

الکترونیک قدرت

مؤلف : دانیل هارت

مترجمان:

دکتر علی دستان

مهندس صدیقه صدقی

دانشگاه شاهرود

سرشناسه	: هارت، دانیل دبلیو. .Hart, Daniel W
عنوان و نام پدیدآور	: الکترونیک قدرت
مشخصات نشر	: شاهرود: دانشگاه شاهرود، ۱۳۹۴.
مشخصات ظاهری	: ۶۱۰ ص.: مصور، جدول، نمودار.
شابک	: 978-600-7153-28-4
وضعیت فهرستی	: فیبا
یادداشت	: این مدرک در آدرس http://opac.nlai.ir قابل دسترسی است.
یادداشت	: عنوان اصلی: Power Electronics.
شناسه افزوده	: دستفان، علی، ۱۳۴۵ -، مترجم
شناسه افزوده	: صدقی، صدیقه، ۱۳۶۳ -، مترجم
شناسه افزوده	: دانشگاه شاهرود
شماره کتابشناسی ملی	: ۳۷۱۰۷۶

عنوان کتاب: الکترونیک قدرت
ترجمه: علی دستفان، صدیقه صدقی
ویراستار علمی: دکتر علیرضا احمدی فرد
ویراستار ادبی: دکتر علی محمد رحیمی
ناشر: انتشارات دانشگاه شاهرود
چاپ اول: ۱۳۹۴
تیراژ: ۱۰۰۰ جلد
قیمت: ۳۵۰۰۰ ریال
چاپ و صحافی: چاپ سپهر نوین قم
شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۷۱۵۳-۲۸-۴

آدرس: شاهرود، بلوار دانشگاه، دانشگاه شاهرود، صندوق پستی ۳۱۶-۳۶۱۵۵

تلفن: ۹ - ۳۲۳۹۲۲۰۴

حق چاپ برای ناشر محفوظ است و هر گونه استفاده غیر مجاز از این اثر ممنوع است.

پیشگفتار مترجمین

از آنجا که کاربرد مبدل‌های الکترونیک قدرت در بخش‌های مسکونی، تجاری و صنعتی پیوسته و دم به دم رو به افزایش است تدریس مبانی پایه و طراحی آن در دوره‌ی کارشناسی و کارشناسی ارشد مهندسی برق از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

کتابی که ترجمه‌ی آن به علاقه‌مندان، دانشجویان و اهل دانش تقدیم می‌شود، تمامی محتوای مورد لزوم درس الکترونیک صنعتی را در برداشته، که شورای برنامه ریزی آموزش عالی آن را در سال ۱۳۹۲ تصویب و ابلاغ کرده است.

همچنین بخش‌های در آن رای درس الکترونیک قدرت در مقطع کارشناسی ارشد می‌تواند معرفی و استفاده شود.

از جمله ویژگی‌های این کتاب عبارت است از:

ترتیب مناسب فصول با ترجمه به سرفصل مصوب، روان بودن متن آن، داشتن مثال‌های گوناگون در هر بخش، مسائل پایانی هر فصل، استفاده از نرم‌افزار شبیه سازی PSpice در حل مسائل و طراحی مبدل مورد نظر. هر یک از همه تلاش و دقت بر این بوده که ترجمه خالی از هر گونه اشتباه باشد، با وجود این، ضمن بیان از خوانندگان نکته سنج و بزرگوار در خواست می‌شود، اشتباهات نوشتاری، چاپی و ترجمه‌ای احتمالی و سهوی را با پست الکترونیکی به نشانی dastfan@shahroodut.ac.ir یادآوری فرمایند.

علی دستفان

صدیقه صدقی

دانشگاه شاهرود

سال ۱۳۹۴

پیشگفتار نویسنده

این کتاب به عنوان یک متن مقدماتی در الکترونیک قدرت، در درجه اول برای دانشجویان رشته مهندسی برق در مقطع کارشناسی، در نظر گرفته شده است. در این کتاب فرض شده که دانشجو با روش‌های تجزیه و تحلیل مدار، که معمولاً در سال دوم کارشناسی تدریس می‌شود، آشنا است. دانشجو باید با قطعات الکترونیکی مانند دیودها و ترانزیستورها آشنا باشد، و چند در این کتاب تأکید بر ساختار مدار و عملکرد آن است، نه بر روی قطعات. درک روابط ولتاژ-جریان برای مدارهای خطی بعنوان زمینه اصلی مورد نیاز است، و مفهوم سری‌های فوریه نیز دارای اهمیت است. بیشترین موضوعات ارائه شده، برای دانشجویان مهندسی برق در مقطع کارشناسی و در سطح ارشد مناسب است.

متن کتاب برای یک دوره الکترونیک قدرت در طول یک ترم می‌تواند استفاده شود، البته مدرس مباحثی را می‌تواند انتخاب یا حذف کند. موضوعات متن با انعطاف پذیری مناسب ولیکن هدفمند نوشته شده است. توصیه می‌شود که فصل ۲ را، که در باره‌ی محاسبات توان است، مدرس در آغاز دوره با جزئیات کافی و توجه به سطح دانشجویان تدریس نماید. فصل ۶ و ۷ در مورد مبدل‌های DC-DC و منابع تغذیه DC می‌تواند قبل از فصول ۳، ۴ و ۵، که در مورد یکسوکننده‌ها و کنترل‌کننده ولتاژ است، مطرح شود. نویسنده در درس خود به ترتیب فصول ۱، ۲ (مقدمه، محاسبات قدرت)، ۶، ۷ (مبدل DC-DC، منابع تغذیه DC) 8 (اینورترها)، ۳، ۴، ۵ (یکسوسازها و کنترل‌کننده‌های ولتاژ)، سپس به محاسبات انتخاب شده از فصل ۹ (مبدل‌های رزونانسی) و ۱۰ (مدارهای درایو و کمک فنر و خازن گرما) را مطرح کند. بعضی از مواد پیشرفته، از جمله بخش کنترل در فصل ۷، می‌تواند در دوره مقدماتی حذف شود.

دانشجو باید بتواند از تمام نرم افزارهای موجود برای حل معادلاتی که مدارات الکترونیک قدرت را توصیف می‌کند، استفاده کند. از جمله ماشین حساب با قابلیت عملگرهای داخلی - مانند ادغام و پیدا کردن ریشه - تا بسته‌های قوی‌تر نرم افزاری کامپیوتر از جمله MATLAB، Mathematica، Maple، Mathcad و دیگران. روش‌های عددی اغلب در این متن پیشنهاد

شده است. این به عهده دانشجو است که با توجه به مباحث الکترونیک قدرت، از ابزار کامپیوتری مناسب که در دسترس دارد استفاده کند.

بخش عمده‌ای از این متن شامل شبیه سازی کامپیوتری با استفاده از Pspice است که به عنوان مکمل تکنیک‌های راه حل تحلیلی مدار مطرح می‌شود. تجربه قبلی با PSpice مفید، اما لازم نیست. به عنوان جایگزین، مدرسان ممکن است از برنامه‌های شبیه سازی مختلف از جمله PSIM و NI Multisim به جای نرم افزار PSpice استفاده کنند. شبیه سازی کامپیوتری در جای درک درستی از اصول اساسی مدار در نظر گرفته نشده است. به نظر نویسنده با استفاده از قابلیت‌های شبیه سازی کامپیوتری برای بررسی رفتار کلی مدارات الکترونیک قدرت، مدرسان یک بعد به یادگیری دانشجو افزود، چیزی که فقط در کار با معادلات امکان پذیر نیست. مشاهده شکل موج‌های ولتاژ و جریان در یک شبیه سازی کامپیوتری، هدف‌های مشابه با یک تجربه آزمایشگاهی است. در یک شبیه سازی کامپیوتری، تمام ولتاژها و جریان‌های مدار را مرتباً بررسی کرد، که معمولاً بسیار سریعتر و مناسبتر از یک آزمایشگاه سخت افزاری است. تغییرات در عملکرد مدار برای تغییر در اجزاء و پارامترهای موثر به راحتی در یک شبیه سازی کامپیوتری در مقایسه با آزمایشگاه، می‌تواند انجام داده شود. مدارات PSpice ارائه شده در این متن، آثاری برای بالا بردن مهارت شبیه سازی مدارها نیست. دانشجویان باید تشویق شوند تا از مهارت‌های خود برای بهبود شبیه سازی مدارات استفاده کنند.

وب سایت کمکی همراه این متن را می‌توان در www.the.com/hart پیدا کرد، که در آن فایل مدارهای شبیه سازی PSpice برای استفاده دانشجویان و مدرسان، و همچنین کتابچه حل المسائل و اسلایدهای PowerPoint دروس برای استادان به صورت محافظت شده با رمز عبور قرار دارد.

از داوران و دانشجویانی که در این کار کمک‌های ارزشمند و فراوانی کردند صمیمانه قدر دانی می‌کنم. داوران عبارتند از:

علی عمادی، از موسسه فناوری ایلینویز

شاهین فیلی زاده، از دانشگاه مانیٹوبا

جیمز گور، از دانشگاه کترینگ

پیتر ایدوو، از دانشگاه ایالتی پنسیلوانیا، هریسبورگ

مهرداد کازرانی، از دانشگاه واترلو

زیامین کو، از دانشگاه ویسکانسین - پلتویل

الکسیس کوازینسکی، از دانشگاه تگزاس در آستین

مدحت ام. مورکاس، از دانشگاه ایالتی کانزاس

استیو تارک، از دانشگاه پوردو

وجیهه نیرین، از دانشگاه هوستون

حمید تولیت، از دانشگاه A & M تگزاس

ضیا یامایی، از دانشگاه پرراند

لین ژائو، از دانشگاه گاس

از همکارانم، کرایگ اولجنیکر، مارک بودنیک، و مایکل دوریا در دانشگاه والپرایزو برای کمک آنها تشکر ویژه دارم. همچنین از کمک اولت برای تهیه بسیاری از نسخه‌های خطی سپاسگزاری می‌کنم.

Complete Online Solutions Manual Organization System (COSMOS)

استادان می‌توانند از حل‌المسائل الکترونیکی COSMOS مک گروهیل استفاده کنند. COSMOS مدرسان را قادر می‌سازد که یک منبع بی‌حد و -محدود مسائل را تولید کرده، همچنین انتقال و ادغام موارد مورد نظر خود را به نرم افزار انجام دهد. برای کسب آگاهی بیشتر، با نمایندگی فروش مک گروهیل تماس گرفته شود.

همچنین کتاب به صورت الکترونیکی از طریق CourseSmart برای مدرسان و دانشجویان ارائه می‌شود. CourseSmart یک منبع آنلاین است که در آن دانشجویان می‌توانند متن کامل آنلاین را، تقریباً با نصف هزینه یک متن سنتی، خریداری کنند. خریدن کتاب الکترونیکی به دانشجویان اجازه استفاده از ابزارهای تحت وب CourseSmart برای یادگیری - جستجوی کامل متن، یادداشت و نکته برداری - و ابزار ایمیل برای به اشتراک گذاشتن یادداشت ها را در میان همکلاسی ها می‌دهد. برای آگاهی بیشتر در باره ی گزینه‌های CourseSmart، با

نماینده‌گی فروش مک گروهیل تماس بگیرید یا از سایت www.CourseSmart.com بازدید
نمایید.

دانیل دبلیو هارت

دانشگاه والپرایزو

والپرایزو، ایندیانا

www.ketab.ir

فهرست مطالب

فصل اول

۱	مقدمه
۱-۱	الکترونیک قدرت
۲-۱	طبقه بندی مدل‌ها
۳-۱	مفاهیم الکترونیک قدرت
۴-۱	کلیدهای الکترونیکی
۵-۱	انتخاب کلید
۶-۱	CAPTURE, PSPICE, SPICE
۷-۱	کلیدها در PSPICE
۸-۱	منابع
۲۶	مسائل

فصل دوم

۲۷	محاسبات توان
۱-۲	مقدمه
۲-۲	توان و انرژی
۳-۲	سلف‌ها و خازن‌ها
۴-۲	بازافت انرژی
۵-۲	مقادیر مؤثر: RMS
۶-۲	توان ظاهری و ضریب قدرت

۵۳	۷-۲- محاسبات توان برای مدارهای AC سینوسی
۵۵	۸-۲- محاسبات توان برای شکل موج‌های متناوب غیر سینوسی
۶۳	۹-۲- محاسبات توان به کمک PSPICE
۷۰	۱۰-۲- خلاصه
۷۲	۱۱-۲- منابع
۷۳	مسائل

فصل ۳

۸۱	یکسوسازهای نیم موج، منابع تجزیه و تحلیل
۸۱	۱-۳- مقدمه
۸۱	۲-۳- بار مقاومتی (RESISTIVE LOAD)
۸۴	۳-۳- بار مقاومتی - سلفی
۹۰	۴-۳- شبیه سازی PSPICE
۹۴	۵-۳- بار RL با منبع داخلی
۹۹	۶-۳- بار سلفی و منبع داخلی
۱۰۱	۷-۳- دیود هرزگرد
۱۱۰	۸-۳- یکسوساز نیم موج با فیلتر خازنی
۱۱۷	۹-۳- یکسوساز نیم موج کنترل شده
۱۲۵	۱۰-۳- راه حل‌های PSPICE برای یکسوسازهای کنترل شده
۱۲۸	۱۱-۳- کموتاسیون
۱۳۱	۱۲-۳- خلاصه

۱۳۲ منابع ۱۳-۳

۱۳۳ مسائل

فصل ۴

۱۴۱ یکسوکننده‌های تمام موج (تبدیل AC به DC)

۱۴۱ ۱-۴ مقدمه

۱۴۱ ۲-۴ یکسوکننده‌های تک‌فاز تمام موج

۱۶۴ ۳-۴ یکسوکننده‌های تمام موج با کنترل

۱۷۹ ۴-۴ یکسوکننده‌های سه‌فاز

۱۹۱ ۵-۴ یکسوکننده سه‌فاز کنترل شده

۱۹۴ ۶-۴ خطوط انتقال DC

۱۹۹ ۷-۴ کموتاسیون: تأثیر اندوکتانس منبع

۲۰۳ ۸-۴ خلاصه

۲۰۴ ۹-۴ مراجع

۲۰۵ مسائل

فصل ۵

۲۱۵ کنترل کننده‌های ولتاژ AC (مبدل‌های AC به AC)

۲۱۵ ۱-۵ مقدمه

۲۱۵ ۲-۵ کنترل کننده ولتاژ AC تک‌فاز

۲۲۹ ۳-۵ کنترل کننده‌های ولتاژ سه‌فاز

۲۳۹ ۴-۵ کنترل سرعت موتور القایی

۲۴۱	۵-۵- کنترل توان راکتیو استاتیکی (SVC).....
۲۴۲	۵-۶- خلاصه.....
۲۴۲	۵-۷- منابع.....
۲۴۳	مسائل.....

فصل ۱۱

۲۴۸	مبدل‌های DC-DC.....
۲۴۸	۶-۱- رگولاتورهای خطی ولتاژ.....
۲۴۹	۶-۲- یک مبدل کلیدری با سه.....
۲۵۰	۶-۳- مبدل کاهنده (کاهنده).....
۲۶۲	۶-۴- ملاحظات طراحی.....
۲۶۸	۶-۵- مبدل افزایشنده.....
۲۷۹	۶-۶- مبدل کاهنده - افزایشنده.....
۲۸۶	۶-۷- مبدل چاک.....
۲۹۱	۶-۸- مبدل SEPIC.....
۲۹۹	۶-۹- مبدل‌های چند لایه شده.....
۳۰۱	۶-۱۰- کلیدهای غیر ایده‌آل و کارایی مبدل.....
۳۰۳	۶-۱۱- عملکرد در حالت جریان ناپیوسته.....
۳۱۰	۶-۱۲- مبدل‌های خازن سوئیچ شده.....
۳۱۵	۶-۱۳- شبیه سازی مبدل‌های DC-DC با PSpice.....
۳۲۵	۶-۱۴- خلاصه.....

۳۲۷..... ۱۵-۶- منابع

۳۲۸..... مسائل

فصل ۷

۳۳۶..... منابع تغذیه DC

۳۳۶..... ۱-۷- مقدمه

۳۳۶..... ۲-۷- مدل‌های ترانزیستور

۳۳۸..... ۳-۷- مدل بازگشتی

۳۵۱..... ۴-۷- مدل پیشرو

۳۶۱..... ۵-۷- مدل پیشرو دو طرفه (دو کلید)

۳۶۳..... ۶-۷- مدل پوش - پول

۳۶۸..... ۷-۷- مدل‌های DC-DC نیم‌پل و تمام‌پل

۳۷۰..... ۸-۷- مدل‌های تغذیه شده با جریان

۳۷۵..... ۹-۷- خروجی‌های چند گانه

۳۷۶..... ۱۰-۷- انتخاب مدل

۳۷۸..... ۱۱-۷- تصحیح کننده ضریب قدرت

۳۸۱..... ۱۲-۷- شبیه سازی PSPICE برای منابع تغذیه DC

۳۸۳..... ۱۳-۷- کنترل منابع تغذیه

۴۰۷..... ۱۴-۷- مدارهای کنترل PWM

۴۰۷..... ۱۵-۷- فیلتر خط AC

۴۰۹..... ۱۶-۷- منبع تغذیه DC کامل

۴۱۱ منابع ۱۷-۷

۴۱۲ مسائل

فصل ۸

۴۱۸ اینورترها تبدیل DC به AC

۴۱۸ ۱-۸-۱ مقدمه

۴۱۸ ۲-۸-۱ مبدل ی تمام پل

۴۲۰ ۳-۸-۱ اینورتر موج مربعی

۴۲۵ ۴-۸-۱ تحلیل سری فوریه

۴۲۷ ۵-۸-۱ اعوجاج کلی هارمونیکی (THD)

۴۲۹ ۶-۸-۱ شبیه سازی PSPICE برای اینورتر با خروجی موج مربعی

۴۳۲ ۷-۸-۱ کنترل دامنه و هارمونیک در خروجی

۴۳۷ ۸-۸-۱ اینورتر نیم پل

۴۳۸ ۹-۸-۱ اینورترهای چندسطحی

۴۴۹ ۱۰-۸-۱ خروجی با مدولاسیون عرض پالس (PWM)

۴۵۲ ۱۱-۸-۱ ملاحظات و تعاریف PWM

۴۶۰ ۱۲-۸-۱ هارمونیکهای PWM

۴۶۰ ۱۳-۸-۱ تقویت کنندههای صوتی کلاس D

۴۶۱ ۱۴-۸-۱ شبیه سازی اینورترهای PWM

۴۶۸ ۱۵-۸-۱ اینورترهای سه فاز

۴۷۴ ۱۶-۸-۱ شبیه سازی PSPICE برای اینورترهای سه فاز

۴۷۵	۱۷-۸- کنترل سرعت در موتورهای القایی
۴۷۸	۱۸-۸- خلاصه
۴۷۹	۱۹-۸- منابع
۴۸۱	مسائل

فصل ۹

۴۸۶	مبدل‌های تشدید
۴۸۶	۱-۹- مقدمه
۴۸۶	۲-۹- مبدل تشدید در کلید تولیدنی با جریان صفر (ZCS)
۴۹۴	۳-۹- مبدل تشدید در کلید دیندی با ولتاژ صفر (ZVS)
۵۰۲	۴-۹- اینورتر تشدید سری
۵۰۹	۵-۹- مبدل DC-DC تشدید سری
۵۱۸	۶-۹- مبدل DC-DC تشدید موازی
۵۲۲	۷-۹- مبدل DC-DC با تشدید سری- موازی
۵۲۵	۸-۹- مقایسه مبدل‌های تشدید
۵۲۶	۹-۹- مبدل لینک DC تشدید
۵۳۰	۱۰-۹- خلاصه
۵۳۱	۱۱-۹- منابع
۵۳۲	۱۲-۹- مسائل

فصل ۱۰

۵۳۸	مدارهای فرمان، مدارهای اسنابر و گرماگیرها
۵۳۸	۱-۱۰- مقدمه

۵۳۸	۱۰-۲- مدارهای فرمان IGBT و ماسفت
۵۴۵	۱۰-۳- مدارهای فرمان ترانزیستور دو قطبی
۵۵۰	۱۰-۴- مدارهای فرمان ترایستور
۵۵۵	۱۰-۵- مدارهای اسنابر ترانزیستور
۵۶۲	۱۰-۶- مدارهای اسنابر بازیافت انرژی
۵۶۲	۱۰-۷- مدارهای اسنابر ترایستور
۵۶۳	۱۰-۸- گرماگیرها و پیریدها
۵۷۱	۱۰-۹- خلاصه
۵۷۲	۱۰-۱۰- منابع
۵۷۳	مسائل
۵۷۶	پیوست الف
۵۸۲	پیوست ب