



کنترل برداری و دینامیک محرکه‌های الکتریکی AC

تألیف:

نووتنی و لیپو

ترجمه:

دکتر جعفر میلی‌منفرد

استاد دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی‌تکنیک تهران)

مهندس فردین دالوند

کارشناس ارشد مهندسی برق

زمستان ۱۴۰۰

سرشناسه	: نووتنی، دی. دبلیو Novotny, D. W.
عنوان و نام پدیدآور	: کنترل برداری و دینامیک محرکه‌های الکتریکی AC/تألیف نووتنی و لیپو؛ ترجمه جعفر میلی‌منفرد، فردین دالوند.
مشخصات نشر	: تهران: دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)، ۱۳۹۱.
مشخصات ظاهری	: ۵۳۲ ص.
شابک	: ۹۷۸-۹۶۴-۴۶۳-۴۷۱-۰
وضعیت فهرست‌نویسی	: فیبا
یادداشت	: عنوان اصلی: Vector control dynamics of AC drives, 1996.
موضوع	: ماشین‌آلات برقی - جریان متناوب - الگوهای ریاضی.
موضوع	: مبدل‌های جریان برق - الگوهای ریاضی.
موضوع	: اصل جهت‌یابی میدان.
موضوع	: بردارها.
موضوع	: اعداد مختلط.
شناسه افزوده	: لیپو، تی. ا. Lipo, T. A.
شناسه افزوده	: میلی‌منفرد، جعفر، ۱۳۳۲ - ، مترجم.
شناسه افزوده	: دالوند، فردین، مترجم.
شناسه افزوده	: دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران). مرکز نشر.
شناسه افزوده	: Amirkabir University of Technology (Tehran Polytechnic). Publishing Center.
رده‌بندی کنگره	: TK۲۷۴۴/ن۹ک۹ ۱۳۹۱
رده‌بندی دیویی	: ۶۲۱/۳۱۰۴۲
شماره کتابشناسی ملی	: ۲۸۳۰۷۴۵



انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)

عنوان کتاب	: کنترل برداری و دینامیک محرکه‌های الکتریکی AC
تألیف	: نووتنی و لیپو
ترجمه	: جعفر میلی‌منفرد، فردین دالوند
ناشر	: انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
لیتوگرافی، چاپ و صحافی	: انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
چاپ سوم	: زمستان ۱۴۰۰
قیمت	: ۱۵۰۰۰ تومان
تیراژ	: ۵۰
شابک	: ۹۷۸-۹۶۴-۴۶۳-۴۷۱-۰ ISBN : 978-964-463-471-0

آدرس مرکز پخش: خیابان ولیعصر، روبروی خیابان بزرگمهر، فروشگاه کتاب مرکز نشر

دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران) - تلفن: ۶۶۴۹۸۸۶۸

وبسایت: <http://publication.aut.ac.ir>

حق چاپ برای ناشر محفوظ است.

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

پیش‌گفتار مترجمان

مقدمه مؤلف

فصل ۱ مقدمه‌ای بر محرکه‌های الکتریکی AC

۱-۱	مقدمه.....	۱
۲-۱	مروری بر محرکه‌های الکتریکی DC.....	۳
۳-۱	مقایسه محرکه‌های الکتریکی AC و DC.....	۵
۱-۳-۱	کموتاتور و جابک‌ها.....	۵
۲-۳-۱	گستره توان و سرعت.....	۶
۳-۳-۱	بازده.....	۷
۴-۳-۱	ضریب توان.....	۷
۵-۳-۱	اینرسی.....	۸
۶-۳-۱	حفاظت.....	۸
۷-۳-۱	نگهداری موتور.....	۸
۸-۳-۱	مقاوم بودن.....	۹
۹-۳-۱	کارایی حالت ایستا.....	۹
۱۰-۳-۱	اندازه و وزن.....	۱۰
۴-۱	مقایسه ماشین‌های سنکرون و القایی.....	۱۱
۵-۱	نقش اینورترها در تنظیم سرعت.....	۱۲

۱-۶ اینورتر ولتاژ ثابت (VSI) شش پله‌ای.....	۱۳
۱-۷ روش‌های کنترل فرکانس لغزش و سرعت موتور با اینورتر شش پله‌ای.....	۲۰
۱-۸ اینورترهای با مدولاسیون پهنای پالس (PWM).....	۲۴
۱-۸-۱ مدولاسیون پهنای پالس قفل شده.....	۲۵
۱-۸-۲ مدولاسیون پهنای پالس سینوسی.....	۲۶
۱-۸-۳ مدولاسیون‌های سنکرون و آسنکرون.....	۲۶
۱-۸-۴ حذف پالس.....	۲۹
۱-۸-۵ تغییر به حالت شش پله‌ای.....	۳۰
۱-۸-۶ تلفات ناشی از اینورتر PWM در کنترل.....	۳۰
۱-۸-۷ ضربان گشتاور.....	۳۱
۱-۸-۸ استفاده از اینورتر PWM در کنترل سرعت موتور القایی.....	۳۲
۱-۹ اینورتر جریان ثابت (CSI).....	۳۲
۱-۱۰ مقایسه محرکه‌های AC همه منظوره با محرکه‌های AC با کارایی بالا.....	۳۹
مراجع.....	۴۲

فصل ۲ مدل‌سازی d و q ماشین‌های القایی و سنکرون

۲-۱ مقدمه.....	۴۳
۲-۲ اندوکتانس‌های سیم‌پیچی.....	۴۴
۲-۳ معادلات ماشین در قاب مرجع ساکن c و b و a	۵۳
۲-۴ تعیین اندوکتانس‌های ماشین القایی.....	۵۶
۲-۵ بیان متغیرهای سه‌فاز توسط بردار فضایی مختلط.....	۶۰
۲-۶ معادلات ماشین القایی سه‌فاز با استفاده از بردارهای فضایی مختلط.....	۶۴
۲-۷ معادلات ماشین القایی ارجاع شده به استاتور.....	۶۷

۶۹	۸-۲ معادلات ماشین القایی در قاب d و q
۷۷	۹-۲ مفهوم فیزیکی بردارهای فضایی مختلط
۸۳	۱۰-۲ توان در مدار معادل d و q
۸۷	۱۱-۲ مثال: مدل a و b و c استاتور و d و q
۹۱	۱۲-۲ گشتاور الکترومغناطیسی
۹۸	۱۳-۲ بررسی راهاندازی موتور القایی با استفاده از متغیرهای d و q و o
۱۱۱	۱۴-۲ توسعه روش d و q و o برای تحلیل ماشینهای سنکرون قطب برجسته
۱۲۹	۱۵-۲ توسعه روش d و q و o برای تحلیل موتورهای سنکرون با آهنربای دائم
۱۳۲	مراجع
۱۳۳	مسائل

فصل ۳ مدل d و q برای مبدل‌های الکترونیک قدرت

۱۳۷	۱-۳ مقدمه
۱۳۷	۲-۳ مدل d و q برای اینورترهای منبع ولتاژ
۱۴۳	۳-۳ مدل d و q برای عملکرد PWM
۱۴۵	۴-۳ مدل d و q برای اینورترهای جریان ثابت
۱۴۸	۵-۳ مدل‌های d و q اینورتر در قابل مرجع سنکرون
۱۵۲	۶-۳ مثال‌هایی از مدل‌های d و q موتور-اینورتر
۱۶۴	۷-۳ تقریب مؤلفه‌های اصلی برای عملکرد حالت ماندگار
۱۷۴	۸-۳ تشابه اینورترهای VSI و CSI
۱۷۵	مراجع
۱۷۶	مسائل

فصل ۴ تحلیل ماشین القایی با استفاده از برداری فضایی مختلط

۱-۴	مقدمه	۱۸۱
۲-۴	مدار معادل بردار فضایی مختلط	۱۸۲
۳-۴	تبدیل نسبت دور و اصلاح مدارهای معادل d و q	۱۸۴
۴-۴	مدارهای معادل حالت ماندگار	۱۸۶
۱-۴-۴	تغذیه سینوسی به شکل بردار فضایی مختلط	۱۸۸
۲-۴-۴	مدارهای معادل ارجاع شده به استاتور	۱۹۱
۵-۴	تغییر ناپذیری مدار معادل حالت ماندگار	۱۹۷
۶-۴	مدارهای معادل اصلاح شده	۲۰۰
۷-۴	حالت‌های گذرای الکتریکی در سرعت ثابت	۲۰۵
۱-۷-۴	امپدانس‌های عملیاتی بردار فضایی مختلط	۲۰۶
۲-۷-۴	مثال: بررسی عملکرد گذرای یک ماشین القایی ناشی از تحریک ناگهانی جریان استاتور	۲۰۷
۳-۷-۴	روش کلی برای بررسی پاسخ حالت‌های گذرای کلیدزنی	۲۱۴
۸-۴	مقادیر ویژه در سرعت ثابت	۲۱۵
۱-۸-۴	مثال: اتصال کوتاه ناگهانی در ماشین القایی بدون بار	۲۲۶
۹-۴	مدارهای معادل حالت گذرا (شار پیوندی ثابت روتور)	۲۳۰
۱-۹-۴	مدل شار پیوندی ثابت روتور	۲۳۱
۲-۹-۴	مدار معادل حالت گذرا	۲۳۲
۳-۹-۴	محاسبه ولتاژ مربوط به اندوکتانس حالت گذرا	۲۳۴
۴-۹-۴	اتصال کوتاه ناگهانی ماشین القایی بدون بار	۲۳۵
۵-۹-۴	توضیحاتی در مورد مدار معادل حالت گذرا	۲۳۸

مراجع.....	۲۳۹
مسائل.....	۲۴۰

فصل ۵ اصول کنترل برداری و جهت‌یابی میدان

۱-۵ مقدمه.....	۲۴۵
۲-۵ کنترل گشتاور ماشین DC	۲۴۶
۳-۵ نیازمندی‌های کنترل گشتاور.....	۲۵۰
۴-۵ کنترل گشتاور ماشین سنکرون.....	۲۵۱
۱-۴-۵ ماشین سنکرون تغذیه شده با اینورتر جریان ثابت (ماشین DC بدون کموتاتور)	
.....	۲۵۱
۲-۴-۵ کنترل گشتاور و انتخاب γ	۲۵۶
۵-۵ مدل d و q برای ماشین سنکرون در حالت ماندگار.....	۲۵۷
۱-۵-۵ شرایط حالت ماندگار برای متغیرهای d و q	۲۵۷
۲-۵-۵ دیاگرام برداری متغیرهای d و q	۲۵۹
۶-۵ پیاده‌سازی کنترل گشتاور.....	۲۶۲
۱-۶-۵ کنترل گشتاور ماشین سنکرون با روش جهت‌یابی میدان و استفاده از اینورتر GSI	
.....	۲۶۲
۲-۶-۵ کنترل گشتاور با استفاده از $CRPWM$	۲۶۴
۳-۶-۵ محاسبه‌گر دامنه- فاز و استفاده از آن در کنترل گشتاور GSI	۲۶۵
۴-۶-۵ نیازمندی‌های کنترل گشتاور در ماشین سنکرون.....	۲۶۶
۷-۵ اندازه‌گیری الکتریکی زاویه میدان روتور (θ_r).....	۲۶۷
۸-۵ ماشین‌های DC بدون جاروبک.....	۲۶۹
۱-۸-۵ ماشین موج سینوسی با کنترل جریان.....	۲۶۹
۲-۸-۵ ماشین موج دوزنقه‌ای با کنترل جریان.....	۲۷۰

۳-۸-۵	سایر ماشین‌های بدون جاروبک.....	۲۷۲
۹-۵	کنترل برداری ماشین القایی- حالت ماندگار.....	۲۷۳
۱-۹-۵	ملاحظات مربوط به مدارهای معادل متداول.....	۲۷۳
۲-۹-۵	مدار معادل اصلاح شده.....	۲۷۵
۳-۹-۵	کنترل گشتاور با استفاده از I_{ST} و I_{SQ}	۲۷۸
۴-۹-۵	بررسی رفتار متغیرهای ترمینال با استفاده از مؤلفه‌های جریان I_{ST} و I_{SQ}	۲۸۱
۱۰-۵	مدل d و q ماشین القایی در حالت ماندگار.....	۲۸۲
۱-۱۰-۵	مثال: جهت‌یابی میدان ماشین القایی.....	۲۸۴
۱۱-۵	پیاده‌سازی جهت‌یابی میدان برای ماشین القایی.....	۲۹۰
۱-۱۱-۵	جهت‌یابی غیرمستقیم میدان شار روتور.....	۲۹۱
۲-۱۱-۵	جهت‌یابی مستقیم میدان.....	۲۹۶
۳-۱۱-۵	نیازمندی‌های کنترل گشتاور.....	۲۹۸
۱۲-۵	تفاوت اساسی جهت‌یابی میدان ماشین‌های سنکرون و القایی.....	۲۹۹
	مراجع.....	۳۰۱
	مسائل.....	۳۰۲

فصل ۶ دینامیک کنترل برداری و جهت‌یابی میدان

۱-۶	مقدمه.....	۳۰۷
۲-۶	دینامیک جهت‌یابی میدان ماشین القایی.....	۳۰۸
۱-۲-۶	مدل d و q ماشین القایی در قاب مرجع سنکرون.....	۳۰۸
۲-۲-۶	معادله‌های ماشین در قاب مرجع شار روتور.....	۳۰۹
۳-۲-۶	پاسخ حالت گذرای ماشین القایی با میدان جهت‌یابی شده.....	۳۱۰
۴-۲-۶	نمودار تولید گشتاور ماشین القایی با جهت‌یابی میدان.....	۳۱۴

۳-۶	جهت یابی میدان شار روتور در ماشین القایی به روش غیرمستقیم.....	۳۱۶
۱-۳-۶	کنترل کننده به روش غیرمستقیم با ورودی‌های i_{ds}^* و i_{qs}^*	۳۱۶
۲-۳-۶	کنترل کننده به روش غیرمستقیم با ورودی‌های i_{qs}^* و λ_{dr}^*	۳۱۸
۳-۳-۶	سایر کنترل کننده‌ها به روش غیرمستقیم.....	۳۱۹
۴-۳-۶	کنترل کننده به روش غیرمستقیم با استفاده از GSI	۳۲۰
۵-۳-۶	بررسی حالت گذرای راه‌اندازی با جهت یابی میدان به روش غیرمستقیم	۳۲۱
۴-۶	جهت یابی میدان شار روتور در ماشین القایی به روش مستقیم.....	۳۲۷
۱-۴-۶	تعیین مستقیم زاویه شار روتور.....	۳۲۹
۲-۴-۶	اندازه‌گیری شار فاصله هوایی.....	۳۲۹
۳-۴-۶	اندازه‌گیری ولتاژ و جریان.....	۳۳۲
۴-۴-۶	پیاده‌سازی جهت یابی میدان به روش مستقیم	۳۳۴
۵-۶	جهت یابی میدان شار فاصله هوایی ماشین القایی.....	۳۳۵
۱-۵-۶	معادله‌های d و q در دستگاه شار فاصله هوایی.....	۳۳۶
۲-۵-۶	بررسی پاسخ حالت گذرا در ماشین القایی کنترل شده توسط شار فاصله هوایی	
۳۳۸		
۳-۵-۶	رفتار حالت ماندگار در کنترل توسط شار فاصله هوایی.....	۳۴۱
۴-۵-۶	کنترل کننده با جهت یابی میدان به روش غیرمستقیم برای شار فاصله هوایی	
۳۴۲		
۵-۵-۶	کنترل کننده با جهت یابی میدان به روش مستقیم برای شار فاصله هوایی	۳۴۳
۶-۶	بررسی حالت گذرای کنترل برداری ماشین سنکرون با جهت یابی میدان.....	۳۴۴
۱-۶-۶	مدل d و q ماشین سنکرون.....	۳۴۵
۲-۶-۶	کنترل برداری و کنترل زاویه.....	۳۴۶
۳-۶-۶	دینامیک جهت یابی میدان ماشین سنکرون.....	۳۴۸

۳۴۹	۱-۳-۶-۶ عملکرد با جریان ثابت (ناحیه گشتاور ثابت)
۳۵۱	۲-۳-۶-۶ عملکرد با تحریک متغیر میدان (ناحیه تضعیف شار)
۳۵۲	۴-۶-۶ پاسخ دینامیکی کنترل زاویه ($\gamma = 0$)
۳۵۴	۵-۶-۶ مثال: جهت‌یابی میدان ماشین سنکرون
۳۶۱	۷-۶ استفاده از ولتاژ به عنوان متغیر کنترلی در جهت‌یابی میدان
۳۶۲	۱-۷-۶ معادله‌ی ولتاژ ترمینال ماشین القایی برحسب شار روتور
۳۶۳	۲-۷-۶ معادله‌های برطرف کننده تزویج برای جهت‌یابی میدان
۳۶۵	۳-۷-۶ مثال‌هایی از جهت‌یابی میدان توسط اینورترهای کنترل کننده‌ی ولتاژ
۳۶۷	۸-۶ جهت‌یابی میدان برپایه شار استاتور
۳۶۹	۱-۸-۶ مدل ریاضی برای جهت‌یابی میدان توسط شار استاتور
۳۷۰	۲-۸-۶ طراحی برطرف کننده‌ی تزویج برای سیستم جهت‌یابی میدان با شار استاتور
۳۷۲	مراجع
۳۷۳	مسائل

فصل ۷ تنظیم کننده جریان در مبدل‌های توان

۳۷۵	۱-۷ مقدمه
۳۷۶	۲-۷ اینورترهای تنظیم کننده جریان
۳۷۷	۱-۲-۷ تنظیم کننده جریان با استفاده از اینورتر GSI
۳۸۰	۲-۲-۷ اینورترهای PWM تنظیم کننده‌ی جریان
۳۸۲	۳-۷ تنظیم کننده‌های هیستریزیس
۳۹۱	۴-۷ کنترلرهای مقایسه شیب
۳۹۶	۵-۷ تنظیم کننده‌های قاب ساکن
۴۰۱	۶-۷ تنظیم کننده‌های قاب سنکرون

۴۰۷	 ۷-۷ جبرانسازی پیش‌خور
۴۱۰	 ۷-۸ جبرانسازی پیش‌خور تقویت شده
۴۱۱	 ۷-۹ جبرانسازی پیش‌خور با جداسازی
۴۱۲	 ۷-۱۰ کنترل پیش‌بین
۴۱۴	 ۷-۱۱ نتیجه‌گیری
۴۱۵	 مراجع

فصل ۸ اثر تنظیم پارامترها و اشباع در جهت‌یابی غیرمستقیم میدان

۴۱۷	 ۸-۱ مقدمه
۴۱۸	 ۸-۲ نمودار فازوری برای عملکرد با تنظیم نادرست
۴۲۰	 ۸-۲-۱ مشخصه‌های گشتاور در روش جهت‌یابی میدان
۴۲۸	 ۸-۲-۲ مثال‌ها
۴۲۹	 ۸-۲-۳ مشخصه‌های شار در روش جهت‌یابی میدان
۴۳۰	 ۸-۲-۴ تأثیر اشباع مغناطیسی
۴۳۳	 ۸-۲-۵ ملاحظات اتلاف توان
۴۳۸	 ۸-۲-۶ مثال - عدم تنظیم در روش جهت‌یابی میدان ماشین القایی
۴۴۵	 ۸-۳ پاسخ حالت گذرا
۴۴۵	 ۸-۳-۱ پاسخ گشتاور در صورت وجود خطا در بهره‌ی لغزش
۴۵۲	 ۸-۳-۲ نمودار معادله‌های ولتاژ روتور
۴۵۲	 ۸-۳-۳ شبیه‌سازی پاسخ گذرا با وجود خطای بهره لغزش
۴۵۶	 ۸-۴ انتخاب بهینه سطح شار
۴۵۸	 ۸-۴-۱ حداکثر گشتاور بر آمپر استاتور
۴۵۹	 ۸-۴-۲ حداکثر بازده محرکه
۴۶۳	 ۸-۴-۳ کاهش حساسیت به عدم تنظیم کنترل کننده

۴۶۴	 بهره‌برداری بهینه از مبدل
۴۶۵	 محدودیت‌های جریانی مبدل ۱-۴-۴-۸
۴۶۵	 محدودیت‌های ولتاژ و جریان اینورتر ۲-۴-۴-۸
۴۶۸	 مراجع
۴۶۹	 مسائل

فصل ۹ عمل‌کرد تضعیف شار

۴۷۱	 ۱-۹ مقدمه
۴۷۲	 ۲-۹ ظرفیت و تقاضای گشتاور در محرکه‌های با کارایی بالا
۴۷۶	 ۳-۹ استراتژی کنترل‌برداری ماشین القایی در ناحیه توان ثابت
۴۷۸	 ۴-۹ محدودیت‌های ولتاژ و جریان اعمالی از طرف اینورتر
۴۸۱	 ۵-۹ منحنی ظرفیت گشتاور بیشینه در روش متداول
۴۸۲	 ۶-۹ طرحی برای دستیابی ظرفیت بیشینه‌ی گشتاور
۴۸۴	 ۱-۶-۹ عبور از ناحیه گشتاور ثابت به ناحیه توان ثابت
۴۸۴	 ۲-۶-۹ ناحیه دوم: تضعیف شار با توان خروجی ثابت
۴۸۵	 ۳-۶-۹ ناحیه سوم: تضعیف شار با ثابت ماندن حاصل ضرب توان در سرعت
۴۸۶	 ۷-۹ پیاده‌سازی سیستم کنترل
۴۸۹	 مراجع
۴۹۱	 پیوست: معرفی پریونیت
۴۹۴	 پاسخ مسائل
۵۱۱	 فهرست راهنما

پیشگفتار مترجمان

تغییر و تنظیم سرعت در محرکه‌های الکتریکی^۱، یکی از مهمترین نیازها در صنایع، اتوماسیون کارخانجات و سیستم‌های حمل‌ونقل می‌باشد. در دهه‌های اخیر پیشرفت و تکامل سریع عناصر و تجهیزات الکترونیک قدرت بویژه ظهور پرقدرت پردازنده‌های سیگنال دیجیتال^۲ (DSP)، اجرای روش‌های پیشرفته کنترل را امکان‌پذیر نموده است. پیاده‌سازی روش‌های کنترل‌برداری، کنترل مستقیم گشتاور، روش‌های کنترل هوشمند در محرکه‌های الکتریکی پیشرفته با کارایی بالا در دهه‌های اخیر بکمک تجهیزات فوق امکان‌پذیر شده‌اند.

از ویژگی‌های برجسته این کتاب ارائه مطالب بکمک بردار فضایی مختلط^۳ به عنوان یک ابزار ریاضی جهت ساده کردن مدل‌سازی ماشین‌های الکتریکی چندفاز می‌باشد. این مفهوم همچنین دارای ارزش فراوانی به عنوان یک ابزار تجسمی در آشکارسازی کنش‌های دینامیکی مابین شارها و جریانها و به ویژه جهت‌یابی میدان در کنترل‌برداری و مستقیم گشتاور در محرکه‌های الکتریکی ac نیز می‌باشد.

فصل اول به معرفی محرکه‌های الکتریکی ac و مقایسه آن با محرکه‌های dc پرداخته است. فصل دوم و سوم و به دنبال آن فصل چهارم مدل‌سازی q, d ماشین‌های الکتریکی و مبدل‌های الکترونیک قدرت بکمک متغیرهای فضایی مختلط را ارائه نموده است. مفهوم و رفتار حالت ماندگار جهت‌یابی میدان ماشین‌ها در فصل پنجم و دینامیک

-
1. Electrical Drives
 2. Digital Signal Processes
 3. Complex Space Vector

جهت‌یابی شار در فصل ششم برای علاقه‌مندان مطرح شده است. تنظیم‌کننده‌های جریان در مبدل‌های الکترونیک قدرت، حساسیت پارامترها و اثر اشباع در جهت‌یابی میدان و عمل‌کرد تضعیف شار در فصول ۷، ۸ و ۹ آورده شده‌اند.

این کتاب می‌تواند برای دانشجویان تحصیلات تکمیلی و مهندسان شاغل در صنعت، علاوه بر جنبه‌ی آموزش مفاهیم پایه‌ی متغیرهای فضایی مختلط، جهت‌یابی میدان و کنترل‌برداری، در آشنا نمودن آنان با مباحث روز مطرح در زمینه محرکه‌های الکتریکی AC مفید واقع شود.

در ترجمه‌ی کتاب امانت‌داری رعایت شده است و در حد امکان سعی بر آن بوده است که متن ترجمه شده ساده، گویا و عاری از اصطلاحات ناآشنا در زبان فارسی باشد. در پایان از مدیریت محترم و کلیه کارکنان انتشارات امیرکبیر، بویژه سرکار خانم خدیجه حق‌شنو که برای تایپ این کتاب قبول زحمت نموده‌اند قدردانی می‌شود. امید است این تلاش ناچیز در جهت پیش برد و اعتلای سطح علمی دانشجویان و مهندسان کشور مؤثر واقع شود.

دکتر جعفر میلی‌منفرد

استاد دانشکده مهندسی برق

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

فریدین دالوند

دانش آموخته کارشناسی ارشد برق

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

بهار ۱۳۹۰

مقدمه مؤلف

مطالب بیان شده در این کتاب، در واقع حالت کنونی از یک سیر تکاملی با هدف تهیه مجموعه مطالبی در سطح تحصیلات تکمیلی برای درس کنترل برداری و دینامیک محرکه‌های الکتریکی AC می‌باشد. انتشار این مطالب در این زمان به منزله پایان کار نیست، بلکه بیشتر به منظور ایجاد یک نسخه رسمی از مطالعات با هدف سودمند بودن برای دانشجویانمان و مشارکت آنها در این صنعت می‌باشد.

با آنکه مخاطبین مطالب این متن، دانشجویان دوره‌ی تحصیلات تکمیلی مهندسی برق می‌باشند، ولی علاوه بر آن تعداد زیادی از مهندسين شاغل در صنعت و همچنین دانشجویان مقاطع بالاتر در دروس انتخابی دیگری که در معرض بخش‌هایی از مطالب بوده‌اند، نیز مدنظر قرار گرفته‌اند. به ویژه، مفهوم جهت‌یابی میدان و نتیجه آن یعنی توانایی کنترل مستقیم گشتاور، یکی از مفاهیم مورد علاقه خیلی از افراد بوده و می‌باشد. این امر موجب گردیده که قسمت‌هایی از متن به نحوی سازماندهی شود که دارای مطالب آموزشی با یک قالب انعطاف‌پذیر برای استفاده در موارد مختلف باشد.

قبل از هر چیز ما ارائه مطالب توسط بردار فضایی مختلط را پذیرفتیم. زیرا این مفهوم دارای ارزش فراوانی به عنوان یک ابزار تجسمی در آشکارسازی کنش‌های دینامیکی مابین شارها و جریان‌ها در ماشین‌های الکتریکی می‌باشد. با اینکه این مفهوم در ایالات متحده نشأت گرفته است ولی در اینجا هنوز آنچنان استفاده نشده است. این در حالی است که مفهوم ذکر شده در اروپا، ژاپن و سایر مناطق به طور وسیع مورد استفاده قرار گرفته است. استفاده‌ی ما از این مفهوم در توسعه مطالب این کتاب به گونه‌ای بوده است که هم اکنون یک مفهوم کلیدی در سراسر کتاب می‌باشد. توانمندی بردار فضایی مختلط به عنوان یک ابزار ریاضی جهت ساده کردن مدلسازی ماشین‌های الکتریکی چند فازه همانند یک روش ادراکی برای تجسم و تفسیر نتایج، برای هر فردی که فصل‌های دوم، سوم و چهارم این کتاب را مطالعه کرده و از قبل نیز تلاشی برای کسب موارد مشابه با استفاده از ماتریس متغیرهای حقیقی داشته است، به خوبی آشکار خواهد شد.

اگرچه هدف اولیه مطالب متن، بحث کردن درباره کنترل برداری و جهت‌یابی میدان است ولی علاوه بر آنها، شمار زیادی از مباحث معمول به عنوان مثال‌هایی در مورد

استفاده از مدل پایه ماشین مورد بحث قرار گرفته‌اند. این مباحث شامل توسعه مدل‌های استاندارد حالت ماندگار ماشین، حالت‌های گذرای کلیدزنی سرعت ثابت، مدل‌های حالت گذرای شار محصور^۱، مدل‌های ماشین-اینورتر و غیره می‌باشد. مطالب از طریق مختلف و به گونه‌ای سازماندهی شده‌اند که خوانندگان مختلف با پیش زمینه‌ها و نیازهای مختلف بتوانند از آنها بهره‌مند شوند. به عنوان مثال می‌توان چنین پیشنهاد کرد که:

۱. دانشجویان تحصیلات تکمیلی مطالب را به ترتیب ارائه آنها در کتاب دنبال کنند.
 ۲. افرادی که به مفهوم و رفتار حالت ماندگار جهت‌یابی میدان ماشین‌ها علاقه‌مند می‌باشند، می‌توانند مستقیماً به فصل پنجم مراجعه کنند. تنها دانش پیش‌نیاز این افراد تئوری حالت ماندگار ماشین می‌باشد که در کتاب‌های سطح مقدماتی بیان شده است.
 ۳. افرادی که به دینامیک جهت‌یابی شار علاقه‌مند می‌باشند، می‌توانند مستقیماً به فصل ششم مراجعه کنند. دانش پیش‌نیاز برای آنها مدلسازی q, d ماشین می‌باشد. این دانش در صورت نیاز در فصل دوم قابل دسترسی است.
 ۴. به منظور آشنایی با تحلیل متغیرهای فضایی مختلط، فصل دوم و به دنبال آن فصل چهارم مطالب پایه و همچنین مثال‌های کافی برای نمایش واضح توانمندی این روش را فراهم می‌کنند.
- تعدادی مسائل نمونه در متن وجود دارد. همچنین اکثر فصل‌ها دارای یک مجموعه از مسائل در پایان فصل می‌باشند که به عنوان مطالعه شخصی می‌توان از آنها بهره گرفت. پاسخ‌های این مسائل در انتهای کتاب آورده شده‌اند.
- ما این کتاب را به تعداد زیادی از دانشجویان که در مدت شرکت آنها در کلاس‌های درس‌مان در سال‌های گذشته، در شکل‌گیری مطالب کمک کرده‌اند، تقدیم می‌کنیم.

D.W.N and T.A.L
Madison, WI, USA-February, 1996.