱۵۰
۳.۴ معادله گشتاور بر حسب متغیرهای ماشین	۱۵۴
۴-۴ معادلات تبدیل برای مدارهای روتور	۱۵۵
۵.۴ معادلات ولتاژ در متغیرهای دستگاه مرجع اختیاری	۱۵۷
۶.۴ معادله گشتاور بر حسب متغیرهای دستگاه مرجع اختیاری	۱۶۱
۷.۴ دستگاههای مرجع رایج	۱۶۲
۸.۴ سیستم پرینیت	۱۶۳
۹.۴ تحلیل عملکرد حالت دائمی	۱۶۵
۱۰.۴ مشخصه‌های شتاب گیری بدون بار	۱۷۳
۱۱.۴ بررسی مشخصه‌های شتاب گیری آزاد در دستگاههای	
مرجع مختلف	۱۷۹
۱۲.۴ عملکرد دینامیکی در حین تغییرات ناگهانی در گشتاور بار	۱۸۶
۱۳.۴ عملکرد دینامیکی حین یک اتصال کوتاه سه فاز در	
پایانه‌های ماشین	۱۸۹
۱۴.۴ شبیه سازی کامپیوتری در دستگاه مرجع اختیاری	۱۹۱
مراجع	۱۹۵
مسائل	۱۹۷
فصل پنجم: ماشین‌های سنکرون	۲۰۱
۱.۵ مقدمه	۲۰۱
۲.۵ معادلات ولتاژ بر حسب متغیرهای ماشین	۲۰۲
۳.۵ معادله گشتاور بر حسب متغیرهای ماشین	۲۰۷
۴.۵ معادلات ولتاژ استاندارد بر حسب متغیرهای دستگاه مرجع	
اختیاری	۲۰۸
۵.۵ معادلات ولتاژ بر حسب متغیرهای دستگاه مرجع رتور:	
معادلات پارک	۲۱۰
۶.۵ معادلات گشتاور بر حسب متغیرهای جایگزین	۲۱۵
۷.۵ زاویه‌ی رتور و زاویه‌ی بین رتورها	۲۱۷
۸.۵ سیستم پرینیت	۲۱۸
۹.۵ تحلیل عملکرد حالت دائمی	۲۱۹
۱۰.۵ عملکرد دینامیکی حین یک تغییر ناگهانی در گشتاور	
ورودی	۲۲۸
۱۱.۵ عملکرد دینامیکی حین یک خطای سه فاز در پایانه‌های	
ماشین	۲۳۳
۱۲.۵ مشخصه‌های تقریبی گشتاور گذرا بر حسب زاویه‌ی رتور	۲۳۷
۱۳.۵ مقایسه‌ی مشخصات گشتاور - زاویه‌ی گذرای واقعی و	
تقریبی هنگام وقوع یک تغییر ناگهانی در گشتاور ورودی - حد	
پایداری گذرای نوسان اول	۲۴۰
۱۴.۵ مقایسه‌ی مشخصات گشتاور - زاویه‌ی واقعی و گذرای	
تقریبی هنگام وقوع یک خطای سه فاز در پایانه‌ها: زمان بحرانی	
رفع خطا	۲۴۷
۱۵.۵ روش مساحت‌های مساوی	۲۵۰
۱۶.۵ شبیه‌سازهای کامپیوتری	۲۵۴
مراجع	۲۶۳
مسائل	۲۶۴
فصل ششم: نظریه ماشینهای DC بدون جارک	۲۶۹
۱.۶ مقدمه	۲۶۹
۲.۶ معادلات ولتاژ و گشتاور بر حسب متغیرهای ماشین	۲۶۹
۳.۶ معادلات ولتاژ و گشتاور بر حسب متغیرهای دستگاه مرجع	
روتور	۲۷۲
۴.۶ تحلیل عملکرد حالت دائمی	۲۷۴
۵.۶ عملکرد دینامیکی	۲۸۱
مراجع	۲۸۱
مسائل	۲۸۹
فصل هفتم: معادلات ماشین بر حسب امیدانسیهای کاربردی و	
ناپذای زمانی	۲۹۱
۱.۷ مقدمه	۲۹۱
۲.۷ معادلات پارک به شکل کاربردی	۲۹۲
۳.۷ امیدانسیهای کاربردی و $G(p)$ برای ماشین سنکرونی با	
چهار سیمپیچی روی روتور	۲۹۲
۴.۷ راکتانسیهای استاندارد ماشین سنکرون	۲۹۶
۵.۷ ناپذای زمانی استاندارد ماشین سنکرون	۲۹۸
۶.۷ ثابت زمانهای محاسبه شده ماشین سنکرون	۲۹۹
۷.۷ تعیین پارامترها از مشخصه‌های اتصال کوتاه	۳۰۲
۸.۷ تعیین پارامترها از مشخصات پاسخ فرکانسی	۳۰۹
مراجع	۳۱۶
مسائل	۳۱۷

۲۶۰	۷.۱۲ کنترل ماشین با مبدل dc/dc کنترل شده با ولتاژ	۳۱۹	فصل هشتم: معادلات خطی شده ماشین
۴۶۳	۸.۱۲ کنترل ماشین با مبدل dc/dc کنترل شده با جریان	۳۱۹	۱.۸ مقدمه
۴۷۰	۹.۱۲ مراجع	۳۲۰	۲.۸ معادلات ماشین که باید خطی شوند
۴۷۱	۱۰.۱۲ مسائل	۳۲۱	۳.۸ خطی سازی معادلات ماشین
۴۷۵	فصل سیزدهم: مبدل های پل سه فاز تمام کنترل شده	۳۲۰	۴.۸ پایداری در جابجایی کوچک: مقادیر ویژه
۴۷۵	۱.۱۳ مقدمه	۳۳۱	۵.۸ مقادیر ویژه ماشینهای القایی نوعی
۴۷۵	۲.۱۳ مبدل پل سه فاز	۳۳۲	۶.۸ مقادیر ویژه ماشینهای سنکرون نوعی
۴۸۱	۳.۱۳ عملکرد منبع ولتاژ ۱۸۰	۳۳۶	۷.۸ فرمولبندی تابع انتقال
۴۸۸	۴.۱۳ مدولاسیون پهنای پالس (PWM)	۳۴۱	مراجع
۴۹۱	۵.۱۳ مدولاسیون سینوسی - مثلثی	۳۴۱	مسائل
۴۹۶	۶.۱۳ تزریق هارمونیک سوم	۳۴۳	فصل نهم: معادلات ماشین با کاهش مرتبه
۴۹۸	۷.۱۳ مدولاسیون بردار فضایی	۳۴۳	۹.۱ مقدمه
۵۰۳	۸.۱۳ مدولاسیون هیستریزیس	۳۴۴	۲.۹ معادلات با کاهش مرتبه
۵۰۵	۹.۱۳ مدولاسیون دلتا	۳۴۹	۳.۹ پیش بینی رفتار ماشین القایی در هنگام وقوع اغتشاش بزرگ
۵۰۶	۱۰.۱۳ کنترل حلقه باز ولتاژ و جریان	۳۵۰	توسط معادلات کاهش یافته
۵۰۸	۱۱.۱۳ کنترل ولتاژ و جریان حلقه بسته	۳۵۹	۴.۹ پیش بینی رفتار ماشین سنکرون در هنگام وقوع اغتشاش بزرگ توسط معادلات کاهش یافته
۵۱۲	۱۲-۱۳ مراجع	۳۵۹	۵.۹ معادلات کاهش یافته خطی شده
۵۱۴	۱۳-۱۳ مسائل	۳۶۰	۶.۹ پیش بینی مقادیر ویژه با استفاده از معادلات کاهش مرتبه یافته خطی شده
۵۱۷	فصل چهاردهم: درایوهای موتور القایی	۳۶۲	۷.۹ ماشین القایی
۵۱۷	۱.۱۴ مقدمه	۳۶۲	۸.۹ بیان رهنمودها و نظرات
۵۱۷	۲.۱۴ کنترل ولتاژ بر هرترز	۳۶۳	مراجع
۵۲۴	۳.۱۴ کنترل جریان لغزش ثابت	۳۶۴	مسائل
۵۳۱	۴.۱۴ کنترل جهتی میدان	۳۶۵	فصل دهم: ماشینهای القایی دوفاز متقارن و نامتقارن
۵۳۵	۵.۱۴ کنترل جهتی میدان جهتی روتور مستقیم	۳۶۵	۱.۱۰ مقدمه
۵۳۷	۶.۱۴ کنترل جهتی میدان مستقیم مقاوم	۳۶۶	۲.۱۰ تحلیل ماشینهای القایی دوفاز متقارن
۵۴۲	۷.۱۴ کنترل جهتی میدان روتور غیرمستقیم	۳۶۶	۳.۱۰ معادلات ولتاژ و گشتاور بر حسب متغیرهای ماشین برای ماشینهای القایی دوفاز نامتقارن
۵۴۵	۸.۱۴ نتایج	۳۷۴	۴.۱۰ معادلات ولتاژ و گشتاور بر حسب متغیرهای دستگاه مرجع ساکن برای ماشینهای القایی دوفاز نامتقارن
۵۴۶	۹.۱۴ مراجع	۳۷۵	۵.۱۰ تحلیل عملکرد حالت دائمی ماشینهای القایی دوفاز نامتقارن
۵۴۶	۱۰.۱۴ مسائل	۳۸۵	۶.۱۰ ماشینهای القایی تک فاز
۵۴۹	فصل پانزدهم: درایوهای موتور dc بدون جاروبک	۳۹۲	مراجع
۵۴۹	۱.۱۵ مقدمه	۳۹۳	مسائل
۵۵۰	۲.۱۵ درایوهای اینورتر منبع ولتاژ	۳۹۵	فصل یازدهم: مبدل های پل نیمه کنترل شونده
۵۵۱	۳.۱۵ معادل سازی طرحهای اینورتر منبع ولتاژ (VSI) بامنبع ایده آل شده	۳۹۵	۱.۱۱ مقدمه
۵۵۱	۴.۱۵ تحلیل مقدار متوسط درایوهای VSI	۳۹۵	۲.۱۱ مبدل تک فاز با کموتاسیون بار
۵۵۹	۵.۱۵ عملکرد حالت ماندگار درایوهای VSI	۴۰۵	۳.۱۱ مبدل کموتاسیون بار سه فاز
۵۶۲	۶.۱۵ عملکرد دینامیک و گذر درایوهای VSI	۴۱۱	۴.۱۱ مراجع
۵۶۵	۷.۱۵ بررسی هارمونیک های حالت ماندگار	۴۱۱	۵.۱۱ مسائل
۵۶۸	۸.۱۵ مطالعه موردی: کنترل سرعت بر اساس اینورتر منبع ولتاژ	۴۲۱	فصل دوازدهم: درایوهای ماشین dc
۵۷۲	۹.۱۵ درایوهای اینورتر تنظیم کننده جریان	۴۲۱	۱.۱۲ مقدمه
۵۷۶	۱۰.۱۵ محدودیت های ولتاژ درایور اینورتر منبع جریان	۴۲۱	۲.۱۲ مبدل های حالت جامد برای سیستم های محرک dc
۵۷۹	۱۱.۱۵ بدست آوردن فرمان جریان	۴۲۱	۳.۱۲ مشخصه های دینامیکی و حالت دائم درایوهای مبدل dc/dc
۵۸۱	۱۲.۱۵ مدل سازی مقدار متوسط درایوهای اینورتر کنترل شده با جریان	۴۲۷	۴.۱۲ درایو با مبدل dc/dc یک ربعی
۵۸۴	۱۳.۱۵ مطالعه موردی: کنترل کننده سرعت بر اساس اینورتر تنظیم کننده جریان	۴۵۴	۵.۱۲ درایو با مبدل dc/dc دو ربعی
۵۸۶	۱۴.۱۵ مراجع	۴۵۸	۶.۱۲ درایو با مبدل dc/dc چهار ربعی
۵۸۹	۱۵.۱۵ مسائل		