٤٠٨١٢

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
۱۳۸۱ /۴/ ۲۰

دانشگاه صنعتی اصفهان
دانشکده برق و کامپیوتر

بکارگیری مدولاسیون بردار فضایی در سوئیچینگ مبدلهای دوسطحی و سه‌سطحی در ساختارهای چند واحدی قدرت بالا

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی برق - کنترل

مریم سعیدی فرد

۴۰۸۱۲

استاد راهنما
دکتر علیرضا بخشایی

۱۳۸۰

دانشگاه صنعتی اصفهان
دانشکده برق و کامپیوتر

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته برق (کنترل) خانم مریم سعیدی فرد

تحت عنوان

بکارگیری مدولاسیون بردار فضایی در سوئیچینگ مبدلهای دوسطحی و سه‌سطحی در ساختارهای چند واحدی قدرت بالا

در تاریخ ۱۸ /۱ /۱۳۸۱ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهائی قرار گرفت.

۱- استاد راهنمای پایان نامه — دکتر علیرضا بخشائی

۲- استاد مشاور پایان نامه — دکتر حمیدرضا کارشناس

سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده — دکتر علیمحمد دوست حسینی

سپاسگزاری

آن خردمند دانا را سپاس می‌گویم که یگانه سرچشمه دانش است. جا دارد مراتب قدردانی و سپاس خود را به مادر مهربانم و خانواده عزیزم نیز ابراز نمایم که همواره با صبر و شکیبایی و در تمامی مراحل زندگی پشتیبان من بوده‌اند.

از استاد ارجمندم ، دکتر *علیرضا بخشائی* که راهنماییهای ایشان نه تنها در تمامی مراحل انجام این پایان نامه بلکه، در تمامی این دوره تحصیلی راهگشای من بوده است تشکر و قدردانی می‌کنم. همچنین از دکتر حمیدرضا کارشناس استاد مشاور خود که از راهنماییهای ارزشمند ایشان نیز بهره فراوان بردم بسیار سپاسگزارم.

از اساتید بزرگوار، دکتر حسین فرزانه فرد و دکتر سید مرتضی سقائیان نژاد که داوری این پایان نامه را تقبل نمودند متشکرم. همچنین از دکتر ابوالقاسم زیدآبادی و دکتر محمد ابراهیمی که در جلسه دفاع اینجانب شرکت نمودند قدردانی می‌نمایم.

از اساتید ارجمندی که موفق به استفاده از محضرشان شدم، دکتر علیمحمد دوست حسینی، دکتر علیرضا بخشائی، دکتر ابوالقاسم زیدآبادی، دکتر حمیدرضا کارشناس، دکتر فرید شیخ الاسلام، دکتر مسعود سبحانی، روانشاد پروفسور ولی الله طحانی، دکتر جواد عسگری، دکتر حسین فرزانه فرد و دکتر سعید صدری سپاسگزارم و برای همگی آنها آرزوی تندرستی و توفیق روزافزون دارم.

همچنین بر خود لازم می‌دانم سپاس گویم تمامی افرادی که همواره از دوستیها، راهنماییها و محبتهایشان بهره‌مند بوده‌ام.

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعـــات، ابتکارات و نوآوریهای ناشی از تحقیق موضوع این پـایـــان نامه (رساله) متعلق به دانشگـــاه صنعتـــی اصفهان است.

به یاد پدر عزیزم

و

تقدیم به

مادر مهربانم

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فهرست مطالب ..... هفت
چکیده فارسی ۱

فصل اول : مقدمه

۱-۱- مرور کلی ۲
۱-۲- تکنیکهای PWM برای کنترل مبدلهای با توان متوسط ۳
۱-۲-۱- PWM سینوسی ٤
۱-۲-۲- مدولاسیون بردار فضایی ۵
۱-۳- تکنیکهای PWM برای کنترل مبدلهای با توان بالا ۵
۱-۴- مشخصات مبدلهای با توان بالا ۶
۱-۵- ساختارهای مبدلهای توان بالا و تکنیکهای سوئیچینگ ۷
۱-۵-۱- ساختارهای چندواحدی ۸
۱-۵-۱- الف- مبدلهای چند پالسه ۸
۱-۵-۱- ب- مبدلهای چندواحدی SPWM ۹
۱-۵-۲- مبدلهای چندسطحی ۱۱
۱-۶- اهداف این پروژه ۱۳

فصل دوم : اینورترهای چندسطحی و تکنیکهای مدولاسیون بکار گرفته شده در آنها

۲-۱- مقدمه ۱۵
۲-۲- اینورتر منبع ولتاژ دوسطحی ۱۶
۲-۳- اینورتر منبع ولتاژ چندسطحی ۱۸
۲-۳-۱- اینورتر چندسطحی با کلمپ دیودی ۱۹
۲-۳-۲- اینورتر چندسطحی با خازن معلق ۲۱
۲-۳-۳- اینورتر چندسطحی با منابع DC مستقل ۲۴
۲-۳-۴- مقایسه ساختارهای مختلف اینورترهای چندسطحی ۲۵
۲-٤- تنظیم ولتاژ خازنهای باس DC در مبدلهای چندسطحی DCMI و FCMI ۲۷
۲-۵- روشهای مدولاسیون پهنای باند برای کنترل اینورترهای چندسطحی ۲۸
۲-۵-۱- پردازش سیگنالهای PWM بر اساس محاسبات غیر همزمان ۲۸
۲-۵-۲- پردازش سیگنالهای PWM بر اساس محاسبات همزمان ۲۹
۲-۶- مدولاسیون پهنای باند سینوسی ۲۹

۲-۶-۱- مدولاسیون SPWM جهت کنترل مبدلهای دوسطحی ۲۹
۲-۶-۲- مدولاسیون SPWM جهت کنترل مبدلهای چندسطحی ۳۰
۲-۶-۲- الف- روش APOD ۳۲
۲-۶-۲- ب- روش PD ۳۳
۲-۶-۲- ج- روش POD ۳۴
۲-۷- مدولاسیون بردار فضایی ۳۵
۲-۷-۱- مدولاسیون بردار فضایی جهت کنترل مبدلهای دوسطحی ۳۵
۲-۷-۲- مدولاسیون بردار فضایی جهت کنترل یک اینورتر سه سطحی سه فاز DCMI ۴۰
۲-۸- مقایسه روشهای PWM بکار گرفته شده در کنترل مبدلهای دوسطحی و سه‌سطحی ۴۴
۲-۹- نتیجه‌گیری ۴۵

فصل سوم : چگونگی تولید دنباله‌های سوئیچینگ SVM به کمک مدولاتورهای اصلاح شده SPWM در مبدلهای دوسطحی و سه‌سطحی

۳-۱- مقدمه ۴۶
۳-۲- ارتباط بین روش SPWM و روش SVM در اینورترهای دوسطحی ۴۷
۳-۲-۱- استراتژیهای ترتیب حالت سوئیچینگ در مبدلهای دوسطحی ۴۷
۳-۲-۲- چگونگی تولید دنباله‌های سوئیچینگ PWM به کمک مدولاتورهای SVM در مبدلهای دوسطحی ۴۸
۳-۲-۳- بحث روی فرکانس سوئیچینگ ۵۴
۳-۲-۴- نتایج شبیه‌سازی ۵۵
۳-۳- ارتباط بین روش SPWM و روش SVM در اینورترهای سه‌سطحی ۵۸
۳-۳-۱- استراتژیهای ترتیب حالت سوئیچینگ در مبدلهای سه‌سطحی ۵۸
۳-۳-۲- چگونگی تولید دنباله‌های سوئیچینگ PWM به کمک مدولاتورهای SVM در مبدلهای سه‌سطحی ۵۹
۳-۳-۳- بحث روی فرکانس سوئیچینگ ۶۵
۳-۳-۴- نتایج شبیه‌سازی ۶۵
۳-۴- نتیجه‌گیری ۶۹

فصل چهارم : بکارگیری مدولاسیون بردار فضایی در سوئیچینگ مبدلهای چندواحدی دوسطحی و سه‌سطحی

۴-۱- مقدمه ۷۰
۴-۲- بازسازی یک شکل موج سینوسی با استفاده از تکنیک Sample & Hold ۷۱
۴-۳- روش نمونه‌برداری تاخیر یافته در مبدلهای دوسطحی ۷۳
۴-۳-۱- استراتژیهای سوئیچینگ پیشنهادی اول و دوم ، مولفه‌های هارمونیکی و فرکانس سوئیچینگ ۷۵
۴-۳-۲- استراتژی سوئیچینگ سوم ۸۲

۴-۳-۳- نتایج شبیه‌سازی ۸۲
۴-۴- استفاده از مبدلهای سه‌سطحی در ساختارهای چندواحدی ۸۸
۴-۵- روش نمونه‌برداری تاخیر یافته در مبدلهای سه‌سطحی ۸۹
۴-۵-۱- استراتژی سوئیچینگ پیشنهادی اول ، مولفه‌های هارمونیکی و فرکانس سوئیچینگ ۹۰
۴-۵-۲- استراتژی سوئیچینگ دوم ۹۲
۴-۵-۳- نتایج شبیه‌سازی ۹۳
۴-۶- ایجاد تعادل در ولتاژ خازنهای باس DC در یک اینورتر DCMI سه‌سطحی سه‌فاز ۹۸
۴-۶-۱- استراتژی سوئیچینگ اول و چگونگی کنترل ولتاژ نقطه خنثی ۱۰۲
۴-۶-۲- استراتژی سوئیچینگ دوم و چگونگی کنترل ولتاژ نقطه خنثی ۱۰۳
۴-۶-۳- روش معکوس سازی دنباله‌های سوئیچینگ ۱۰۳
۴-۶-۴- نتایج شبیه‌سازی ۱۰۵
۴-۷- نتیجه‌گیری ۱۱۰

فصل پنجم : نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۵- ۱- خلاصه ۱۱۱
۵- ۲- نتیجه‌گیری ۱۱۲
۵- ۳- پیشنهاداتی جهت ادامه کار ۱۱۲
مراجع ۱۱۴
چکیده انگلیسی ۱۱۹

چکیده

امروزه مبدلهای الکترونیک قدرت مبتنی بر سوئیچهایGTO کاربردهای متنوعی در سیستم‌های انتقال و توزیع انرژی الکتریکی پیدا کرده‌اند. محدودیت‌هایی از قبیل سرعت کم این سوئیچ‌ها و تلفات بالای سوئیچینگ در آنها، باعث شده است که ساختار مدار قدرت این مبدلها و تکنیکهای سوئیچینگ بکار گرفته شده در آنها کلاً از ساختارها و روشهای بکار گرفته شده در مبدلهای با توان کم و متوسط متفاوت باشند.از جمله ساختارهای پیشنهادی بکار گرفته شده می‌توان به مبدلهای چند واحدی PWM و مبدلهای چندسطحی اشاره کرد. سادگی مدار قدرت ، قابلیت و مزایای کنترلی که تکنیک‌های PWM فراهم می‌آورند، باعث گردیده است که مبدلهای چندواحدی دوسطحی مبتنی بر PWM در کنار و به موازات مبدلهای مبتنی بر سوئیچینگ خط از قبیل مبدلهای چند پالسه و همچنین مبدلهای چند سطحی مورد توجه محققین قرار گیرند.اخیراً مبدلهای چندسطحی نیز به علت دارا بودن خصوصیات ویژه در ساختارهای چندواحدی پیشنهاد شده‌اند.

با توجه به کارایی و قابلیتهای تکنیکهای PWM و امید به پیدایش سوئیچ‌های قدرت با سرعت بالاتر و تلفات سوئیچینگ کمتر، جایگزینی مبدلهای تک پالسی با مبدلهای PWM در آینده نزدیک منطقی به نظر می‌رسد. روشهای PWM ارائه شده برای استفاده در مبدلهای چند واحدی قدرت تاکنون مبتنی برتکنیک SPWM بوده‌اند. روش مدولاسیون بردار فضایی بدلیل مزایای خاص در کاربردهای توان متوسط و پایین مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفته است. استفاده از این تکنیک مدولاسیون در اینورترهای توان بالا مبتنی بر کلیدهای GTO برای اولین بار در سال ۱۹۹۷ پیشنهاد شد. در مقاله مذکور روش SVM با فرکانس سوئیچینگ پایین و به کمک تکنیک نمونه‌برداری تاخیریافته در ساختارهای چند واحدی دو سطحی بکار گرفته شد.

در این پایان نامه، روشهایSVM با فرکانس سوئیچینگ پائین و با استفاده از تکنیک نمونه‌برداری تاخیریافته در سوئیچینگ مبدلهای چند واحدی دو سطحی و سه سطحی معرفی و بکار گرفته می‌شوند. بعضی از روشهای پیشنهادی مستقیما از تئوری SVM بدست می‌آیند و بعضی دیگر از ارتباط بین روش SPWM و روش SVM نتیجه می‌گردند. در ابتدا ارتباط بین این دو روش PWM در مبدلهای دوسطحی مطالعه و نتایج به حالت سه سطحی تعمیم داده می‌شوند. سپس روشهای سوئیچینگ پیشنهادی در مبدلهای چندواحدی دو سطحی و سه سطحی بکار گرفته می‌شوند و کارایی آنها از نظر طیف هارمونیکی منتجه در خروجی، فرکانس سوئیچینگ و قابلیت متعادل سازی ولتاژ خازنهای باس DC (در مبدلهای چندواحدی سه سطحی) بررسی می‌گردند. اعتبار نتایج بدست‌آمده به کمک شبیه‌سازی کامپیوتری به اثبات رسیده است.

فصل اول
مقدمه

۱-۱- مرور کلی

امروزه افزایش قیمت انرژی و ملاحظات زیست‌محیطی ،مهندسین برق را به استفاده بهینه از انرژی الکتریکی ترغیب کرده است.ظهور ادوات نیمه‌هادی قدرت با کنترل از طریق گیت[1] (مانند *Bipolar* ، *MOSFET* قدرت ، *IGBT* ، *GTO* و ...) باعث شده است که استفاده از الکترونیک قدرت و مبدلهای قدرت الکترونیکی در موارد متفاوتی مانند صنعت، هوافضا، تجارت، ارتباطات و شبکه‌های قدرت فراگیر شود[۱] . با توجه به استفاده روزافزون از مبدلهای الکترونیک قدرت، اخیرا" توجه بیشتری به بالا بردن کیفیت سیستمهای تبدیل انرژی و راندمان مبدلهای مبتنی بر سوئیچهای الکترونیکی مبذول شده است. تحقیقات در این زمینه به استفاده از ترکیب مدارهای الکترونیکی پیشرفته و تکنیکهای کنترل مدولاسیون پهنای باند[2] رو آورده است.

اصولا"، کیفیت ولتاژ خروجی و در نتیجه جریان خروجی با افزایش فرکانس سوئیچینگ مبدلهای *PWM* بهبود می‌یابد. بسته به نوع کاربرد، قدرت مبدلهای مبتنی بر سوئیچهای الکترونیکی قدرت

---

1. Gate Turn-Off Power Devices
2. Pulse Width Modulation (PWM)

ممکن است از چند وات تا چند صد مگاوات تغییر کند. استفاده از سوئیچهای سریع با تلفات سوئیچینگ پایین (مانند *MOSFET* قدرت، *IGBT* و ...) در کاربردهای توان پایین و توان متوسط فراگیر شده است. در این کاربردها فرکانس سوئیچینگ مبدل می‌تواند تا چند ده کیلوهرتز افزایش یابد، بدون اینکه اثر قابل ملاحظه‌ای بر روی راندمان مبدل داشته باشد. با این وجود ، افزایش فرکانس سوئیچینگ در جهت بهبود کیفیت ولتاژ خروجی در کاربردهای با قدرت بسیار بالا به خاطر وجود تلفات سوئیچینگ بالا و پاسخ کند سوئیچهای *GTO* امکان پذیر نمی باشد. در این نوع مبدلها فرکانس سوئیچینگ به چند صد هرتز محدود می‌شود. این محدودیت، ارائه ساختارها و تکنیکهای کنترلی خاص و متفاوت از آنچه برای مبدلهای با توان کم و متوسط بکار می رود را برای مبدلهای با قدرت بالا اجتناب ناپذیر می‌سازد. به بیان دیگر، برای مبدلهای قدرت بالا، ساختار مدار قدرت و تکنیکهای کنترلی بکار گرفته شده بایستی به گونه‌ای باشد که بهبود کیفیت ولتاژ خروجی نه از طریق افزایش فرکانس سوئیچینگ، بلکه از طریق ایجاد و ترکیب سطوح مختلف ولتاژ امکان‌پذیر گردد.

۱-۲ - تکنیکهای *PWM* برای کنترل مبدلهای با توان متوسط

در رنج توانی متوسط، درایوهای موتورهای القایی با قابلیت تنظیم سرعت بیشترین کاربرد را دارند. تقریباً بین ٪۶۰ تا ٪۶۵ از انرژی تولید شده در موتورهای الکتریکی مصرف می‌شود. هر چه موارد کاربرد اینگونه درایوها بیشتر می‌شود، بهبود پروسه تبدیل انرژی از طریق تکنیکهای کنترل *PWM* مهمتر به نظر می‌رسد.

اینورتر بکار رفته در یک درایو باید بتواند:

- جریان و ولتاژ سه‌فاز قابل تنظیم تولید نماید.
- یک جریان پیوسته در کلیه فرکانسها ایجاد نماید.

بسته به نوع منبع *DC* و اینورتر بکار رفته، مبدلهای *DC – AC* به دو دسته اصلی: ۱- مبدلهای منبع ولتاژ با مدولاسیون پهنای باند[1] و ۲- مبدلهای منبع جریان با مدولاسیون پهنای باند[2] تقسیم می‌شوند. صرفنظر از شباهتهای نسبی موجود در طبیعت *VSI* و *CSI* ، تفاوتهای این دو ساختار باعث می‌شود تا *VSI* بعنوان ساختار مورد توجه در درایوهای موتور القایی قابل تنظیم با توان متوسط مطرح باشد. توانایی تغذیه چند بار الکتریکی بطور همزمان، سایز کوچک و وزن کم از محاسن *VSI* می‌باشند.

در کاربردهای درایو یک تکنیک *PWM* باید :

- برای سیستم کنترل انعطاف‌پذیری ایجاد نماید.

---

1. PWM Voltage Source Inverters
2. PWM Current Source Inverters

- شکل موجی خروجی جریان و ولتاژ با THD کم و با طیف شفاف[1] تولید کند.همچنین طیف فرکانسی خروجی باید عاری از هارمونیکهای مرتبه پائین باشد.
- از باس DC به بهترین نحو استفاده کند. بعبارت دیگر دامنه مولفه اصلی ولتاژ خروجی مبدل بیشترین مقدار ممکن باشد.
- عملکرد دینامیکی[2] خوبی داشته باشد.
- تلفات سوئیچینگ را کاهش داده و راندمان مبدل را بهبود بخشد.

در اغلب کاربردها سادگی و هزینه ساختار PWM مطرح شده نیز باید در نظر گرفته شود.

از میان تکنیکهای PWMای که تاکنون ارائه شده‌اند، مدولاسیون پهنای باند سینوسی[3] ($SPWM$) و مدولاسیون بردار فضایی[4] (SVM) بعنوان دو روش مدولاسیون متداول و برتر برای مبدلهای با توان متوسط مورد توجه فراوان قرار گرفته‌اند. در ادامه این بخش این دو تکنیک مرور می‌شوند و مزایا و معایب هر کدام مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرند.

۱-۲-۱- PWM سینوسی

تکنیک مدولاسیون پهنای باند مبتنی بر موج حامل[5] [۳-۲]، از مدولاتورهای جداگانه در هر یک از سه فاز بهره می‌گیرد. لحظات سوئیچینگ هر فاز از مقایسه یک مرجع سینوسی یا سیگنال مدوله‌کننده با یک سیگنال حامل مثلثی فرکانس بالا بدست می‌آیند. هارمونیکهای ولتاژ در اطراف فرکانس سوئیچینگ و مضارب آن وجود دارند و ماکزیمم اندازه مولفه اصلی قابل دسترسی برابر با $۰/۸۶۶\,pu$ می‌باشد تکنیک $SPWM$ دارای عملکرد مناسبی در تمامی رنج خطی مدولاسیون می‌باشد. با وجود این یک عیب عمده این روش وجود سوئیچینگهای اضافی ناشی از مدولاتورهای مستقل فاز می‌باشدکه فرکانس سوئیچینگ و در نتیجه تلفات سوئیچینگ را به طرز قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌دهد.علاوه بر این، ماکزیمم ولتاژ تولیدی در خروجی مبدل $SPWM$ فقط ۷۸٪ مقدار بدست آمده از یک مبدل موج مربعی است.تکنیک $SPWM$ به سادگی توسط مدارات مجتمع آنالوگ قابل اجرا می‌باشد.ولی تشخیص لحظات برخورد دو سیگنال متغیر با زمان دراجرای دیجیتالی مشکل می‌باشد.بنابراین ازاین روش بیشتر دراجرای PWM آنالوگ استفاده می‌شود.

---

1. Clear Spectrum
2. Dynamic Performance
3. Sinusoidal PWM
4. Space Vector Modulation
5. Carrier-Based PWM

۱-۲-۲- مدولاسیون بردار فضایی (*SVM*)

روش متعارف مدولاسیون بردار فضایی (*SVM*) که برای اولین بار در سال ۱۹۸۶ پیشنهاد شد[۵-۴]، بخاطر سادگی و خواص مطلوب آن در کنترل دیجیتال اینورترهای سه فاز بسیار مورد توجه قرار گرفته‌است. در روش *SVM* دنباله‌های مشخصی از حالات سوئیچینگ اینورتر در خروجی آن و با تکرار در فواصل زمانی مشخص ظاهر می‌شوند. زمان اعمال هر حالت سوئیچینگ با فرمولی ساده که به سادگی توسط یک میکروپروسسور قابل محاسبه می‌باشد، بیان می‌شود. در مقایسه با *SPWM* ، *SVM* امکان استفاده بیشتر از باس *DC* (۱۵/۴۷٪ بهبود) را فراهم می کند و فرکانس سوئیچینگ را بطور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌دهد.

تکنیکهای *SPWM* و *SVM* متعارف با اینکه دارای کاربردهای زیادی در توانهای متوسط می‌باشند ولی در توانهای بالا بعلت تلفات سوئیچینگ بالا و سرعت کم کلیدهای *GTO* غیر قابل استفاده می‌باشند[۶]. بنابراین مبدلهای با قدرت بالا بایستی از ساختارها و تکنیکهای سوئیچینگی متفاوت با آنچه در مبدلهای با توان متوسط مورد استفاده قرار می گیرند، بهره بگیرند.

۱-۳- تکنیکهای *PWM* برای کنترل مبدلهای با توان بالا

اولین بار در سال ۱۹۷۹، *L.Gyagi* در مقاله‌ای [۷] مزایای استفاده از مبدلهای قدرت با کموتاسیون اجباری بجای جبران کننده‌های با کموتاسیون خط را در سیستمهای قدرت برشمرد. روشهای پیشنهادی او، هر چند به دلیل عدم وجود سوئیچهای قدرت الکترونیکی که قابلیت خاموش شدن از طریق یک سیگنال کنترل را داشته باشند، سالها در حد ایده‌های تئوریک باقی ماندند ،بعداً در مبدلهایی با ساختارهای بسیار پیچیده و به کمک مدارهای تریستوری با کموتاسیون اجباری به مرحله اجرا در آمدند[۸].

با ظهور سوئیچهای الکترونیکی قدرت مانند *GTO*، که قابلیت خاموش شدن از طریق یک سیگنال کنترل را دارند، زمینه برای به مرحله ظهور رسیدن مبدلهای قدرت با کموتاسیون اجباری و استفاده از مزایای آنها در سیستمهای قدرت الکتریکی فراهم گردید. اهمیت بررسی قابلیتهای چشمگیر این مبدلها در انعطاف پذیر نمودن عملکرد سیستمهای قدرت بهمراه مطالعه ساختارهای قدرت و تکنیکهای کنترلی این مبدلها باعث گردید تا *EPRI*[1] (انستیتوی تحقیقات قدرت الکتریکی) واژه *FACTS*[2] را برای دربرگیری تحول این تحقیقات انتخاب و معرفی نماید[۶].

---

1. Electric Power Research Institude
2. Flexible AC Transmission Systems

بدلیل کندبودن سوئیچهای الکترونیکی قدرت و تلفات بالای سوئیچینگ آنها، مبدلهای مبتنی بر این نوع سوئیچها نمی‌توانند مانند مبدلهای با قدرت کم و متوسط با فرکانس بالا سوئیچ شوند. بنابراین ساختار مدار قدرت و تکنیکهای کنترلی مبدلهای قدرت بالا، کلاً با آنچه برای مبدلهای با توان کم و متوسط شناخته شده است، متفاوت می‌باشد.

در حال حاضر، تکنولوژی ساخت و کنترل مبدلهای توان بالا با کلیدهای *GTO* مبتنی بر استفاده از ساختارهای چندواحدی و با فرکانس سوئیچینگ خط می‌باشد. انتظار به بازار عرضه شدن کلیدهای *GTO* با سرعت بالاتر و یا دیگر سوئیچهای نیمه هادی مثل *IGBT* با مقادیر نامی بالاتر انجام تحقیقات روی نحوه اجرای تکنیکهای *PWM* در مبدلهای توان بالا را ضروری می‌سازد.مبدلهای *PWM* همانند تقویت‌کننده خطی عمل می‌کنند و لذا انعطاف‌پذیری بیشتری برای اهداف کنترلی ایجاد می‌کنند. اخیراً مدولاسیون پهنای باند سینوسی (*SPWM*) با فرکانس سوئیچینگ پایین و با تکنیک شیفت فاز کریر[1] برای کاربردهای توان بالا توسط *Ooi* پیشنهاد شده است[۱۰-۹].

در قسمت بعدی آخرین دستاوردهای تکنولوژی در زمینه مبدلهای قدرت توان بالا بررسی می‌شود. ابتدا مشخصات مبدلهای توان بالا مطرح می‌گردد؛ سپس، ساختارهای مبدلهای منبع ولتاژ فعلی به طور مختصر مورد بحث قرار می‌گیرند.

۱-۴- مشخصات مبدلهای با توان بالا

تاکنون از مبدلهای قدرت در توانهای پائین و متوسط استفاده‌های فراوانی شده است. با این وجود برای بکارگیری این مبدلها در شبکه‌های انتقال و توزیع و همچنین درایوهای توان بالا، نکات خاصی مطرح می‌گردند. مهمترین این نکات عبارتند از:

- مبدلهای با توان بالا بایستی دارای راندمان بالا باشند. راندمان بالا باعث می‌شود که هم در هزینه‌های ساخت و هم در هزینه‌های بهره‌برداری صرفه‌جویی شود. یکی از عوامل مرتبط باراندمان بالا، تلفات سوئیچینگ می‌باشد بنابراین فرکانس سوئیچینگ این مبدلها بایستی تا حد ممکن پائین باشد.
- اعوجاج هارمونیکی[2] (*THD*) توصیه شده توسط *IEEE* برای سیستمهای انتقال و توزیع کمتر از *THD* توصیه شده برای کاربردهای توان متوسط و کم مانند درایوهای الکتریکی می‌باشد[۱۱].

---

1. Phase Shifted Carrier
2. Total Harmonic Distortion