الکترونیک قدرت

نویسندگان

ند موهان

توره ام. آندلند

ویلیام پی. رابینز

مترجمین

دکترجعفر سلطانی

دکتر محمدجلال رستگار فاطمی

دکتر نویدرضا ابجدی

نیاز دانش

مقدمه مترجمین

امروزه الکترونیک قدرت جای مهمی در تکنولوژی مدرن یافته است. الکترونیک قدرت ترکیبی از قدرت، الکترونیک و کنترل است.کنترل به بررسی مشخصه‌های دینامیک و حالت پایدار سیستم‌های با حلقه بسته می‌پردازد. قدرت، وسایل قدرت استاتیک و گردنده را که در تولید، انتقال و توزیع توان الکتریکی به کار گرفته می‌شوند بررسی می‌کند. الکترونیک، مدارها و وسایل پردازشگر یا پردازنده‌ی سیگنالها را بررسی می‌کند که برای به دست آوردن هدف‌های کنترل مطلوب مورد استفاده قرار می‌گیرند.

الکترونیک قدرت، امروزه تا جایی پیشرفت کرده است که دشوار بتوان تمام مطالب آن را در یک نیمسال دانشگاهی مطرح کرد. مفاهیم اساسی الکترونیک قدرت کاملاً شناخته شده است و تغییر چندانی نکرده است ولی مشخصه‌های قطعات و نیز روش‌های سوئیچ کردن کلیدها به طور مستمر در حال بهبود است. تکنولوژی نیمه هادی‌های قدرت با سرعت بسیاری در حال ساخت قطعات سوئیچینگ قدرت سریعی است که حد جریان و ولتاژ بالاتری داشته باشند.

کتاب الکترونیک قدرت تألیف پرفسور موهان مرجع کاملی برای دانشجویان مقاطع کارشناسی و کارشناسی ارشد می‌باشد. یازده فصل از این کتاب ترجمه شده است که در آن مباحث پایه مربوط به الکترونیک قدرت مطرح شده است. در فصل اول سیستم‌های الکترونیک قدرت بررسی شده است که به صورت کلی به حیطه و کاربردهای الکترونیک قدرت و دسته‌بندی مبدل‌های الکترونیک قدرت می‌پردازد.

در فصل دوم مروری بر کلیدهای نیمه رسانای قدرت که در آن مشخصات مطلوب در سوئیچ‌های کنترل‌پذیر از قبیل ترانزیستورهای دو قطبی پیوندی (*BJTs*)، ترانزیستورهای اثر میدانی فلز-اکسید-نیمه هادی (*MOSFET*)، تریستورهای دارای قابلیت خاموش شدن از طریق گیت (*GTO*) و ترانزیستورهای پیوندی دو قطبی با گیت عایق شده (*IGBT*) بررسی شده است.

در فصل سوم به مبدل‌های *AC* به *AC* پرداخته شده است که در کتاب اصلی موجود نبوده و در فصل چهارم مواردی در ارتباط با شبیه‌سازی کامپیوتری سیستم‌های الکترونیک قدرت مطرح شده است.

در فصل‌های پنجم و ششم به یکسوسازهای دیودی کنترل نشده و یکسوسازهای فرکانس- خط کنترل شده در حالتهای تکفاز و سه فازمی پردازد که این یکسو کننده‌ها را در حالت اثر کموتاسیون و بدون کموتاسیون مورد تحلیل قرار می‌دهد.

در فصل هفتم مبدل‌های *DC* به *DC* **سوئیچینگ** (برشگر) تحلیل شده که این مبدل‌ها در حالت‌های افزایشی، کاهشی و افزایشی/کاهشی در دو مد پیوسته و ناپیوسته بررسی می شود.

در فصل هشتم به اینورترهای سوئیچینگ *DC* به *AC* پرداخته می‌شود که انواع مدولاسیون برای اینورترهای تکفاز و سه فاز در دو نوع منبع ولتاژ *(VSI)* و منبع جریان *(CSI)* مطرح می‌شود. همچنین مبحث مدولاسیون با بردار فضایی نیز که درکتاب اصلی موجود نبود توسط مترجمان اضافه شده است.

در فصل نهم مبدل‌های تشدید سوییچینگ در ولتاژ صفر و جریان صفر بررسی شده است که در آن به مفاهیم اساسی در مدارهای تشدید، مبدل‌های تشدید بار، مبدل‌های سوئیچینگ تشدید، ساختار

سوییچینگ با ولتاژ صفر و کلمپ ولتاژ (*ZVS-CV*) و اینورترهای تشدید خط *DC* با سوییچینگ در ولتاژ صفر پرداخته شده است.

در فصل دهم منابع تغذیه سوئیچینگ *DC* بررسی شده است که در آن به منابع تغذیه خطی، بررسی کلی منابع تغذیه سوئیچینگ، کنترل منابع تغذیه سوییچینگ *dc* و محافظت از منابع تغذیه پرداخته می‌شود.

در فصل یازدهم حالت‌دهنده‌های توان و منابع تغذیه بدون وقفه (*UPS*) بررسی شده است که در آن به اغتشاشات در خطوط تغذیه و حالت‌دهنده‌های توان پرداخته می‌شود.

برای تفهیم بهتر مطالب این کتاب، در آخر بعضی از فصول تعدادی مساله حل شده نیز اضافه شده است.

علم الکترونیک قدرت در زمان حال محدود نمانده و هر روز پیشرفت جدیدی در کلیه شاخه‌های خود به ظهور می‌رساند. این کتاب گامی است، در جهت آینده.

در پایان از خوانندگان محترم کتاب تقاضا داریم که اشکالات احتمالی کتاب را از طریق ایمیل‌های زیر برای مترجمین کتاب ارسال نمایند.

دکتر جعفر سلطانی *j1234sm@cc.iut.ac.ir*

دکتر محمدجلال رستگار فاطمی *j_rastegar@iau-saveh.ac.ir*

دکتر نویدرضا ابجدی *navidabjadi@yahoo.com*

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول / سیستم‌های الکترونیک قدرت ۱۳
۱-۱ مقدمه ۱۳
۱-۲ الکترونیک قدرت در برابر الکترونیک خطی ۱۴
۱-۳ گستره و کاربردها ۱۹
۱-۴ طبقه‌بندی پردازشگرهای توان و مبدّل‌ها ۲۰
۱-۴-۱ پردازشگرهای توان ۲۱
۱-۴-۲ مبدّل‌های قدرت ۲۲
۱-۴-۳ مبدل ماتریسی به عنوان یک پردازشگر قدرت ۲۴
۱-۵ درباره متن کتاب ۲۵
۱-۶ تنوع مباحث الکترونیک قدرت ۲۶
۱-۷ قراردادها و نمادهای بکار رفته در کتاب ۲۶
◂◂تمرین‌ها ۲۷
مراجع ۳۲
فصل دوم / مروری بر سوئیچ‌های نیمه‌رسانای قدرت ۳۳
۲-۱ مقدمه ۳۳
۲-۲ دیودها ۳۴
۲-۳ تریستورها ۳۵
۲-۴ مشخصات مطلوب در سوئیچ‌های کنترل‌پذیر ۳۸
۲-۵ ترانزیستورهای دوقطبی پیوندی(BJTs) و مدارهای دارلینگتون یکپارچه (MDs) ۴۲
۲-۶ ترانزیستورهای اثر میدانی فلز-اکسید-نیمه‌هادی (MOSFET) ۴۴
۲-۷ تریستورهای دارای قابلیت خاموش شدن از طریق گیت (GTO) ۴۵
۲-۸ ترانزیستورهای پیوندی دو قطبی با گیت عایق شده (IGBT) ۴۶
۲-۹ تریستورهای کنترل شده از نوع MOS ۴۷
۲-۱۰ درایو و مدارهای اسنابر ۴۸
۲-۱۱ چرا از مشخصه ایده‌آل برای قطعات استفاده می‌کنیم؟ ۴۹
۲-۱۲ خلاصه ۵۰
◂◂مسائل ۵۰
مراجع ۵۲
فصل سوم/ مبدل‌های ac به ac ۵۳
۳-۱ کنترل‌کننده‌های ولتاژ ac ۵۳
هارمونیک‌ها در روش کنترل فاز: ۵۴
کنترل‌کننده ولتاژ ac تکفاز با بار RL: ۵۹
سیکلوکانورترها (مبدل‌های چرخان): ۶۷

فصل چهارم/ شبیه‌سازی کامپیوتری مبدل‌ها و سیستم‌های الکترونیک قدرت ۷۱
۴-۱ مقدمه ۷۱
۴-۲- چالش‌ها در شبیه‌سازی کامپیوتری ۷۲
۴-۳ فرآیند شبیه‌سازی ۷۳
۴-۳-۱ حلقه باز، شبیه‌سازی سیگنال بزرگ ۷۳
۴-۳-۲ مدل سیگنال کوچک (خطی) و طراحی کنترل‌کننده ۷۴
۴-۳-۳ حلقه بسته، رفتار سیستم سیگنال بزرگ ۷۴
۴-۳-۴ جزئیات کلید زنی ۷۴
۴-۴ نحوه شبیه‌سازی [۱] ۷۵
۴-۴-۱ شبیه‌سازی‌های مدار ۷۵
۴-۴-۲ حل‌کننده‌های معادلات ۷۵
۴-۴-۳ مقایسه شبیه‌سازهای مدار و حل‌کننده‌های معادلات ۷۵
۴-۵ روش‌های حل برای تحلیل در حوزه زمان ۷۶
۴-۵-۱ معادلات دیفرانسیل خطی ۷۶
۴-۵-۲ روش انتگرال‌گیری ذوزنقه‌ای ۷۸
۴-۵-۳ معادلات دیفرانسیل غیرخطی [۱] ۸۰
۴-۶ شبیه‌سازهای مدار رایج ۸۰
۴-۶-۱ SPICE [۳] ۸۱
۴-۶-۲ برنامه شبیه‌سازی EMTP [۶] ۸۴
۴-۶-۳ ارجحیت Pspice و EMTP بر یکدیگر ۸۴
۴-۷ حل‌کننده‌های معادلات ۸۵
خلاصه ۸۷
◄◄مسائل ۸۷
مراجع ۱۰۰
فصل پنجم/ یکسوسازهای دیودی فرکانس خط ۱۰۱
۵-۱ مقدمه ۱۰۱
۵-۲ مفاهیم پایه در یکسوسازها ۱۰۲
۵-۲-۱ بار تمام مقاومتی ۱۰۲
۵-۲-۳ بار دارای ولتاژ مستقیم داخلی ۱۰۵
۵-۳ یکسوساز پل دیودی تک‌فاز ۱۰۵
۵-۳-۱ مدار ایده‌آل با $L_s=0$ ۱۰۵
۵-۳-۲ اثر L_s بر کموتاسیون جریان ۱۱۱
۵-۳-۳ ولتاژ ثابت در سمت dc: $v_d(t)=V_d$ ۱۱۷
۵-۳-۴ یکسوسازهای پل دیودی عملی ۱۲۱
۵-۴ یکسوسازهای (تک‌فاز) دوبرابرکننده ولتاژ ۱۲۸
۵-۵ اثر یکسوسازهای تک‌فاز بر جریان نول در سیستم‌های سه‌فاز چهارسیم ۱۲۹
۵-۶-۱ مدار ایده‌آل با $L_s=0$ ۱۳۱
۵-۶-۲ اثر L_s بر کموتاسیون جریان ۱۳۶
۵-۶-۳ ولتاژ ثابت در سمت dc: $v_d(t)=V_d$ ۱۳۹

۵-۶-۴ یکسوسازهای پل دیودی سه‌فاز عملی ۱۴۲
۵-۷ مقایسه یکسوسازهای سه‌فاز و تک‌فاز ۱۴۳
۵-۸ جریان هجومی و اضافه ولتاژ در هنگام شروع به کار یکسوساز ۱۴۳
۵-۹ مسایل مربوط به هارمونیک‌های جریان خط و کاهش ضریب توان ۱۴۴
خلاصه فصل ۱۴۵
مسایل ۱۴۶
فصل ششم/ یکسوسازها و اینورترهای فرکانس خط با کنترل فاز: ۱۸۳
۶-۱ مقدمه ۱۸۳
۶-۲ مدارهای تریستوری و کنترل آنها ۱۸۵
۶-۲-۱ مبانی مدارهای تریستوری ۱۸۵
۶-۲-۲ تحریک گیت تریستور ۱۸۷
۶-۲-۳ مبدل‌های تریستوری کاربردی ۱۸۸
۶-۳ مبدل‌های تک‌فاز ۱۸۹
۶-۳-۱ مدار ایده‌آل با $L_s=0$ و $i_d(t)=I_d$ ۱۸۹
۶-۳-۲ اثر L_s ۱۹۴
۶-۳-۳ مبدل‌های تریستوری کاربردی ۱۹۸
۶-۳-۴ حالت کار اینورتر ۲۰۱
۶-۳-۵ شکل موج ولتاژ ac (بریدگی و اعوجاج در ولتاژ خط) ۲۰۴
۶-۴ مبدل‌های سه‌فاز ۲۰۴
۶-۴-۱ مدار ایده‌آل با $L_s=0$ و $i_d(t)=I_d$ ۲۰۴
۶-۴-۲ اثر L_s ۲۱۰
۶-۴-۳ مبدل‌های کاربردی ۲۱۶
۶-۴-۴ حالت کار اینورتری ۲۱۷
۶-۴-۵ شکل موج ولتاژ ac (اعوجاج و بریدگی) ۲۲۰
۶-۵ سایر مبدل‌های سه‌فاز ۲۲۳
خلاصه فصل ۲۲۴
مسایل ۲۲۵
فصل هفتم / مبدل‌های DC به DC سوئیچی ۲۵۳
۷-۱ مقدمه ۲۵۳
۷-۲ کنترل مبدل‌های dc به dc ۲۵۴
۷-۳ مبدل باک ۲۵۶
۷-۳-۱ حالت هدایت پیوسته ۲۵۸
۷-۳-۲ مرز میان هدایت پیوسته و ناپیوسته ۲۶۰
۷-۳-۳ حالت هدایت ناپیوسته ۲۶۰
۷-۳-۳-۱ حالت هدایت ناپیوسته با V_d ثابت ۲۶۱
۷-۳-۳-۲ هدایت ناپیوسته با V_d ثابت ۲۶۳
۷-۳-۴ ریپل ولتاژ خروجی ۲۶۴
۷-۴ مبدل بوست ۲۶۵
۷-۴-۱ حالت هدایت پیوسته ۲۶۶

۷-۴-۲ مرز بین حالت هدایت پیوسته و ناپیوسته ۲۶۷
۷-۴-۳ حالت هدایت ناپیوسته ۲۶۸
۷-۴-۴ تأثیر اجزای غیر فعال ۲۷۰
۷-۴-۵ ریپل ولتاژ خروجی ۲۷۱
۷-۵ مبدل باک- بوست ۲۷۲
۷-۵-۱ حالت هدایت پیوسته ۲۷۳
۷-۵-۲ مرز میان حالت پیوسته و ناپیوسته ۲۷۴
۷-۵-۳ حالت هدایت ناپیوسته ۲۷۵
۷-۵-۴ اثر اجزای غیر فعال ۲۷۷
۷-۵-۵ ریپل ولتاژ خروجی ۲۷۷
۷-۶ مبدل dc به dc کاک ۲۷۹
۷-۷ مبدل dc به dc پل کامل ۲۸۳
۷-۷-۱ PWM با سوئیچینگ ولتاژ دو قطبی ۲۸۵
۷-۷-۲ PWM با سوئیچینگ ولتاژ تک قطبی ۲۸۸
۷-۸ مقایسه مبدل‌های dc به dc ۲۹۱
۷-۹ جمع‌بندی ۲۹۳
مسایل ۲۹۳
مراجع ۳۱۳
فصل هشتم / اینورترهای سوئیچی DC به AC ۳۱۵
۸-۱ مقدمه ۳۱۵
۸-۲ مفاهیم اساسی مربوط به اینورترهای سوئیچی ۳۱۷
۸-۲-۱ سوئیچینگ با مدولاسیون پهنای پالس ۳۱۹
۸-۲-۱-۱ m_f کوچک ($m_f \leq 21$) ۳۲۵
۸-۲-۲ سوئیچینگ موج مربعی ۳۲۷
۸-۳ اینورترهای تک‌فاز ۳۲۸
۸-۳-۱ اینورترهای نیم پل (تک فاز) ۳۲۸
۸-۳-۲ اینورترهای پل کامل (تک فاز) ۳۲۹
۸-۳-۳ اینورترهای پوش- پول ۳۴۲
۸-۳-۴ استفاده از سوئیچ‌ها در اینورترهای تک‌فاز ۳۴۳
۸-۴ اینورترهای سه فاز ۳۴۵
۸-۴-۱ PWM در اینورترهای سه فاز با منبع ولتاژ ۳۴۶
۸-۴-۲ حالت موج مربعی در اینورترهای سه فاز ۳۴۹
۸-۴-۳ نرخ کارکرد سوئیچ در اینورترهای سه فاز ۳۵۱
۸-۴-۴ ریپل در خروجی اینورتر ۳۵۲
۸-۴-۵ جریان سمت dc (I_d) ۳۵۴
۸-۴-۶ هدایت سوئیچ‌ها در اینورترهای سه فاز ۳۵۶
۸-۵ اثر زمان خاموشی بر ولتاژ خروجی در اینورترهای PWM ۳۵۸
۸-۶ سایر روش‌های سوئیچینگ در اینورترها ۳۶۱

۸-۶-۱ سوئیچینگ پالس موج مربعی ۳۶۱
۸-۶-۲ سوئیچینگ با روش حذف برنامه‌ریزی شده هارمونیک‌ها ۳۶۲
۸-۶-۳ مدولاسیون با جریان تنظیم شده (مدولاسیون با جریان) ۳۶۳
۸-۶-۴ سوئیچینگ با خنثی کردن هارمونیک‌ها با استفاده از مدولاسیون و اتصال ترانسفورمری ۳۶۵
۸-۷ حالت کار یکسوسازی ۳۶۵
۸-۸ کنترل موتور القایی با اینورتر منبع جریان ۳۶۶
۸-۸-۱ اینورتر منبع جریان سه فاز ۳۶۷
۸-۸-۲ منابع جریان ۳۷۲
۸-۸-۳ ترمز ۳۷۳
۸-۸-۴ مدولاسیون پهنای پالس در یک اینورتر منبع جریان ۳۷۵
۸-۸-۵ اینورتر منبع جریان PWM با GTO ۳۷۸
۸-۹مدولاسیون بردار فضایی ۳۸۲
۸-۹-۱ مقدمه ۳۸۲
۸-۹-۲ پارامترهای عملکرد ۳۸۳
۸-۹-۳ تکنیک‌های PWM برای اینورترهای منبع ولتاژ ۳۸۴
۸-۹-۴ استفاده از PWM در فرکانس سوئیچینگ بالا و مزایای آن ۳۸۵
۸-۱۰ روشهای PWM زمان حقیقی ۳۸۶
۸-۱۱ مدولاسیون بردار فضایی به عنوان یک روش زمان حقیقی ۳۸۷
۸-۱۲ خلاصه ۳۹۲
مسایل ۳۹۴
مراجع ۴۰۵
فصل نهم / مبدل‌های تشدید: سوییچینگ در ولتاژ صفر و/ یا جریان صفر ۴۰۷
۹-۱ مقدمه ۴۰۷
۹-۱-۱ سوییچینگ با جریان القایی ۴۰۸
۹-۱-۲ سوییچینگ ولتاژ صفر و جریان صفر ۴۰۹
۹-۲ دسته‌بندی مبدل‌های تشدید ۴۱۱
۹-۲-۱ مبدل‌های تشدید بار ۴۱۱
۹-۲-۲ مبدل‌های تشدید سوییچی ۴۱۱
۹-۲-۳ مبدل‌های تشدید خط dc ۴۱۲
۹-۲-۴ مبدل‌های نیم سیکل با فرکانس بالای خط ۴۱۲
۹-۳ مفاهیم اساسی در مدارهای تشدید ۴۱۲
۹-۳-۱ مدارهای تشدید سری ۴۱۲
۹-۳-۱-۳ مشخصه فرکانسی مدار تشدید سری ۴۱۵
۹-۳-۲ مدار تشدید موازی ۴۱۶
۹-۳-۲-۲ مشخصه فرکانسی مدار تشدید موازی ۴۱۶
۹-۴ مبدل‌های تشدید بار ۴۱۷
۹-۴-۱ مبدل‌های dc-dc تشدید با بار سری (SLR) ۴۱۸
۹-۴-۲ مبدل‌های DC-DC تشدید با بار موازی ۴۲۴
۹-۴-۲-۱ حالت کار گسسته ۴۲۶

۹-۴-۳ مبدل‌های DC-DC ترکیبی ۴۲۹
۹-۴-۴ منبع جریان، اینورترهای DC-AC با تشدید موازی برای گرمایش القایی ۴۲۹
۹-۴-۵ مبدل‌های کلاس E ۴۳۱
۹-۵ مبدل‌های سوییچی تشدید ۴۳۴
۹-۵-۱ مبدل‌های تشدید ZCS ۴۳۶
۹-۵-۲ مبدل‌های تشدید ZVS ۴۴۰
۹-۵-۳ مقایسه ساختارهای ZCS و ZVS ۴۴۱
۹-۶ ساختار سوییچینگ با ولتاژ صفر و کلمپ ولتاژ (ZVS-CV) ۴۴۲
۹-۶-۱ مبدل‌های DC-DC با ساختار ZVS-CV ۴۴۲
۹-۶-۲ اینورترهای DC-AC با ساختار ZVS-CV ۴۴۵
۹-۶-۳ مبدل‌های DC-DC با ساختار ZVS-CV و با حذف ولتاژ ۴۴۷
۹-۷ اینورترهای تشدید خط DC با سوییچینگ در ولتاژ صفر ۴۴۹
۹-۸ مبدل‌های تشدید نیم سیکل با فرکانس بالای خط ۴۵۱
۹-۹ خلاصه ۴۵۳
مسایل ۴۵۴
مراجع ۴۶۸
فصل دهم منابع تغذیه سوئیچینگ DC ۴۷۳
۱۰-۱ مقدمه ۴۷۳
۱۰-۲ منابع تغذیه خطی ۴۷۴
۱۰-۳ بررسی کلی منابع تغذیه سوئیچینگ ۴۷۵
۱۰-۴ مبدل‌های DC-DC با جداسازی الکتریکی ۴۷۷
۱۰-۴-۱ مقدمه‌ای بر مبدل‌های DC-DC با جداسازی الکتریکی ۴۷۷
۱۰-۴-۲ مبدل‌های بازگشتی یا پسرو(شکل تغییریافته مبدل‌های افزاینده/ کاهنده) ۴۸۱
۱۰-۴-۳ مبدل‌های پیشرو (شکل تغییر یافته مبدل کاهنده ولتاژ) ۴۸۴
۱۰-۴-۴ مبدل کشویی (شکل تغییر یافته مبدل کاهنده) ۴۸۸
۱۰-۴-۵ مبدل نیم پل (شکل تغییر یافته مبدل کاهنده) ۴۹۰
۱۰-۴-۶ مبدل‌های پل کامل (شکل تغییر یافته مبدل کاهنده) ۴۹۲
۱۰-۴-۷ مبدل‌های dc-dc منبع جریان ۴۹۳
۱۰-۴-۸ انتخاب هسته ترانسفورمر در مبدل‌های DC-DC با جداسازی الکتریکی ۴۹۴
۱۰-۵ کنترل منابع تغذیه سوییچینگ dc ۴۹۷
۱۰-۵-۱ خطی کردن طبقه توان و فیلتر خروجی با استفاده از روش میانگین‌گیری فضای حالت جهت به‌دست آوردن $\tilde{v}_o(s) / \tilde{d}(s)$ ۴۹۸
۱۰-۵-۲ تابع تبدیل $\tilde{d}(s) / \tilde{v}_c(s)$ در مدولاسیون پهنای پالس با نسبت کار مستقیم ۵۰۵
۱۰-۵-۳جبران‌سازی سیستم فیدبک با استفاده از مدولاتور پهنای پالس با نسبت کار مستقیم ۵۰۹
۱۰-۵-۴ کنترل پیشخورد (Feed-Forward) PWM برای ولتاژ خروجی ۵۱۳
۱۰-۵-۵ کنترل جریان ۵۱۴
۱۰-۵-۶ کنترل با استفاده از مدولاسیون پهنای پالس دیجیتال ۵۱۸
۱۰-۶ محافظت از منابع تغذیه ۵۱۸

۱۰-۶-۱ راه‌اندازی ایمن ۵۲۰
۱۰-۶-۲ محافظت در برابر ولتاژ ۵۲۰
۱۰-۶-۳ محدود کردن جریان ۵۲۰
۱۰-۸ طراحی مناسب جهت برآورده کردن مشخصات لازم برای منبع تغذیه ۵۲۴
۱۰-۸-۱ فیلتر ورودی ۵۲۴
۱۰-۸-۲ پل یکسوساز ورودی ۵۲۴
۱۰-۸-۳ خازن ریپل و زمان ادامه کار ۵۲۴
۱۰-۸-۴ محدود کردن جریان هجومی در لحظه ابتدایی روشن شدن سوییچ ۵۲۵
۱۰-۸-۵ مقاومت معادل سری (ESR) فیلتر خازنی در خروجی ۵۲۶
۱۰-۸-۶ یکسوساز همگام جهت بهبود بازدهی انرژی ۵۲۶
۱۰-۸-۷ خروجی چندگانه ۵۲۶
۱۰-۸-۸ ملاحظات مربوط به تداخل الکترومغناطیسی ۵۲۶
۱۰-۹ خلاصه ۵۲۷
مسایل ۵۲۷
مراجع ۵۴۶
فصل یازدهم / حالت دهنده‌های توان و منابع تغذیه بدون وقفه (UPS) ۵۴۹
۱۱-۱ مقدمه ۵۴۹
۱۱-۲ اغتشاشات در خطوط تغذیه ۵۴۹
۱۱-۲-۱ انواع اغتشاش ۵۴۹
۱۱-۲-۲ عوامل ایجاد اغتشاش ۵۵۰
۱۱-۲-۳ تأثیر بر تجهیزات حساس ۵۵۱
۱۱-۳ حالت دهنده‌های توان ۵۵۱
۱۱-۴ منابع تغذیه بدون وقفه (UPS) ۵۵۳
۱۱-۴-۱ یکسوساز ۵۵۳
۱۱-۴-۲ باتری‌ها ۵۵۵
۱۱-۴-۳ اینورترها ۵۵۵
۱۱-۴-۴ سوییچ انتقال استاتیک ۵۵۸
۱۱-۵ خلاصه ۵۵۸
مسایل ۵۵۹
مراجع ۵۶۱
واژه‌نامه انگلیسی به فارسی ۵۶۳