



ماشین‌های الکتریکی

آنالیز و طراحی با Matlab

تألیف: جیمی جی. کتی

ترجمه: دکتر محمدرضا بسمی (عضو هیئت علمی دانشگاه شاهرود)

سرشناسه: کتی، جیمی ج. Cathey, Jimmie J.

عنوان و نام پدیدآور: ماشین‌های الکتریکی آنالیز و طراحی با Matlab / جیمی ج. کتی: ترجمه: محمدرضا بسمی.

مشخصات نشر: تهران: دانشگاه شاهد، مرکز چاپ و انتشارات، ۱۳۸۹.

مشخصات ظاهری: ۶۰۰ ص.: مصور.

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۶۱۲۰-۹۱-۴

وضعیت فهرست‌نویسی: فیا.

یادداشت: عنوان اصلی: Electric machines: analysis and design applying Matlab, 2001

موضوع: مطلب (برنامه کامپیوتر)

موضوع: ماشین آلات برقی -- طراحی به کمک کامپیوتر

موضوع: ماشین آلات برقی -- طرح و ساختمان -- برنامه‌های کامپیوتری

شناسه افزوده: بسمی، محمدرضا، ۱۳۳۸ -- مترجم

شناسه افزوده: دانشگاه شاهد، مرکز چاپ و انتشارات

رده‌بندی کنگره: 7K 7187/.52 : ۱۳۸۹

رده‌بندی دیوئی: ۶۲۱/۳۱۰۱۲ : ۲۸۵۵۳۶۹

شماره کتاب‌شناسی ملی: ۲۴۲۹۲۷۱



دانشگاه شاهد
معاونت پژوهشی
مرکز چاپ و انتشارات

ماشین‌های الکتریکی آنالیز و طراحی با Matlab

تألیف:

جیمی جی. کتی

ترجمه:

محمدرضا بسمی

تعداد:

۱۰۰۰ نسخه

نوبت چاپ:

اول ۱۳۸۹

چاپ:

شمیم

قیمت:

۸۵۰۰۰ ریال

نشانی ناشر:

تهران - ابتدای آزادراه خلیج فارس، روبروی حرم مطهر امام خمینی(ره)، معاونت پژوهشی،
مرکز چاپ و انتشارات دانشگاه شاهد

تلفن:

۵۱۲۱۲۳۸۴ دورنگار: ۵۱۲۱۳۵۴۹

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل ۱: مقدمه	
۱-۱- ماهیت ماشین‌های الکتریکی	۱
۱-۲- زمان پیدایش ماشین‌های الکتریکی	۲
۱-۳- جایگاه موتورهای الکتریکی	۳
۱-۴- چگونگی تبدیل انرژی	۴
فصل ۲: مدارهای حالت دائمی سینوسی	
۲-۱- مقدمه	۵
۲-۲- اصول فازور و امپدانس	۵
۲-۳- تحلیل شبکه‌های تکفاز	۱۱
۲-۴- شبکه‌های سه فاز	۱۵
۲-۴-۱- آرایش اتصالات	۱۶
۲-۴-۲- شرایط تعادل	۱۷
۲-۴-۳- تبدیل اتصالات به یکدیگر	۲۴
۲-۴-۴- تحلیل	۲۶
۲-۵- جاری شدن توان	۳۱
۲-۵-۱- مدارهای تکفاز	۳۲
۲-۵-۲- مدارهای سه فاز	۳۷
۲-۵-۳- اندازه‌گیری توان	۳۹
۲-۵-۴- تصحیح ضریب توان	۴۲
۲-۶- مدارهای چند برابرکننده فرکانس	۴۴
۲-۷- برنامه‌های تحلیل کامپیوتری	۴۶

۸-۲- خلاصه ۴۹

۹-۲- مسائل ۵۱

فصل ۳: مدارهای مغناطیسی و تبدیل انرژی

۱-۳- مقدمه ۵۹

۲-۳- قوانین و قواعد حاکم ۵۹

۳-۳- پدیده فرومغناطیس ۶۶

۱-۳-۳- اشباع ۶۸

۲-۳-۳- هینرزیس ۷۰

۳-۳-۳- دمای کوری و تغییر شکل برآیند مغناطیس شلایگی ۷۰

۴-۳- مدارهای مغناطیسی ۷۱

۱-۴-۳- بررسی روش تحلیل ۷۱

۲-۴-۳- پراگندگی در فاصله هوایی ۷۴

۳-۴-۳- مدار نشستی ۷۵

۴-۴-۳- مدارهای مغناطیسی سری ۷۵

۵-۴-۳- مدارهای مغناطیسی موازی ۸۵

۵-۳- انرژی و اندوکتانس ۹۲

۱-۵-۳- اندوکتانس ۹۲

۲-۵-۳- انرژی ۹۷

۶-۳- تحریک سینوسی ۹۸

۷-۳- آهنرباهای دائمی ۱۰۱

۱-۷-۳- طبقه بندی و مشخصات ۱۰۲

۲-۷-۳- عملکرد ۱۰۴

۸-۳- تبدیل انرژی ۱۱۰

۱-۸-۳- فرموله کردن مدل ۱۱۰

۱۱۳	۲-۸-۳- نیرو و انرژی
۱۲۰	۳-۸-۳- نیرو و کوانترژی
۱۲۵	۴-۸-۳- سیستم‌های دوتحریکه
۱۲۶	۹-۳- طراحی سلونوبند
۱۲۶	۱-۹-۳- اندازه اولیه
۱۳۰	۲-۹-۳- مدار مغناطیسی
۱۳۳	۳-۹-۳- طراحی نمونه
۱۳۸	۱۰-۳- برنامه‌های تحلیل کامپیوتری
۱۴۱	۱۱-۳- خلاصه
۱۴۳	۱۲-۳- مسائل
۱۴۸	۱۳-۳- فهرست منابع

فصل ۴: ترانسفورماتورها

۱۴۹	۱-۴- مقدمه
۱۵۰	۲-۴- ساختار فیزیکی
۱۵۲	۳-۴- ترانسفورماتور ایده‌آل
۱۵۵	۱-۳-۴- دیاگرام مداری
۱۵۶	۲-۳-۴- روابط ولتاژ و جریان
۱۵۸	۳-۳-۴- روابط توان و امپدانس
۱۶۰	۴-۴- ترانسفورماتور واقعی (کاربردی)
۱۶۱	۱-۴-۴- ترانسفورماتور با هسته بدون تلفات
۱۶۴	۲-۴-۴- ویژگی‌های هسته فرومغناطیسی
۱۷۳	۳-۴-۴- مفاهیم کارکرد مناسب
۱۷۷	۴-۴-۴- صفحه بلای و قطب‌های سیم‌پیچ
۱۷۹	۵-۴- آزمون تعیین پارامترها

۱۷۹	۴-۵-۱-آزمون‌های مقدماتی.....
۱۸۰	۴-۵-۲-آزمون اتصال کوتاه.....
۱۸۱	۴-۵-۳-آزمون مدار باز.....
۱۸۵	۴-۶-ارزیابی کار.....
۱۸۶	۴-۶-۱-تحلیل ولتاژ- جریان.....
۱۸۸	۴-۶-۲-مدار معادل تقریبی.....
۱۹۲	۴-۶-۳-رانده‌مان.....
۱۹۹	۴-۶-۴-تنظیم ولتاژ.....
۲۰۱	۴-۶-۵-جریان همجوش.....
۲۰۳	۴-۷-ترانسفورماتورها برای توزیع در مناطق مسکونی.....
۲۰۵	۴-۸-اتو ترانسفورماتورها.....
۲۰۶	۴-۸-۱-اتوترانسفورماتور ایده‌آل.....
۲۰۸	۴-۸-۲-پخش توان.....
۲۰۹	۴-۹-ترانسفورماتورهای سه فاز.....
۲۱۰	۴-۹-۱-انواع اتصالات.....
۲۱۴	۴-۹-۲-تحلیل عملکرد.....
۲۱۶	۴-۱۰-تپ‌های (انشعاب‌های) سیم پیچ ترانسفورماتور.....
۲۱۷	۴-۱۰-۱-تنظیم تپ ثابت.....
۲۱۹	۴-۱۰-۲-تغییر تپ تحت بار.....
۲۲۰	۴-۱۱-ترانسفورماتورهای ادوات.....
۲۲۰	۴-۱۱-۱-ترانسفورماتورهای پتانسیل.....
۲۲۱	۴-۱۱-۲-ترانسفورماتورهای جریان.....
۲۲۲	۴-۱۲-طراحی ترانسفورماتور.....
۲۲۲	۴-۱۲-۱-اندازه حجم هسته.....
۲۲۷	۴-۱۲-۲-آنالیز مدار مغناطیسی.....

۲۴۲	۱۳-۴- کدهای آنالیز کامپیوتری.....
۲۴۶	۱۴-۴- خلاصه.....
۲۴۸	۱۵-۴- مسائل.....
۲۵۵	۱۶-۴- منابع.....

فصل ۵: ماشین های جریان مستقیم

۲۵۷	۱-۵- مقدمه.....
۲۵۸	۲-۵- ساختار فیزیکی.....
۲۶۱	۳-۵- اصول گشتاور و ولتاژ.....
۲۶۱	۱-۳-۵- میدان مغناطیسی بی باری.....
۲۶۲	۲-۳-۵- ولتاژ القاء شده در سیم پیچ آرمیچر.....
۲۶۹	۳-۳-۵- گشتاور تولید شده الکترومغناطیسی.....
۲۷۱	۴-۵- طبقه بندی براساس سیم پیچی میدان.....
۲۷۱	۱-۴-۵- سیم پیچ های اصلی میدان.....
۲۷۲	۲-۴-۵- آرایش های اتصال میدان.....
۲۷۳	۵-۵- طبیعت و عمل متقابل میدان های مغناطیسی.....
۲۷۳	۱-۵-۵- مدار مغناطیسی اصلی.....
۲۷۶	۲-۵-۵- تداخل میدان مغناطیسی.....
۲۸۳	۶-۵- عملکرد ژنراتور.....
۲۸۴	۱-۶-۵- ژنراتور DC با تحریک مجزا.....
۲۸۶	۲-۶-۵- ژنراتور DC شنت.....
۲۸۹	۳-۶-۵- ژنراتور DC با تحریک سری.....
۲۸۹	۴-۶-۵- ژنراتور DC کمپوند اضافی.....
۲۹۱	۵-۶-۵- ژنراتور DC کمپوند نقصانی.....
۲۹۱	۷-۵- عملکرد موتور.....

۲۹۶	۵-۷-۱- موتور DC با تحریک شنت
۲۹۷	۵-۷-۲- موتور DC با تحریک سری
۳۰۱	۵-۷-۳- موتور DC کمپوند اضافی
۳۰۵	۵-۷-۴- موتور DC کمپوند تقصانی
۳۰۷	۵-۸- کنترل موتور
۳۰۷	۵-۸-۱- کنترل راه‌اندازی
۳۰۸	۵-۸-۲- کنترل سرعت
۳۱۳	۵-۹- طراحی موتور DC
۳۱۳	۵-۹-۱- دسته‌بندی و استاندارد سازی
۳۱۵	۵-۹-۲- حجم و اندازه قطرها
۳۱۸	۵-۹-۳- طراحی آرمیچر
۳۲۵	۵-۹-۴- طراحی قطب‌های میدان
۳۲۸	۵-۹-۵- تحلیل مدار مغناطیسی
۳۳۰	۵-۹-۶- طراحی سیم‌پیچی میدان
۳۳۰	۵-۹-۷- بهبود طراحی
۳۳۱	۵-۹-۸- یک طراحی نمونه
۳۴۰	۵-۱۰- کدهای تحلیل کامپیوتری
۳۴۳	۵-۱۱- خلاصه
۳۴۵	۵-۱۲- مسائل
۳۵۲	۵-۱۳- منابع

فصل ۶: موتور های القایی

۳۵۳	۶-۱- مقدمه
۳۵۴	۶-۲- طبقه‌بندی و ساختار فیزیکی
۳۵۶	۶-۳- سیم‌پیچی استاتور و نیروی محرکه مغناطیسی

۳۵۶	۱-۳-۶- سیم پیچی استاتور
۳۵۷	۲-۳-۶- نیروی محرکه مغناطیسی سیم پیچی
۳۶۳	۳-۳-۶- موج سیار فاصله هوایی استاتور
۳۶۴	۴-۳-۶- سرعت سنکرون
۳۶۶	۴-۶- عملکرد روتور و لغزش
۳۶۶	۱-۴-۶- ولتاژهای القایی سیم پیچی روتور
۳۶۹	۲-۴-۶- موج سیار فاصله هوایی روتور
۳۷۱	۵-۶- مدار معادل
۳۷۴	۶-۶- تعیین پارامترها با استفاده از آزمون
۳۷۵	۱-۶-۶- آزمون روتور قفل شده
۳۷۷	۲-۶-۶- آزمون بی یاری
۳۸۱	۷-۶- محاسبات عملی و ماهیت موتور
۳۸۱	۱-۷-۶- روند توزیع توان در موتور القایی
۳۸۲	۲-۷-۶- تعیین گشتاور توسعه یافته
۳۹۱	۳-۷-۶- ماهیت گشتاور توسعه یافته
۳۹۵	۴-۷-۶- حساسیت فرکانسی پارامترهای روتور
۳۹۸	۵-۷-۶- ارزیابی عملکرد ماشین
۴۰۰	۸-۶- راه اندازی با ولتاژ کاهش یافته
۴۰۲	۱-۸-۶- راه اندازی اتوترانسفورمری
۴۰۳	۲-۸-۶- راه انداز حالت جامد
۴۰۳	۹-۶- کنترل سرعت
۴۰۴	۱-۹-۶- کنترل سرعت از طریق مقاومت روتور
۴۰۵	۲-۹-۶- کنترل ولتاژی سرعت
۴۰۶	۳-۹-۶- تغییر قطب ها
۴۰۷	۴-۹-۶- کنترل فرکانسی سرعت

۴۱۲	۱۰-۶- موتورهای تک فاز
۴۱۳	۱۰-۱-۶- میدان فاصله هوایی
۴۱۵	۱۰-۲-۶- مدار معادل
۴۱۶	۱۰-۳-۶- ماهیت عمل
۴۲۰	۱۰-۴-۶- سیم پیچی راه انداز کمکی
۴۲۲	۱۱-۶- طراحی موتورهای القایی
۴۲۳	۱۱-۱-۶- طبقه بندی ماشین استاندارد ها
۴۲۵	۱۱-۲-۶- حجم و اندازه خفیه
۴۲۸	۱۱-۳-۶- طراحی استاتور
۴۳۵	۱۱-۴-۶- طراحی روتور
۴۴۰	۱۱-۵-۶- پارامترهای مدار معادل
۴۴۸	۱۱-۶-۶- اصلاح و بهبود طراحی
۴۴۹	۱۱-۷-۶- یک طراحی نمونه
۴۵۷	۱۲-۶- کدهای آنالیز کامپیوتری
۴۶۰	۱۳-۶- خلاصه
۴۶۱	۱۴-۶- مسافت
۴۶۶	۱۵-۶- منابع

فصل ۷: ماشین های سنکرون

۴۶۷	۷-۱- مقدمه
۴۶۹	۷-۲- طبقه بندی و ساختار فیزیکی
۴۷۰	۷-۲-۱- سیم پیچی استاتور و نیروی محرکه مغناطیسی
۴۷۱	۷-۲-۲- سیم پیچی های روتور و میدان های فاصله هوایی
۴۷۶	۷-۳- ولتاژهای تولید شده و مدار معادل
۴۷۶	۷-۳-۱- ولتاژها و شارهای سیم پیچ

۴۷۸	۲-۳-۷ مدار معادل هر فاز: حالت روتور صاف
۴۸۱	۳-۳-۷ خطی سازی مغناطیسی
۴۸۵	۴-۷ پارامترهای مدار معادل از اطلاعات تست
۴۸۹	۵-۷ عملکرد ژنراتور
۴۹۰	۱-۵-۷ دیانگرام فازوری ماشین های سنکرون
۴۹۰	۲-۵-۷ گشتاور توسعه یافته الکترومکانیکی
۴۹۳	۳-۵-۷ ژنراتورهای سنکرون اینزوله
۴۹۸	۴-۵-۷ ژنراتورهای سنکرون به هم پیوسته
۵۰۶	۶-۷ عملکرد موتور
۵۰۹	۷-۷ عملکرد موتور قطب برجسته
۵۱۹	۸-۷ موتورهای خود سنکرون
۵۲۰	۱-۸-۷ موتورهای DC بدون جاروبک
۵۲۵	۲-۸-۷ موتورهای رلوکئانسی سوئیچ شونده
۵۳۲	۹-۷ طراحی ماشین سنکرون
۵۳۳	۱-۹-۷ استانداردها و طبقه بندی ها
۵۳۴	۲-۹-۷ حجم و اندازه خفزه
۵۳۶	۳-۹-۷ طرح استاتور
۵۴۱	۴-۹-۷ اندازه فاصله هوایی
۵۴۱	۵-۹-۷ طراحی روتور
۵۴۹	۶-۹-۷ پارامترهای مدار معادل
۵۵۰	۷-۹-۷ بهبود طراحی
۵۵۱	۸-۹-۷ طراحی نمونه
۵۵۸	۱۰-۷ کد تحلیل کامپیوتری
۵۶۱	۱۱-۷ خلاصه
۵۶۳	۱۲-۷ مسائل

۵۶۸ ۱۳-۷ منابع

۵۶۹ ضمیمه الف ضرایب سیم پیچی

۵۶۹ الف-۱ ضریب توزیع

۵۷۳ الف-۲ ضریب گام

۵۷۴ الف-۳ ضریب سیم پیچی

۵۷۷ ضمیمه ب- ضرایب تبدیل

۵۷۹ ضمیمه ج- جدول سیم های مغناطیسی

www.ketab.ir

پیشگفتار

پیشگفتار مترجم

کتاب حاضر با عنوان *ماشین‌های الکتریکی، آنالیز و طراحی با استفاده از Matlab* نوشته پروفسور Jimmie J. Cathey از دانشگاه کنتاکی برای ترجمه برگزیده شد؛ دلیل این انتخاب را نگاهی ملموس‌تر و جامع‌تر به موضوع ماشین‌های الکتریکی و تفاوت آن نسبت به دیگر کتاب‌های انتشار یافته در این زمینه می‌توان دانست؛ اما مشکل این کتاب که در بخش برنامه‌ها وجود داشت، مجال دسترسی آسان را برای خوانندگان میسر نمی‌کرد. بنابراین در بخش نرم‌افزار کتاب بازنگری شد و ساختار آن تغییر یافت؛ با تألیف و ارائه جدید بخش نرم‌افزار از طریق گرافیکی، نقطه ضعف کتاب برطرف شد.

ممکن است، این سؤال مطرح شود که با توجه به وجود تعداد زیادی از کتاب‌های ترجمه شده در زمینه ماشین‌های الکتریکی، «چرا تصمیم گرفته شد که این کتاب منتشر شود؟» در این خصوص، مناسب دیدم دلایل این تصمیم به طور اختصار بیان شود. بیش از یک دهه تدریس در زمینه ماشین‌های الکتریکی و اقبال کم دانشجویان برق به موضوع یادشده سبب شد به جستجوی راه حلی در حد توان خویش برای برطرف کردن این معضل بپردازم، باشد که به اهمیت این درس در بین کارشناسی، در مقام درسی پایه بیشتر توجه شود. دلایلی متعدد برای استقبال پایین دانشجویان، نسبت به مبحث ماشین‌های الکتریکی در تمامی مقاطع تحصیلی وجود دارد؛ یکی از دلایل مهم، ناشی از طولانی بودن درک ماشین‌های الکتریکی نسبت به دروس دیگر است. دانشجویان برای درک موضوع ماشین‌های الکتریکی باید حضوری مؤثر در کلاس‌های درس داشته باشند و تمامی مطالب را در ساختاری منسجم کنار یکدیگر قرار دهند تا بتوانند انگیزه و علاقه مناسب را برای فهم مبحث ماشین‌های الکتریکی به دست آورند. یکی از نقاط ضعف کتاب‌های موجود، فقدان روشی مناسب برای فراهم کردن تسهیلات ایجاد این ساختار در ذهن دانشجویان مهندسی برق است؛ از آنجاکه درک ماشین‌های الکتریکی بدون ایجاد یک ساختار شایسته نمی‌تواند تحقق یابد، بنابراین هدف از ترجمه این کتاب، ایجاد ساختار مورد نظر است. تجربه نشان داده درک مباحث فنی، فقط از طریق تمرین و انجام پروژه‌های عملی میسر خواهد بود. دانشجویان رشته برق، وقتی پروژه‌ای عملی را در مدارهای الکتریکی، مدارهای منطقی، الکترونیک و ... (با هزینه پایین) انجام می‌دهند به مباحث خواننده شده مسلط می‌شوند و مطالب آموخته شده در ذهن ایشان برای مدتی طولانی و شاید تا ابد باقی می‌ماند، اما این امکان برای مباحث ماشین‌های الکتریکی فراهم نیست و دانشجویان فقط از طریق آزمایشگاه به مفاهیم کلی، بهره برداری از ماشین‌های الکتریکی در سطح یک تکنسین آشنا خواهند شد؛ بنابراین باید جستجوگر راه حلی بود که بتوان، دست‌کم، راه را برای درک مفاهیم ماشین‌های الکتریکی از طریق شبیه‌سازی‌های مناسب فراهم کرد. کتاب حاضر، گامی در این جهت است و پروفسور کتی تلاش کرده، با نوشتن کدهای کامپیوتری، مفاهیم تئوریک را

برای دانشجویان از طریق شبیه‌سازی تکرار کنند؛ مزیت دیگر این کتاب: ضمن بیان مباحث جامع تئوریک مورد نیاز دانشجویان در دروس ماشین‌های الکتریکی ۱، ۲ و ۳، پرداختن به اصول طراحی ماشین‌های الکتریکی به‌طور مختصر و مفید است. متأسفانه بحث طراحی ماشین‌های الکتریکی در دانشگاه‌های کشورمان در دوره کارشناسی ارشد ارائه می‌شود، در صورتی که ایجاد ساختار مورد نظر برای روشن کردن ذهن دانشجویان در زمینه درک این مباحث، فقط از طریق یادگیری مبانی طراحی ماشین‌های الکتریکی میسر است؛ بنابراین امتیاز دیگر این کتاب، پرداختن به بحث‌های طراحی ماشین‌های الکتریکی در کنار مباحث تئوریک ماشین‌های الکتریکی است. پروفیسور کتی با تحریر این کتاب، کدهای کامپیوتری و طرح اصول طراحی ماشین‌های الکتریکی را فراهم آورد و در ایجاد ساختاری مناسب برای درک مفاهیم ماشین‌های الکتریکی، گامی بزرگ توانست بردارد.

با پذیرش اینکه کتاب یادشده می‌تواند گامی مؤثر در ایجاد ساختاری مطلوب برای درک ماشین‌های الکتریکی به‌شمار آید. توجه اینجانب به ترجمه آن جلب شد؛ اما بدین سبب که دانشجویان نمی‌توانستند به سهولت از کدهای نوشته‌شده استفاده کنند، چاپ کتاب، چندین سال به تأخیر افتاد تا چارچوبی شایسته برای ارائه کدهای نوشته‌شده فراهم شود. چون کدهای نوشته‌شده فقط در متن کتاب به‌صورت چاپی ارائه شده بود، دانشجویان برای اجرای آن باید تک‌تک کدها را می‌نوشتند و این مشکل در عمل، مانعی بزرگ برای رسیدن به اهداف مورد نظر این کتاب محسوب می‌شد؛ بنابراین تصمیم گرفته شد که کدهای نوشته‌شده چاپی به فایل‌های اصلی تبدیل شوند. بعد از نوشتن، آزمایش و اجرای کدها که به شکل فایل‌های متنی (mfiles) بودند، تلاش شد تا مجموعه فایل‌ها از طریق نرم‌افزار GUIDE به صورت گرافیکی در اختیار دانشجویان قرار گیرد. به منظور دسترسی به کدهای نوشته‌شده می‌توانید به سایت www.shahed.ac.ir قسمت مرکز چاپ و انتشارات مراجعه فرمایید.

بی‌تردید، کتاب حاضر، از خطا و اشکال خالی نیست؛ بنابراین از تمامی استادان، دانشجویان و مهندسانی که این کتاب را مطالعه می‌کنند، خواهشمند است در رفع نواقص اینجانب را یاری کنند. بر خود فرض می‌دانم از دانشجویان کارشناسی دانشگاه شاهد، آقایان: مهدوی سرشت، اسلامی فرد و ترابی‌پور که مرا در تدوین این کتاب یاری رساندند تشکر کنم.

محمد رضا بسمی

دانشکده فنی و مهندسی

دانشگاه شاهد

زمینه‌های تحقیقاتی: طراحی ماشین‌های الکتریکی و پرتاب‌کننده‌های مغناطیسی، مولدهای تراکم شار، طراحی ماشین‌های خاص سرعت بالا، سیستم‌های قدرت و انرژی‌های نو.