



پارلمان پژوهش

کتاب ارشد

مجموعه برق

ماشین‌های الکتریکی (۱)

مؤلف:

امین حلم‌زاده

داوود رئیسی‌فر

پاییز ۱۳۹۰

سرشناسه	: حلم‌زاده، امین، ۱۳۶۳-
عنوان و پدیدآور	: ماشین‌های الکتریکی ۱ / مولف امین حلم‌زاده، داوود رئیس‌فر.
مشخصات نشر	: تهران: پوران پژوهش، ۱۳۹۰.
مشخصات ظاهری	: ۲۴۶ ص.
فروست	: مجموعه مهندسی برق، سری کتاب ارشد.
شابک	: 978-964-184-289-7
وضعیت فهرست‌نویسی	: فنی.
موضوع	: دانشگاه‌ها و مدارس عالی - ایران - آزمون‌ها.
موضوع	: ماشین‌آلات برقی - آزمون‌ها و تمرین‌ها (عالی).
موضوع	: ماشین‌آلات برقی - راهنمای آموزشی (عالی).
موضوع	: آزمون دوره‌های تحصیلات تکمیلی - ایران.
شناسه افزوده	: رئیس‌فر، داوود، ۱۳۶۳ -
رده‌بندی کنگره	: ۱۳۹۰ ۷۶۷۲/ج LB۲۳۵۲
رده‌بندی دیویی	: ۳۷۸/۱۶۶۴
شماره کتابخانه ملی	: ۲۴۹۵۲۰۵

انتشارات پوران پژوهش

نام کتاب:	ماشین‌های الکتریکی (۱)
تألیف:	امین حلم‌زاده - داوود رشیدفر
ناشر:	پوران پژوهش
حروف‌چینی:	پوران پژوهش
چاپ و صحافی:	مگا چاپ
شمارگان:	۲۰۰۰ نسخه
نوبت چاپ:	اول - پاییز ۱۳۹۰
قیمت:	۸۸۰۰۰ ریال
شابک:	۹۷۸-۹۶۴-۱۸۴-۲۸۹-۷

ISBN: 978-964-184-289-7

دفتر مرکزی: میدان انقلاب - ابتدای کارگر جنوبی - کوچه مهدیزاده - پلاک ۹ - واحد ۴ تلفن: ۶۶۹۲۷۰۴۰

این اثر به موجب قانون حمایت از حقوق مؤلفان و انتشارات و نشر و توزیع آن به صورت مجوزی و با رعایت مقررات وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی و با تایید هیأت مدیره انتشارات پوران پژوهش انجام شده است. این اثر به صورت مجوزی و با رعایت مقررات وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی و با تایید هیأت مدیره انتشارات پوران پژوهش انجام شده است.

به نام تنه‌پرستیدی که قلم را آفرید

پیش‌گفتار انتشارات

نگاهی به شمار داوطلبان آزمون کارشناسی ارشد نشان می‌دهد که در این سال‌ها درخواست تحصیل در دوره‌های تحصیلات تکمیلی دانشگاه‌ها افزایش چشمگیری داشته است. دشواری پیش روی بیشتر داوطلبان، گوناگونی منابع درسی و نبود دسترسی به آنها و همچنین نمونه آزمون‌های مناسب برای تمرین و فهم بیش‌تر مفاهیم درسی است.

مدیریت بنیاد انتشاراتی پوران پژوهش، آقای دکتر احمد هژبر، همسرشان بانو افسانه عبیدی و آقای ولی‌ا... علیمدوست با بیش از ۱۵ سال کوشش در راستای برآورده‌سازی نیاز داوطلبان، با سیاست کلی چاپ کتاب‌های ارزنده با بهایی درخور، آماده‌سازی و گردآوری چهار مجموعه‌ی گوناگون با آماجهای روشن را در دستور کار قرار داده است.

مجموعه‌ی نخست با نام کتاب ارشد (با جلد آبی‌رنگ) که تاکنون به دست داوطلبان رسیده، با پذیرش چشمگیری همراه بوده است. در هر عنوان کتاب ارشد، پس از شرح کامل درس در هر فصل، پرسش‌های چهارگزینه‌ای آزمون‌های سراسری و آزاد چند سال گذشته با پاسخ‌های تشریحی آورده شده است. شرح درس در هر کتاب از این مجموعه به گونه‌ای است که برای دانشجویان سال‌های پایین‌تر سودمند است و نیز یک منبع درسی مناسب برای دانشجویمان و استادان دانشگاه‌ها می‌باشد. کتاب ارشد نخستین بار در مهرماه سال ۱۳۸۰ در قالب پانزده عنوان به داوطلبان شناسانده شد و هم‌اینک بیش از ۲۲۰ عنوان را دربرمی‌گیرد.

مجموعه‌ی دوم با نام چند آزمون ارشد (با جلد سیاه‌رنگ) به گونه‌ای گردآوری شده است که دانشجو دفترچه‌های آزمون‌های سراسری سال‌های گذشته را با پاسخ‌های تشریحی در یک کتاب خواهد داشت.

مجموعه‌ی سوم با نام بانک تست ارشد (با جلد نارنجی‌رنگ) در دروس پایه و تخصصی هر رشته، یک کتاب کار به شمار می‌رود که در آن پرسش‌های طبقه‌بندی‌شده به همراه پاسخ‌های تشریحی آورده شده است تا دانشجو با حل و بررسی آن‌ها توانایی بایسته برای پاسخ‌گویی به آزمون‌ها را به دست آورد.

در آخر مجموعه‌ی چهارم که با جلد قهوه‌ای‌رنگ عرضه شده و به عنوان کتاب‌های مرجع در دانشگاه‌ها آموخته می‌شود.

بسم تعالی

مقدمه

اهمیت دروس ماشین‌های الکتریکی بعنوان یک درس تعیین کننده در کنکور ارشد سراسری و آزاد بر هیچ کس پوشیده نیست. اما متأسفانه تاکنون مرجع مناسبی که نیازهای دانشجویان را در ارتباط با این درس به طرز شایسته‌ای مرتفع کند وجود نداشته است. کتب و جزوات ماشین‌های الکتریکی ویژه آمادگی کنکور ارشد که تا به امروز در اختیار داوطلبان عزیز قرار گرفته‌اند به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند. دسته اول کتبی است که توسط مهندسين فعال در زمینه کنکور ارشد نوشته شده است. این مراجع در انتقال مفاهیم و عمیق شدن در مطالب عموماً عملکرد مطلوبی نداشته و در کمال تأسف حجم قابل توجهی از تست‌های کنکور سراسری را نادرست حل کرده‌اند. دسته دوم که تعدادشان اندک است توسط اساتید محترم دانشگاه نگاشته شده که از حیث صحت و درستی مطالب خود را در جایگاه نقد آنها نمی‌بینم ولی از این نظر که زبان و بیان این کتاب‌ها به داوطلبین عزیز خیلی نزدیک نیست و در آنها به روش‌ها و تکنیک‌های حل تست و مسئله و محاسبات عددی توجه چندانی نشده است می‌توان به منتقدان کتب مزبور تا حدود زیادی حق داد.

لذا بعد از طی دو دوره ممتاز تحصیلی در دانشگاه‌های فردوسی مشهد و صنعتی شریف، اکنون که در دوره دکتری دانشگاه صنعتی امیرکبیر مشغول به تحصیل بوده و بیش از ۱۰ دوره درس ماشین را در موسسات ویژه آمادگی آزمون ارشد در تهران و شهرستانها تدریس کرده‌ام، کتاب پیش‌رو را به داوطلبین عزیز گرایش‌های قدرت و کنترل تقدیم می‌کنم. با این امید که هم از بعد انتقال مفهوم و عمق مطلب نیاز دوستان مرتفع شود و هم عزیزان با روش‌های حل مسئله، روش‌های تست‌زنی سریع، نکات کنکوری و تست‌های تالیفی استاندارد آشنا شوند. از مهمترین ویژگی‌های این کتاب می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- بیان روان مطالب و مفاهیم بطوریکه به مرجع اضافه برای یادگیری نیاز نخواهد بود.

۲- طرح تست‌های تالیفی استاندارد کنکور سراسری که به شما کمک می‌کند جلوتر از طراحان کنکور حرکت کنید.

۳- حل ۱۶ دوره اخیر کنکور ارشد سراسری بدون رها کردن حتی یک تست!

۴- حل ۱۲ دوره اخیر کنکور آزاد با پاسخ‌های کاملاً تشریحی.

۵- جمع‌آوری مسائل پربار کتب مرجع و قرار دادن صورت مسئله و پاسخ آنها در انتهای هر فصل کتاب به همراه مسائل تالیفی حل شده برای تکمیل مطلب.

با توجه به رویکردی که در جمع‌آوری و تألیف مسائل ماشین‌های الکتریکی داشتیم مطالعه کتاب را به دانشجویانی که در حال گذراندن درس ماشین‌های الکتریکی هستند توصیه می‌کنم. باشد که نمره مناسبی در امتحان پایان ترم خود کسب کنند!

همچنین از طریق سایت www.powereng.ir از کتاب پیش‌رو پشتیبانی خواهیم کرد. لطفاً در صورتی که انتقاد یا پیشنهادی نسبت به کتاب داشتید یا مشکلات سهوی آن را یافتید از طریق سایت مزبور با ما ارتباط حاصل کنید. در این سایت که به کوشش دوست عزیزم پیمان روحانی طراحی شده در سه زمینه کلاس‌های آمادگی آزمون ارشد، کتاب‌های تالیف شده توسط بنده و آزمون‌های آزمایشی موسساتی که با آنها همکاری می‌کنم به دانشجویان عزیز خدمات پس از آموزش ارائه خواهیم کرد.

لازم است از جناب آقای مهندس رئیسی‌فر که ایشان را شخصی مستعد و آینده‌دار در برق قدرت دیدم تشکر ویژه داشته باشم. جمع‌آوری و پاسخ به سوالات کنکور ارشد آزاد و سراسری به کوشش ایشان بود که پس از فیلتر علمی شدن توسط اینجانب در کتاب قرار گرفت. همچنین ایشان انتخاب و تحلیل مسائل انتهای هر فصل را تحت نظارت اینجانب بر عهده داشت و در طرح تست‌های تالیفی کمک شایانی به بنده کرد. فصل چهارم کتاب (ضمیمه) کاملاً بر عهده آقای رئیسی‌فر بود. بدون حضور ایشان این کتاب قطعاً در زمان مناسب در اختیار شما دوستان قرار نمی‌گرفت.

در پایان بر خود لازم می‌دانم از حمایت‌های مدیریت اخلاق محور موسسه پوران پژوهش، جناب آقای دکتر هژبر و همچنین زحمات دلسوزانه آقایان رحیمی و نیری نهایت تشکر و قدردانی را داشته باشم.

امین حلم زاده

helmzadeh@yahoo.com , helmzadeh@aut.ac.ir

شیوه پیشنهادی مطالعه کتاب

به دوستان عزیز که در درس ماشین‌های الکتریکی ضعیف هستند توصیه می‌کنم کتاب را در روند زیر مطالعه کنند:

- ۱- مطالعه دقیق متن کتاب
 - ۲- حل تست‌های کنکور ارشد آزاد
 - ۳- حل کامل مسائل انتهای هر فصل
 - ۴- حل کامل تست‌های کنکور سراسری
 - ۵- حل تست‌های تالیفی زمانی که بر چهار مورد فوق مسلط شده‌اید.
- به دوستان عزیز که در درس ماشین‌های الکتریکی سطح متوسطی دارند توصیه می‌کنم کتاب را در روند زیر مطالعه کنند:

- ۱- مطالعه دقیق متن کتاب
 - ۲- حل کامل مسائل انتهای هر فصل
 - ۳- حل کامل تست‌های کنکور سراسری
 - ۴- حل تست‌های تالیفی
- به دوستان عزیز که در درس ماشین‌های الکتریکی قوی هستند توصیه می‌کنم کتاب را در روند زیر مطالعه کنند:

- ۱- مطالعه دقیق متن کتاب
- ۲- حل ۸ دوره اخیر تست‌های کنکور سراسری
- ۳- حل تست‌های تالیفی

همچنین مباحثی که با علامت (*) مشخص شده‌اند بطور مستقیم در کنکور ارشد سال‌های اخیر مورد سوال قرار نگرفته‌اند و مطالعه آنها را فقط به کسانی توصیه می‌کنم که درس ماشین را برای کسب درصدهای بالا مطالعه می‌کنند.

تقدیم بہ

خواہر عزیزم، خانم مهندس زہرا حلم زادہ

کسی کہ بی توقع مراجعت می کرد تا نبود پدر را کمتر احساس کنم...

با کسب اجازه از

استاد ارجمند جناب آقای دکتر ربی شہیدی کہ درس ماشینہای الکتریکی (۱) را در محضر ایشان آموختم

باشد کہ این کتاب از صافی ناب دانش و معلومات ایشان بہ سلامت عبور کند.

با تشکر از

ہمسر عزیزم خانم دکتر فائزہ خراسانی زادہ

کسی کہ مہربان و صبور، ہمیشہ دکنارم است

فهرست مطالب

فصل اول. مدارهای مغناطیسی	۱
۱-۱- مقدمه	۱
۱-۲- اجزاء مدارهای مغناطیسی	۱
۱-۳- انواع کمیت‌ها در مدار مغناطیسی	۲
الف- کمیت‌های فیزیکی	۲
ب- کمیت‌های الکتریکی	۳
ج- کمیت‌های مغناطیسی	۳
۱-۴- ارتباط بین کمیت‌ها در مدار مغناطیسی	۴
۱-۵- تعریف رلوکتانس مغناطیسی	۵
۱-۶- مشابه الکتریکی برای مدارهای مغناطیسی	۶
۱-۷- تحلیل مدارهای مغناطیسی خطی	۹
۱-۷-۱- روش‌های تحلیل مدارهای مغناطیسی	۹
۱-۸- تعریف اندوکتانس	۱۴
۱-۸-۱- اندوکتانس خودی	۱۴
۱-۸-۲- اندوکتانس متقابل	۱۷
۱-۹- محاسبه ولتاژ القاء شده در یک سیم‌پیچ	۲۲
۱-۱۰- مدارهای مغناطیسی غیرخطی	۲۴
۱-۱۰-۱- توصیف رابطه B-H در هسته غیرخطی	۲۵
۱-۱۱- محاسبه انرژی ذخیره شده در بدان مغناطیسی	۳۱
۱-۱۲- تلفات هسته	۳۴
۱-۱۲-۱- تلفات فوکو و هیستریزیس	۳۶
۱-۱۳- مدل الکتریکی برای مدار مغناطیسی(*)	۳۷
الف- منحنی $\lambda - i$ خطی	۳۷
ب- منحنی $\lambda - i$ غیرخطی تک مقداره	۳۹
ج- منحنی $\lambda - i$ غیرخطی دو مقداره	۴۱
سؤال‌های طبقه‌بندی شده کنکور آزاد	۵۸
سؤال‌های طبقه‌بندی شده کنکور سراسری	۷۴
سؤال‌های تألیفی	۸۷

فصل دوم. تبدیل انرژی در سیستم‌های الکتروپوینامیکی	۱۰۵
۱-۲- مقدمه	۱۰۵
۲-۲- اصول تبدیل انرژی	۱۰۵
۳-۲- تبدیل انرژی در سیستم الکتروپوینامیکی تک تحریک با حرکت خطی	۱۰۶
۴-۲- تعریف انرژی و کوانرژی در سیستم تک تحریک	۱۱۰
۵-۲- تعریف انرژی و کوانرژی در سیستم چند تحریک	۱۱۲
۶-۲- محاسبه نیروی وارد بر عنصر متحرک در سیستم مغناطیسی تک تحریک با حرکت خطی	۱۱۲
۷-۲- محاسبه نیرو در مدارهای مغناطیسی تک تحریک خطی با حرکت خطی	۱۱۶
۸-۲- محاسبه نیرو در مدارهای مغناطیسی چند تحریک با حرکت خطی	۱۲۱
۹-۲- سیستم‌های الکتروپوینامیکی با حرکت دورانی	۱۲۶
۱۰-۲- تعریف انرژی، کوانرژی و گشتاور در ماشین‌های دوار	۱۲۸
۱۱-۲- ماشین‌های دوار با مدار مغناطیسی خطی	۱۳۰
۱۲-۲- موتور رلوکتانسی	۱۳۱
۱۳-۲- گشتاور الکترومغناطیسی	۱۳۸
۱۴-۲- صورت کلی معادله گشتاور	۱۴۱
سؤال‌های طبقه‌بندی شده کنکور آزاد	۱۵۸
سؤال‌های طبقه‌بندی شده کنکور سراسری	۱۷۹
سؤال‌های تألیفی	۲۱۰
فصل سوم. ماشین‌های جریان مستقیم (DC)	۲۲۹
۱-۲- مقدمه	۲۲۹
۲-۲- ساختمان ماشین DC	۲۲۹
۱-۲-۲- سیم‌پیچی آرمیچر	۲۳۰
۱-۲-۲-۱- سیم‌پیچی حلقوی (روی هم یا همپوش)	۲۳۰
۱-۲-۲-۲- سیم‌پیچی موجی	۲۳۱
۲-۲- معادل الکتریکی ماشین‌های جریان مستقیم	۲۳۱
۱- مقاومت میدان شنت (R_f)	۲۳۱
۲- مقاومت مدار آرمیچر (R_a)	۲۳۲
۳- مقاومت میدان سری (R_s)	۲۳۲
۴- ولتاژ قلب ماشین (E_a)	۲۳۲
توصیف اول: استفاده از نمودار	۲۳۵
توصیف دوم: استفاده از تابع	۲۳۶

۲۳۶	توصیف سوم: استفاده از جدول
۲۳۷	۵- ترمینال ماشین
۲۳۷	۳-۴- ژنراتورهای جریان مستقیم
۲۳۸	۲-۴-۱- ژنراتور تحریک مستقل
۲۴۱	۲-۴-۲- ژنراتور شنت (خود تحریک)
۲۴۲	۳-۴-۱- نحوه ولتاژسازی در ژنراتور شنت
۲۴۴	۳-۴-۲- شروط لازم برای ولتاژسازی در ژنراتور شنت
۲۴۸	۳-۴-۲- بارگیری از ژنراتور شنت
۲۴۹	۳-۴-۲- مشخصه خروجی ژنراتور شنت
۲۵۲	۳-۴-۲- کتور توان در ژنراتور DC شنت
۲۵۴	۲-۴-۲- ژنراتور سری
۲۵۵	۳-۴-۱- مشخصه خروجی ژنراتور سری
۲۵۶	۳-۴-۲- ژنراتور کمپوند
۲۶۰	۳-۴-۲- منحنی خروجی ژنراتور کمپوند
۲۶۲	۲-۵- موتورهای جریان مستقیم
۲۶۲	۲-۵-۱- موتور تحریک مستقل
۲۶۵	۲-۵-۲- موتور شنت
۲۷۰	۲-۵-۳- موتور سری
۲۷۵	۳-۵-۱- منحنیهای خروجی موتور سری
۲۷۷	۳-۵-۲- موتور جریان مستقیم کمپوند
۲۸۱	۳-۶- مباحث تکمیلی در ماشینها: جریان مستقیم
۲۸۱	۳-۶-۱- کنترل ولتاژ در ژنراتورهای جریان مستقیم
۲۸۲	۳-۶-۲- کنترل سرعت در موتورهای جریان مستقیم
۲۸۷	۳-۶-۳- راهاندازی موتور جریان مستقیم
۲۹۰	۳-۶-۴- ترمز کردن در موتورهای DC (**)
۲۹۳	۳-۶-۵- مدل کردن جاروبکها در مدار معادل الکتریکی ماشین DC
۲۹۴	۳-۶-۶- تلفات بی‌باری در موتور جریان مستقیم
۲۹۵	۳-۶-۷- عکس‌العمل آرمیچر (s)
۳۱۱	سؤالهای طبقه‌بندی شده کنکور آزاد
۳۴۱	سؤالهای طبقه‌بندی شده کنکور سراسری
۴۰۰	سؤالهای تألیفی

فصل چهارم. ضمیمه	۴۱۷
۴-۱ - سیم‌پیچی ماشین‌های DC	۴۱۷
۴-۱-۱ - سیم‌پیچی استاتور ماشین‌های DC	۴۱۷
۴-۱-۲ - سیم‌پیچی آرمیچر ماشین‌های DC	۴۱۸
۴-۱-۲-۱ - مفاهیم کلی	۴۱۸
۴-۱-۲-۲ - روش حلقوی (روی هم - درهم - lap winding)	۴۲۱
۴-۱-۲-۳ - روش موجی (کنار هم wave winding)	۴۲۲
۴-۱-۲-۴ - روش پای قورباغه‌ای (مختلط)	۴۲۲
۴-۲ - عکس‌العمل آرمیچر	۴۲۴
کاهش شار اصلی	۴۲۵
ایجاد اعوجاج و غیریکنواختی در توزیع شار اصلی	۴۲۶
۴-۲-۱ - تضعیف اثر عکس‌العمل آرمیچر	۴۲۶
۴-۲-۱-۱ - روش‌های کاهش تأثیر عکس‌العمل آرمیچر بر شار ناحیه میان قطبی	۴۲۷
۴-۲-۱-۲ - روش‌های کاهش تأثیر عکس‌العمل آرمیچر بر شار ناحیه زیر کفشک قطب‌ها	۴۳۱
۴-۳ - کموتاسیون در ماشین‌های DC	۴۳۲
۴-۳-۱ - موتور ساده DC	۴۳۳
موتور ساده DC بدون کموتاتور	۴۳۳
موتور ساده DC با کموتاتور	۴۳۴
۴-۳-۲ - مولد ساده DC	۴۳۵
مولد ساده DC با رینگ	۴۳۶
مولد ساده DC با کموتاتور	۴۳۸
۴-۳-۳ - کموتاسیون در ماشین DC واقعی	۴۳۹
عوامل تأثیرگذار بر کموتاسیون	۴۴۰
بررسی کموتاسیون با چشم‌پوشی از ولتاژهای واکنشی و گردشی	۴۴۰
بررسی کموتاسیون با در نظر گرفتن ولتاژهای واکنشی و گردشی	۴۴۰
۴-۴ - معادله ولتاژ داخلی در ماشین DC واقعی	۴۴۱