

الحمد لله
الرحمن الرحيم

الکترونیک قدرت مبدل‌ها و تنظیم‌کننده‌ها

تألیف:

برانکو دوکیچ برانکو بلانوشا

ترجمه:

دکتر امین میرزایی دکتر مجید سنایی‌پور
(اعضای هیأت علمی دانشگاه اراک)



تقدیم به خانواده و همسر عزیزم
امین میرزایی

تقدیم به همسر و پسر علی رضا
مجید سنایی پور



عنوان و نام پدیدآور	:	الکترونیک قدرت، مبدل ها و تنظیم کننده ها/ تالیف برانکو دوکیچ: ترجمه امین میرزایی و مجید سنایی پور.
مشخصات نشر	:	اراک: دانشگاه اراک، ۱۳۹۶.
مشخصات ظاهری	:	۳۵ص: مصور، جدول، نمودار، فرمول.
شابک	:	۹۷۸-۹۶۴-۷۳۲۰-۹۸-۶
وضعیت فهرست نویسی	:	فیپا
یادداشت	:	عنوان اصلی: Power Electronics: Converters and Regulators
موضوع	:	الکترونیک نیرو
موضوع	:	Power electronics
موضوع	:	مبدل های جریان برق
موضوع	:	Electric current converters
موضوع	:	ترانزیستورها
موضوع	:	Transistors
شناسه افزوده	:	بلانوشا، برانکو
شناسه افزوده	:	Blanusa, Branko
شناسه افزوده	:	میرزایی، امین، ۱۳۶۱-، مترجم
شناسه افزوده	:	سنایی پور، مجید، ۱۳۵۷-
شناسه افزوده	:	دانشگاه اراک
رده بندی کنگره	:	TK۷۸۸۱/۱۵/د ۹۷۱۳۹۶ الف
رده بندی دیویی	:	۶۲۱/۳۱۷
شماره کتابشناسی ملی	:	۴۸۹۲۴۴۷

الکترونیک قدرت، مبدل ها و تنظیم کننده ها

برانکو دوکیچ / برانکو بلانوشا

ترجمه: دکتر امین میرزایی / دکتر مجید سنایی پور

ناشر	:	دانشگاه اراک
نوبت چاپ	:	اول / ۱۳۹۶
شابک	:	۹۷۸ - ۹۶۴ - ۷۳۲۰ - ۹۸ - ۶
شمارگان	:	۱۰۰۰ نسخه
قیمت	:	۵۰۰۰۰ تومان

فهرست مطالب

۱. معرفی	۱-۱
انواع سیگنال.....	۲
مقادیر موثر و میانگین یک سیگنال متناوب.....	۵
توان جریان های متناوب.....	۹
عناصر سویچینگ.....	۱۶
عناصر مغناطیسی.....	۲۴
۱-۵-۱- چوک ها.....	۲۶
۲-۵-۱- ترانسفورماتورها.....	۲۷
خازن ها.....	۲۹
تداخل فرکانس رادیویی.....	۳۳
سرد کردن اجزا.....	۳۵
منابع.....	۴۲
۲- دیودها و ترانزیستورها.....	۴۴
۱-۲- دیود به عنوان یک سویچ.....	۴۴
۱-۱-۲- مشخصات حرارتی.....	۴۹
۲-۱-۲- مشخصات دینامیک دیود.....	۵۱
۳-۱-۲- دیودهای شاتکی.....	۵۶
۴-۱-۲- انتخاب دیودهای پالس.....	۵۸
۲-۲- ترانزیستور دو قطبی به عنوان سویچ.....	۶۰
۱-۲-۲- ناحیه قطع.....	۶۱
۱-۲-۲- محدودیت های ولتاژ.....	۶۶
۲-۲-۲- ناحیه اشباع.....	۷۰
۳-۲-۲- مشخصه انتقالی ایستا.....	۷۵
۴-۲-۲- مشخصات دینامیک اینورتر.....	۷۸
۱-۴-۲-۲- روشن شدن ترانزیستور.....	۸۲
۲-۴-۲-۲- خاموش شدن ترانزیستور.....	۸۳
۳-۴-۲-۲- تحریک بهینه.....	۹۱
۴-۴-۲-۲- خازن افزایش دهنده سرعت.....	۹۲

۹۶.....	۵-۲-۲ - سویچ های اشباع ناشونده.....
۱۰۰.....	۶-۲-۲ - اینورتر با بار خازنی.....
۱۰۴.....	۷-۲-۲ - سویچ با بار سلفی.....
۱۱۰.....	۱-۷-۲-۲ - حفاظت ترانزیستور.....
۱۱۴.....	۸-۲-۲ - انتخاب ترانزیستور.....
۱۲۰.....	۹-۲-۲ - مدارهای راه انداز.....
۱۲۱.....	۳-۲ - ترانزیستور MOS قدرت به عنوان سویچ.....
۱۲۴.....	۱-۳-۲ - ترانزیستورهای قدرت VDMOS.....
۱۲۶.....	۲-۳-۲ - سویچ قدرت BiMOS.....
۱۲۸.....	۳-۳-۲ - پارامترهای ایستا.....
۱۳۳.....	۱-۳-۳-۲ - پارامترهای دینامیک.....
۱۳۷.....	۲-۳-۳-۲ - مدارهای راه انداز.....
۱۴۴.....	۴-۳-۲ - ناحیه عملکرد ایمن.....

۱۴۹.....	سوئیچ های باززا.....	۳-
۱۵۲.....	ترانزیستور تک پیوندی.....	۱-۳
۱۵۵.....	مشخصات حرارتی.....	۳-۱-۱
۱۵۷.....	ترانزیستور تک پیوندی برنامه پذیر.....	۳-۱-۲
۱۶۱.....	ترانزیستور تک پیوندی مکمل.....	۳-۱-۳
۱۶۳.....	مولدهای پالس.....	۳-۱-۴
۱۶۸.....	کاربردهای غیر استاندارد.....	۳-۱-۵
۱۷۳.....	تریستور.....	۳-۲
۱۷۴.....	تریستور تریود-SCR.....	۳-۲-۱
۱۷۸.....	مشخصات پایه کنترل (گیت).....	۳-۲-۱-۱
۱۸۱.....	اثر نرخ تغییر ولتاژ آند (اثر dv/dt).....	۳-۲-۱-۲
۱۸۵.....	اثر نرخ تغییر جریان آند (اثر di/dt).....	۳-۲-۱-۳
۱۸۶.....	زمان روشن شدن.....	۳-۲-۱-۴
۱۸۷.....	زمان خاموش شدن.....	۳-۲-۱-۵
۱۹۰.....	روشن (راه اندازی) و خاموش کردن.....	۳-۲-۱-۶
۱۹۲.....	مدارهای آتش بر پایه UJT.....	۳-۲-۱-۷
۱۹۷.....	تریستور خاموش شونده سریع با گیت - GATT.....	۳-۲-۲
۱۹۸.....	تریستور نامتقارن.....	۳-۲-۳

۱۹۸.....	۴-۲-۳- ترستور با هدایت معکوس.....
۱۹۹.....	۵-۲-۳- ترستور خاموش شونده با گیت - GTO.....
۲۰۱.....	۶-۲-۳- ترستور MOS.....
۲۰۲.....	۷-۲-۳- ترستور کنترل شونده با گیت عایق.....
۲۰۷.....	۸-۲-۳- ترستور خاموش شونده با امیتر.....
۲۰۹.....	۹-۲-۳- ترستور نوری.....
۲۰۹.....	۱۰-۲-۳- سوئیچ یک طرفه.....
۲۱۰.....	۱۱-۲-۳- سوئیچ دوتایی (دوبل) - SBS.....
۲۱۱.....	۱۲-۲-۳- ترستورهای دیودی.....
۲۱۳.....	۱۳-۲-۳- ترایاک.....
۲۲۲.....	مراجع.....
۲۲۳.....	۴- مبدل های PWM DC/DC.....
۲۲۷.....	۱-۴- مبدل های فوروارد.....
۲۲۸.....	۱-۱-۴- تجزیه و تحلیل مدار پایه.....
۲۳۰.....	۱-۱-۴- تغییرات ولتاژ خروجی.....
۲۳۳.....	۲-۱-۴- حالت شبه استاتیک ترانزیستور.....
۲۳۵.....	۳-۱-۴- حالت ناپیوسته.....
۲۴۰.....	۴-۱-۴- روابط انرژی در حالت شبه پایدار.....
۲۴۴.....	۵-۱-۴- تلفات دینامیکی ترانزیستور و دیود.....
۲۵۲.....	۶-۱-۴- بهینه سازی پارامترها.....
۲۵۳.....	۲-۴- مبدل مستقیم ایزوله شده گالوانیکی.....
۲۵۹.....	۳-۴- مبدل بوست.....
۲۶۰.....	۱-۳-۴- تجزیه و تحلیل طرح پایه.....
۲۶۳.....	۱-۳-۴- حالت های عملکرد ترانزیستور و دیود.....
۲۶۶.....	۲-۳-۴- تغییرات ولتاژ خروجی.....
۲۶۹.....	۳-۳-۴- مرز بین حالت پیوسته و ناپیوسته.....
۲۷۰.....	۴-۳-۴- حالت ناپیوسته.....
۲۷۲.....	۵-۳-۴- تلفات توان.....
۲۷۳.....	۴-۴- مبدل غیرمستقیم.....
۲۷۶.....	۱-۴-۴- مرز بین حالت پیوسته و ناپیوسته.....
۲۷۶.....	۲-۴-۴- حالت ناپیوسته.....

۲۸۱.....	۳-۴-۴- مبدل غیرمستقیم با جداسازی گالوانیکی.....
۲۸۸.....	۵-۴- مبدل پوش پول (متقارن).....
۲۹۰.....	۱-۵-۴- تجزیه و تحلیل مدار ایده آل در حالت پیوسته.....
۲۹۱.....	۱-۱-۵-۴- بازه زمانی I.....
۲۹۴.....	۲-۱-۵-۴- بازه زمانی II.....
۲۹۵.....	۳-۱-۵-۴- بازه زمانی III.....
۲۹۵.....	۴-۱-۵-۴- بازه زمانی IV.....
۲۹۸.....	۲-۵-۴- منحنی مشخصه های خروجی.....
۳۰۲.....	۳-۵-۴- انتخاب قطعات.....
۳۰۸.....	۴-۵-۴- پیش مغناطیس شدگی DC هسته.....
۳۱۱.....	۵-۵-۴- مبدل نیم پل.....
۳۱۳.....	۶-۵-۴- مبدل پل.....
۳۱۶.....	۷-۵-۴- مدار همیلتون.....
۳۱۷.....	۶-۴- مبدل های کاک.....
۳۲۰.....	۱-۶-۴- حذف ریپل جریان.....
۳۲۱.....	۲-۶-۴- مبدل های کاک با ایزولاسیون الکتریکی.....
۳۲۴.....	مراجع.....
۳۲۵.....	۵- مازول های کنترل.....
۳۲۷.....	۱-۵- اصول پایه ای و مشخصات مازول های کنترل PWM.....
۳۲۹.....	۱-۱-۵- تحلیل مداری.....
۳۳۲.....	۲-۱-۵- PWM ساده.....
۳۳۵.....	۱-۲-۱-۵- مولدهای ولتاژ کمکی در فرم مدار مجتمع.....
۳۳۸.....	۲-۵- PWM ولتاژ کنترل شده.....
۳۴۰.....	۳-۵- PWM جریان کنترل شده.....
۳۴۳.....	۱-۳-۵- PWM جبران شده.....
۳۴۵.....	۴-۵- مازول های کنترل IC.....
۳۵۳.....	۱-۴-۵- مازول کنترل TL494.....
۳۵۷.....	۲-۴-۵- مازول کنترل SG1524/2524/3524.....
۳۶۳.....	۱-۲-۴-۵- مدارهای پیشرفته.....
۳۶۷.....	۳-۴-۵- مازول کنترل TDA1060.....
۳۷۳.....	مراجع.....

۳۷۵.....	مبدل ها- اینورترهای DC/AC	۶-۳۷۵
۳۷۷.....	اینورترهای ولتاژ تک فاز.....	۶-۳۷۷
۳۸۲.....	ولتاژ خروجی پالس کنترل شده.....	۶-۱-۳۸۲
۳۸۵.....	اینورترهای مدولاسیون پهنای پالس.....	۶-۲-۳۸۵
۳۹۱.....	PWM تک قطبی.....	۶-۱-۲-۳۹۱
۳۹۴.....	اینورترهای سه فاز.....	۶-۳-۳۹۴
۳۹۹.....	فرا مدولاسیون ($m_a > 1$).....	۶-۱-۳-۳۹۹
۴۰۰.....	PWM آسنکرون.....	۶-۲-۳-۴۰۰
۴۰۰.....	مدولاسیون بردار فضایی.....	۶-۴-۴۰۰
۴۰۰.....	مدولاسیون بردار فضایی - اصول عملکرد پایه.....	۶-۱-۴-۴۰۰
۴۰۴.....	کاربرد روش مدولاسیون بردار فضایی.....	۶-۲-۴-۴۰۴
۴۰۵.....	توالی مستقیم و معکوس.....	۶-۳-۴-۴۰۵
۴۰۷.....	تاثیر درایو واقعی.....	۶-۵-۴۰۷

مراجع..... ۴۱۱

۴۱۳.....	مبدل ها و یکسوکننده های AC/DC	۷-۴۱۳
۴۱۵.....	یکسوکننده های تک فاز نیم موج.....	۷-۱-۴۱۵
۴۱۶.....	یکسوکننده های تمام موج.....	۷-۲-۴۱۶
۴۱۹.....	کموتاسیون جریان.....	۷-۱-۲-۴۱۹
۴۲۲.....	فیلترهای خروجی.....	۷-۳-۴۲۲
۴۲۲.....	فیلتر خازنی.....	۷-۱-۳-۴۲۲
۴۲۶.....	فیلتر L.....	۷-۲-۳-۴۲۶
۴۲۸.....	دوبرابر کننده های ولتاژ.....	۷-۴-۴۲۸
۴۲۹.....	یکسوکننده های سه فاز.....	۷-۵-۴۲۹
۴۳۳.....	یکسوکننده های کنترل شده فاز.....	۷-۶-۴۳۳
۴۳۵.....	یکسوکننده های تریستوری تمام موج.....	۷-۱-۶-۴۳۵
۴۴۲.....	یکسوکننده های پل تریستوری سه فاز.....	۷-۲-۶-۴۴۲
۴۴۴.....	یکسوکننده های دوازده پالسه.....	۷-۷-۴۴۴
۴۴۶.....	یکسوکننده های دارای مدار برای تصحیح ضریب توان.....	۷-۸-۴۴۶
۴۵۰.....	یکسوکننده اکتیو.....	۷-۹-۴۵۰
۴۵۰.....	یکسوکننده اکتیو با کنترل کننده جریان هیستریزیس.....	۷-۱-۹-۴۵۰

۴۵۴.....	۱۰-۷- یکسوکننده های PWM
۴۵۸.....	۱۰-۷-۱- روش های کنترلی پیشرفته یکسوکننده های PWM
.....	۱۰-۷-۱-۱- چرخش سیستم مختصات گردان D,Q به سمت بردار ولتاژ خط
۴۶۰.....	(کنترل ولتاژ گرا-VOC)
.....	۱۰-۷-۲- چرخش سیستم مختصات گردان D,Q به سمت بردار شار
۴۶۱.....	مجازی- VFOC
۴۶۳.....	۱۰-۷-۲- یکسوکننده PWM با خروجی جریان
۴۶۸.....	۱۰-۷-۳- یکسوکننده های PWM در فیلترهای اکتیو
۴۶۹.....	۱۰-۷-۴- برخی از توپولوژی های یکسوسازهای PWM
۴۷۰.....	۱۰-۷-۵- کاربردهای یکسوسازهای PWM
۴۷۵.....	مراجع
۴۷۷.....	۸- مبدل های AC/AC
۴۷۸.....	۸-۱- مبدل های ولتاژ AC/AC تک فاز
۴۸۵.....	۸-۱-۱- کنترل نسبی زمان
۴۸۷.....	۸-۲- مبدل های سه فاز
۴۸۹.....	۸-۳- مبدل های فرکانسی
۴۹۰.....	۸-۳-۱- مبدل های فرکانس مستقیم
۵۰۰.....	۸-۴- معرفی مبدل های ماتریسی AC/AC
۵۰۰.....	۸-۴-۱- مشخصه های اصلی
۵۰۴.....	۸-۴-۲- کلیدهای دو سوپه
۵۰۵.....	۸-۴-۳- به کارگیری فیلتر ورودی
۵۰۶.....	۸-۴-۴- کموتاسیون جریان
۵۱۰.....	۸-۴-۵- حفاظت مبدل ماتریسی
۵۱۱.....	۸-۴-۶- کاربرد مبدل ماتریسی
۵۱۵.....	مراجع
۵۱۷.....	۹- مبدل های رزونانسی
۵۲۰.....	۹-۱- مدارهای رزونانسی
۵۲۳.....	۹-۲- مبدل های رزونانس کلاس D
۵۲۶.....	۹-۲-۱- مبدل های تشدید سری

۵۲۷.....	۱-۱-۲-۹- حالت ناپیوسته ($\omega < \omega_0/2$)
۵۲۹.....	۲-۱-۲-۹- حالت پیوسته ($\omega_0/2 < \omega < \omega_0$)
۵۳۱.....	۳-۱-۲-۹- حالت پیوسته در $\omega > \omega_0$
۵۳۵.....	۲-۲-۹- مبدل های تشدید موازی.....
۵۳۹.....	۳-۲-۹- مبدل های تشدید سری-موازی.....
۵۴۱.....	۳-۹- مبدل های تشدید سری بر پایه تریتورهای GTO.....
۵۴۵.....	۴-۹- مبدل های رزونانسی کلاس E.....
۵۴۹.....	۵-۹- مبدل های DC/DC بر پایه کلیدهای های رزونانسی.....
۵۵۱.....	۱-۵-۹- مبدل های شبه رزونانسی ZCS.....
۵۵۲.....	۱-۱-۵-۹- بازه زمانی T_{0-1} ($0 \leq t \leq t_1$).....
۵۵۲.....	۲-۱-۵-۹- بازه زمانی T_{1-2} ($t_1 \leq t \leq t_2$).....
۵۵۴.....	۳-۱-۵-۹- بازه زمانی T_{2-3} ($t_2 \leq t \leq t_3$).....
۵۵۴.....	۴-۱-۵-۹- بازه زمانی T_{3-4} ($t_3 \leq t \leq t_4 = T$).....
۵۵۴.....	۵-۱-۵-۹- ولتاژ خروجی.....
۵۵۹.....	۲-۵-۹- مبدل های شبه رزونانسی ZVS.....
۵۶۰.....	۱-۲-۵-۹- بازه زمانی T_{0-1} ($0 \leq t \leq t_1$).....
۵۶۰.....	۲-۲-۵-۹- بازه زمانی T_{1-2} ($t_1 \leq t \leq t_2$).....
۵۶۲.....	۳-۲-۵-۹- بازه زمانی T_{2-3} ($t_2 \leq t \leq t_3$).....
۵۶۲.....	۴-۲-۵-۹- بازه زمانی T_{3-4} ($t_3 \leq t \leq t_4$).....
۵۶۲.....	۵-۲-۵-۹- ولتاژ خروجی.....
۵۶۵.....	۳-۵-۹- مبدل های چند رزونانسی.....
۵۶۶.....	۶-۹- مبدل های DC/AC رزونانس ZVS.....
۵۶۸.....	۷-۹- مبدل های PWM DC/DC سوئیچینگ نرم.....
۵۷۰.....	۱-۷-۹- مبدل های پل شیفت فاز.....
۵۷۲.....	۱-۱-۷-۹- بازه زمانی T_{0-1} ($t_0 \leq t \leq t_1$).....
۵۷۲.....	۲-۱-۷-۹- بازه زمانی T_{1-2} ($t_1 \leq t \leq t_2$).....
۵۷۴.....	۳-۱-۷-۹- بازه زمانی T_{2-3} ($t_2 \leq t \leq t_3$).....
۵۷۵.....	۴-۱-۷-۹- بازه زمانی T_{3-4} ($t_3 \leq t \leq t_4$).....
۵۷۶.....	۵-۱-۷-۹- بازه زمانی T_{4-5} ($t_4 \leq t \leq t_5$).....
۵۷۷.....	۲-۷-۹- مبدل های PWM انتقالی رزونانسی.....
۵۷۹.....	۱-۲-۷-۹- بازه زمانی T_{0-1} ($t_0 \leq t \leq t_1$).....
۵۷۹.....	۲-۲-۷-۹- بازه زمانی T_{1-2} ($t_1 \leq t \leq t_2$).....

۵۸۰	.....	$(t_2 \leq t \leq t_3)T_{2-3}$ بازه زمانی	۳-۲-۷-۹
۵۸۰	.....	$(t_3 \leq t \leq t_4)T_{3-4}$ بازه زمانی	۴-۲-۷-۹
۵۸۰	.....	$(t_4 \leq t \leq t_5)T_{4-5}$ بازه زمانی	۵-۲-۷-۹
۵۸۱	.....	$(t_5 \leq t \leq t_6)T_{5-6}$ بازه زمانی	۶-۲-۷-۹
۵۸۱	.....	$(t_6 \leq t \leq t_7)T_{6-7}$ بازه زمانی	۷-۲-۷-۹
۵۸۱	.....	مدارهای کنترلی مبدل های رزونانسی	۸-۹
۵۸۵	.....	خانواده مدار مجتمع UCx861-8	۱-۸-۹
۵۸۷	.....	مدارهای مجتمع برای کنترل مبدل های PWM سوئیچینگ نرم	۲-۸-۹
۵۹۳	.....	معرفی مبدل های چند سطحی	۱۰-
۵۹۴	.....	۱-۱۰- مشخصه های اصلی	
۵۹۹	.....	۲-۱۰- مبدل های DC/DC چند سطحی	
۵۹۹	.....	۱-۲-۱۰- بازه زمانی $nT < t < nT + DT, n=0, 1, 2, \dots$	
۶۰۰	.....	۲-۲-۱۰- بازه زمانی $nT + DT < t < (n+1)T, n=0, 1, 2, \dots$	
۶۰۹	.....	۳-۱۰- اینورترهای چند سطحی	
۶۱۰	.....	۱-۳-۱۰- اینورترهای پل H زنجیره ای	
۶۱۶	.....	۲-۳-۱۰- اینورترهای چند سطحی با دیود کلمپ شدم	
۶۱۹	.....	۳-۳-۱۰- اینورترهای چند سطحی با خازن شناور	
۶۲۱	.....	۴-۳-۱۰- سایر توپولوژی های اینورترهای چند سطحی	
۶۲۴	.....	۴-۱۰- کنترل اینورترهای چند سطحی	
۶۲۵	.....	۱-۴-۱۰- SPWM چند سطحی	
۶۲۸	.....	۲-۴-۱۰- مدولاسیون بردار فضایی	
۶۳۰	.....	۳-۴-۱۰- کنترل بردار فضایی	
۶۳۰	.....	۴-۴-۱۰- حذف هارمونیک انتخابی	
۶۳۲	.....	مراجع	
۶۳۳	.....	کتاب شناسی	