

مبدل چندسطحی ماژولار و کاربرد آن به

عنوان جبران ساز

(پیکربندی، مدل سازی و روشهای کنترلی)

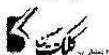
تألیف

مهندس میلاد صمدی شادلو

مهندس جلیل پاکدامن

تهران

۱۳۹۷





مبدل چندسطحی مازولار و...

مؤلف	میلاد صمدی شادلو، جلیل پاکدامن
ویراستار	پروانه خادمی
صفحه آرا	کلک سیمین
ناشر	کلک سیمین
ناظر چاپ	اسداله معظمی گودرزی
لیتوگرافی، چاپ، صحافی	میراث مکتوب
نوبت چاپ	اول
سال چاپ	۱۳۹۷
تیراژ	۱۰۰۰
قیمت	۲۰۰۰۰۰ ریال

شابک: ۸-۶۰-۷۵۰۶-۶۰۰-۹۷۸

تهران: میدان دولتی، خیابان سپهبد قرنی، کوچه آذرفر، پلاک ۷

kelke_simin@yahoo.com

تلفکس: ۶۶۴۶۸۵۴۵

Kelkesimin.com

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر برای مؤلف محفوظ است.

سرشناسه	:	صمدی شادلو، میلاد-۱۳۶۱
عنوان و نام پدیدآور	:	مبدل چندسطحی مازولار و کاربرد آن. عنوان جبران ساز: پیکربندی، مبدل سازی و روشهای کنترلی/تألیف میلاد صمدی شادلو، جلیل پاکدامن؛ ویراستار پروانه خادمی
مشخصات نشر	:	تهران: کلک سیمین، ۱۳۹۷
مشخصات ظاهری	:	۱۴۸ص. مصور، جدول
شابک	:	۸-۶۰-۷۵۰۶-۶۰۰-۹۷۸
وضعیت فهرست نویسی	:	فیا
یادداشت	:	کتابنامه
موضوع	:	مبدلهای جریان برق
موضوع	:	Electric current converters
موضوع	:	مبدلهای جریان برق -- شبیه سازی کامپیوتری
موضوع	:	Electric current converters—computer simulation
شناسه افزوده	:	پاکدامن، جلیل، ۱۳۶۳-
رده بندی کنگره	:	۶۲۱/۳۱۳ TK ۲۷۹۶/ص ۸م ۲ ۱۳۹۷
رده بندی دیویی	:	۶۲۱/۳۱۳
شماره کتابشناسی ملی	:	۵۴۷۸۵۶۱

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱۱	پیشگفتار
۱۳	فصل اول: مقدمه‌ای بر مبدل‌های الکترونیک قدرت
۱۷	سیر تکاملی مفهوم جبران‌سازی به بر مبدل الکترونیک قدرت
۲۴	خط‌مشی مطالعه
۲۷	فصل دوم: مبدل چندسطحی مازولار
۲۷	مقدمه
۲۸	مبدل چندسطحی مازولار (MMC)
۲۸	قواعد و ساختار MMC
۳۱	عملکرد MMC
۳۷	روابط انرژی
۳۹	پایداری ولتاژ و پیاده‌سازی کنترل‌کننده MMC
۴۰	کنترل حلقه بسته (Closed Loop)
۴۴	روش PWM شیف‌ت‌یافته (Shifted PWM)
۴۵	نتایج شبیه‌سازی کنترل حلقه بسته MMC تک‌فاز
۴۶	ساختار MMC سه‌فاز
۴۸	کنترل حلقه باز (Open Loop)
۵۳	فصل سوم: مروری بر طرح‌ها و ایده‌های مبتنی بر ساختار MMC
۵۳	طرح‌های کاربردی به عنوان مبدل
۵۵	کاربرد به عنوان مبدل در سطح HVDC
۵۶	کاربرد به عنوان مبدل در سیستم‌های تولید انرژی از منابع تجدیدپذیر

صفحه	عنوان
۵۸	طرحهای کاربردی به عنوان جبران ساز
۵۸	مفهوم و اهداف جبران سازی
۵۸	موارد جبران سازی
۵۹	آثار و نتایج عدم جبران سازی مشخصه های مخرب
۶۱	نمونه هایی از بارهای دارای مشخصه مخرب
۶۵	فصل چهارم: مفهوم هارمونیک و جبران سازی آن
۶۵	مقدمه
۶۵	مفهوم اغتشاش رمونیک
۶۷	منابع اغتشاش هارمونیک
۶۷	منابع غیروابسته به عناصر ریمه ادی
۶۷	منابع وابسته به عناصر نیمه سادی
۶۸	تأثیر هارمونیک در شبکه
۶۸	رابطه کیفیت توان و هارمونیک
۷۱	فیلترهای حذف هارمونیک
۷۱	فیلترهای غیر فعال (پسیو)
۷۲	فیلترهای فعال (اکتیو)
۷۷	فصل پنجم: محاسبه جریانهای مرجع جبران سازی
۷۷	تئوری توان لحظه ای
۸۰	روش مینیمم سازی ضرایب لاگرانژ
۸۱	محاسبه جریانهای گردشی MMC به منظور کنترل مستقل فازها
۸۳	حاصل جمع انرژیهای ثابت در MMC
۸۴	معادله کلی روش مینیمم سازی
۸۵	فصل ششم: روشهای کلیدزنی (سوئیچینگ)
۸۵	مقدمه
۸۵	مدولاسیون پهنای پالس منفرد
۸۶	مدولاسیون پهنای پالس چندگانه

۸۸	الف) تولید سیگنال آتش
۸۸	ب) ولتاژ خروجی
۸۹	ج) شاخص مدولاسیون M
۸۹	مدولاسیون پهنای پالس سینوسی
۹۰	مدولاسیون پهنای پالس سینوسی بهبود یافته
۹۱	کنترل جابه جایی فاز
۹۲	کنترل ولتاژ اینورترهای سه فاز
۹۳	روشهای مدولاسیون پیشرفته
۹۳	مدولاسیون دوزنقه ای
۹۴	مدولاسیون پلکانی
۹۵	الف) تولید سیگنال آتش
۹۵	ب) ولتاژ خروجی
۹۵	مدولاسیون پله ای
۹۶	مدولاسیون تزریق هارمونیک
۹۷	مدولاسیون دلتا
۹۸	کم کردن هارمونیک
۱۰۱	کلیدزنی براساس مدولاسیون PWM
۱۰۲	PWM ی سینوسی مبتنی بر حامل
۱۰۲	مدولاسیون پهنای پالس بردار فضا
۱۰۳	بررسی کلی روشهای SVM
۱۰۸	فرکانس نمونه نرمال شده
۱۱۱	فصل هفتم: ساختار MMC به عنوان جبران ساز
۱۱۱	مقدمه
۱۱۳	ساختار مداری جبران ساز مبتنی بر MMC
۱۱۴	بررسی مدل های کنترلی در مطالعات گذشته
۱۲۲	کنترل جریانهای ac
۱۲۲	مدل متوسط در مختصات abc
۱۲۵	استخراج مدل ریاضی

۱۳۰	محاسبه توابع سوئیچینگ سه فاز اصلی
۱۳۱	کنترل کننده شاخه چهارم
۱۳۲	الگوریتم نهایی کنترل جریانهای ac
۱۳۳	تولید سیگنالهای کنترلی با استفاده از توابع سوئیچینگ
۱۳۴	شبیه سازی نرم افزاری
۱۳۴	کنترل - یانهای ac در خروجی
۱۳۵	متعادل - ری انرژی خازنها
۱۴۰	نتایج شبیه سازی مدل کنترلی ولتاژ خازنها
۱۴۰	نتایج شبیه سازی کنترل کننده انرژی کل خازنهای مبدل
۱۴۰	نتایج شبیه سازی کنترل کننده انرژی خازنهای بازوی بالا و پایین در یک شاخه
۱۴۳	فصل هشتم: جمع بندی
۱۴۴	نتیجه گیری
۱۴۴	مسیرهای پیشنهادی برای مطالعات آینده
۱۴۵	سخن آخر
۱۴۶	پیوست A: مشخصات و پارامترهای شبیه سازی
۱۴۷	منابع

پیشگفتار

اثر حاضر، پیرامون کاربرد ساختار مبدل چندسطحی ماژولار به عنوان جبران‌ساز در شبکه قدرت بحث می‌کند. هدف اصلی در این کتاب، مدل‌سازی براساس معادلات ریاضی و مداری، کنترل و طراحی کنترل در در نهایت شبیه‌سازی نرم‌افزاری ساختار مذکور و مدل کنترلی است. توپولوژی مبدل چندسطحی ماژولار پایه به صورت دقیق در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفته و عملکرد، روش‌های کنترلی و در نهایت نتایج شبیه‌سازی آن ارائه می‌شود. در ادامه با اشاره به کاربردهای مختلف ساختار مذکور در صنعت برق و ارائه تعاریف مربوط به مفهوم جبران‌سازی در شبکه قدرت، مفروضات، ارمونیک، منابع تولید آن و روشهای جبران‌سازی آن بیان می‌گردد. روشهای تولید جریان مرجع در بخش بعدی مورد بررسی قرار می‌گیرد. روش مرسوم تنوری توان لحظه‌ای (تنوری PQ) به صورت کامل بیان می‌شود. در ادامه نیز روش دیگری تحت عنوان مینیمم‌سازی ضرایب لاگرانژ، معرفی می‌گردد. تقریباً در تمامی روشهای سنتی به منظور کنترل جریانهای مبدل چندسطحی ماژولار، مقادیر لحظه‌ای جریانهای مرجع از روش تنوری توان لحظه‌ای محاسبه می‌شود. این روش بر اساس تبدیل مختصات qdو عمل می‌کند و به همین دلیل، سرعت کنترل آن کمی محدود است. به این خاطر که پارامترهای لحظه‌ای سیستم که جریان بار و ولتاژ نقطه اتصال به شبکه (PCC) هستند پس از اندازه‌گیری، به مختصات qdو تبدیل شده و براساس الگوریتم تنوری توان لحظه‌ای، جریانهای مرجع به دست می‌آیند. در روش دوم یعنی مینیمم‌سازی ضرایب لاگرانژ، تمامی عملیات محاسبه جریانهای مرجع در مختصات abc صورت گرفته و از این رو نیازی به تبدیل مختصات نخواهد بود. با توجه به چالشهای اصلی در بهره‌گیری از مدل جبران‌ساز مبتنی بر مبدل چندسطحی ماژولار، در این کتاب، مدل کنترل‌کننده‌ای بر مبنای روش کنترل ترکیبی معرفی و پیاده‌سازی می‌گردد که عمل کنترل جریان جبران‌ساز را انجام می‌دهد و به موازات آن نیز برای متعادل‌سازی ولتاژ خازنها در داخل هر شاخه روش کنترل حلقه بسته معرفی می‌شود.

روشهای کنترلی ارائه شده در این کتاب در کلیه مراحل مدل سازی ریاضی، کنترل جریان جبران ساز و کنترل ولتاژ خازنها، به صورت نرم افزاری در محیط MATLAB/Simulink شبیه سازی شده و نتایج آن ارائه خواهد شد. در انتها، نتایج اصلی و نیز راهکارهایی جهت بهره گیری در مطالعات آینده ارائه می شود.