

تحلیل ماشین‌های الکتریکی و سامانه‌های درایو (ویرایش دوم)

پدیدآورندگان

پاول سی. کراوز

ولگ وازینزوک

اسکات د. سودوف

دانشگاه پردو ایندیانا

برگردانندگان

سید مرتضی سقائیان‌نژاد

استاد دانشکده مهندسی برق

دانشگاه صنعتی اصفهان

حسن نیک‌خواجوهی

مدیر عامل شرکت یونایتد گلوب کانادا

امیر رشیدی

دانشجوی دکتری دانشکده مهندسی برق

دانشگاه صنعتی اصفهان



دانشگاه صنعتی اصفهان
مرکز نشر

شماره کتاب ۴۳

گروه فنی مهندسی ۲۷

تحلیل ماشین‌های الکتریکی و سامانه‌های درایو (ویرایش دوم)

پدیدآورندگان	پاول سی. کراوز، اولگ وازینزوک، اسکات د. سودوف
برگردانندگان	سیدمرتضی سقائیانزاد، حسن نیکخواجی، امیر رشیدی
ویراستار ادبی	محبوبه شمس
صفحه آرایی	مسعود رشیدی
ناشر	مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان
لیتوگرافی، چاپ و صحافی	چاپخانه دانشگاه صنعتی اصفهان
چاپ اول	زمستان ۱۳۹۵
تیراژ	۳۰۰۰ جلد
شابک	۹۷۸-۶۰۰-۸۲۵۷-۰۹-۷
قیمت	۲۹۹۰۰۰ ریال

سرشناسه	کراس، پل، ۱۹۰۴ - ۱۹۴۴ م.
عنوان و نام پدیدآور	تحلیل ماشین‌های الکتریکی و سامانه‌های درایو/ پدیدآورندگان پاول سی. کراوز، اولگ وازینزوک، اسکات د. سودوف؛ برگردانندگان سیدمرتضی سقائیانزاد، حسن نیکخواجی، امیر رشیدی.
وضعیت ویراست	ویراست
مشخصات نشر	اصفهان: دانشکده صنعتی اصفهان، مرکز نشر، ۱۳۹۵.
مشخصات ظاهری	یازده، ۶۹۵ ص.؛ سوزن، نمودار.
فروست	دانشگاه صنعتی اصفهان، مرکز نشر؛ ۴۳، گروه فنی و مهندسی؛ ۲۷.
شابک	978-600-8257-09-7
وضعیت فهرست نویسی	فیبیا
یادداشت	عنوان اصلی: Analysis of electric machinery and drive systems, 2nd ed, 2002.
یادداشت	کتاب حاضر تحت عنوان «تجزیه و تحلیل ماشین‌های الکتریکی و سیستم‌های محرکه» ترجمه حمید لسانی، وحید سمانیان، مهد نورمحمدپور توسط انتشارات قدیس در همین سال فیبا گرفته است.
یادداشت	واژه‌نامه.
یادداشت	کتابنامه.
عنوان دیگر	تجزیه و تحلیل ماشین‌های الکتریکی و سیستم‌های محرکه.
موضوع	ماشین‌آلات برقی Electric machinery
موضوع	محرک‌های برقی Electric driving
شناسه افزوده	واسن زوک، اولگ Wasynczuk, Oleg
شناسه افزوده	سادهوف، اسکات دی. Sudhoff, Scott D
شناسه افزوده	سقائیانزاد، مرتضی، ۱۳۳۰، مترجم، نیکخواجی، حسن، ۱۳۴۹، مترجم، رشیدی، امیر، ۱۳۶۳، مترجم، دانشگاه صنعتی اصفهان. مرکز نشر
رده بندی کنگره	الف ۱۳۹۵ ۳۴۳/ک۴ TK2۱۸۱
رده بندی دیویی	۶۲۱/۳۱۰۴۲
شماره کتابشناسی ملی	۴۵۵۴۱۰۷

حق چاپ برای مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان محفوظ است.

اصفهان: دانشگاه صنعتی اصفهان - مرکز نشر - کدپستی ۸۳۱۱۱-۸۴۱۵۶ تلفن: ۰۱۰-۳۳۹۱۲۵۰۹-۳۳۹۱۲۵۵۲ دورنگار: ۳۳۹۱۲۵۵۲ برای خرید اینترنتی کلیه کتاب‌های منتشره مرکز نشر می‌توانید به وبگاه <http://publication.iut.ac.ir> مراجعه یا مستقیماً از کتابفروشی مرکز نشر واقع در کتابخانه مرکزی دانشگاه صنعتی اصفهان (تلفن ۳۳۹۱۳۹۵۲) خریداری فرمایید.

پیشگفتار مؤلفان

ویرایش اول این کتاب توسط پاول سی کراوز نوشته شد و در سال ۱۹۸۶ میلادی توسط انتشارات مک گرو هیل چاپ گردید. هشت سال بعد همان کتاب توسط انتشارات IEEE به همراه اولگ وازیناک و اسکات د. سودهوف به عنوان نویسندگان همکار، چاپ مجدد شد. تمرکز و ریش، ول روی تحلیل ماشین‌های الکتریکی با استفاده از تئوری قاب مرجع بود که در آن، مفهوم قاب مرجع اختیاری تأکید شده بود. نه تنها این روش مورد اقبال طیف وسیعی از تحلیل‌گران ماشین‌ها، الکتریکی قرار گرفت، بلکه همچنین به عنوان یک روش در تحلیل سیستم‌های محرکه الکتریکی استفاده شد. استفاده از تئوری قاب مرجع به منظور تحلیل یک سیستم کامل محرکه (مانند مبدا و کنترل) در ویرایش اول مورد تأکید قرار نگرفت. هدف از این ویرایش تکمیل این نقیصه و نگاه کردن نیاز یک مهندس با شغل تحلیل و طراحی یک سیستم کامل محرکه است.

اگرچه بخشی از مطالب کتاب جابه‌جا یا ریزی و بخش‌هایی (مؤلفه‌های متقارن سه‌فاز) هم حذف شده است، اما بیشتر مطالب مربوط به دو فصل ابتدایی مربوط به ویرایش قبلی آورده شده است. بیشتر مطالب مربوط به فصول ۱ تا ۱۶ در مورد سیستم‌های محرکه جدید هستند. به طور ویژه، تحلیل مبدل‌های استفاده‌شده در سیستم‌های محرکه الکتریکی فصول ۱۱ و ۱۳ ارایه شده است، در حالی که محرکه‌های موتور، انجاف و ریمون بدون جاروبک به ترتیب در فصول ۱۲، ۱۴ و ۱۵ تحلیل شده‌اند.

بخش اصلی تحلیل استفاده‌شده در این کتاب تبدیل در قاب مرجع اختیاری است. می‌توان نشان داد که کلیه تبدیل‌های حقیقی و مختلط استفاده‌شده در تحلیل‌های ماشین و محرکه حالت‌های خاصی از این تبدیل کلی هستند. یک تحلیل‌گر ماشین‌های الکتریکی مدرن و محرکه باید تئوری قاب مرجع را فهمیده باشد. به این دلیل، عملکرد کامل کلیه ماشین‌های در نظر گرفته‌شده توسط منحنی‌های رایانه‌ای نشان داده شده است که متغیرها غالباً در قاب‌های مرجع متفاوتی رسم شده‌اند، به گونه‌ای که دانشجو قادر به ارزش‌گذاری مزایا و معایب تبدیل استفاده‌شده باشد.

اگر دانشجو درس مقدماتی ماشین‌های الکتریکی را گذرانده باشد، بیشتر مطالب ارایه‌شده

در این کتاب می‌تواند به صورت مفید مورد استفاده قرار گیرد. اگرچه که یک دانشجوی سال چهارم به راحتی می‌تواند از این کتاب به عنوان اولین درس در این زمینه استفاده کند. برای این منظور، زمان قابل توجهی باید برای مفاهیم مقدماتی بحث شده در فصل ۱، شاید بخشی از ماشین‌های مقدماتی، کل فصل ۳ شامل تئوری قاب مرجع و بخش‌های ابتدایی فصول ۴، ۵ و ۶ شامل ماشین‌های القایی، سنکرون و ماشین‌های بدون جاروبک اختصاص داده شود.

بعضی از مطالب ویراست قبلی که فقط مورد علاقه یک مهندس برق-قدرت می‌باشد، کاهش یافته یا حذف شده است، اگرچه که مطالب ارائه شده در بخش‌های پایانی فصول ۴ و ۵ روی ماشین‌های القایی و سنکرون و به همان نسبت امیدانس‌های عملکردی (فصل ۷) و مدل‌سازی کاهش مرتبه‌یافته (فصل ۹) پیش‌زمینه خیلی خوبی را برای مهندس برق-قدرت فراهم می‌کند.

بر خود زم می‌داریم که از زحمات و همکاری‌های داوران بازبینی و به طور ویژه، دکتر محمد ال‌هاواری و از پرسنل انتشارات IEEE و جان وایلی تشکر به عمل آوریم.

پاول سی کراوز
اولگ وازینزاک
اسکات سودهوف

پیشگفتار مترجمان

دروس مربوط به ماشین‌های الکتریکی یکی از سنگین‌ترین مباحث درسی دانشجویان مهندسی برق-قدرت است. از این رو درک عمیق و فیزیکی مباحث این دروس از یک طرف و بیان ریاضی، مدل‌سازی آنها از طرف دیگر اهمیت ویژه‌ای دارد. «کتاب تحلیل ماشین‌های الکتریکی» یکی از معدود کتاب‌های جامع در مورد مفاهیم ماشین‌های الکتریکی است که در بیشتر دانشگاه‌های ایران تدریس می‌شود و به خوبی از عهده دستیابی به اهداف مذکور برآمده است. این اثر ترجمه براساس دوم کتابی است که توسط آقای دکتر کراوز و اساتید مهندسی برق دانشگاه پرور به رشته تحریر درآمده است و می‌تواند برای دانشجویان مهندسی برق و مهندسین مورد استفاده قرار گیرد.

در ترجمه این اثر تا جای ممکن، سعی شده است که ضمن پایبندی به شکل و محتوای متن اصلی، سادگی، روانی و رسایی ترجمه نیز حفظ شود. این کتاب می‌تواند به عنوان کتاب درسی و کمک درسی برای دروس ماشین‌های الکتریکی در مقطع کارشناسی و درس تئوری جامع ماشین‌های الکتریکی در مقاطع تحصیلات تکلیفی تدریس شود.

در انتها بر خود لازم می‌دانیم که از زحمات‌های آقای دکتر بهرام شریف‌نهی، رئیس مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان، خانم مرضیه خردمند به خاطر دقت در تصحیح کتاب و همه دست‌اندرکاران مرکز نشر، کمال قدردانی را داشته باشیم و امید داریم ترجمه این کتاب، گامی هرچند کوچک برای خدمت به جامعه دانشگاهی و مهندسی کشورمان باشد. باعث بسی افتخار است تا ما را از نقطه‌نظرهای خود بهره‌مند سازید.

با آرزوی توفیق برای خدمت به اسلام و مسلمین

دکتر سید مرئضی سقائیان نژاد saghaian@cc.iut.ac.ir

دکتر حسن نیک‌خواجوهی nikk_h@yahoo.ca

مهندس امیر رشیدی a.rashidi@ec.iut.ac.ir

فهرست مطالب

۱	۱: اصول اساسی برای تحلیل ماشین الکتریکی
۱	۱-۱ مقدمه
۱	۱-۱ مدارهای تزویج شده مغناطیسی
۱۲	۳-۱ تبدیل انرژی "کرومکانیکی"
۳۸	۴-۱ سیم پیچ های ماشین و MMF فاصله هوایی
۵۲	۵-۱ اندوکتانس های سیم پیچ و معادله های ولتاژ
۶۵	۶-۱ مسایل
۷۵	۲: ماشین های جریان مستقیم
۷۵	۱-۲ مقدمه
۷۶	۲-۲ ماشین جریان مستقیم ابتدایی
۸۵	۳-۲ معادله های ولتاژ و گشتاور
۸۷	۴-۲ انواع اصلی ماشین های جریان مستقیم
۱۰۰	۵-۲ مشخصه های دینامیکی موتورهای dc مغناطیس دائمی
۱۰۵	۶-۲ بلوک دیاگرام های زمانی و معادله های حالت
۱۱۱	۷-۲ پاسخ مشخصه های دینامیکی با استفاده از تبدیل لاپلاس
۱۱۹	۸-۲ مسایل
۱۲۳	۳: نظریه دستگاه مرجع
۱۲۳	۱-۳ مقدمه
۱۲۳	۲-۳ تاریخچه
۱۲۵	۳-۳ معادله های تبدیل-تغییر متغیرها
۱۳۰	۴-۳ انتقال متغیرهای مدار ساکن به دستگاه مرجع اختیاری
۱۳۸	۵-۳ دستگاه های مرجع متعارف

۱۳۹	تبدیل بین دستگاه‌های مرجع	۶-۳
۱۴۱	تبدیل یک مجموعه متعادل شده	۷-۳
۱۴۲	روابط فیزیکی حالت دایمی متعادل	۸-۳
۱۴۶	معادله‌های ولتاژ حالت دایمی متعادل شده	۹-۳
۱۵۰	دیدن متغیرها از چند دستگاه مرجع	۱۰-۳
۱۵۵	مسایل	۱۱-۳

۴: نظریه ماشین‌های القایی متقارن

۱۵۹	مقدمه	۱-۴
۱۶۰	معادله‌های ولتاژ در متغیرهای ماشین	۲-۴
۱۶۴	معادله گشتاور در متغیرهای ماشین	۲-۴
۱۶۵	معادله‌های تبدیل برای مدارهای روتور	۴-۴
۱۶۷	معادله‌های ولتاژ و دینامیکی در متغیرهای دستگاه مرجع اختیاری	۵-۴
۱۷۴	معادله گشتاور در متغیرهای دستگاه مرجع اختیاری	۶-۴
۱۷۴	دستگاه‌های مرجع متقارن	۷-۴
۱۷۵	سیستم پریونیت	۸-۴
۱۷۸	تحلیل عملکرد حالت دایمی	۹-۴
۱۸۷	مشخصه‌های راه‌اندازی شتاب‌گیری بدون بار	۱۰-۴
۱۹۴	مشخصه‌های شتاب‌گیری آزاد از دستگاه مرجع مختلف	۱۱-۴
۲۰۱	کارایی دینامیکی طی تغییرات ناگهانی در گشتاور بار	۱۲-۴
۲۰۴	کارایی دینامیکی طی یک اتصال کوتاه ستاندر در پاداش‌های ماشین	۱۳-۴
۲۰۷	شبیه‌سازی رایانه‌ای در قاب مرجع اختیاری	۱۴-۴
۲۱۱	مسایل	۱۵-۴

۵: نظریه ماشین‌های سنکرون

۲۱۷	مقدمه	۱-۵
۲۱۸	معادله‌های ولتاژ و ولتاژ در متغیرهای ماشین	۲-۵
۲۲۴	معادله گشتاور در متغیرهای ماشین	۳-۵
۲۲۵	معادله‌های ولتاژ استاتور در متغیرهای دستگاه مرجع اختیاری	۴-۵
۲۲۶	معادله‌های ولتاژ در متغیرهای دستگاه مرجع روتور-معادله‌های پارک	۵-۵
۲۳۳	معادله گشتاور در متغیرهای جانشین	۶-۵

۲۳۶	۷-۵	زاویه روتور و زاویه بین روتورها
۲۳۷	۸-۵	سیستم پریونیت
۲۳۸	۹-۵	تحلیل عملکرد حالت دایمی
۲۴۹	۱۰-۵	کارایی دینامیکی طی یک تغییر ناگهانی در گشتاور ورودی
۲۵۵	۱۱-۵	کارایی دینامیکی طی یک خطای سه فاز در پایانه‌های ماشین
۲۶۰	۱۲-۵	مشخصه‌های تقریبی گشتاور گذرا نسبت به زاویه روتور
	۱۳-۵	مقایسه مشخصه‌های گشتاور-زاویه گذرای واقعی و تقریبی طی یک تغییر
۲۶۳		آگهانی در گشتاور ورودی-حد پایداری گذرای نوسان اول
	۱۴-۵	مقایسه مشخصه‌های گشتاور-زاویه واقعی و گذرای تقریبی طی یک
۲۷۱		اتصال کوتاه سه فاز در پایانه‌ها-زمان بحرانی رفع خطا
۲۷۳	۱۵-۵	روش ساختی مساوی
۲۸۰	۱۶-۵	شبیه‌سازی رایانه‌ای
۲۹۱	۱۷-۵	مسایل
۲۹۷	۶:	نظریه ماشین‌های dc بدون جاروبک
۲۹۷	۱-۶	مقدمه
۲۹۷	۲-۶	معادله‌های ولتاژ و گشتاور در متغیرهای ماشین
۳۰۰	۳-۶	معادله‌های ولتاژ و گشتاور در متغیرهای دستگاه مرجع روتور
۳۰۳	۴-۶	تحلیل عملکرد حالت دایمی
۳۱۲	۵-۶	عملکرد دینامیکی
۳۲۰	۶-۶	مسایل
۳۲۳	۷:	امپدانس‌های کاربردی و ثابت‌های زمانی ماشین‌های سنکرون
۳۲۳	۱-۷	مقدمه
۳۲۴	۲-۷	معادله‌های پارک به شکل کاربردی
	۳-۷	امپدانس‌های کاربردی و $G(p)$ برای یک ماشین سنکرون با چهار سیم‌پیچی
۳۲۵		روی روتور
۳۲۸	۴-۷	راکتانس‌های استاندارد ماشین سنکرون
۳۳۰	۵-۷	ثابت‌های زمانی استاندارد ماشین سنکرون
۳۳۱	۶-۷	ثابت‌های زمانی محاسبه شده ماشین سنکرون
۳۳۵	۷-۷	تعیین پارامترها از مشخصه‌های اتصال کوتاه

۳۴۲	تعیین پارامترها از مشخصه‌های پاسخ فرکانسی	۸-۷
۳۵۱	مسایل	۹-۷

۳۵۳ ۸: معادله‌های خطی شده ماشین

۳۵۳	مقدمه	۱-۸
۳۵۳	معادله‌هایی از ماشین که باید خطی شوند	۲-۸
۳۵۶	خطی‌سازی معادله‌های ماشین	۳-۸
۳۶۷	مقادیر ویژه-پایداری در جابه‌جایی کوچک	۴-۸
۳۶۸	مقادیر ویژه ماشین‌های القایی نمونه‌وار	۵-۸
۳۷۰	مقادیر ویژه ماشین‌های سنکرون نمونه‌وار	۶-۸
۳۷۳	فره‌آبندی تابع انتقال	۷-۸
۳۸۱	مسایل	۸-۸

۳۸۳ ۹: معادله‌های ماشین با کاهش مرتبه

۳۸۳	مقدمه	۱-۹
۳۸۴	معادله‌های با کاهش مرتبه	۲-۹
۳۹۰	پیش‌بینی رفتار تغییرات بزرگ ماشین القایی توسط معادله‌های کاهش مرتبه‌یافته	۳-۹
۳۹۹	پیش‌بینی رفتار تغییرات بزرگ ماشین سنکرون توسط معادله‌های کاهش مرتبه‌یافته	۴-۹
۴۰۲	معادله‌های کاهش مرتبه‌یافته خطی شده	۵-۹
۴۰۳	پیش‌بینی مقادیر ویژه با معادله‌های کاهش مرتبه‌یافته خطی شده	۶-۹
۴۰۵	شبیه‌سازی مدل‌های کاهش مرتبه‌یافته	۷-۹
۴۰۸	تفسیرها و رهنمودهای نهایی	۸-۹
۴۰۹	مسایل	۹-۹

۴۱۱ ۱۰: نظریه ماشین‌های القایی دوفاز متقارن و نامتقارن

۴۱۱	مقدمه	۱-۱۰
۴۱۲	تحلیل ماشین‌های القایی دوفاز متقارن	۲-۱۰
۴۲۲	معادله‌های ولتاژ و گشتاور در متغیرهای ماشین برای ماشین‌های القایی دوفاز نامتقارن	۳-۱۰

۴-۱۰ معادله‌های ولتاژ و گشتاور در متغیرهای دستگاه مرجع ساکن برای ماشین‌های

۴۲۴	القایی دوفاز نامتقارن
۴۲۹	۵-۱۰ تحلیل عملکرد حالت دایمی ماشین‌های القایی دوفاز نامتقارن
۴۳۵	۶-۱۰ ماشین‌های القایی تک‌فاز
۴۴۶	۷-۱۰ مسایل

۴۴۹ ۱۱: مبدل‌های پل نیمه‌کنترل‌شده

۴۴۹	۱-۱۱ مقدمه
۴۴۹	۲-۱۱ مدل کامل تک‌فاز
۴۵۸	۳-۱۱ مبدل کامل سه‌فاز
۴۷۹	۴-۱۱ مسایل

۴۸۱ ۱۲: محرک‌های ماشین‌های

۴۸۱	۱-۱۲ مقدمه
۴۸۱	۲-۱۲ مبدل‌های حالت جابجایی، سیستم‌های محرکه dc
۴۸۵	۳-۱۲ مشخصه‌های دینامیکی و حالت پایداری محرک‌های مبدل ac/dc
۴۹۹	۴-۱۲ محرک با مبدل تک‌ربعی
۵۲۰	۵-۱۲ محرک مبدل dc/dc دو ربعی
۵۲۳	۶-۱۲ محرک مبدل dc/dc چهار ربعی
۵۲۷	۷-۱۲ کنترل ماشین با مبدل dc/dc کنترل‌شونده با ولتاژ
۵۲۹	۸-۱۲ کنترل ماشین با مبدل dc/dc کنترل‌شونده با جریان
۵۳۹	۹-۱۲ مسایل

۵۴۵ ۱۳: مبدل‌های پل سه‌فاز تمام کنترل‌شده

۵۴۵	۱-۱۳ مقدمه
۵۴۵	۲-۱۳ مبدل پل سه‌فاز
۵۵۱	۳-۱۳ عملکرد منبع ولتاژ ۱۸۰°
۵۶۰	۴-۱۳ مدولاسیون پهنای پالس
۵۶۳	۵-۱۳ مدولاسیون سینوسی-مثلثی
۵۶۹	۶-۱۳ تزریق هارمونیک سوم
۵۷۲	۷-۱۳ مدولاسیون بردار فضایی

۵۷۷	۸-۱۳ مدولاسیون هیستریزس
۵۸۰	۹-۱۳ مدولاسیون دلتا
۵۸۱	۱۰-۱۳ کنترل حلقه باز ولتاژ و جریان
۵۸۴	۱۱-۱۳ کنترل حلقه بسته ولتاژ و جریان
۵۹۱	۱۲-۱۳ مسایل

۱۴: محرکه‌های موتور القایی

۵۹۵	۱-۱۴ مقدمه
۵۹۵	۲-۱۴ کنترل ولت بر هر ترمز
۶۰۱	۳-۱۴ کنترل جریان با لغزش ثابت
۶۱۰	۴-۱۴ کنترل جهت‌یابی میدان
۶۱۵	۵-۱۴ کنترل مستقیم جهت‌یابی میدان روتور
۶۱۷	۶-۱۴ کنترل متغیر مقدار مستقیم جهت‌یابی میدان روتور
۶۲۱	۷-۱۴ کنترل مقاوم بر مستقیم جهت‌یابی میدان روتور
۶۲۶	۸-۱۴ نتیجه‌گیری
۶۲۷	۹-۱۴ مسایل

۱۵: محرکه‌های موتور dc بدون جاروبک

۶۲۹	۱-۱۵ مقدمه
۶۳۰	۲-۱۵ محرکه‌های با اینورتر منبع ولتاژ
۶۳۱	۳-۱۵ معادل شماتیک VSI با منبع ایدال
۶۴۱	۴-۱۵ تحلیل مقدار متوسط محرکه‌های VSI
۶۴۴	۵-۱۵ کارایی حالت پایدار محرکه‌های VSI
۶۴۷	۶-۱۵ کارایی گذرا و دینامیک محرکه‌های VSI
۶۵۰	۷-۱۵ بررسی هارمونیک‌های حالت پایدار
۶۵۶	۸-۱۵ مطالعه موردی: کنترل سرعت مبتنی بر اینورتر منبع ولتاژ
۶۵۹	۹-۱۵ محرکه‌های مبتنی بر اینورتر تنظیم‌شده با جریان
۶۶۴	۱۰-۱۵ محدودیت‌های ولتاژ محرکه‌های مبتنی بر اینورتر منبع جریان
۶۶۶	۱۱-۱۵ تشکیل جریان مرجع
۶۷۱	۱۲-۱۵ مدل‌سازی مقدار متوسط محرکه‌های مبتنی بر اینورتر تنظیم‌شده با جریان
۶۷۳	۱۳-۱۵ مطالعه موردی: کنترل‌کننده سرعت مبتنی بر اینورتر تنظیم‌شده با جریان

۶۷۷	 ۱۴-۱۵ مسایل
۶۷۹	آ: روابط مثلثاتی
۶۸۱	ب: ثابت‌ها و ضرایب تبدیل
۶۸۳	پ: اختصارات
۶۸۵	واژه‌نامه فارسی به انگلیسی
۶۹۱	واژه‌یاب

www.ketab.ir