

طراحی ماشین‌های الکتریکی دوار

(جلد اول)

مترجمین

مهندس معین رضایی

مهندس نطمه خدایارحمی

نویسندگان

Juha Pyrhonen

Tapani Jokinen

Valeria Hrabovcov



سازمان اسناد و کتابخانه ملی جمهوری اسلامی ایران

سرشناسه	پورهونن، یوها Pyrhönen, Juha
عنوان و نام پدیدآور	طراحی ماشین‌های الکتریکی دوار / یوها پورهونن، تاپانی یوکیئن، والریا هرابوتسووا؛ مترجمین معین رضایی، فاطمه خدارحمی.
مشخصات نشر	تهران: فرهوش، ۱۳۹۷.
مشخصات ظاهری	ج.
شابک	978-600-495-253-8
وضعیت فهرست‌ریسی	فیپا
یادداشت	نشان اصلی: Design of rotating electrical machines, 2014.
موضوع	ماشین‌آلات برقی -- طرح و ساختمان
موضوع	Electric machinery -- Design and construction
موضوع	مولد برق -- طرح و ساختمان
موضوع	Electric generators -- Design and construction
موضوع	موتورهای برقی -- طرح و ساختمان
موضوع	Electric motor -- Design and construction
شناسه افزوده	یوکیئن، تاپانی، ۱۹۳۷ م.
شناسه افزوده	Jokinen, Tapani
شناسه افزوده	هراپوتسووا، والریا
شناسه افزوده	Hrabovcová, Valeria
شناسه افزوده	خدارحمی، فاطمه، ۱۳۶۷ -
شناسه افزوده	رضایی، معین، ۱۳۶۹ -
رده بندی کنگره	TK۲۳۳۱/۹ط۴ ۱۳۹۷
رده بندی دیویی	۳۱۰.۴۲/۶۲۱
شماره کتابشناسی ملی	۵۱۲۵۷۶۹



طراحی ماشین های الکتریکی دوار

مهندس معین رضایی

مهندس فاطمه خدارحمی

ناظر فنی: حدیث السادات براتی

صفحه آرا: معین رضایی

طراح جلد: رضا کاوه

نوبت چاپ: اول - زمستان ۱۳۹۶

تیراژ: ۱۰۰۰ جلد

قیمت: ۴۵۰۰۰۰ ریال

آدرس: میدان انقلاب، ضلع جنوب شرقی، ساختمان مترجمان، پلاک ۱۷، طبقه ۱ و طبقه ۲
نمایشگاه و فروشگاه مرکزی: میدان انقلاب، روبه روی درب اصلی دانشگاه تهران، ساختمان پارسا، پلاک ۲۶ طبقه ۱ و ۲-
تلفن: ۰۲۱-۷۸۹۲۷۴۷ و ۰۲۱-۶۶۹۳۱۶۶۹ دورنگار: ۸۹۷۸۴۵۵۸
وب سایت: www.farhooshpub.co

۱	قوانین اصلی و روشهای طراحی ماشین الکتریکی.....	۱
۱-۱	اصول الکترومغناطیسی.....	۱
۱-۲	راه حل عددی.....	۱۱
۱-۳	رایج ترین اصول اعمال شده برای محاسبات تحلیلی.....	۱۶
۱-۳-۱	نمودارهای خط شار.....	۲۲
۱-۳-۲	نمودارهای شار برای سطح های حامل جریان.....	۲۹
۱-۴	کاربرد انرژی در مجازی در تعیین نیرو و گشتاور.....	۳۳
۱-۵	تنسور تنش ماکسول؛ تنش محوری و مماسی.....	۴۳
۱-۶	خود القایی و اندوختگی متقابل.....	۴۷
۱-۷	مقادیر پریونیت.....	۵۲
۱-۸	نمودارهای فاز.....	۵۶
۱-۹	کتاب شناسی.....	۵۹
۲	سیم پیچی های ماشین های الکتریکی.....	۵۷
۲-۱	اصول پایه.....	۵۹
۲-۱-۱	سیم پیچی های قطب برجسته.....	۵۹
۲-۱-۲	سیم پیچی های شیاری.....	۶۴
۲-۱-۳	سیم پیچی های انتهایی.....	۶۶
۲-۲	سیم پیچی های فاز.....	۶۶
۲-۳	سیم پیچی استاتور شیاری کامل سه فاز.....	۶۹
۲-۴	نمودار فاز ولتاژ و ضریب سیم پیچی.....	۷۸
۲-۵	تحلیل سیم پیچی.....	۸۹
۲-۶	گام کوتاه.....	۹۲

۲-۷	جریان پیوندی سیم‌پیچی شیار	۱۰۲
۲-۸	سیم‌پیچی‌های شیار کسری چندفاز	۱۱۷
۲-۹	سیستم‌های فازی و مناطق سیم‌پیچی	۱۲۱
۲-۹-۱	سیستم‌های فازی	۱۲۱
۲-۹-۲	مناطق سیم‌پیچی	۱۲۵
۲-۱۰	شرایط متقارن	۱۲۷
۲-۱۱	سیم‌پیچی اصلی	۱۳۱
۲-۱۱-۱	سیم‌پیچی اصلی شیار کسری درجه یک	۱۳۲
۲-۱۱-۲	سیم‌پیچی اصلی شیار کسری درجه دو	۱۳۴
۲-۱۱-۳	سیم‌پیچی اصلی شیار کامل	۱۳۵
۲-۱۲	سیم‌پیچی‌های شیار کسری	۱۳۶
۲-۱۲-۱	سیم‌پیچی شیار کسری تک‌لایه	۱۳۶
۲-۱۲-۲	سیم‌پیچی شیار کسری دولایه	۱۵۰
۲-۱۳	سیم‌پیچی‌های دوفاز و تکفاز	۱۵۸
۲-۱۴	ایجاد سیم‌پیچها در تعداد قطب‌های مختلف	۱۶۳
۲-۱۵	سیم‌پیچهای کموتاتور	۱۶۵
۲-۱۵-۱	اصول سیم‌پیچی پوششی	۱۷۱
۲-۱۵-۲	اصول سیم‌پیچی موجی	۱۷۵
۲-۱۵-۳	مثالهای سیم‌پیچی کموتاتور، اتصالات تعادلی	۱۷۸
۲-۱۵-۴	سیم‌پیچی کموتاتور AC	۱۸۲
۲-۱۵-۵	جریان پیوندی سیم‌پیچی کموتاتور و واکنش آرمیچر	۱۸۴
۲-۱۶	سیم‌پیچی‌های جبرانگر و قطب‌های کموتاسیون	۱۸۸
۲-۱۷	سیم‌پیچی روتور ماشین‌های سنکرون	۱۹۱

۱۹۵	۲-۱۸ سیم پیچی کاهنده
۱۹۶	۳. طراحی مدارهای مغناطیسی
۲۰۴	۳-۱ شکاف هوا و ولتاژ مغناطیسی آن
۲۰۴	۳-۱-۱ شکاف هوایی و ضریب کارتر
۲۱۲	۳-۱-۲ شکافهای هوایی ماشین قطب برجسته
۲۲۰	۳-۱-۳ شکاف هوایی مابین قطب غیر برجسته
۲۲۱	۳-۲ طریقه هسته‌ی معادل
۲۲۴	۳-۳ ولتاژ مغناطیسی دانه و قطب برجسته
۲۲۴	۳-۳-۱ ولتاژ مغناطیسی دنده
۲۲۸	۳-۳-۲ ولتاژ مغناطیسی قطب برجسته
۲۲۹	۳-۴ ولتاژ مغناطیسی یوغهای استاتور و روتور
۲۳۴	۳-۵ منحنی بی‌باری، شکاف هوایی ماشین، جریان مغناطیسی شونده‌ی ماشین
۲۳۸	۳-۶ مواد مغناطیسی ماشین دوار
۲۴۴	۳-۶-۱ مشخصات مواد فرومغناطیس
۲۵۲	۳-۶-۲ تلفات در مدارهای آهن
۲۶۳	۳-۷ مغناطیس‌های دائم در ماشین‌های دوار
۲۶۳	۳-۷-۱ تاریخچه و ویژگی مغناطیس‌های دائم
۲۷۱	۳-۷-۲ نقطه کار مدار مغناطیس دائم
۲۸۳	۳-۷-۳ کاربرد مغناطیسهای دائم در ماشین‌های الکتریکی
۲۹۱	۳-۸ مونتاژ ورقه‌های آهن
۲۹۳	۳-۹ اندوکتانس مغناطیس شونده‌ی
۲۹۶	۴. شار پراکندگی
۲۹۸	۴-۱ تقسیم مؤلفه‌های شار پراکندگی

۲۹۸	۴-۱-۱	شارهای پراکندگی غیرعبوری از شکاف هوا
۳۰۰	۴-۱-۲	شارهای پراکندگی عبور از شکاف هوا
۳۰۲	۴-۲	محاسبه شار پراکندگی
۳۰۳	۴-۲-۱	اندوکتانس شکاف هوا
۳۰۸	۴-۲-۲	اندوکتانس پراکندگی شیار
۳۲۳	۴-۲-۳	اندوکتانس پراکندگی نوک دندانه
۳۲۵	۴-۲-۴	اندوکتانس پراکندگی سیم‌پیچی انتهایی
۳۳۰	۴-۲-۵	اندوکتانس سیم‌پیجی و فاکتور مورب
۳۳۵	۴-۳	کتاب‌شناسی
۳۳۹	۵	مقاومت‌ها
۳۳۹	۵-۱	مقاومت DC
۳۴۰	۵-۲	تأثیر اثر پوستی بر روی مقاومت
۳۴۰	۵-۲-۱	محاسبه تحلیلی ضریب مقاومت
۳۵۱	۵-۲-۲	ارتفاع هادی بحرانی
۳۵۲	۵-۲-۳	روشهای محدود ساختن اثر پوستی
۳۵۳	۵-۲-۴	عامل الفا
۳۵۴	۵-۲-۵	محاسبه اثر پوستی با استفاده از تحلیل مدار
۳۶۳	۵-۲-۶	اثر پوستی دوسویه
۳۷۱	۶	ابعاد اصلی یک ماشین دوار
۳۸۵	۶-۱	اندوکتانس بار مکانیکی
۳۸۷	۶-۲	اندوکتانس بار الکتریکی
۳۸۹	۶-۳	اندوکتانس بار مغناطیسی
۳۹۳	۶-۴	شکاف هوایی

چکیده

تقریباً تمام ماشین‌های الکتریکی در تولید الکتریسیته مورد استفاده قرار می‌گیرند و تعداد معدودی از فرایندهای تولید الکتریسیته هستند که در آن‌ها از ماشین‌های دوار استفاده نشده است. در چنین فرایندهایی، حداقل به موتورهای الکتریکی نیاز است. در سیستم‌های انرژی توزیع شده، نمونه‌های جدید ماشین‌ها نقش بسزایی ایفا می‌دهند؛ برای مثال، امروزه عصر ماشین‌های مغناطیس دائم شروع شده است.

تقریباً نیمی از تولید الکتریسیته جهانی در موتورهای الکتریکی استفاده می‌شود و سهم کاربردهای درایوهای موتور بطور صحیح کنترل شده در حال افزایش است. درایوهای الکتریکی، احتمالاً بهترین ویژگی کنترلی را برای طیف گسترده‌ای از فرایندها ایجاد می‌کنند. استاور موتور الکتریکی با و بازده فرایندهای تبدیل الکترومکانیک و الکترونیک توان زیاد می‌باشد. آنچه به یاد می‌آید اهمیت می‌باشد این است که درایو موتور الکتریکی کنترل شده، مقادیر زیاد و قابل توجه انرژی را ذخیره می‌کند. در آینده، درایوهای الکتریکی احتمالاً نقش مهمی را در کشش خودرو و ماشین‌های در حال کار ایفا می‌کنند. به دلیل جریان‌های انرژی زیاد، درایوهای الکتریکی تأثیر مهمی را بر روی محیط زیست گذاشته‌اند. درایوهای طراحی ضعیفی داشته باشند و یا به درستی مورد استفاده قرار نگیرند، برای محیط زیست، کاملاً ناکارآمد خواهند بود. تهدیدهای محیطی، به مهندسی برق دلیل خوبی برای طراحی درایوهای الکتریکی جدید و کارآمد ارائه می‌دهد.

فنلاند دارای پیشینه قوی در درایو‌ها و موتورهای الکتریکی می‌باشد. دانشگاه فنی و مهندسی لاپه‌نرانا^۱ و دانشگاه فناوری هلسینکی^۲ این نکته را دریافته‌اند که حفظ و گسترش دستورالعمل ارائه شده برای ماشین‌های الکتریکی ضروری می‌باشد. هدف این کتاب ارائه اطلاعات پایه از ماشین‌های الکتریکی دوار به دانشجویان رشته مهندسی برق می‌باشد. تا بتوانند به درکی صحیح از عملکرد این قبیل ماشین‌ها برسند و

^۱ Lappeenranta

^۲ Helsinki

بتوانند اطلاعات ابتدایی خود را در زمینه طراحی ماشین گسترش دهند. گرچه به خاطر محدودیت‌های این مواد، امکان دربرگرفتن تمام اطلاعات مورد نیاز در طراحی ماشین الکتریکی در یک پروژه وجود ندارد در عین حال این مواد به عنوان راهنما برای طراح ماشین در مراحل اولیه اکتیویته وی عمل می‌کند. کتاب‌شناسی انتهای هر فصل به عنوان منابع و مراجع و پیش زمینه پیشنهاد شده برای مطالعات می‌باشد. سنت طراحی ماشین‌های الکتریکی در فنلاند در تألیف این کتاب از سوی همکاری مهم پروفیسور تاپانی جوکینن مورد تأکید قرار گرفته است. ایشان چند دهه جهت توسعه مهارت طراحی ماشین در فنلاند تلاش کرده است. یک دیدگاه مهم در طراحی ماشین‌های الکتریکی از سوی پروفیسور والریا هروبوفکوف از جمهوری اسلواکی فراهم شده است که دارای ساختار طراحی توانمند است.

ما صمیمانه از افرادی که ما را در گردآوری این اطلاعات کمک نمودند کمال تشکر و قدردانی را داریم: دکتر جورما هاتاجا، دکتر هانجا هتبرگ، آقای جاری جاپینن، خانم هن جوسیلا، دکتر پارو کونونن، دکتر جین نرگ، دکتر مارکو نیه ملا، دکتر اس. تو پر یانن، آقای مارکو ریل، دکتر پیلا ساروینن، آقای ویله شیوو و بسیاری دیگر از عوامل همکاری. سایه دکتر هنانیه ملا که در طول پروسه تدوین همکاری زیادی داشتند مورد قدردانی قرار می‌گیرند.