



دانشگاه زنجان

دانشکده مهندسی

گروه برق

پایان نامه کارشناسی

گرایش: قدرت

عنوان:

اصول طراحی مبدل های ماتریسی

استاد راهنما:

دکتر ابوالفضل جلیلود

نگارش:

محمد انصاری

اسفند ۸۹

فهرست مطالب

مقدمه ۱

فصل اول: مبدل های توان AC/AC ۲

۱

۲

۳

۱-۱) مبدل توان ac/ac فرکانس غیر مستقیم

۴

۱-۲) مبدلهای مستقیم توان ac/ac فرکانس

۶

۱-۳) مبدل ماتریسی

۱۰

فصل دوم: اصول مبدل ماتریسی ۱۰

۱۴

۲-۱) روشن خاموش کردن سویچ های دو طرفه:

۱۴

۲-۲) فیلتر ورودی

۱۶

۲-۳) مساله حفاظت

۲۱

فصل سوم: تکنیک های کنترل برای مبدل ماتریسی ۲۱

۲۳

۳-۱) معرفی مختصر روش بردار فضایی در سیستم های سه فاز

۲۵

۳-۲) راهکار زاویه فضایی برای مبدل ماتریسی

۲۷

۳-۳) مدلاسیون بردار فضایی اعمال شده به مبدل ماتریسی

۳۲

۳-۴) عملکرد مبدل ماتریسی تحت منبع ولتاژ تغذیه غیر ایده ال

۳۹

۳-۵) صحت سه راهبرد مدلاسیون

۵۵

منابع و مراجع: ۵۵

مقدمه

با نگاهی به پیشرفت های اخیر در زمینه الکترونیک قدرت که نتیجه پیشرفت در زمینه نیمه هادی ها در دهه پنجاه می باشد مطمئنا از تعدد اختراع ادوات و مدارهای مبدلی کنترلی به وجود آمده در این تکنولوژی متحیر خواهد شد.

طی سه دهه اخیر استفاده از ادوات الکترونیک قدرت در صنعت، تجارت پزشکی و صنایع هوافضا بسیار گسترش یافته. استفاده از آنها در زمینه های سیستم های گرمایشی، کنترل روشنایی، منابع تغذیه AC و DC، فرایندهای الکتروشیمیایی، ماشین درایوها و فیلترهای حذف هارمونی تنها بخشی از استفاده گسترده آنهاست. با نگاهی به آینده ادوات الکترونیک قدرت شاهد افزایش چشمگیر آنها در صنعت خواهیم بود.

در دریای بیکران الکترونیک قدرت تکنولوژی درایوهای سرعت قابل تنظیم (ASD) نقش مهمی ایفا میکنند. افزایش استفاده این درایوها در صنعت هر ساله ۱۰٪ می باشد و گسترش آنها با گسترش AC موتورهای چند فاز و نیاز آنها برای کنترل سرعت افزایش می یابد. با این همه تکنولوژی آنها هنوز به کمال خود نرسیده است و همزمان با پیشرفت ادوات الکترونیک قدرت و میکروپروسورها در حال گسترش است. پیشرفت بازاری آنها مثل افزایش کیفیت، قابلیت اطمینان، بازده، قیمت تمام شده، استانداردهای جهانی، پیاده سازی و ادوات، اندازه و بسته بندی، مجتمع سازی و قابلیت انعطاف محصول.

این پروژه با مفهیمی چون دلایل منفعت استفاده از مبدل ماتریسی و توجیه های اقتصادی و مزایای این روش به روش های دیگر خواهد پرداخت. ازین گذشته شمارا با زوایایی از افسون این مبدل ها که هنوز شناخته نشده آشنا خواهد کرد و معتقد است هنوز زوایای پنهان زیادی در این وسیله است که کشف نشده است.

فصل اول

مبدل های توان AC/AC

امان نام کارشناسی



در این فصل نگاه کلی به مبدل های توان AC/AC فرکانسی استاتیک خواهیم داشت و سپس به معرفی مبدل ماتریسی ها را

که موضوع این پایان نامه میباشد میپردازیم

مبدل ماتریسی ابزاری منعطف برای تبدیل توان میباشد که برای دستگاههای مختلف میتوان از آن استفاده کرد. این مبدلها در سال ۱۹۷۹ اختراع شد و با گسترش ادوات الکترونیکی گسترش یافت

مبدل های توان AC/AC فرکانسی استاتیک:

تبدیل یک سیگنال AC داده شده در یک فرکانس به یک سیگنال AC مطلوب در فرکانس دیگر به شیوه های متفاوت اعم از ماشین های الکتریکی دوار ، ادوات مغناطیسی غیر خطی و سویچ های الکترونیکی قابل کنترل استاتیک، صورت می گیرد.

تبدیل AC به AC سوئیچ های الکترونیکی به دو نوع صورت میگیرد:

در نوع اول که غیر مستقیم است طبقه میانی داریم و سیگنال AC ابتدا به DC تبدیل شده (مثلا با استفاده از پل دیود) و سپس سیگنال DC با اینورتر دوباره به AC تبدیل میشود اما در تبدیل مستقیم ما سیگنال AC را مستقیما به فرکانس مطلوب با دامنه مطلوب میبریم.

۱-۱ مبدل توان ac/ac فرکانس غیر مستقیم

در شکل دو نوع تبدیل غیر مستقیم را مبینیم

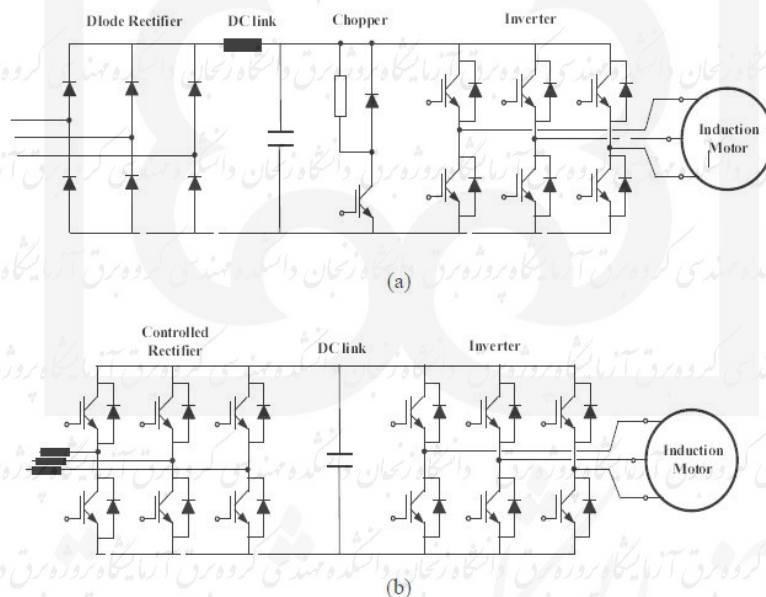


Fig.1.1. AC/AC indirect power frequency converter, with intermediate DC-link stage.

a) Diode rectifier-PWM VSI converter. b) PWM rectifier-PWM VSI converter.

این شکل ساده و جمع و جور از این نوع مبدل ها می باشد این راه حل مطمئن بوده و قیمت تمام شده آن به صرفه است و پیاده سازی آن ساده میباشد و با راهبرد های مدلاسیون موجود برای آن مثل (PWM , space vector , ...) بازدهی بالایی

نیز دارد اما معایبی نیز میتوان برای آن برشمرد. بزرگترین ایراد آن هارمونی هایی است که پل دیود ایجاد میکند از مضرات هارمونی ایجاد تلفات هارمونی در سیستم و همچنین تحریک رزونانس الکتریکی و ایجاد اضافه ولتاژ است.

گسترش استفاده از این ادوات نگرانی های حاصل از این موارد را در سالهای اخیر گسترش داده است.

چون در پل دیود جریان تنها از یک سو میتواند عبور کند مکانیزم هایی باید در ساختار آن باشد که در مواقع لزوم برای عبور جریان در سوی عکس بر قرار باشد.

این مکانیزم ها خیلی انرژی تلف میکنند و تنها زمانی به کار میروند که سطح انتقال توان پایین باشد.

خازن DC-LINK نقطه ضعف دیگر این روش است مخصوصا اگر خازن از نوع الکتrolیت باشد. این خازن ظرفیت ذخیره انرژی بالایی دارد ولی عمر آن با افزایش دما خیلی کاهش می یابد که نشان از هزینه نگهداری بالای این تبدیل دارد. لازم به ذکر است خازن کمترین عمر را در بین ادوات الکترونیک کانورتر دارد. در شکل B پل دیود با یکسو کننده کنترل شده PWM جایگزین شده. در این روش انتقال توان در هر دو سمت ممکن است و برای توانهای متوسط و بالا مثل دستگاههای تعلیق جرتقیل و آسانسور مناسب می باشد. همچنین این روش با حذف بالای هارمونی همراه است.

معایب روش دوم یکی قیمت بالای استفاده زیاد از مواد نیمه هادی استفاده شده، همچنین کنترل پیچیده و نحوه تریگر دو PWM ورودی و خروجی و همچنین عمر کوتاه خازن DC-LINK و در نتیجه پایین آوردن اطمینان سیستم همچنان باقی است.

۲-۱) مبدلهای مستقیم توان AC/AC فرکانس:

این نوع مبدل ها از یک آرایه سوییچ های توان استاتیک تشکیل شده اند. که به طور مستقیم بین ورودی و خروجی متصل شده اند. اساس تئوری این روش بر انطباق شکل موج خروجی با آن قطعه از شکل موج ورودی است.

مشهورترین نمونه شناخته شده این روش تبدیل توان فرکانسی سیکلوکانورترها هستند که در دهه ۱۹۳۰ معرفی شده اند اما خانواده این مبدل ها تنها به سیکلوکانورترها محدود نمیشوند. این تحقیق تنها محدود به همین انواع کانورترهای تبدیل مستقیم خواهد بود.

سیکلوکانورترها به دو دسته NCC و FCC تقسیم میشوند:

در NCC سوییچ ها به طور طبیعی به وسیله ولتاژ AC تغذیه خاموش میشوند به همین دلیل از تریستور برای سوییچ استفاده میشود. به عنوان نتیجه ای از اعمال چنین سیستمی در NCC ماکزیمم خروجی فرکانس، محدود به کسری از $\frac{1}{2}$ یا $\frac{1}{3}$ منبع میشود. این محدودیت بالای فرکانس در درایو موتورهای AC، خود را نشان میدهد که در این نوع درایوها باید مشکل منبع تغذیه با فرکانس بالای این نوع سیکلوکانورترها مدل شود.

در FCC خاموش شدن سوییچ ها مستقل از منبع و بار صورت میگیرد که با تکنیک های صحیح سوییچینگ به فرکانسهای بالاتر از ورودی هم میتوان دست یافت. در این نوع تریستور به دلیل نقص در عدم توانایی خاموش شدن کنترل شده مناسب نیست و باید مدارهای خاموش کننده به آن اضافه کرد.

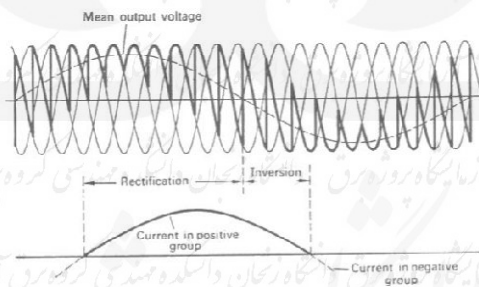
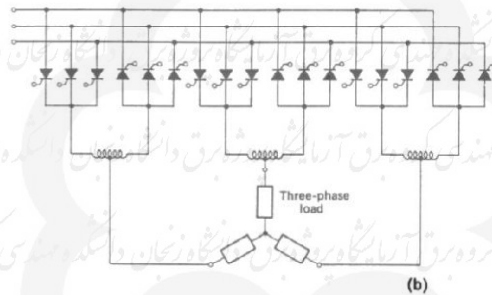
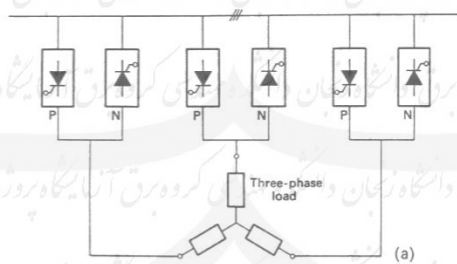
یک سیکلوکانورتر متشکل از تعدادی مدار کانورتر کنترل فاز شده است که به یک تغذیه AC وصل شده است. هر مدار کنترل شده است پس خروجی های با فرکانس های مختلف ولتاژ، از یک نوع ولتاژ ورودی ساخته میشوند.

در NCC کنترل ولتاژ خروجی و فرکانس توسط مدلاسیون صحیح زاویه آتش تریستور صورت میگیرد.

برای منبع ولتاژ ورودی و تعداد فاز مشخص زاویه آتش α کنترل پارامترهای مشخص از خروجی را نشان میدهد.

شکل (۴-۱) شکل موج جریان و ولتاژ یک گروه مثبت کانورتر از سیکلوکانورترهای کنترل فاز را نشان میدهد. یک نتیجه از مدلاسیون صحیح زاویه آتش برای NCC بیشینه نسبت تبدیل ولتاژ خروجی به ورودی با رابطه زیر نشان داده میشود:

که در آن m تعداد فاز ورودی میباشد. در حالت سه فاز این عدد $r_{max} = 0.827$ است

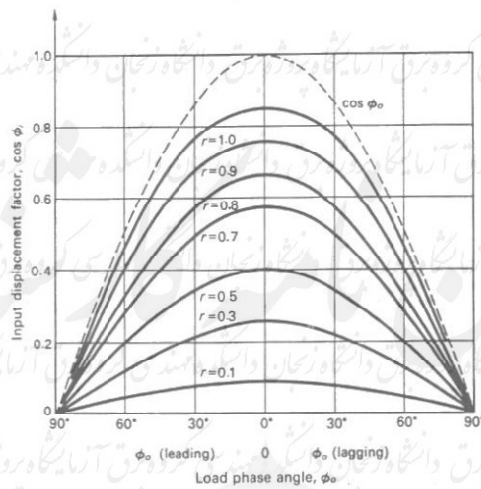


به خاطر کنترل فاز سیکلوکانورترها آنها جریان غیر سینوسی از منبع تغذیه میکشند. همچنین به علت اتصال مستقیم بین ورودی و خروجی وقتی بار رکتیو باید تغذیه شود. باید انتقال توان رکتیو توسط سیکلوکانورتر صورت گیرد. در نتیجه جابجایی فاز ناشی از انتقال توان رکتیو و تلفات هارمونی در روش مستقیم تبدیل فرکانس به عنوان یک مشخصه این سیستم

ها باید مورد توجه قرار گیرد.

۵

در NCC جریان ورودی همیشه از ولتاژ عقب تر است زیرا همیشه تاخیر فاز داریم با صرف نظر کردن از بار یعنی اصولاً ضریب توان هیچ گاه واحد نیست همچنین با توجه به شکل (۵-۱) ضریب تلفات هارمونی جریان ورودی هم قابل توجه است.



در مقایسه با کانورترهای DC-LINK غیر مستقیم NCCها دارای مزایای کم شدن سویچ و کاهش اندوکتانس و همچنین توانایی ذاتی انتقال توان دوسویه است اما معایبی هم دارد مثل محدودیت بیشینه فرکانس خروجی و ضریب انتقال خروجی به ورودی پایین، تعداد زیاد ترستور که باعث پیچیده شدن سیستم کنترل آن میشود و همچنین ضریب توان کم آن است. به خاطر این معایب استفاده از این نوع سیکلوکانورترها محدود به AC درایوهای توان بالا، سرعت پایین میشود. تعداد زیادی از محدودیت های فوق با خاموش کردن اجباری سویچ ها حل میشوند.

با معرفی ادوات نیمه هادی که قابلیت خاموش شدن کنترل شده دارند قابلیت یافتن الگوریتم های کنترل که از سویچینگ فرکانس بالا استفاده میکنند برای رسیدن به فرکانسهایی بالاتر از فرکانسهای ورودی و همچنین افزایش ضریب توان و ضریب انتقال ولتاژ خروجی به ورودی به وجود آمده است.

۳-۱) مبدل ماتریسی:

مبدل ماتریسی چیزی جز یک سیکلوکانورتر سه فاز به سه فاز NCC نیست که شامل ۹ سویچ دو طرفه است که هر ورودی را به یک خروجی متصل میکند.

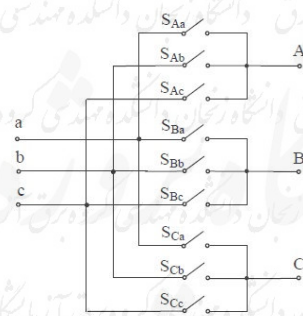


Fig. 1.6. Schematic circuit of a three-phase to three-phase matrix converter.

مبدل ماتریسی اولین بار در سال ۱۹۷۶ توسط Gyugyi Pelly معرفی شد اما اولین ساخت و کنترل مربوط به ۴ سال بعد یعنی ۱۹۸۰ توسط ونتورینی انجام شد. این مقاله همراه با پیشرفتهای اخیر در زمینه نیمه هادی های قدرت علاقه مندی جدیدی را در زمینه تبدیل مستقیم مبدل های فرکانسی AC/AC توان گسترش داد. مثل کشف راه هایی برای رسیدن به بازده های بالاتر انتقال توان برای درایو موتورها، منابع تغذیه بی وقفه، ژنراتورهای فرکانس متغیر و کنترل انرژی راکتیو. نامهای مختلفی برای شناساندن این پیکربندی مبدلها استفاده میشود مثل مبدلهای فرکانس نامحدود، مبدل فرکانس مستقیم، generalize transformer، سیکلوکانورترهای خاموش اجباری، مبدل های ماتریسی، مبدل های AC/AC مستقیم، مبدل مستقیم فرکانس خاموش اجباری، مبدلهای مستقیم فرکانس و مبدلهای ونتورینی.

نامی که در سالهای اخیر مرسوم تر شده و در این مقاله استفاده میشود مبدل ماتریسی است. با اینکه کارایی مبدل ماتریسی در تبدیل فرکانس مستقیم بسیار بهتر از مبدل فرکانس های خاموش طبیعی است اما مشکل خروجی ولتاژ محدود و اعوجاج های جدی شکل موج در آنها همچنان باقی است.

در سال ۱۹۸۰ ونتورینی الگوریتمی برای کنترل فرکانس بالای سویچ ها ارائه کرد که خیلی موثرتر از روش های قدیمی کنترل بود اما مشکل محدودیت ولتاژ خروجی در آن حل نشده بود. در دهه ۸۰ تلاش هایی بر پایه روش های کنترلی یکسو کننده - اینورتهای کلاسیک انجام شد و این تلاشها منجر به افزایش قابل توجه خروجی مبدل ماتریسی شد اما هنوز تا خروجی مطلوب فاصله داشت. در پایان دهه ۸۰ ونتورینی راهبرد کنترلی پیشرفته ای را ارائه کرد که ضریب انتقال ولتاژ را به عدد ۰/۸۶۶ رساند. این همان بیشینه ضریب انتقال ولتاژ در حالت نظری بود.

در اواخر دهه ۸۰ و اوایل دهه ۹۰ مدلاسیون بردار فضایی توسط محققان معرفی شد. استفاده از این مدلاسیون در مبدل ماتریسی منجر به کسب بیشینه ضریب انتقال ولتاژ، شکل موج جریان سینوسی ورودی، شکل موج ولتاژ سینوسی خروجی و کنترل ضریب توان مبدل ماتریسی شد.

در مقابل این تحقیقات آکادمیک مبدل ماتریسی نتوانست جایگاه خود را در AC درایوها در صنعت بیابد و علت آن یکی مشکلات ابزاری مربوط به سویچ های دوطرفه و دیگری محدودیت تئوری ضریب انتقال ولتاژ بود. با توجه به اینها در آغاز ۱۹۹۰ در ابعاد آزمایشگاهی نمونه های از مبدل ماتریسی تولید شد. پس از آن تحقیقات آکادمیک که بیشتر روی الگوریتم کنترل بود روی محدودیت های ابزاری و سخت افزاری مبدل ماتریسی متمرکز شد.

نتایج این تحقیق به همراه پیشرفتهای اخیر در زمینه الکترونیک قدرت و مدارهای مجتمع و احساس نیاز استفاده کنندگان AC درایوها برای افزایش قابلیت آنها و کاهش قیمتشان، صنعت AC درایو را ملزم به جایگزینی مبدل ماتریسی به جای قدیمی ترها در صنعت خواهد کرد.

نتایج، اهداف و ساختار تحقیق:

با نگاهی به پیشرفت های اخیر در زمینه الکترونیک قدرت که نتیجه پیشرفت در زمینه نیمه هادی ها در دهه پنجاه می باشد مطمئناً از تعدد اختراع ادوات و مدارهای مبدلی کنترلی به وجود آمده در این تکنولوژی متحیر خواهد شد.

طی سه دهه اخیر استفاده از ادوات الکترونیک قدرت در صنعت، تجارت پزشکی و صنایع هوافضا بسیار گسترش یافته. استفاده از آنها در زمینه های سیستم های گرمایشی، کنترل روشنایی، منابع تغذیه AC و DC، فرایندهای الکتروشیمیایی، ماشین

درايوها و فیلترهای حذف هارمونی تنها بخشی از استفاده گسترده آنهاست. با نگاهی به آینده ادوات الکترونیک قدرت شاهد افزایش چشمگیر آنها در صنعت خواهیم بود.

در دریای بیکران الکترونیک قدرت تکنولوژی درایوهای سرعت قابل تنظیم (ASD) نقش مهمی ایفا میکنند. افزایش استفاده این درایوها در صنعت هر ساله ۱۰٪ می باشد و گسترش آنها با گسترش AC موتورهای چند فاز و نیاز آنها برای کنترل سرعت افزایش می یابد. با این همه تکنولوژی آنها هنوز به کمال خود نرسیده است و همزمان با پیشرفت ادوات الکترونیک قدرت و میکروپروسورها در حال گسترش است. پیشرفت بازاری آنها مثل افزایش کیفیت، قابلیت اطمینان، بازده، قیمت تمام شده، استانداردهای جهانی، پیاده سازی و ادوات، اندازه و بسته بندی، مجتمع سازی و قابلیت انعطاف محصول.

این پروژه با مفاهیمی چون دلایل منفعت استفاده از مبدل ماتریسی و توجیه های اقتصادی و مزایای این روش به روش های دیگر خواهد پرداخت. ازین گذشته شمارا با زوایایی از افسون این مبدل ها که هنوز شناخته نشده آشنا خواهد کرد و معتقد است هنوز زوایای پنهان زیادی در این وسیله است که کشف نشده است. حجم زیادی از تحقیقات علمی روی راهبرد های کنترل به مشکلات سویچ های دوطرفه متمرکز شده.

سه نوع راهبرد کنترل که بر اساس مدلاسیون بردار فضایی (SVM) هستند بررسی شده و تحت منابع تغذیه ایده آل و غیر ایده آل با یکدیگر مقایسه شده اند. درکل راهبرد های کنترل با این فرض مورد تحقیق قرار گرفته اند که منبع تغذیه ایده آل است اما در عمل ممکن است اعوجاج هایی در شکل موج ورودی به خاطر بارهای غیر خطی متصل به شبکه وجود داشته باشد. باید به خاطر داشت که مبدل ماتریسی به خاطر عدم وجود عناصر ذخیره کننده در ساختار آن به اعوجاج شکل موج ولتاژ ورودی حساسیت نشان خواهد داد. برای راهبرد های کنترل انتقال چنین اعوجاج هایی در ولتاژ خروجی غیر مجاز می باشد پس تحقیق در زمینه عملکرد راهبرد ها در مواجهه با منابع غیر ایده آل سودمند خواهد بود. سه راهبرد روی مبدل ماتریسی 7KVA آزمایش شده اند. نحوه عملکرد سیستم کنترلی با شبیه سازی و همچنین آزمایشهای متعدد مورد آزمایش قرار گرفته. همچنین راهبرد کنترلی هم که منجر به کاهش هارمونی جریان میشود نیز پیشنهاد داده شده. مشکل اساسی در زمینه سویچ های دوطرفه خاموش اجباری، عدم توانایی در زمینه خاموش کردن اجباری صحیح سویچ های دوطرفه است. مشکلات خاموش کردن از عوامل اصلی عدم گسترش مبدل ماتریسی در صنعت است. با مقایسه راهبردهای خاموش کردن موجود امروز و گذشته، راهبرد ارائه شده در این تحقیق بر هر دو اساس جریان خروجی و ولتاژ ورودی بنیان نهاده شده و امکان یک خاموش کردن مطمئن در سه مرحله را میدهد. توضیح از نحوه طراحی و پیاده سازی روی (CPLD) ارائه شده.

این تحقیق از سه فصل تشکیل شده و نتایج در پایان هر سه فصل ارائه شده و نتیجه گیری کلی گرفته شده است:

فصل ۲ در مورد ساختار کلی مبدل ماتریسی بحث خواهد کرد. پیکربندی آنها ارائه شده و نحوه پیاده سازی احتمالی سویچ های دوطرفه مورد بحث قرار گرفته است.

تحلیل از کیفیت عملکرد مبدل ماتریسی ارائه شده، مزایا و معایب مشخص شده همچنین نمای کلی از ساختار کامل مبدل ماتریسی و ادوات جانبی مثل فیلتر ورودی و راهبرد های محافظت ارائه شده.

در فصل ۳ روی مدلاسیون های کنترلی مبدل ماتریسی سه فاز متمرکز خواهیم شد. یک توضیح مختصر درباب انواع مدلاسیون های موجود داده خواهد شد و سپس سه مدلاسیون که براساس مدلاسیون بردار فضایی (SVM) گسترش یافته اند

مفصلاً بررسی خواهد شد. سپس کارایی این مدلاسیون ها تحت منبع تغذیه ایده آل و غیر ایده آل بررسی خواهد شد و پس از

تحلیل با یکدیگر مقایسه خواهند شد.

پایان نامه کارشناسی



دانشجویان محترم:

جهت دسترسی به متن کامل پایان نامه‌ها به کتابخانه دانشکده مهندسی و یا آزمایشگاه پروژه گروه برق مراجعه فرمایید.

نتیجه گیری

مبدل ماتریسی بیست سال است که معرفی شده و به عنوان راهکار مناسب برای درایو های سرعت تنظیم شونده مطرح است

مبدل ماتریسی یک مبدل مستقیم AC به AC می باشد که تبدیل توان AC را در یک مرحله و بدون طبقه DC میانی موجود در مبدل های سنتی انجام می دهد که شامل ۹ سویچ دو طرفه است که هر فاز خروجی را به یک فاز ورودی متصل میکند

این مبدل ها مزیت های زیادی نسبت به همتای سنتی خود یکسو کننده- اینورترها دارند

از مزیت آنها شکل موج ورودی خروجی سینوسی بدون هارمونی و ساب هارمونی و توانایی ذاتی انتقال توان دو طرفه آنها و همچنین توانایی کنترل امل ضریب توان در آنها و حذف خازن حجیم و کم عمر طبقه DC در مبدل های قدیمی است

علاوه این که از این روش نمیتوان به عنوان روش سیلیکنی کامل یاد کرد زیرا به مقادیر اندکی عناصر ذخیره کننده انرژی برای استفاده در فیلتر ورودی نیاز است و از این فیلتر برای حذف هارمونی های نا خواسته منبع استفاده می شود

محدودیت تئوریک در زمینه نسبت شکل موج خروجی به ورودی وجود دارد که آن را به عدد ۰.۸۶۶ محدود میکند اما این

محدودیت نیست که باعث عدم پیشرفت این تکنولوژی در سالهای گذشته شده بلکه پیچیدگی های موجود در تکنیک های کنترلی به ار رفته و همچنین مشکلات پیاده سازی سویچ های دو طرفه که باعث بروز مشکلاتی در کموتاسیون و محافظت از

سویچ ها می باشد از علل اصلی عدم پیشرفت این تکنولوژی می باشد

در این تحقیق سه تکنیک کنترلی مبتنی بر مدلاسیون بردار فضایی مورد بررسی قرار گرفته برای هر استراتژی تحلیل های تئوری و نتایج شبیه سازی آورده شده

لازم به ذکر است به علت حذف طبقه میانی DC در این مبدل ها آنها بسیار حساس به اعوجاجات شکل موج ورودی می باشند

زیرا آنها مستقیماً به شکل موج خروجی مبدل میشوند پس به تکنیک کنترلی قابل اعتمادی نیاز است تا اثرات ناشی از این اعوجاجات را جبران کند تقریباً تمام تکنیک های کنترلی قابلیت جبران سازی را دارند اما کیفیت جریان ورودی در آنها

متفاوت است.

در پایان به نظر میرسد با پیشرفتهای روز افزون این تکنولوژی مشکلات موجود بر سر راه این مبدل به زودی رفع و این مبدل ها جایگزین های اصلی مبدلهای قدیمی در آینده نزدیک خواهند شد.

- [1] L. Gyugyi, B.R. Pelly, "Static Power Frequency Changers. Theory, performance and applications," ISBN 0-471-678000-7, 442 pages, John Wiley & Sons, USA, 1976
- [2] M. Venturini, "A new sine wave in, sine wave out, conversion technique eliminates reactive elements," in Proceedings of Powercon 7, San Diego, CA, 1980, pp. E3-1-E3-15.
- [3] P.D. Ziogas, S.I. Khan, and M.H. Rashid, "Some Improved Forced Commutated Cycloconverters Structure", IEEE Transactions on Industry Applications, vol. IA-21, No 5, Sept./Oct. 1985, pp. 1242-1253.
- [4] P.D. Ziogas, S.I. Khan, and M.H. Rashid, "Analysis and Design of Forced Commutated Cycloconverter Structures with Improved Transfer Characteristics," IEEE Transactions on Industry Applications, vol. IE-33, No. 3, August 1986, pp. 271-280.
- [5] C. D. Schauder, "Hidden DC- link AC/AC converter using bilateral power switches," U.S. Patent # 4,642,751, Westinghouse Electric Corporation, February 10, 1987.
- [6] C.L. Neft and C.D. Schauder, "Theory and Design of a 30-Hp Matrix Converter", Conference Records of IEEE/IAS Annual Meeting, 1988, pp. 934-939.
- [7] A. Alesina, M. Venturini, "Intrinsic amplitude limits and optimum design of 9-switches direct PWM ac-ac converters," Proceedings of IEEE/PESC'88, vol. 2, pp. 1284-1291, 1988
- [8] G. Roy, G-E. April, "Cycloconverter operation under a new scalar control algorithm," Conference Records of IEEE PESC 1989, Milwaukee, WI, June 26-29, 1989, pp. 368-375.
- [9] L. Huber, D. Borojevic, "Space Vector Modulator for Forced Commutated Cycloconverters" Proceedings of IEEE/PESC'89, pp. 871-876, 1989.
- [10] L. Huber, D. Borojevic, "Space vector modulation with unity input power factor for forced commutated cycloconverters", in Conference Records of IEEE Industry Applications Society Annual Meeting, 1991, Part I, pp. 1032-1041.
- [11] D. Casadei, G. Grandi, G. Serra, A. Tani, "Space vector control of matrix converters with unity input power factor and sinusoidal input/output waveforms," Proceedings of IEEEPE'93, Vol. 7, pp. 170-175, 1993.
- [12] A. Ferrero and G. Superti-Furga, "A New Approach to the Definition of Power Components in Three-Phase Systems Under Nonsinusoidal Conditions," IEEE Transactions on Instrumentation and Measurements, vol. 40, no. 3, pp. 568-577, June 1991.