

بسم الله الرحمن الرحيم

مبدل‌های توان بالا و درایوهای AC

ترجمه: دکتر سید سعید فاضل

عضو هیات علمی دانشگاه علم و صنعت ایران

(Wu, B. Bin)

سرشناسه : وو، بین، ۱۹۵۷-م.
عنوان و پدیدآور : مبدل های توان بالا و درایوهای AC / [تألیف بین وو]؛ ترجمه سید سعید فاضل.
مشخصات نشر : تهران: دانشگاه علم و صنعت ایران، ۱۳۹۰.
مشخصات ظاهری : ۴۰۷ ص: مصور، جدول، نمودار.
فروست : دانشگاه علم و صنعت ایران: ۵۲۷
شابک : ۶۵۰۰۰ ریال: ۰-۲۱۹-۴۵۴-۹۶۴-۹۷۸
فهرست نویسی : فیپا
یادداشت : عنوان اصلی: High- power converters and AC drives, c2006.
یادداشت : کتابنامه.
موضوع : مبدل های جریان برق
شناسه افزوده : فاضل، سید سعید، مترجم
شناسه افزوده : دانشگاه علم و صنعت ایران
رده بندی کنگره : ۳۹۰/۹م۲/۲۷۹۶ TK
رده بندی دیویی : ۶۲۱/۳۱۳
شماره کتابخانه ملی: ۲۳۶۹۰۳۲

• مرکز انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران-تهران-نارمک صندوق پستی

۱۶۳-۱۶۷۶۵ تلفن: ۷۲۴۰۴۲۵ - دورنویس: ۷۷۲۴۰۴۲۵

• فروشگاه شماره ۱: میدان رسالت - خیابان هنگام - خیابان دانشگاه علم و صنعت -

دانشگاه علم و صنعت ایران - تلفن: ۷۷۲۴۰۳۸۳

• فروشگاه شماره ۲: روبروی دانشگاه تهران - برج فروزنده طبقه دوم شماره ۴۰۱

تلفن: ۵۰-۶۶۹۵۳۳۴۹

وب سایت: Publication.iust.ac.ir



دانشگاه صنعتی ایران

نام کتاب: مبدل های توان بالا و درایوهای AC

تألیف: بین وو

ترجمه: دکتر سید سعید فاضل

چاپ اول: ۱۳۹۰

شمارگان: ۵۰۰ جلد

قیمت: ۶۵۰۰۰ ریال

شماره انتشارات: ۵۲۷

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: مرکز انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران

* حق چاپ برای دانشگاه علم و صنعت ایران محفوظ است.

ISBN: ۹۷۸-۹۶۴-۴۵۴-۲۱۹-۰

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۴۵۴-۲۱۹-۰

مقدمه مترجم

کتابی که هم اکنون از نظر شما می‌گذرد ترجمه کتاب *High-Power Converters and AC Drives* تألیف پروفسور ریو استاد دانشگاه Ryerson کانادا در سال ۲۰۰۶ است. با وجود رشد تحقیقات و پیشرفت درایوهای ولتاژ متوسط ($2/3$ kV تا $13/8$ kV) و همچنین توسعه و پیشرفت سریع علم ادوات نیمه هادی، کتب نمایش دهنده این فن آوری‌ها در دسترس نبوده و لذا این کتاب اولین کتاب کاربردی است که علاوه بر معرفی آخرین فن آوری موجود در زمینه ساختارهای مختلف مبدلها و درایوهای نوین توان بالا با ولتاژ متوسط و سیستم‌های کنترل پیشرفته آنها، چالش‌های عملی موجود را تحلیل و روشهای حذف آنها را بیان می‌نماید.

این کتاب یک مرجع مناسب برای محققان دانشگاهی، مهندسين صنايع و ديگر متخصصين محسوب شده و مي‌توان از آن بعنوان يك كتاب مآخذ براي درس الكترونیک قدرت و درایوهای AC در مقطع کارشناسی ارشد استفاده نمود.

در ترجمه کتاب نهایت امانتداری رعایت شده و هیچ بخشی از آن حذف نشده است. معادل انگلیسی برخی از واژه‌ها و معادل فارسی آنها که ممکن است دانشجویان با آنها آشنا نباشند، علاوه بر پا ورقی در واژه نامه انتهای کتاب نیز آمده است. با وجود تلاشهای فراوان در ویرایش دقیق کتاب، مسلماً هنوز هم نواقصی در این اثر موجود است. لذا صمیمانه از اساتید، دانشجویان و خوانندگان عزیز خواهشمندم هر گونه کاستی و نقص را برای اصلاح از طریق fazel@iust.ac.ir اطلاع دهند تا در چاپ‌های بعدی، ترجمه کامل تر و ارزنده تری تقدیم دانش پژوهان ارجمند گردد.

در انتها بر خود لازم می‌دانم تا از کلیه دانشجویان کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی راه آهن که بنده را در ترجمه این کتاب یاری دادند و همچنین همسرم برای حمایت‌هایش در طول تهیه این کتاب تشکر و قدردانی نمایم.

سید سعید فاضل

دانشکده مهندسی راه آهن - دانشگاه علم و صنعت ایران

تهران - اسفند ۱۳۸۹

پیش گفتار مولف

با پیشرفت فن آوری ساخت ادوات نیمه هادی همچون IGBT و GCT، درایوهای نوین توان بالا با ولتاژ متوسط (MV) بطور وسیعی در صنایعی همچون پتروشیمی، صنایع فولاد، صنایع فلزات و حمل و نقل مورد استفاده قرار گرفته و باعث بهبود کیفیت توان و افزایش سطح تولید شده اند.

با وجود رشد تحقیقات و همچنین پیشرفت درایوهای ولتاژ متوسط ($2/3 \text{ kV}$ تا $13/8 \text{ kV}$) در محدوده 1 MW تا 100 MW ، کتب نمایش دهنده این فن آوری ها در دسترس نبوده و لذا این کتاب با تحلیل جامعی بر روی ساختارهای مختلف مبدل‌های توان بالا، درایوها و سیستم های کنترل پیشرفته، آخرین فن آوری موجود در این زمینه را معرفی نموده و سپس با ارائه یک روش طراحی (با جداول و شکل ها)، چالش های عملی موجود و روش های حذف آنها در شبیه سازی کامپیوتری و همچنین پیاده سازی عملی را بیان می نماید. این کتاب یک مرجع مناسب برای محققین دانشگاهی، مهندسين صنایع و دیگر متخصصین فراهم نموده است. این کتاب همچنین پس زمینه فنی مناسبی برای بیشتر عناوین اش تهیه نموده به نحوی که بتوان از آن بعنوان یک کتاب مآخذ برای درس الکترونیک قدرت و درایوهای AC در مقطع کارشناسی ارشد استفاده نمود.

این کتاب در پنج بخش با چهارده فصل ارائه شده است. در بخش اول "مقدمه"، مروری بر درایوهای ولتاژ متوسط توان بالا شامل تجزیه و تحلیل وضعیت بازار، ساختار سیستم های درایو، کاربردهای صنعتی نمونه، ساختار مبدل‌های توان و ادوات نیمه هادی ارائه شده است.

بخش دوم، "یکسو سازهای دیودی و تریستوری چند پالسه"، ساختار یکسو سازهای ۱۲، ۱۸ و ۲۴ پالسه مرسوم و مورد استفاده در درایوهای ولتاژ متوسط بمنظور کاهش اغتشاش جریان خط را معرفی می نماید. ساختار ترانسفورماتورهای شیفِت فاز (زیگزآگ) و اصول حذف هارمونیکها نیز بحث شده است.

بخش سوم، "مبدل‌های منبع ولتاژ چند سطحی"، تحلیل دقیقی بر روی ساختار اینورترهای مختلف منبع ولتاژ (VSI) یعنی اینورتر NPC و اینورتر سری چند سطحی H-Bridge انجام و روشهای مختلف مدولاسیون (مدولاسیون بردار فضایی و مدولاسیون موج حامل) را برای اینورترهای چند سطحی مورد بحث قرار داده است.

بخش چهارم، "اینورترهای منبع جریان PWM"، بر روی تعدادی از اینورترهای منبع جریان (CSI) و یکسو سازهای مورد استفاده در درایوهای ولتاژ متوسط تمرکز نموده است. چندین تکنیک مدولاسیون

همانند مدولاسیون عرض پالس (PWM)، حذف هارمونیکهای انتخابی (SHE) و مدولاسیون بردار فضایی (SVM) تحلیل و همچنین کنترل ضریب توان واحد و کنترل میرایی فعال برای یکسو سازهای منبع جریان بررسی خواهند شد.

بخش پنجم، "درایوهای ac توان بالا"، بر روی ساختارهای مختلف اینورترهای منبع ولتاژ و منبع جریان مورد استفاده در درایوهای ولتاژ متوسط که توسط اکثر کارخانه های سازنده به بازار معرفی شده اند، تمرکز نموده است. در روش کنترل پیشرفته درایوها، یعنی کنترل مبتنی بر میدان (FOC) و کنترل مستقیم گشتاور (DTC) تجزیه و تحلیل شده است. برای فهم ساده تر این روشهای پیچیده، پیشنهاداتی با روشی ساده ارائه شده است.

در انتها می خواهیم عمیقاً از همکارانم در Rockwell Automation کانادا، بخصوص Steve Rizzo، نوید زرگری و Frank Dewinter برای بحث های بی شمار و دوازده سال کار گروهی بمنظور بهبود ساختار درایوهای ولتاژ متوسط، تشکر کنم. همچنین از اساتید راهنمایم دکتر Shahi Down و دکتر Gordon Slemon برای راهنمایی هایشان در زمینه درایوهای توان بالا در طول مدت تحصیل در مقطع کارشناسی ارشد در دانشگاه تورنتو، تشکر می کنم. همچنین مدیون آقای دکتر Robert Hanna از شرکت مهندسی RFM، بدلیل مرور این کتاب و نظرات اصلاحی ایشان هستم. از همکاران دوره فوق دکتری و دانشجویان همکار در آزمایشگاه LEDAR دانشگاه Ryerson نیز که در تهیه این کتاب کمک نموده اند و همچنین از همکاران شرکت های ASI Robicon، زیمنس، Rockwell، ABB برای عکسهای تهیه شده از درایوهای ولتاژ متوسط تشکر نموده و از همسرم Janice و دخترم Lina برای حمایت هایشان در طول تهیه این کتاب، قدردانی می نمایم.

دسامبر ۲۰۰۵

تورنتو، کانادا

Bin Wu

صفحه

فهرست

س

جدول علائم اختصاری

۱

بخش اول: مقدمه

۱

مقدمه

۳

۱ مقدمه

۳

۱.۱. مقدمه

۶

۱.۲. الزامات فنی و چالش ها

۷

۱.۲.۱. الزامات سمت خط.

۸

۱.۲.۲. خطرات سمت موتور

۱۰

۱.۲.۳. محدودیت های ادوات کلید زنی

۱۱

۱.۲.۴. الزامات سیستم درایو

۱۱

۱.۳. ساختار مبدل ها

۱۳

۱.۴. درایوهای ولتاژ متوسط صنعتی

۱۸

خلاصه

۱۸

مراجع

۲۱

ضمیمه

۲۳

۲. ادوات نیمه هادی توان بالا

۲۳

۲.۱. مقدمه

۲۴

۲.۲. ادوات کلید زنی توان بالا

۲۴

۲.۲.۱. دیودها

۲۶

۲.۲.۲. یکسو سازهای کنترل شده تریستوری (SCR)

۲۸

۲.۲.۳. تریستور قابل قطع در گیت (GTO)

۳۱

۲.۲.۴. تریستور کموتاسیون در گیت (GCT)

۳۵

۲.۲.۵. ترانزیستور دو قطبی با گیت عایق شده (IGBT)

۳۸

۲.۲.۶. سایر ادوات کلید زنی

۳۸

۲.۳. عملکرد ادوات نیمه هادی متوالی

۳۸	۲.۳.۱. دلایل اصلی عدم تعادل ولتاژ
۳۹	۲.۳.۲. متعادل نمودن ولتاژ GTC ها
۴۲	۲.۳.۳. متعادل نمودن ولتاژ IGBT ها
۴۳	۲.۴. خلاصه
۴۴	مراجع

۴۵	بخش دوم: یکسو سازهای دیودی و تریستوری چند پالسه
۴۷	۳. یکسو سازهای دیودی چند پالسه
۴۷	۳.۱. مقدمه
۴۸	۳.۲. یکسو سازهای دیودی شش پالسه
۴۸	۳.۲.۱. مقدمه
۵۰	۳.۲.۲. بار خازنی
۵۵	۳.۲.۳. تعاریف اغتشاش هارمونیک کل (THD) و ضریب توان (PF)
۵۶	۳.۲.۴. سیستم پریونیت
۵۷	۳.۲.۵. THD و PF مربوط به یکسو ساز دیودی شش پالسه
۵۸	۳.۳. یکسو سازهای دیودی چند پالسه سری (Series- Type)
۶۰	۳.۳.۱. یکسو ساز دیودی ۱۲ پالسه نوع سری
۶۵	۳.۳.۲. یکسو ساز دیودی ۱۸ پالسه نوع سری
۷۰	۳.۳.۳. یکسو ساز دیودی ۲۴ پالسه نوع سری
۷۳	۳.۴. یکسو ساز دیودی چند پالسه مجزا (Separate – Type)
۷۳	۳.۴.۱. یکسو ساز دیودی ۱۲ پالسه مجزا
۷۷	۳.۴.۲. یکسو سازهای دیودی ۱۸ و ۲۴ پالسه مجزا
۸۰	۳.۴.۳. خلاصه
۸۲	مراجع

۸۳	۴. یکسو سازهای تریستوری چند پالسه
۸۳	۴.۱. مقدمه
۸۳	۴.۲. یکسو سازهای تریستوری شش پالسه
۸۴	۴.۲.۱. یکسو ساز شش پالسه ایده آل

۸۹	۴.۲.۲ اثر اندوکتانس خط
۹۲	۴.۲.۳ اغتشاش هارمونیک کل (THD) و ضریب توان (PF)
۹۴	۴.۳ یکسو ساز ترستوری ۱۲ پالسه
۹۶	۴.۳.۱ یکسو ساز ۱۲ پالسه ایده آل
۹۸	۴.۳.۲ تأثیر اندوکتانس های خط و پراکندگی
۹۸	۴.۳.۳ اغتشاش هارمونیک کل (THD) و ضریب توان (PF)
۹۹	۴.۴ یکسو سازهای ترستوری ۱۸ و ۲۴ پالسه
۱۰۱	۴.۵ خلاصه
۱۰۴	مراجع
۱۰۵	۵. ترانسفورماتورهای شیفت فاز
۱۰۵	۵.۱ مقدمه
۱۰۵	۵.۲ ترانسفورماتور شیفت فاز Y/Z
۱۰۶	۵.۲.۱ ترانسفورماتورهای شیفت فاز $Y/Z-1$
۱۰۸	۵.۲.۲ ترانسفورماتورهای شیفت فاز $Y/Z-2$
۱۰۹	۵.۳ ترانسفورماتورهای شیفت فاز Δ/Z
۱۱۳	۵.۴ حذف هارمونیک های جریان
۱۱۳	۵.۴.۱ جابجایی فاز جریانهای هارمونیک
۱۱۵	۵.۴.۲ حذف هارمونیکها
۱۱۷	۵.۴.۳ خلاصه
۱۱۸	بخش سوم: مبدل های منبع ولتاژ چند سطحی
۱۱۹	۶. اینورتر منبع ولتاژ دو سطحی
۱۱۹	۶.۱ مقدمه
۱۲۰	۶.۲ مدولاسیون عرض پالس سینوسی
۱۲۰	۶.۲.۱ مدولاسیون
۱۲۲	۶.۲.۲ طیف هارمونیک
۱۲۴	۶.۲.۳ فوق مدولاسیون
۱۲۵	۶.۲.۴ تزریق هارمونیک سوم

۱۲۶	۶.۳. مدولاسیون بردار فضایی
۱۲۷	۶.۳.۱ وضعیت کلید زنی
۱۲۷	۶.۳.۲ بردارهای فضایی
۱۳۰	۶.۳.۳ محاسبات زمان سکون (Dwell time)
۱۳۳	۶.۳.۴ شاخص مدولاسیون
۱۳۴	۶.۳.۵ توالی کلید زنی
۱۳۷	۶.۳.۶ تحلیل طیف هارمونیک
۱۴۰	۶.۳.۷ حذف هارمونیک های مرتبه زوج
۱۴۵	۶.۳.۸ مدولاسیون ناپیوسته بردار فضایی
۱۴۹	۶.۳.۹ خلاصه
۱۵۰	مراجع
۱۵۱	۷. اینورترهای چند سطحی سری H-Bridge
۱۵۱	۷.۱ مقدمه
۱۵۲	۷.۲ اینورتر سری H-Bridge
۱۵۲	۷.۲.۱ مدولاسیون عرض پالس دو قطبی
۱۵۳	۷.۲.۲ مدولاسیون عرض پالس تک قطبی
۱۵۷	۷.۳ ساختار اینورترهای چند سطحی
۱۵۷	۷.۳.۱ اینورتر CHB با منابع تغذیه dc یکسان
۱۵۹	۷.۳.۲ اینورترهای CHB با منابع تغذیه dc نامساوی
۱۶۱	۷.۴ روش های مدولاسیون عرض پالس مبتنی بر موج حامل
۱۶۱	۷.۴.۱ مدولاسیون شیفت فاز با چند موج حامل
۱۶۷	۷.۴.۲ مدولاسیون شیفت سطح با چند موج حامل
	۷.۴.۳ مقایسه روش های مدولاسیون عرض پالس شیفت فاز و شیفت سطح
۱۷۴	۷.۵ مدولاسیون پلکانی (Staircase)
۱۷۷	۷.۶ خلاصه
۱۷۹	مراجع
۱۸۱	

۱۸۳	۸. اینورتر چند سطحی با کلمپ دیودی
۱۸۳	۸.۱. مقدمه
۱۸۴	۸.۲. اینورتر سه سطحی
۱۸۴	۸.۲.۱. ساختار مبدل
۱۸۴	۸.۲.۲. وضعیت کلید زنی
۱۸۷	۸.۲.۳. کموتاسیون
۱۹۰	۸.۳. مدولاسیون بردار فضایی
۱۹۰	۸.۳.۱. بردارهای فضایی ساکن
۱۹۱	۸.۳.۲. محاسبه زمان سکون
۱۹۶	۸.۳.۳. ارتباط بین محل ولتاژ مرجع ($\vec{V}_{ref}$) و زمان های سکون
۱۹۷	۸.۳.۴. طرح توالی کلید زنی
۲۰۳	۸.۳.۵. شکل موجهای خروجی اینورتر و مولفه های هارمونیکی آن
۲۰۶	۸.۳.۶. حذف هارمونیک های مرتبه زوج
۲۰۹	۸.۴. کنترل ولتاژ نقطه خنثی
۲۱۰	۸.۴.۱. علل انحراف ولتاژ نقطه خنثی
۲۱۱	۸.۴.۲. اثر عملکرد موتوری و ژنراتوری
۲۱۲	۸.۴.۳. کنترل حلقه بسته ولتاژ نقطه خنثی
۲۱۴	۸.۵. سایر الگوریتم های مدولاسیون بردار فضایی
۲۱۴	۸.۵.۱. مدولاسیون بردار فضایی نا پیوسته
	۸.۵.۲. مدولاسیون بردار فضایی پایه ریزی شده مبتنی بر الگوریتم دو
۲۱۴	سطحی
۲۱۵	۸.۶. اینورترهای کلمپ دیودی چند سطحی
۲۱۶	۸.۶.۱. اینورترهای کلمپ دیودی چهار و پنج سطحی
۲۱۷	۸.۶.۲. مدولاسیون عرض پالس مبتنی بر موج حامل
۲۲۲	۸.۷. خلاصه
۲۲۳	مراجع
۲۲۵	ضمیمه

۲۲۹	۹. سایر اینورترهای منبع ولتاژ چند سطحی
۲۲۹	۹.۱. مقدمه
۲۲۹	۹.۲. اینورتر هیبرید (NPC/H-bridge)
۲۲۹	۹.۲.۱. ساختار اینورتر
۲۳۰	۹.۲.۲. روش مدولاسیون
۲۳۲	۹.۲.۳. شکل موج های خروجی و طیف هارمونیک آن
۲۳۴	۹.۳. اینورترهای خازنی چند سطحی
۲۳۴	۹.۳.۱. ساختار اینورتر
۲۳۶	۹.۳.۲. روش های مدولاسیون
۲۳۷	۹.۴. خلاصه
۲۳۷	مراجع
۲۳۸	بخش چهارم: مبدل های منبع جریان PWM
۲۳۹	۱۰. اینورترهای منبع جریان PWM
۲۳۹	۱۰.۱. مقدمه
۲۴۰	۱۰.۲. اینورتر منبع جریان PWM
۲۴۲	۱۰.۲.۱. مدولاسیون عرض پالس دوزنقه ای (TPWM)
۲۴۷	۱۰.۲.۲. حذف هارمونیک های انتخابی (SHE)
۲۵۲	۱۰.۲.۳. مدولاسیون بردار فضایی (SVM)
۲۵۲	۱۰.۳.۱. وضعیت کلید زنی
۲۵۳	۱۰.۳.۲. بردارهای فضایی
۲۵۶	۱۰.۳.۳. محاسبات زمان سکون
۲۵۸	۱۰.۳.۴. توالی کلید زنی
۲۶۲	۱۰.۳.۵. طیف هارمونیک
	۱۰.۳.۶. مقایسه مدولاسیون بردار فضایی با مدولاسیون های عرض پالس
۲۶۲	دوزنقه ای و حذف هارمونیک های انتخابی
۲۶۲	۱۰.۴. اینورترهای منبع جریان موازی
۲۶۲	۱۰.۴.۱. ساختار اینورتر
۲۶۵	۱۰.۴.۲. مدولاسیون بردار فضایی برای اینورترهای موازی

۲۶۸	۱۰.۴.۳. اثر بردارهای متوسط بر روی جریان های dc
۲۶۹	۱۰.۴.۴. کنترل تعادل جریان dc
۲۷۱	۱۰.۴.۵. تأیید نتایج با انجام آزمایش
۲۷۴	۱۰.۵. اینورتر کموتاسیون بار (LCI)
۲۷۵	۱۰.۶. خلاصه
۲۷۶	مراجع
۲۷۸	ضمیمه
۲۸۱	۱۱. یکسو سازهای منبع جریان PWM
۲۸۱	۱۱.۱. مقدمه
۲۸۱	۱۱.۲. یکسو ساز منبع جریان پل
۲۸۱	۱۱.۲.۱. مقدمه
۲۸۳	۱۱.۲.۲. حذف هارمونیک انتخابی
۲۸۹	۱۱.۲.۳. ولتاژ dc خروجی یکسو ساز
۲۹۰	۱۱.۲.۴. مدولاسیون بردار فضایی
۲۹۱	۱۱.۳. یکسو ساز منبع جریان پل دوپل
۲۹۱	۱۱.۳.۱. مقدمه
۲۹۳	۱۱.۳.۲. روش های مدولاسیون عرض پالس (PWM)
۲۹۴	۱۱.۳.۳. طیف هارمونیک
۲۹۶	۱۱.۴. کنترل ضریب توان
۲۹۶	۱۱.۴.۱. مقدمه
۲۹۸	۱۱.۴.۲. کنترل همزمان شاخص مدولاسیون دامنه m_a و زاویه α
۳۰۱	۱۱.۴.۳. منحنی ضریب توان
۳۰۴	۱۱.۵. کنترل میرا کننده ی فعال
۳۰۴	۱۱.۵.۱. مقدمه
۳۰۴	۱۱.۵.۲. مدهای تشدید سری و موازی
۳۰۶	۱۱.۵.۳. اصول عملکرد میرا کننده ی فعال
۳۰۸	۱۱.۵.۴. تضعیف تشدید LC
۳۱۱	۱۱.۵.۵. کاهش هارمونیک ها

۳۱۵	۱۱.۵.۶. انتخاب مقاومت میراکننده ی فعال
۳۱۶	۱۱.۶. خلاصه
۳۱۸	مراجع
۳۲۰	ضمیمه

بخش پنجم: درایوهای ac توان بالا

۱۲. درایوهای تغذیه شده توسط اینورتر منبع ولتاژ

۳۲۵	۱۲.۱. مقدمه
۳۲۵	۱۲.۲. درایوهای ولتاژ متوسط مبتنی بر اینورتر منبع ولتاژ دو سطحی
۳۲۵	۱۲.۲.۱. ساختار بلوک مبدل توان (PCCB)
۳۲۷	۱۲.۲.۲. درایو اینورتر منبع ولتاژ دو سطحی با یکسوساز کنترل نشده
۳۳۰	۱۲.۳. درایوهای تغذیه شده توسط اینورتر کلمپ دیودی (NPC)
۳۳۱	۱۲.۳.۱. اینورتر NPC مبتنی بر ادوات نیمه هادی GCT
۳۳۳	۱۲.۳.۲. اینورتر NPC مبتنی بر ادوات نیمه هادی IGBT
۳۳۶	۱۲.۴. درایوهای تغذیه شده با اینورتر سری چند سطحی (CHB)
۳۳۶	۱۲.۴.۱. درایوهای تغذیه شده با اینورتر CHB برای موتورهای $۲/۳ - ۴/۱۶kV$
۳۴۰	۱۲.۴.۲. درایوهای تغذیه شده با اینورتر CHB برای موتورهای $۶/۶ - ۱۱/۸kV$
۳۴۰	۱۲.۵. درایوهای تغذیه شده با اینورتر هیبرید
۳۴۱	۱۲.۶. خلاصه
۳۴۳	مراجع

۱۳. درایوهای تغذیه شده با اینورتر منبع جریان

۳۴۵	۱۳.۱. مقدمه
۳۴۶	۱۳.۲. اینورترهای منبع جریان با یکسو ساز های PWM
۳۴۶	۱۳.۲.۱. اینورترهای منبع جریان با یکسو ساز PWM پل
۳۵۳	۱۳.۲.۲. درایوهای منبع جریان برای موتورهای معمول
۳۵۴	۱۳.۲.۳. اینورترهای منبع جریان با یکسو ساز PWM پل دوبل

۱۳.۳	درایوهای منبع جریان بدون ترانسفورماتور برای موتورهای ac	۳۵۴
	استاندارد	۳۵۵
۱۳.۳.۱	ساختار درایو منبع جریان	۳۵۶
۱۳.۳.۲	سلف dc یکپارچه برای حذف ولتاژ مد مشترک	۳۵۹
۱۳.۴	درایو منبع جریان با یکسو ساز تریستوری چند پالسه	۳۵۹
۱۳.۴.۱	درایو منبع جریان با یکسو ساز تریستوری ۱۸ پالسه	۳۶۰
۱۳.۴.۲	درایو منبع جریان کم هزینه با یکسو ساز تریستوری شش پالسه	۳۶۱
۱۳.۵	اینورترهای کموتاسیون بار برای تغذیه موتورهای سنکرون	۳۶۱
۱۳.۵.۱	اینورترهای کموتاسیون بار با ورودی ۱۲ پالسه و خروجی ۶ پالسه	۳۶۲
۱۳.۵.۲	اینورترهای کموتاسیون بار با ورودی و خروجی ۱۲ پالسه	۳۶۳
۱۳.۶	خلاصه	۳۶۴
	مراجع	۳۶۵
۱۴	روشهای پیشرفته کنترل درایوها	۳۶۵
۱۴.۱	مقدمه	۳۶۵
۱۴.۲	تبدیل قاب مرجع	۳۶۶
۱۴.۲.۱	تبدیل قاب مرجع از abc به dq	۳۶۸
۱۴.۲.۲	تبدیل قاب مرجع ایستای سه به دو ($3/2$)	۳۶۹
۱۴.۳	مدل های دینامیکی موتور القایی	۳۶۹
۱۴.۳.۱	مدل بردار فضایی موتور	۳۷۱
۱۴.۳.۲	مدل موتور در محور dq	۳۷۳
۱۴.۳.۳	مشخصات گذرای موتور القایی	۳۷۹
۱۴.۴	اصول کنترل مبتنی بر میدان (FOC)	۳۷۹
۱۴.۴.۱	جهت دهی میدان	۳۸۱
۱۴.۴.۲	بلوک دیاگرام عمومی FOC	۳۸۲
۱۴.۵	کنترل مستقیم مبتنی بر میدان	۳۸۲
۱۴.۵.۱	بلوک دیاگرام سیستم	۳۸۴
۱۴.۵.۲	محاسبه کننده ی شار رتور	

۳۸۶	۱ ۴۵.۳ FOC مستقیم در اینورتر منبع ولتاژ کنترل شده توسط جریان
۳۸۹	۱۴.۶ کنترل غیر مستقیم مبتنی بر میدان
۳۹۲	۱۴.۷ FOC کاربرد روش FOC در درایوهای منبع جریان
۳۹۶	۱۴.۸ کنترل مستقیم گشتاور
۳۹۶	۱ ۴۸.۱ اصول کنترل مستقیم گشتاور
۳۹۸	۱ ۴۸.۲ منطق کلید زنی
۴۰۲	۴۸.۳ محاسبه ی شار استاتور و گشتاور
۴۰۳	۱ ۴۸.۴ شبیه سازی درایو DTC
	۱ ۴۸.۵ مقایسه ی روش کنترل مبتنی بر میدان (FOC) و روش کنترل مستقیم گشتاور (DTC)
۴۰۴	
۴۰۵	۱۴.۹ خلاصه
۴۰۷	مراجع

جدول علائم اختصاری

AC	Alternative Current	جریان متناوب
CHB	Cascaded H-bridge	مبدل پل سری چند سطحی
CSC	Current Source Converter	مبدل منبع جریان
CSI	Current Source Inverter	اینورتر منبع جریان
CSR	Current Source Rectifier	یکسوساز منبع جریان
DC	Direct Current	جریان مستقیم
DPF	Displacement Power Factor	ضریب توان جابجایی
DTC	Direct Torque Control	کنترل مستقیم گشتاور
ETO	Emitter Turn-Off Thyristor	تریستورهای قابل قطع در امیتر
FLC	Flying-Capacitor Converter	مبدل با کلمپ خازنی
FOC	Field Oriented Control	کنترل مبتنی بر میدان
GCT	Gate-Commutated Thyristor	تریستورهای کموتاسیون در گیت
GTO	Gate Turn-Off Thyristor	تریستورهای قابل قطع در گیت
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers	انجمن مهندسين برق و الکترونیک
IEGT	Injection-Enhanced Gate Transistor	ترانزیستور با گیت بهبود یافته
IGBT	Insulated Gate Bipolar Transistor	ترانزیستورهای دو قطبی با گیت عایق شده

ش

IGCT	Integrated Gate-Commutated Thyristor	تریستور کموتاسیون با گیت مجتمع
LCI	Load-Commutated Inverter	اینورترهای کموتاسیون بار
MCT	MOS-Controlled Thyristor	تریستورهای کنترل شده با MOSFET
MLI	Multi-level Inverter	اینورتر چند سطحی
MV	Medium Voltage	ولتاژ متوسط
NPC	Neutral-Point Converter	مبدل با کلمپ دیودی
PCCB	Power Converter Building Block	ساختار بلوک مبدل توان
PF	Power Factor	ضریب توان
PWM	Pulse-Width Modulation	مدولاسیون عرض پالس
SCR	Silicon-Controlled Rectifier	یکسوساز کنترل شده تریستوری
SHE	Selective Harmonic Elimination	حذف هارمونیکهای انتخابی
SIT	Static Induction Thyristor	تریستورهای القای استاتیک
SVM	Space Vector Modulation	مدولاسیون بردار فضایی
THD	Total Harmonic Distortion	اغتشاش هارمونیک کل
TPWM	Trapezoidal Pulse Width Modulation	مدولاسیون عرض پالس ذوزنقه ای
VSC	Voltage Source Converter	مبدل منبع ولتاژ
VSI	Voltage Source Inverter	اینورتر منبع ولتاژ

واژه نامه

Active clamping overvoltage	کلمپ فعال اضافه ولتاژ: روش محدود ساختن ولتاژ کلکتور-امیتر در طول حالت های گذرای کلید زنی
Active damping control	کنترل میرا کننده ی فعال: کنترل ولتاژ کلکتور-امیتر در طول حالت های گذرای کلید زنی
Bipolar pulse-width modulation	مدولاسیون عرض پالس دو قطبی
Carrier based PWM schemes	روشهای مدولاسیون عرض پالس مبتنی بر موج حامل
Common mode voltage	ولتاژ مد مشترک: ولتاژهای توالی صفری هستند که بر روی نویز کلید زنی سوار می شوند
Converter configuration	ساختار و چیدمان مبدل
Diode clamped multilevel inverters	اینورترهای چند سطحی با کلمپ دیودی
Direct field-oriented control	کنترل مستقیم مبتنی بر میدان (شار)
Drive	کنترل و راه اندازی محرکه های الکتریکی
Drive control schemes	روشهای کنترل محرکه ها: به منظور عملکرد دینامیکی بهتر و قابل اجرا بودن الگوریتم آنها به صورت هم زمان
Drive system requirements	الزامات سیستم درایو: ملاحظات ای که در طراحی کنترل کننده ها بایستی مد نظر قرار گیرند
Dual-bridge current source rectifier	یکسوساز منبع جریان پل دوبل
Dwell time	زمان سکون
Front-end converters	مبدلهایی که در سمت شبکه قرار دارند
Gate driver	درایور گیت: مدار فرمان و راه اندازی نیمه هادی ها

Harmonic cancellation	حذف هارمونیک
Harmonic contents	طیف هارمونیک
H-Bridge inverter	اینورتر پل سری
High-power converters	مبدل‌های با توان خروجی بالا
Hysteresis comparators	مقایسه گرهای هیستریزس: مقایسه سطح شار و گشتاور با مقادیر مرجع به روش منحنی هیستریزس
Indirect field-oriented control	کنترل غیرمستقیم مبتنی بر میدان (شار)
Industrial drives	کنترل محرکه های صنعتی
Level shifted multicarrier modulation	مدولاسیون شیفت سطح مبتنی بر چند موج حامل
Medium vectors	بردارهای متوسط
Medium voltage drives	کنترل محرکه های ولتاژ متوسط
Modulation index	شاخص مدولاسیون
Modulation scheme	روش مدولاسیون
Module	ماژول
Motor Derating	کاهش کارآمدی موتور: عملکرد موتور در توانی پایین تر از ظرفیت کامل بواسطه وجود هارمونیک ها
Multilevel inverter	اینورتر چند سطحی
Multi-pulse diode rectifier	یکسوساز دیودی چند پالسه
Multi-pulse rectifier	یکسوساز چند پالسه
Multi-pulse SCR rectifier	یکسوساز تریستوری چند پالسه

Neutral-point voltage control	کنترل ولتاژ نقطه خنثی به منظور ایجاد تعادل ولتاژ
NPC/H-bridge inverter	اینورتر هیبرید (ترکیب اینورتر های پل سری و کلمپ دیودی)
On-state loss	تلفات ناشی از وصل نیمه هادی
Phase shifted multicarrier modulation	مدولاسیون شیفت فاز مبتنی بر چند موج حامل
Phase-shifting transformers	ترانسفورماتورهای شیفت فاز
Real time	هم زمان
Reference frame transformation	تبدیلات قاب مرجع
Resonance	تشدید
Schematic diagram	دیاگرام شماتیک
Semiconductor devices	ادوات نیمه هادی
Snubber	اسنابر : مدار حفاظتی برای لحظات قطع و وصل نیمه هادی ها
Space vectors	بردارهای فضایی
Spectrum analysis	تحلیل طیف هارمونیک
Staircase modulation	مدولاسیون پلکانی
Switching characteristics	مشخصه های کلید زنی
Switching devices	ادوات کلید زنی
Switching frequency	فرکانس کلید زنی
Switching logic	منطق کلیدزنی

Switching losses	تلفات کلید زنی
Switching sequence	توالی کلیدزنی
Switching sequence design	طراحی الگوی کلیدزنی
Switching state	وضعیت کلیدزنی
Technical requirements and challenges	الزامات فنی و چالش ها
Third harmonic injection	تزریق هارمونیک سوم
Torsional Vibration	لرزش پیچشی: به واسطه اینرسی بزرگ موتور و بار مکانیکی
Transformer-less	بدون ترانسفورماتور
Two-level voltage source inverter	اینورتر منبع ولتاژ دو سطحی
Unipolar pulse width modulation	مدولاسیون عرض پالس تک قطبی
Voltage equalization	متعادل نمودن ولتاژ
Wave Reflections	انعکاس موج: تاثیر کلید زنی سریع بر روی شکل موج خروجی