

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

۱۱۲۲۱



دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده مهندسی - گروه برق

پایان نامه کارشناسی ارشد

بهبود عملکرد مبدل‌های الکترونیک قدرت چند سطحی

استاد راهنما:

دکتر علی دیهیمی

نگارنده:

محمدحسن امیریان

۱۳۸۸ / ۵ / ۱۲

کتابخانه اطلاع‌رسانی مرکز علمی پژوهش
شهریار

شهریور ۱۳۸۷

۱۱۶۲۲۱

همه امتیازهای این پایان نامه به دانشگاه بوعلی سینا تعلق دارد و در صورت استفاده تمام یا بخشی از مطالب پایان نامه در مجلات، کنفرانسها و یا سخنرانیها باید نام دانشگاه بوعلی سینا (یا استاد راهنمای پایان نامه) و نام دانشجو با ذکر ماخذ و ضمن کسب مجوز کتبی از دفتر تحصیلات تکمیلی دانشگاه ثبت شود. در غیر اینصورت مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.

تقدیم به

همسر و فرزندان مهربانم

در سالهای اخیر کاربرد مبدل‌های الکترونیک قدرت در سیستم‌های قدرت مدرن بسیار مورد توجه قرار گرفته است به طوری که در تجهیزاتی نظیر جیرانسازهای توان راکتیو (مخصوصاً ادوات FACTS)، فیلترهای فعال، DVRها و محرکه‌های AC قدرت زیاد به طور وسیع مورد استفاده قرار گرفته است.

در قدرت‌های بالا که معمولاً با ولتاژهای بالا همراه هستند لازم است اولاً کلیدهای پر قدرت تحمل ولتاژ بالا را داشته باشند و ثانیاً سطوح هارمونیک ولتاژ ایجاد شده در خروجی مبدل الکترونیک قدرت خیلی کمتر از کاربردهای با ولتاژ کم باشند. بدین ترتیب مبدل‌های الکترونیک قدرت چند سطحی که قابلیت تامین هر دو نیاز را دارند پا به عرصه وجود نهادند و توجه محققین زیادی را به خود جلب نمودند.

دو مبحث مهم در تحقیقات مربوط به این نوع مبدل یکی ساختار مبدل با کمترین تعداد ادوات و بیشترین سطوح ولتاژ است و دیگری مسئله حداکثر کاهش سطح هارمونیک موج ولتاژ پلکانی خروجی آن است. با توجه به این نکات در این پایان نامه سعی شده است که این دو زمینه تحقیقاتی مورد مطالعه و پژوهش قرار گیرد. لذا در بخش اول پایان نامه با مرور ساختارهای موجود، ساختارهای جدیدی برای هر سلول از یک مبدل چندسطحی کاسکاد ارائه می‌شود و در نهایت مفهوم جدید سلول چند سطحی عام بر پایه تعمیم آن ساختارها برای اولین بار معرفی می‌گردد. در بخش دوم پایان نامه مسئله کلی بهینه سازی سطح هارمونیک ولتاژ خروجی مبدل چند سطحی کاسکاد با منابع غیریکسان بررسی می‌شود که در آن مقادیر مختلف دامنه مولفه اصلی موج خروجی به طور توأم در مساله بهینه سازی در نظر گرفته می‌شود. همچنین مقادیر منابع از dc از مجهولات مسئله می‌باشند. در نهایت این مسئله بهینه سازی حل شده و نتایج بهینه به صورت جداول و نمودارهای کاربردی ارائه می‌شود. برای تحلیل عملکرد ساختارهای پیشنهادی و حل مسئله بهینه سازی از نرم افزار MATLAB استفاده شده است.

واژه‌های کلیدی: مبدل‌های چند سطحی، منابع DC جداگانه، سلول‌های کاسکاد، ولتاژ پلکانی،

ادوات کلیدزنی

تقدیر و تشکر

با تشکر از استاد ارجمند جناب آقای دکتر علی دیهیمی که همانند سایر ایام تحصیل بی دریغ و با حوصله بسیار راهنمایی و هدایت اینجانب را تا رسیدن به نتایج مورد نظر ادامه دادند.

با سپاس از اساتید محترم آقایان دکتر محمدحسن مرادی و دکتر سهیل گنجه‌فر که در دوران تحصیل دلسوزانه مشوق اینجانب بودند.

با سپاس از آقایان مهندسین حمیدرضا سراوکی، مصطفی رضایی و فرشید پناهی که هیچگاه در طول دوران تحصیل محبت خویش را از اینجانب دریغ نکردند.

از سایر اساتید گرامی گروه برق و کارکنان زحمت‌کش آن بویژه منشی محترم گروه جناب آقای پاک‌منش که همواره و در موارد مختلف در جهت حل مشکلات با اینجانب همکاری داشتند نیز تشکر می‌نمایم.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول: مقدمه.....
۵	فصل دوم: انواع و ساختارهای مختلف مبدل چند سطحی.....
۶	۲-۱- معرفی مبدل چندسطحی.....
۶	۲-۲- انواع مبدل‌های چند سطحی.....
۷	۲-۲-۱- مبدل چند سطحی با مهار دیودی.....
۱۲	۲-۲-۲- مبدل چند سطحی با مهار خازنی.....
۱۵	۲-۲-۳- مبدل چند سطحی با مهار توأم دیودی و خازنی.....
۲۰	۲-۲-۴- مبدل چند سطحی کاسکاد.....
۲۲	۲-۲-۴-۱- مبدل چند سطحی کاسکاد با منابع تغذیه یکسان.....
۲۲	۲-۲-۴-۲- مبدل چندسطحی کاسکاد با منابع نابرابر یا هایبرید.....
۲۸	۲-۲-۵- ساختار پنج سطحی با کلید کمکی.....
۳۲	فصل سوم: روشهای حذف و کاهش هارمونیکهای ولتاژ.....
۳۳	۳-۱- مقدمه.....
۳۴	۳-۲- روش‌های حذف هارمونیک:.....
۳۴	۳-۲-۱- حذف هارمونیکهای معین بر اساس حل معادلات غیرخطی.....
۳۵	۳-۲-۱-۱- روش نیوتن رافسون.....
۳۶	۳-۲-۱-۲- روش حل با استفاده از تئوری مانده‌ها.....
۴۰	۳-۲-۲- حذف هارمونیک به روش انتقال فاز.....
۴۲	۳-۲-۳- حذف هارمونیک با افزودن مولفه‌های هارمونیکی با پلاریته مخالف.....
۵۴	۳-۳- روشهای کاهش هارمونیک:.....

۵۴	.....	۳-۳-۱- تعریف مساله بهینه سازی
۵۵	.....	۳-۳-۲- حل مساله بهینه سازی
۶۴	.....	فصل چهارم: پیشنهاد ساختارهای نوین برای مبدل‌های چند سطحی کاسکاد
۶۵	.....	۴-۱- مقدمه و انگیزه بهبود ساختار
۶۵	.....	۴-۲- ساختارهای جدید
۶۵	.....	۴-۲-۱- ساختار هم خانواده سلول هفت سطحی «بابایی»
۶۸	.....	۴-۲-۲- ساختار سیزده سطحی
۷۴	.....	۴-۳- ساختار تعمیم یافته برای ساختارهای جدید
۷۸	.....	۴-۴- بحث و بررسی نتایج
۷۹	.....	فصل پنجم: تعریف مسئله بهینه سازی سطح هارمونیک و حل آن
۸۰	.....	۵-۱- مقدمه و انگیزه تعمیم مسئله بهینه سازی
۸۱	.....	۵-۲- طرح مسئله بهینه سازی
۸۱	.....	۵-۳- حل مسئله بهینه سازی
۸۱	.....	۵-۳-۱- مبدل پنج سطحی
۱۰۷	.....	۵-۳-۲- مبدل سیزده سطحی
۱۱۵	.....	فصل ششم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات
۱۱۶	.....	۶-۱- نتیجه‌گیری
۱۱۷	.....	۶-۲- پیشنهادات کارهای آینده

فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل ۲-۱: مبدل چندسطحی بطور شماتیک	۶
شکل ۲-۲: مبدل با مهار دیودی پنج سطحی (الف) یک بازو (ب) یک فاز کامل	۷
شکل ۲-۳: مبدل diode-clamped اصلاح شده	۱۰
شکل ۲-۴: مبدل پنج سطحی با مهارخازنی	۱۲
شکل ۲-۵: مبدل چند سطحی با مهار توأم دیودی و خازنی	۱۵
شکل ۲-۶: وضعیت کلیدها برای ایجاد $V_o = V_{dc}$	۱۶
شکل ۲-۷: مبدل با مهار دیودی	۱۸
شکل ۲-۸: ساختار دیگری از مبدل با مهار دیودی	۱۸
شکل ۲-۹: مبدل با مهار خازنی	۱۹
شکل ۲-۱۰: مبدل چند سطحی کاسکاد با سلولهای H-bridge	۲۰
شکل ۲-۱۱: شکل موج خروجی مبدل یازده سطحی	۲۱
شکل ۲-۱۲: مبدل هفت سطحی «بابایی»	۲۶
شکل ۲-۱۳: بلوک دیاگرام مبدل پنج سطحی	۲۸
شکل ۲-۱۴: مبدل پنج سطحی با کلید کمکی	۲۸
شکل ۲-۱۵: حالات مختلف کلیدهای نیمه هادی و کلید کمکی (کلیدهای روشن و مسیر جریان مشخص شده اند)	۲۹
شکل ۲-۱۶: مبدل m سطحی با استفاده از مبدل پنج سطحی و کلیدهای کمکی	۳۱
شکل ۳-۱: شکل موج خروجی مبدل یازده سطحی و مولفه اصلی آن	۳۵
شکل ۳-۲: حذف هارمونیکها با اتصال سری ترانسفورمری	۴۰
شکل ۳-۳: اتصال چنگالی و دیاگرام برداری مربوطه	۴۱

- شکل ۳-۴: نمونه‌ای از شکل موج حاصل از ولتاژ فاز به فاز ۴۲
- شکل ۳-۵: موجهایی با چند بار معکوس شدگی فاز ۴۳
- شکل ۳-۶: جریان بی‌باری موتور آسنکرون ۴۴
- شکل ۳-۷: استفاده از روش سطوح برابر ۴۵
- شکل ۳-۸: شکل موج خروجی مبدل π سطحی ۴۸
- شکل ۳-۹: زوایای کمکی در سطوح برابر ۴۹
- شکل ۳-۱۰: ولتاژ خروجی مبدل چندسطحی نامتقارن ۵۵
- شکل ۳-۱۱: طیف فرکانسی برای یک مبدل پنج سطحی با روش OMTHD ۵۷
- شکل ۳-۱۲: طیف فرکانسی برای یک مبدل پنج سطحی با روش OHSW_۱ ۵۸
- شکل ۳-۱۳: طیف فرکانسی برای یک مبدل پنج سطحی با روش OHSW_۲ ۵۸
- شکل ۳-۱۴: مقایسه طیف هارمونیک روش‌های مختلف ۶۰
- شکل ۳-۱۵: تابع هزینه برحسب اندیس مدولاسیون ۶۳
- شکل ۳-۱۶: طیف هارمونیک در الگوریتم ژنتیک ۶۳
- شکل ۴-۱: ساختار هم خانواده مبدل هفت سطحی «بابایی» ۶۶
- شکل ۴-۲: مبدل سیزده سطحی پیشنهادی ۶۸
- شکل ۴-۳: ساختار هم خانواده شکل (۴-۲) ۷۱
- شکل ۴-۴: ساختار تعمیم یافته ۷۴
- شکل ۴-۵: مبدل تعمیم یافته و خروجی‌های مختلف آن ۷۶
- شکل ۵-۱: اعوجاج هارمونیک کل مجموع بهینه برای مقادیر مولفه اصلی از ۱ (pu) تا ۱ (pu) ۸۶
- شکل ۵-۲: اعوجاج هارمونیک وزندار کل مجموع بهینه برای مقادیر مولفه اصلی از ۱ (pu) تا ۱ (pu) ۸۶
- شکل ۵-۳: اعوجاج هارمونیک کل بهینه برای $v_r = 0.1(pu)$ ۸۷

- شکل ۴-۵: سطوح ولتاژ وزوایای اعوجاج هارمونیک کل بهینه برای $v_f = 0.1(pu)$ ۸۷
- شکل ۵-۵: اعوجاج هارمونیک وزندار کل بهینه برای $v_f = 0.1(pu)$ ۸۸
- شکل ۶-۵: سطوح ولتاژ وزوایای اعوجاج هارمونیک وزندار کل بهینه برای $v_f = 0.1(pu)$ ۸۸
- شکل ۷-۵: اعوجاج هارمونیک کل برای $v_f = 0.2(pu)$ ۸۹
- شکل ۸-۵: سطوح ولتاژ وزوایای اعوجاج هارمونیک کل بهینه برای $v_f = 0.2(pu)$ ۸۹
- شکل ۹-۵: اعوجاج هارمونیک وزندار کل بهینه برای $v_f = 0.2(pu)$ ۹۰
- شکل ۱۰-۵: سطوح ولتاژ وزوایای اعوجاج هارمونیک وزندار کل بهینه برای $v_f = 0.2(pu)$ ۹۰
- شکل ۱۱-۵: اعوجاج هارمونیک کل بهینه برای $v_f = 0.3(pu)$ ۹۱
- شکل ۱۲-۵: سطوح ولتاژ وزوایای اعوجاج هارمونیک کل بهینه برای $v_f = 0.3(pu)$ ۹۱
- شکل ۱۳-۵: اعوجاج هارمونیک وزندار کل بهینه برای $v_f = 0.3(pu)$ ۹۲
- شکل ۱۴-۵: سطوح ولتاژ وزوایای اعوجاج هارمونیک وزندار کل بهینه برای $v_f = 0.3(pu)$ ۹۲
- شکل ۱۵-۵: اعوجاج هارمونیک کل بهینه برای $v_f = 0.4(pu)$ ۹۳
- شکل ۱۶-۵: سطوح ولتاژ وزوایای اعوجاج هارمونیک کل بهینه برای $v_f = 0.4(pu)$ ۹۳
- شکل ۱۷-۵: اعوجاج هارمونیک وزندار کل بهینه برای $v_f = 0.4(pu)$ ۹۴
- شکل ۱۸-۵: سطوح ولتاژ وزوایای اعوجاج هارمونیک وزندار کل بهینه برای $v_f = 0.4(pu)$ ۹۴
- شکل ۱۹-۵: اعوجاج هارمونیک کل بهینه برای $v_f = 0.5(pu)$ ۹۵
- شکل ۲۰-۵: سطوح ولتاژ وزوایای اعوجاج هارمونیک کل بهینه برای $v_f = 0.5(pu)$ ۹۵
- شکل ۲۱-۵: اعوجاج هارمونیک وزندار کل بهینه برای $v_f = 0.5(pu)$ ۹۶
- شکل ۲۲-۵: سطوح ولتاژ وزوایای اعوجاج هارمونیک وزندار کل بهینه برای $v_f = 0.5(pu)$ ۹۶
- شکل ۲۳-۵: اعوجاج هارمونیک کل بهینه برای $v_f = 0.6(pu)$ ۹۷
- شکل ۲۴-۵: سطوح ولتاژ وزوایای اعوجاج هارمونیک کل بهینه برای $v_f = 0.6(pu)$ ۹۷
- شکل ۲۵-۵: اعوجاج هارمونیک وزندار کل بهینه برای $v_f = 0.6(pu)$ ۹۸

- شکل ۲۶-۵: سطوح ولتاژ وزوایای اعوجاج هارمونیک وزندار کل بهینه برای $v_f = 0.6(pu)$ ۹۸
- شکل ۲۷-۵: اعوجاج هارمونیک کل بهینه برای $v_f = 0.7(pu)$ ۹۹
- شکل ۲۸-۵: سطوح ولتاژ وزوایای اعوجاج هارمونیک کل بهینه برای $v_f = 0.7(pu)$ ۹۹
- شکل ۲۹-۵: اعوجاج هارمونیک وزندار کل بهینه برای $v_f = 0.7(pu)$ ۱۰۰
- شکل ۳۰-۵: سطوح ولتاژ وزوایای اعوجاج هارمونیک وزندار کل بهینه برای $v_f = 0.7(pu)$ ۱۰۰
- شکل ۳۱-۵: اعوجاج هارمونیک کل بهینه برای $v_f = 0.8(pu)$ ۱۰۱
- شکل ۳۲-۵: سطوح ولتاژ وزوایای اعوجاج هارمونیک کل بهینه برای $v_f = 0.8(pu)$ ۱۰۱
- شکل ۳۳-۵: اعوجاج هارمونیک وزندار کل بهینه برای $v_f = 0.8(pu)$ ۱۰۲
- شکل ۳۴-۵: سطوح ولتاژ وزوایای اعوجاج هارمونیک وزندار کل بهینه برای $v_f = 0.8(pu)$ ۱۰۲
- شکل ۳۵-۵: اعوجاج هارمونیک کل بهینه برای $v_f = 0.9(pu)$ ۱۰۳
- شکل ۳۶-۵: سطوح ولتاژ وزوایای اعوجاج هارمونیک کل بهینه برای $v_f = 0.9(pu)$ ۱۰۳
- شکل ۳۷-۵: اعوجاج هارمونیک وزندار کل بهینه برای $v_f = 0.9(pu)$ ۱۰۴
- شکل ۳۸-۵: سطوح ولتاژ وزوایای اعوجاج هارمونیک وزندار کل بهینه برای $v_f = 0.9(pu)$ ۱۰۴
- شکل ۳۹-۵: اعوجاج هارمونیک کل بهینه برای $v_f = 1(pu)$ ۱۰۵
- شکل ۴۰-۵: سطوح ولتاژ وزوایای اعوجاج هارمونیک کل بهینه برای $v_f = 1(pu)$ ۱۰۵
- شکل ۴۱-۵: اعوجاج هارمونیک وزندار کل بهینه برای مولفه اصلی $v_f = 1(pu)$ ۱۰۶
- شکل ۴۲-۵: سطوح ولتاژ وزوایای اعوجاج هارمونیک وزندار کل بهینه برای $v_f = 1(pu)$ ۱۰۶
- شکل ۴۳-۵: اعوجاج هارمونیک کل بهینه در مبدل سیزده سطحی بر حسب مولفه اصلی ۱۱۰
- شکل ۴۴-۵: اعوجاج هارمونیک وزندار کل بهینه در مبدل سیزده سطحی بر حسب مولفه اصلی ۱۱۰
- شکل ۴۵-۵: زوایای کلیدزنی متناظر با اعوجاج هارمونیک کل و وزندار بهینه در مبدل سیزده سطحی بر حسب مولفه اصلی ۱۱۱

- شکل ۴۶-۵: زوایای کلیدزنی متناظر با اعوجاج هارمونیک کل و وزندار بهینه در مبدل سیزده سطحی بر حسب مولفه اصلی..... ۱۱۱
- شکل ۴۷-۵: زوایای کلیدزنی متناظر با اعوجاج هارمونیک کل و وزندار بهینه در مبدل سیزده سطحی بر حسب مولفه اصلی..... ۱۱۲
- شکل ۴۸-۵: زوایای کلیدزنی متناظر با اعوجاج هارمونیک کل و وزندار بهینه در مبدل سیزده سطحی بر حسب مولفه اصلی..... ۱۱۲
- شکل ۴۹-۵: زوایای کلیدزنی متناظر با اعوجاج هارمونیک کل و وزندار بهینه در مبدل سیزده سطحی بر حسب مولفه اصلی..... ۱۱۳
- شکل ۵۰-۵: زوایای کلیدزنی متناظر با اعوجاج هارمونیک کل و وزندار بهینه در مبدل سیزده سطحی بر حسب مولفه اصلی..... ۱۱۳

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول ۱-۲: حالات مختلف کلیدهای نیمه‌هادی و سطوح ولتاژ متناظر	۸
جدول ۲-۲: حالات عملکرد و سطوح ولتاژ متناظر برای مبدل با مهار خازنی	۱۴
جدول ۲-۳: حالات ممکن کلیدزنی برای ایجاد $v_o = v_{dc}$	۱۷
جدول ۲-۴: سطوح ولتاژ و حالات مختلف عملکرد سلول هفت سطحی	۲۶
جدول ۱-۳: چند جمله‌ایهای $p_i(x)$ و درجه x_i ها	۳۹
جدول ۲-۳: چند جمله‌ایهای $q_i(s)$ و درجه s_i ها	۳۹
جدول ۳-۳: زوایای کلیدزنی در مبدل یازده سطحی	۴۷
جدول ۳-۴: زوایای کلیدزنی بر حسب اندیس مدولاسیون در مبدل یازده سطحی	۵۳
جدول ۳-۵: THD در روش Optimized harmonic stepped waveform	۵۶
جدول ۳-۶: THD در روش Optimized harmonic با کنترل ولتاژ	۵۷
جدول ۳-۷: THD در روش Optimized harmonic stopped wave form بدون کنترل ولتاژ	۵۷
جدول ۳-۸: مقایسه THD در حذف هارمونی بهینه با و بدون کنترل ولتاژ	۵۹
جدول ۳-۹: مقایسه حداقل WTHD در روش‌های مختلف	۶۰
جدول ۴-۱: ولتاژ خروجی شکل ۴-۱ در حالات مختلف	۶۶
جدول ۴-۲: منابع dc سلول‌های متوالی تا سلول پنجم	۶۷
جدول ۴-۳: تعداد سطوح و حداکثر ولتاژ خروجی بر حسب $[pu]$ تا ۹ سلول سری	۶۸
جدول ۴-۴: سطوح ولتاژ و حالات مختلف کلیدزنی مبدل سیزده سطحی	۶۹
جدول ۴-۵: تعداد سطوح و حداکثر سطح در مبدل سیزده سطحی	۷۰
جدول ۴-۶: سطوح ولتاژ و حالات مختلف کلیدزنی مبدل شکل ۴-۳	۷۲

- جدول ۷-۴: مقایسه سلول هفت سطحی و سیزده سطحی ۷۳
- جدول ۸-۴: مقایسه مبدل سیزده سطحی با ساختارهای مختلف ۷۳
- جدول ۹-۴: مقایسه مبدل متشکل از S سلول با ساختارهای مختلف ۷۴
- جدول ۱-۵: تعریف اعوجاج هارمونیک کل و وزندار برای مقادیر مختلف مولفه اصلی ۸۳
- جدول ۲-۵: THD بهینه برای مقادیر مختلف مولفه اصلی و منابع DC و زوایای کلید زنی متناظر ۸۴
- جدول ۳-۵: مقدار بهینه THD-T و منابع DC متناظر ۸۴
- جدول ۴-۵: WTHD بهینه برای مقادیر مختلف مولفه اصلی و منابع و زوایای کلید زنی متناظر ۸۵
- جدول ۵-۵: مقدار بهینه WTHD-T و منابع DC متناظر ۸۵
- جدول ۶-۵: تعریف THD_n , $WTHD_n$ در مبدل سیزده سطحی ۱۰۸
- جدول ۷-۵: اعوجاج هارمونیک کل بهینه (حداقل) و زوایای کلید زنی متناظر در مبدل سیزده سطحی ۱۰۸
- جدول ۸-۵: اعوجاج هارمونیک وزندار بهینه (حداقل) و زوایای کلید زنی متناظر در مبدل سیزده سطحی ۱۰۸
- جدول ۹-۱۰: ۱۰۹

فصل اول

مقدمه

مبدل‌های ولتاژ الکترونیک قدرت یا اینورترها، ولتاژ dc ورودی را به ولتاژی ac با دامنه و فرکانس مورد نظر تبدیل می‌کنند.

این مبدلها به طور گسترده در مواردی نظیر: محرکه‌های ac ، کوره‌های القایی، منابع تغذیه بدون وقفه، منابع تغذیه آماده کار، جبران سازی توان راکتیو و ... کاربرد دارند. منبع dc مبدلها می‌تواند باتری، پیل قابل شارژ، سلولهای خورشیدی و... باشد. شکل موج ولتاژ خروجی اینورتر ایده‌آل باید سینوسی باشد ولی شکل موج خروجی اینورتهای عملی غیرسینوسی بوده هارمونیک‌های مختلفی را داراست.

برای مصارف قدرت کم و متوسط ولتاژهای مربعی و نیمه‌مربعی قابل قبولی است ولی برای مصارف پر قدرت شکل موج سینوسی با اعوجاج کم لازم است زیرا هارمونیک‌ها هم تلفات را افزایش می‌دهند و هم باعث اشکالات متعدد دیگری می‌شوند.

در مبدل‌های ولتاژ متداول، ولتاژ خروجی تنها می‌تواند دو مقدار داشته باشد که عبارتند از $+v_{dc}$ و $-v_{dc}$ که در آن منبع تغذیه dc مبدل است در نتیجه ولتاژ خط به خط خروجی تنها سه مقدار و ولتاژ خط به نول پنج مقدار می‌تواند داشته باشد به همین دلیل به آنها مبدل‌های ولتاژ دو سطحی گفته می‌شود. برای بدست آوردن شکل موج با کیفیت در خروجی اینگونه مبدلها با کمترین ضربه استفاده از روشهای مختلف مدولاسیون عرض پالس ضروری است بویژه در کاربردهای توان و ولتاژ بالا مبدل‌های دو سطحی دارای محدودیت‌ها کاربردی متعدد بدلیل افزایش تلفات کلیدزنی و پایین بودن مقادیر نامی ولتاژ جریان و سرعت کلیدزنی ادوات کلیدزنی نیمه‌هادی هستند.

سری و موازی کردن ادوات نیمه‌هادی برای دستیابی به مقادیر نامی بالاتر ولتاژ و جریان بدلیل عدم تطابق کامل نیز عملی نیست.

برای مصارف جبران سازی توان راکتیو و انرژی‌های تجدیدپذیر در گذشته معمولاً از یک مبدل چند پالسی شامل چندین منبع ولتاژ که توسط ترانسفورماتورهایی با اتصال زیگزآگ بهم متصل می‌شوند استفاده می‌شد. استفاده از ترانسفورماتور دارای معایب متعددی از جمله:

تلفات و هزینه و ایجاد هارمونیهای ناخواسته، حجیم بودن و ایجاد تداخل الکترومغناطیسی است، که بویژه با افزایش توان و سطح ولتاژ به طور چشمگیری افزایش می‌یابند. اگر بتوان بیش از دو سطح ولتاژ در شکل موج ولتاژ خروجی ایجاد کرد به میزان افزایش تعداد سطوح در خروجی، شکل موج خروجی به شکل موج سینوسی نزدیکتر شده از اعوجاج آن کاسته می‌شود و بدین ترتیب به مبدل ایده‌آل نزدیک می‌شویم. به این مبدل، مبدل چند سطحی گفته می‌شود.

عنوان «مبدل چند سطحی» اولین بار توسط فردی به نام Nabae و همکارانش در مقاله‌ای که در سال ۱۹۸۱ ارائه شد [۱]، بکار رفت.

کارکرد اصلی مبدل چند سطحی ایجاد یک شکل موج پلکانی با استفاده از کلیدزنی مناسب عناصر نیمه‌هادی و منابع تغذیه dc (و منابع خازنی) است.

هر چه تعداد سطوح ولتاژ بیشتر باشد، سطح ولتاژ بزرگتری تولید می‌شود و شکل موج خروجی به سینوسی کامل نزدیکتر است و از ادوات نیمه هادی با مقادیر نامی کمتر می‌توان برای تولید ولتاژهایی با دامنه بیشتر استفاده کرد بدون اینکه به ترانسفورماتور نیاز باشد.

محتوای هارمونیکی کم و دامنه زیاد ولتاژ تولید شده توسط مبدلهای چند سطحی آن را برای کاربرد سیستم‌های انتقال ac انعطاف پذیر (FACTS^۱) به توپولوژی الکترونیک قدرت منحصر به فردی تبدیل کرده است. استفاده از این ساختار همچنین در کنترل فرکانس، کنترل ولتاژ، کنترل توان اکتیو و راکتیو، فیلترهای فعال قدرت محرکه‌ای ac با سرعت قابل تنظیم و Dvr^۲ها و ...

بدلیل امتیازات زیر، روز به روز بیشتر می‌شود: [۳]

الف- تنش کلیدزنی و تداخل الکترومغناطیسی ناچیز.

^۱ - Flexible AC Transmission Systemes

^۲ - Dynamic Voltage Restorers

ب- بازدهی بالا بدلیل فرکانس کلیدزنی کم (بیش از ۹۵٪).

ج- کاربرد در قدرت‌های متوسط و بالا.

د- امکان بهبود کیفیت توان و پایداری دینامیکی.

و- واسطه ایده‌آل بین مصرف کننده و منابع انرژی تجدید پذیر مانند سلول‌های خورشیدی و

فتوولتائیک.

ترتیب مطالب به شرح زیر است:

در فصل دوم ساختارهای مبدل‌های چند سطحی بررسی می شود. فصل سوم به بررسی روش‌های مختلف حذف و کاهش هارمونیک‌ها در مبدل‌های چند سطحی می‌پردازد. در فصل چهارم ساختارهای جدید برای مبدل‌های چند سطحی کاسکاد ارائه می‌شوند و با سایر ساختارهای مشابه مقایسه می‌گردند.

در فصل پنجم با استفاده از نرم‌افزار MATLAB منابع تغذیه و زوایای کلیدزنی برای حداقل کردن اعوجاج شکل موج خروجی در یک مبدل پنج سطحی محاسبه می‌شوند. در ادامه برای مبدل سیزده سطحی ارائه شده در فصل قبل زوایای کلیدزنی برای حداقل کردن اعوجاج بدست می‌آید. در فصل ششم نتایج بدست آمده مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرند و پیشنهاداتی برای تحقیقات آتی ارائه می‌شوند.

فصل دوم

انواع و ساختارهای مختلف

مبدل چند سطحی