

درایوهای موتور القایی تکفاز

غلامرضا عرب مارکده^(۱) - ایوب باباسالاری^(۲)

(۱) گروه برق - دانشگاه شهرکرد

(۲) شرکت ملی صنایع مس ایران و گروه برق دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد

خلاصه: در این مقاله سعی شده است به طور مختصر موتورهای القایی تکفاز گوناگون مورد بررسی قرار گیرد و با یکدیگر مقایسه شوند. همچنین مروری بر مبدل‌های مختلف مورد استفاده برای کنترل سرعت و راندمان موتور القایی تکفاز شده است و معایب و محاسن آنها به تفصیل مورد بحث قرار گرفته است. با مقایسه توپولوژیهای گوناگون مشخص می‌شود که اینورتر PWM فرکانس متغیر بهترین انتخاب برای کنترل موتور القایی تکفاز است.

کلمات کلیدی: موتور القایی تکفاز (دوفاز)، کنترل برداری، کنترل حلقه باز V/F ثابت.

۱- مقدمه

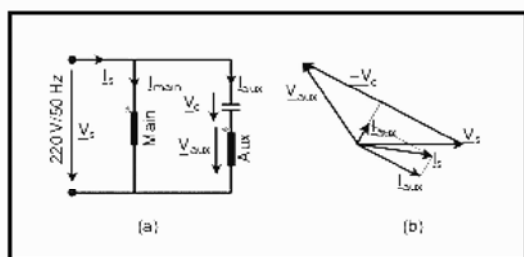
موتورهای القایی دو فاز نامتقارن که توسط منبع تکفاز تغذیه می‌شوند در لوازم خانگی و تجهیزات صنعتی به طور وسیع مورد استفاده قرار می‌گیرند. این گونه موتورها اغلب در جاهایی که سرعت ثابت است کاربرد دارند. در شرایطی که سرعت متغیر مورد نیاز باشد تکنیک‌های الکتریکی و مکانیکی نظیر چرخ‌دنده‌ها و قطب‌های سویچ شونده و ... استفاده می‌شود. اما این روشها علاوه بر این که بازدهی پایینی دارند، قادر به کنترل پیوسته بر روی سرعت نمی‌باشند. مسئله دیگر این است که برای راه‌اندازی و عملکرد خوب موتور و به منظور امکان راه‌اندازی با یک منبع تغذیه تکفاز، اغلب سیم‌پیچ‌های موتور دو فاز را به صورت نامتقارن طراحی می‌کنند. نتیجتاً گشتاور موتور شامل دو بخش گشتاور متوسط و گشتاور پالسی است که بخش دوم باعث لرزشهای مکانیکی و نویزهای صوتی قابل شنیدن می‌گردد. لذا دنبال ساختارهایی هستیم که بتواند طیف وسیعی از سرعت را داشته باشد و همچنین اثرات مربوط به گشتاور پالسی را به حداقل برساند و کنترل مناسب سرعت و راندمان روی ساختار انتخاب شده قابل پیاده‌سازی باشد. تلاشهایی برای ساخت این درایوها صورت گرفته است و روشهای متفاوتی از PWM برای این موتور پیاده‌سازی شده است اما بیشترین کاربرد مربوط به PWM سینوسی و تکنیک‌های PWM مبتنی

بر کنترل برداری می‌باشد [۷]-[۱۱].

۲- شرح مقاله

در کاربردهای کم‌توان (کمتر از یک اسب)، بیشتر موتورهای القایی دو فاز (تکفاز) مورد استفاده قرار می‌گیرد. این گونه موتورها دارای ساختار روتور ساده هستند و نیاز به هیچگونه جاروبکی ندارند. به همین دلیل این موتورها با دوام‌تر از موتورهای با جاروبک می‌باشند. دمای روتور این موتورها به دلیل آن که از یک قفسه ساده و از ورقه‌های مغناطیسی تشکیل شده است، در حد قابل قبول می‌باشد. اما محدودیت عملکرد موتورهای تکفاز در سرعت‌های پایین است و متناسب با نوع موتور دارای عملکرد متفاوتی از گشتاور می‌باشیم. در موتورهای تکفاز القایی میدان گردان در سیم‌پیچ به وجود نمی‌آید و نهایتاً گشتاوری نیز تولید نمی‌شود. مشکل میدان گردان موتورهای تکفاز توسط روشهای گوناگونی مرتفع شده است. یکی از این روشها استفاده از موتورهای قطب شکسته^۱ است. روش دیگر بوجود آوردن میدان گردان با استفاده از دو سیم‌پیچ الکتریکی است که اغلب امپدانس آنها یکسان نمی‌باشد. یکی از این سیم‌پیچها دارای امپدانس کوچکتری است که به عنوان سیم‌پیچ دائمی و یا اولیه می‌باشد، سیم‌پیچ دیگر که دارای امپدانس بزرگتری است موسوم به سیم‌پیچ ثانویه و یا کمکی است. این گونه موتورها^۲ به سه دسته تقسیم می‌شوند: الف- موتورهای دو سیم‌پیچ که دارای یک سوئیچ گریز از مرکز و یک

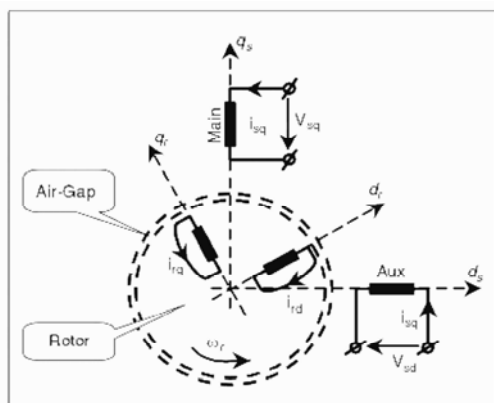
د- روش دیگر، حذف خازن و استفاده از یک موتور القایی سه فاز به عنوان یک موتور TPIM با سرعت متغیر می باشد که به آن موتور دو فاز نامتقارن بدون خازن یا ^yCLM گویند. برای بهبود بازده این گونه موتورها نیاز به یک ولتاژ کمکی بزرگتر از ولتاژ نامی است و در واقع در بسیاری از تحقیقات و مقالات این محدودیت را نمی پذیرند و از این نوع موتورها صرف نظر می کنند. اما نکته داشتن خازن در مدار ممکن است مزیت محسوب شود. چون با وجود راکتانس بالا در فرکانس پایین، وجود خازن دائمی کمک می کند تا از نیاز به ولتاژ بالاتر در دو سر سیم پیچ کمکی اجتناب شود. افزایش راکتانس خازنی در فرکانس های پایین بطور جزئی خاصیت جبران کنندگی دارد.



شکل (۱): موتور دو فاز با خازن دائمی
(a) تغذیه (b) دیاگرام برداری

۳- مدل های تحلیل TPIM

تکنیک کلاسیک برای مدل کردن PSCM روش و تئوری میدان گردان می باشد که امروزه نیز عمومیت دارد. اگرچه این مدل برای بیان کردن شرایط دینامیکی مناسب نمی باشد. تئوری دستگاه مرجع برای تحلیل موتور TPIM نامتقارن دارای مزیت هایی است و مورد استفاده قرار می گیرد. جداسازی خازن ac از TPIM کمک می کند تا توپولوژی های متفاوتی را برای درایو ac داشته باشیم. در شکل (۲) روتور بوسیله دو حلقه اتصال کوتاه شده نشان داده شده است. جهت محورها برای هر کدام از سیم پیچ ها متناسب با جهت مغناطیسی سیم پیچ ها است.



شکل (۲): TPIM در دستگاه d-q

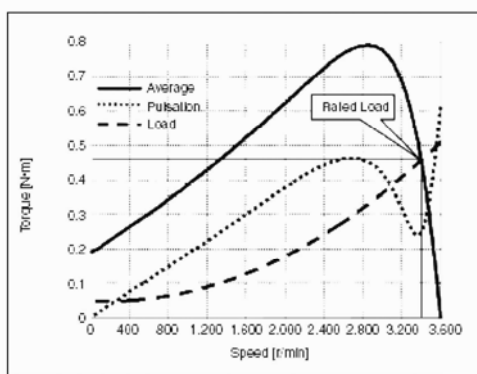
جفت ترمینال ورودی می باشد و معمولا برای فن ها و دمنده ها از این گونه موتورها استفاده می شود. در لحظه استارت هر دو سیم پیچ بصورت موازی بسته می شوند و در نزدیکی سرعت نامی کلید گریز مرکز، سیم پیچ استارت را از مدار خارج می کند. هنگامی که سرعت موتور به میزان دلخواه رسید، موتور می تواند بدون سیم پیچ استارت نیز به کار خود ادامه دهد. این نوع موتورها در خلال راه اندازی بازدهی خوبی ندارند.

ب- در این نوع موتورها کلید گریز از مرکز به همراه خازن با سیم پیچ استارت سری شده است و خازن اختلاف فاز مورد نیاز را بوجود می آورد که خود باعث بوجود آمدن گشتاور راه اندازی و کاهش ریپل گشتاور و کم کردن جریان راه اندازی می شود و هنگامی که موتور به سرعت نامی نزدیک شد کلید گریز از مرکز خازن (و سیم پیچ کمکی) را از مدار خارج می کند. این گونه موتورها به موتورهای دارای خازن راه انداز معروف هستند.^۳

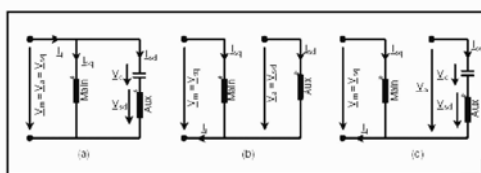
ج- این موتور دیگر نیازی به کلید گریز از مرکز ندارد ولی کماکان دارای خازن سری شده با سیم پیچ کمکی است. به عبارت دیگر سیم پیچ ثانویه (کمکی) پس از راه اندازی از مدار خارج نمی شود. این گونه موتورها به موتورهای دارای خازن دائم مشهورند که به آنها اصطلاحاً PSCM^۴ می گویند و بهترین نوع از سری خانواده Split Phase می باشند. موتورهای با خازن دائمی دارای بهترین عملکرد گشتاور در محدوده عملکرد سرعت می باشند. اغلب این موتور را به عنوان یک موتور تکفاز می شناسند. این موتور ویژه، در گذشته برای سرعت های ثابت طراحی می شد و از یک شبکه تکفاز تغذیه می گردید. در واقع این موتور یک موتور دو فاز نامتقارن می باشد و شامل یک خازن ac است شکل [۱(a)] و می توان آنرا در زمره خانواده TPIM^۵ قرار داد. تعداد حلقه های سیم پیچ کمکی از تعداد حلقه های سیم پیچ اصلی بیشتر می باشد و لذا به ولتاژ تغذیه بزرگتری نیاز دارد. اختلاف فازی که توسط خازن ac بوجود آمده است باعث می شود که جریان های جاری شده در سیم پیچ ها دارای اختلاف فاز ۹۰ درجه باشند و باعث بوجود آمدن میدان گردان در فاصله هوایی می شوند شکل [۱(b)]. بالا بودن ولتاژ دو سر خازن و کاهش جریان سیم پیچ کمکی باعث می شود تا خازن ac مورد نیاز ارزانتر شود. با انتخاب مناسب خازن، نیروی محرکه الکترومغناطیسی برای هر کدام از سیم پیچ ها برابر فرض می شوند و گشتاورهای پالسی ناشی از عدم تقارن سیم پیچ ها از بین می روند. اما مقدار بهینه خازن بشدت به بار بستگی دارد. بنابراین مشکل گشتاور پالسی یک مسئله همیشگی برای PSCM می باشد. PSCM ها وقتی در فرکانس پایین کار می کنند دارای مشکلات جدی نظیر گرما، کاهش گشتاور و پالس گشتاور بالا می باشند.

تأثیر سیم پیچ کمکی می‌گردد، مناسب نیست و موتور دوفاز به یک موتور تک فاز تبدیل می‌گردد. بنابراین گشتاور پالسی به هنگام کم بودن فرکانس، افزایش پیدا می‌کند که خود باعث لرزش و نهایتاً افزایش سروصدای موتور می‌گردد و در سرعت‌های پایین خطر گرم شدن بیش از حد موتور وجود دارد. گشتاور راه‌اندازی کوچک است و در فرکانس‌های پایین نزدیک به صفر می‌باشد.

اگر تقارن فازها را بهم بزیم و کاری کنیم که ولتاژ کمکی n برابر ولتاژ منبع اصلی باشد با موتور بدون خازن شکل [۴(b)] می‌توان به عملکرد بهتری دست یافت. عملکرد این موتور (CLM) در شکل (۵) با خطوط گسسته توپر به نمایش در آمده است و قابل مقایسه با موتور سه فاز می‌باشد. می‌توان نتیجه گرفت که بازده موتور افزایش و نتیجتاً تلفات توان کاهش یافته است و تقریباً گشتاور پالسی وجود ندارد و گشتاور راه‌اندازی به شدت ارتقاء افزایش یافته است. اگر اندازه ولتاژ کمکی در شکل [۴(c)] ماکزیمم باشد لغزش و مجموع جریان بهبود می‌یابد اما در سایر مشخصه‌ها شبیه به آنچه در شکل [۴(a)] دیدیم، می‌باشد. این موتور در شکل (۵) بصورت خطوط پیوسته مشاهده می‌شود. در نتیجه بهترین راه‌حل برای تغذیه یک TPIM حذف کردن خازن می‌باشد.



شکل (۳): متوسط گشتاور بار و ماکزیمم گشتاور پالسی



شکل (۴): سه روش برای تغذیه TPIM

در حالت عملکرد دائمی گشتاور الکترومغناطیسی شامل دو ترم می‌باشد. گشتاور متوسط و گشتاور پالسی^۱ در شکل (۳) مشخصه گشتاور-بار برای PSCM تغذیه شده بر اساس شکل [۱(a)] ترسیم شده است. نقطه کار از برخورد بین منحنی بار و گشتاور متوسط بدست می‌آید. در این موتور مقدار گشتاور پالسی در بار نامی غیرصفر است و انتخاب خازن دائمی باید بر اساس مصالحه‌ای بین حالت راه‌اندازی و حالت دائمی صورت پذیرد.

۴- منبع فرکانس متغیر

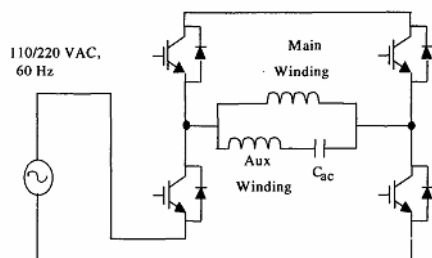
در مورد درایوهای ac اهداف زیر مد نظر می‌باشد:

- کاربرد موتور القایی دو فاز (تکفاز) در سرعت‌های متغیر
- به حداقل رساندن گشتاور پالسی
- تلاش برای بدست آوردن تغییرات بزرگ سرعت شافت در بارهای متفاوت.
- نگه داشتن لغزش در محدوده قابل قبول.

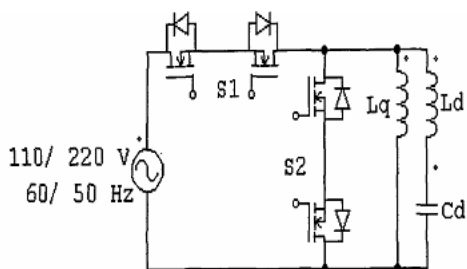
شکل (۴) سه روش متفاوت را برای تغذیه این موتور نشان می‌دهد ولتاژی که در دو سر سیم پیچ‌ها می‌افتد V_{sq} و V_{sd} می‌باشد که از منبع تغذیه اصلی V_m و منبع تغذیه کمکی V_a تغذیه می‌شوند. برای این که تجزیه و تحلیل آسانتر و عام‌تر باشد تغذیه سیم پیچ موتورها به این صورت تعریف شده است. بسته به این که از خازن در سیم پیچ کمکی استفاده شده باشد یا نه برای تغذیه از یک منبع تکفاز یا دو فاز استفاده می‌شود. در هر سه شکل، ولتاژ دو سر سیم پیچ اصلی V_{sq} است که همواره برابر V_m (ولتاژ تغذیه اصلی) می‌باشد. اما ولتاژ دو سر سیم پیچ کمکی هنگامی برابر V_a خواهد بود که خازن در مدار نباشد و در صورتی که خازن در مدار باشد ولتاژ دو سر سیم پیچ کمکی V_{sd} برابر با V_a نخواهد بود. ساده‌ترین راه تغذیه در شکل [۴(a)] نمایش داده شده است. که هر دو سیم پیچ اصلی و کمکی از یک منبع یکسان تغذیه می‌شوند و خازن دائمی با سیم پیچ کمکی سری شده است. تکنیک پیشرفته در شکل [۴(b)] به نمایش در آمده است. یعنی خازن دائمی حذف شده و منبع تغذیه بین دو سیم پیچ اختلاف فاز ۹۰ درجه را به وجود می‌آورد. در این شکل اندازه ولتاژ کمکی n برابر بزرگتر از اندازه ولتاژ اصلی می‌باشد. روش شکل [۴(c)] تقریباً شبیه روش ذکر شده برای شکل [۴(a)] می‌باشد، ولتاژهای منبع هم‌فازند اما اندازه ولتاژ کمکی در اندازه نامی باقی می‌ماند و راکتانس جبران‌کننده خازن دائمی در فرکانس‌های پایین افزایش پیدا می‌کند. مقایسه بین این سه روش در شکل (۵) به نمایش در آمده است. برای هر سه دسته نسبت بین ولتاژ منبع اصلی و فرکانس در تمامی رنج‌ها ثابت نگه داشته شده و برابر (115/60) می‌باشد. پروفایل بار در شکل (۳) با خطوط گسسته توپر به نمایش در آمده است. استراتژی volt/Hertz (v/f) گر چه روش مناسبی برای کنترل موتورهایی تکفاز نیست اما برای مقایسه سه روش فوق خوب است. تغذیه به روش شکل [۴(a)] بدلیل این که در فرکانس‌های پایین راکتانس خازن افزایش پیدا کرده و باعث کم کردن

الف- چایر تکفاز ac/ac

با استفاده از تریاک و یا دو تایریستور که پشت به پشت بسته شده‌اند، می‌توان ولتاژ موثر موتور را کنترل کرد و آن را برای کنترل سرعت متغیر یک موتور القایی بکار برد. برای پایین آوردن هارمونیک‌ها از توپولوژیهای نشان داده شده در شکل (۶) و (۷) استفاده می‌شود. این راه‌حل استفاده از IGBT را پیشنهاد می‌کند که فقط برای موتورهای PSC^۱ مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این مدار نیاز به خازن گران قیمت dc وجود ندارد ولی برای جلوگیری از ضربه‌های ولتاژ، می‌توان یک خازن ac کوچک را با منبع سری کرد و ممکن است برای حفاظت المان‌ها و تجهیزات نیاز به مدار اسنابر باشد. با روشهای گوناگون PWM می‌توان ضریب توان را نیز بهبود بخشید.



شکل (۶): کنترل موتور PSC با استفاده از یک کانورتر باک ac/ac



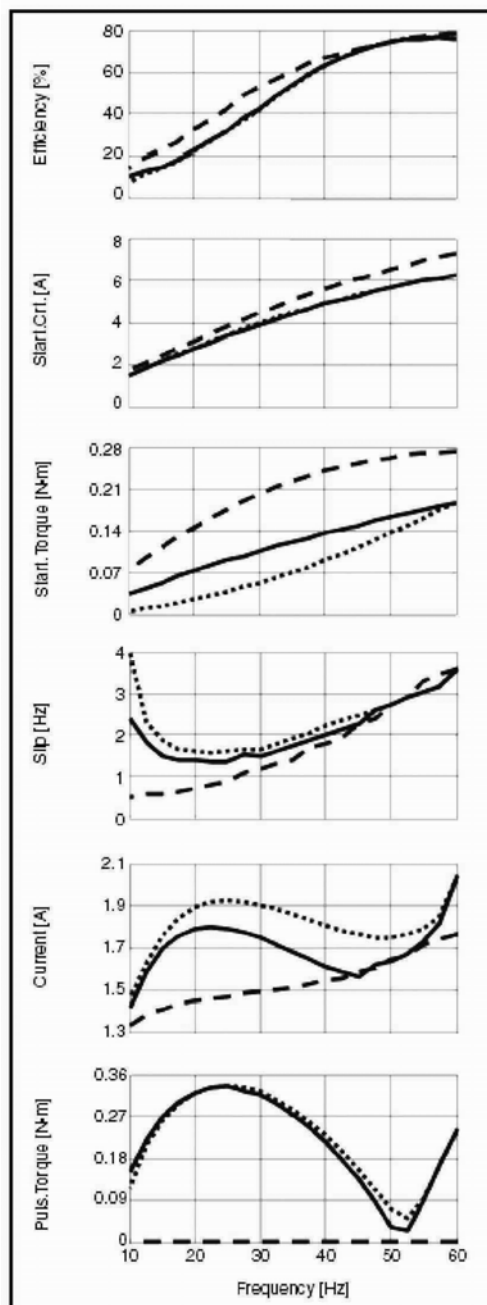
شکل (۷): کانورتر AC/AC

ب- سیکلو کانورتر تکفاز ac/ac [۳]-[۶]

تصویری که در شکل (۸) آمده است عملاً بسط همان شکل قبلی است. شکل (۷) و ولتاژ ac مستقیماً به فرکانس و ولتاژ قابل کنترل ac تبدیل می‌شود. در این شکل نیز نیازی به خازن باس DC وجود ندارد و در این مورد گشتاور و جریان موتور بهتر از موارد قبلی کنترل می‌شود. از معایب آن می‌توان به اضافه شدن ۱۲ دیود و همچنین مشکلات مربوط به بازدهی در محدوده سرعت‌های کم نام برد [۶] و موتور نمی‌تواند در سرعت بالای نامی کار کند. استفاده از درایو چایر DC [۶] نیز در شکل (۹) به نمایش در آمده است.

پ- درایو اینورتر PWM با پل کامل تکفاز

در شکل (۱۰) یک یکسوکننده کامل دایودی به همراه یک اینورتر پل کامل IGBT مورد استفاده قرار گرفته است. خازن dc مورد استفاده قرار گرفته تا توان راکتیو مورد نیاز موتور را نیز تامین کند. در این توپولوژی ولتاژ موتور به راحتی تحت کنترل درمی‌آید.

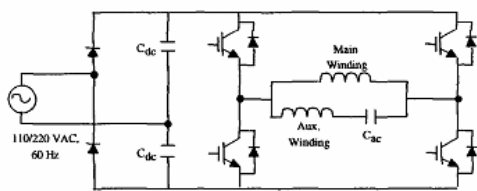


شکل (۵): مقایسه بین روشهای گوناگون تغذیه موتور TPIM با $(v/f)=cte$: خطوط نقطه‌چین برای PSCM از شکل [۴(a)]. خطوط گسسته توپر برای CLM از شکل [۴(b)]. خطوط پیوسته برای PSCM شکل [۴(c)]

۵- توپولوژیهای الکترونیک قدرت

بهترین توپولوژی عملی باید دارای مشخصات زیر باشد:

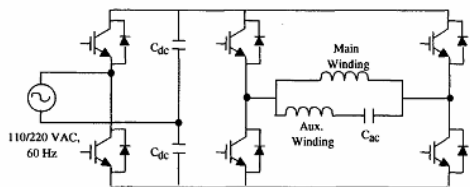
- هزینه اجرایی کمی داشته باشد.
- کنترل آن آسان باشد.
- مدار کنترل و قدرت آن ساده باشد.
- طول عمر آن زیاد باشد.



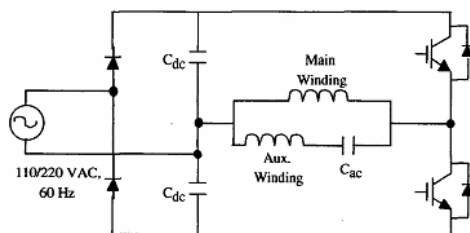
شکل (۱۱): اینورتر PWM تکفاز با یکسوکننده نیم‌موج

ج- یکسوکننده نیم‌موج به همراه اینورتر PWM نیم‌پل این توپولوژی در شکل (۱۳) نشان داده شده است. یک یکسوکننده نیم‌موج مورد استفاده قرار گرفته است. اگرچه باید دقت کرد تعادل نقطه میانی باس DC حفظ شود. در این مدار فقط دو IGBT و دو دیود بکار رفته است.

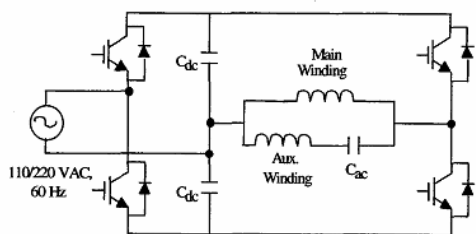
چ- یکسوکننده نیم‌موج کنترل شده به همراه اینورتر PWM نیم‌پل این توپولوژی تعمیم شکل قبلی است. یعنی بجای دیودها دو IGBT دیگر بکار گرفته شده است. یکسوکننده نیم‌پل کنترل شونده به همراه سوئیچ‌های دست راست مدار باعث می‌شوند تا ولتاژ قابل تنظیمی در دو سر موتور قرار گیرد. ایراد این مدار همان ایراد مدار نیم‌پل قبلی است و این اشکال همان بالانس نگهداشتن نقطه میانی باس DC است.



شکل (۱۲): اینورتر PWM تکفاز با یکسوکننده نیمه‌کنترل شونده



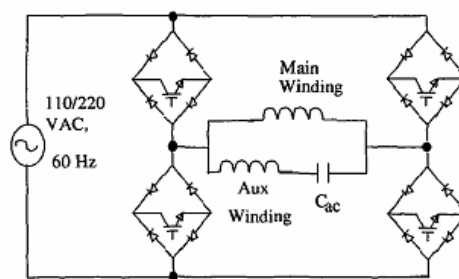
شکل (۱۳): اینورتر PWM تکفاز با یکسوکننده نیمه‌غیر قابل کنترل



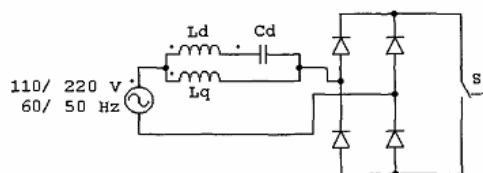
شکل (۱۴): اینورتر PWM تکفاز با یکسوکننده نیمه‌کنترل شونده

ت- اینورتر PWM کامل به همراه یکسوکننده نیم‌موج توپولوژی مدار در شکل (۱۱) نشان داده شده است و این شکل شبیه مدار است که در شکل (۱۰) به نمایش در آمد. با این تفاوت که در این مدار دو دیود کمتر استفاده شده است تا همان ریبیل ولتاژ مدار قبلی استحصال شود. در این دو شکل دو روش برای کنترل سوئیچ‌های اینورتر وجود دارد. روش اول استفاده به عنوان یک اینورتر پل تکفاز است که ماکزیمم ولتاژ موتور برابر با ولتاژ خروجی یکسوکننده ac ورودی است. روش دوم عملکرد به صورت یک اینورتر نیم‌موج می‌باشد که یکی از دو سوئیچ در یکی از ساقها در ۵۰٪ زمان وظیفه، مانند یک نقطه میانی برای باس DC ایفای نقش می‌کند. در این روش ماکزیمم ولتاژ موتور نصف ولتاژ خروجی یکسوکننده ورودی منبع می‌باشد و امکان کاهش گشتاور پالسی فراهم می‌آید.

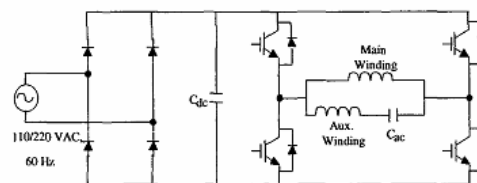
ث- اینورتر PWM کامل به همراه یکسوکننده قابل کنترل توپولوژی این مدار که در شکل ۱۲ نشان داده شده است تعمیم شکل (۱۱) می‌باشد. این مدار تمامی مزایای شکل قبلی به همراه چند مزیت دیگر را دارد. برای یکسوکننده از IGBT استفاده شده است تا جریان منبع راتحت کنترل درآورد. در این توپولوژی میزان اعوجاج هارمونیک (THD) کاهش می‌یابد و همچنین ضریب قدرت افزایش پیدا می‌کند. این درایو برای رنج وسیعی از سرعت کاربرد دارد و در هر دو جهت مستقیم و معکوس کار می‌کند و ضریب توان آن نزدیک به یک می‌باشد.



شکل (۸): سیکلوانورتر تکفاز ac/ac



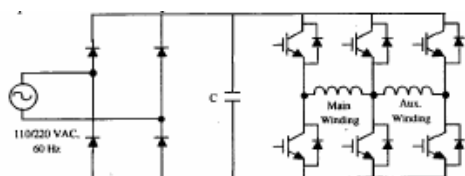
شکل (۹): چاپر DC



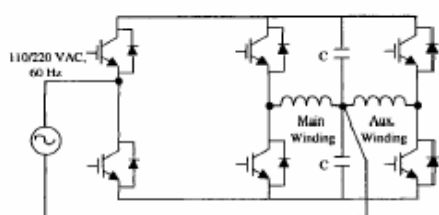
شکل (۱۰): اینورتر PWM تکفاز با یکسوکننده پل کامل

د- اینورتر PWM دو فاز با یکسوکننده قابل کنترل

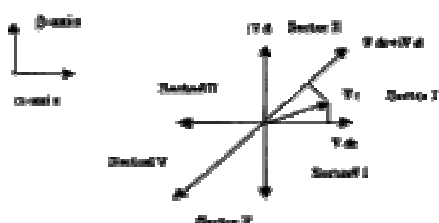
همانطور که در شکل (۱۸) نشان داده شده است می توان جریان منبع و ضریب توان منبع و THD را با استفاده از IGBT به جای دایود، تحت کنترل درآورد و در این توپولوژی می توان از SVPWM استفاده کرد. در این اینورتر می توان از چهار بردار فضایی استفاده کرد و نیازی به بردار ولتاژ صفر نمی باشد.



شکل (۱۷): اینورتر PWM پل کامل دو فاز



شکل (۱۸): اینورتر PWM دو فاز با یکسوکننده قابل کنترل



شکل (۱۹): بردارهای مبنای غیرمساوی (شش بردار غیرصفر و دو بردار صفر) بردارها جهت تولید بردار فضایی

۶- مقایسه

در جدول شماره (۱) توپولوژیهای گوناگون از نظر تعداد قطعات مصرفی، اندازه خازن لینک dc، ضریب توان، محدوده سرعت، عملکرد، قیمت، پیچیدگی مدار کنترل و بازده با یکدیگر مقایسه شده اند و می توان گفت که توپولوژیهایی که دارای دو مسیر مستقل جریان کنترل شونده هستند بهترین گزینه ها هستند اگر چه دارای تعداد زیادی از عناصر می باشند.

۷- نتایج

موتورهای القایی تکفاز هنگامی که توسط منابع تغذیه با فرکانس متغیر استفاده شوند دارای نتایج رضایت بخشی می باشد و می توانند به راحتی کنترل دور شوند. روشهای دیگر کنترل سرعت نظیر کنترل اندازه ولتاژ در محدوده وسیعی از سرعت جواب نمی دهند. (نسبت به کنترل فرکانس). روشهای کنترلی برای عملکرد بالای موتور القایی تکفاز با توپولوژیهای گوناگون و کانورترهای مختلف، ترکیب می شوند. در این

ح- اینورتر PWM تمام پل دو فاز

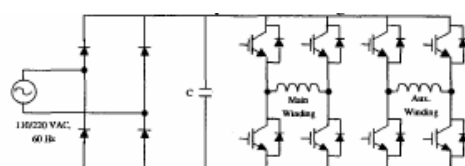
در این ترکیب که در شکل (۱۵) نشان داده شده است یک درایو اینورتر دو فاز ارائه شده است و یک پل H برای تغذیه هر کدام از سیم پیچ ها وجود دارد که می تواند مستقل از یکدیگر کنترل شوند. بنابراین کنترل دقیق سرعت و گشتاور امکان پذیر است و با این توپولوژی بکارگیری کنترل برداری^{۱۱} امکان پذیر است. باید توجه داشت که در این مدار ۸ سوئیچ بکار رفته است (عیب) اگر چه دیگر نیازی به خازن ac در موتور القایی تکفاز نیست ولی هر کدام از سیم پیچ های اصلی و کمکی به صورت مجزا تغذیه می شوند.

خ- اینورتر PWM نیم پل دو فاز

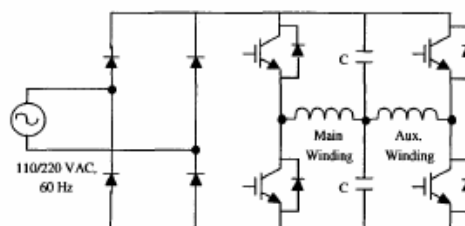
این مدار همان نمونه نیم پل مدار قبلی است و در شکل (۱۶) به نمایش درآمده است. در این مدار فقط از ۴ سوئیچ استفاده شده است (مزیت) ولتاژی که دو سر سیم پیچ موتور قرار می گیرد نصف ولتاژ باس DC است و این بدان معنی است که موتور تحت ولتاژی کمتر از نصف مقدار نامی کار می کند.

د- اینورتر PWM پل کامل دو فاز

همانطور که از شکل (۱۷) قابل مشاهده است در این توپولوژی از ۶ ماژول IGBT استفاده شده است و این توپولوژی برای موتور دو فاز می باشد. در این شکل نیازی به مقسم باس DC نیست. اگر چه هنوز مشکل مدار پیش پابرجا می باشد یعنی ولتاژ موتور نصف ولتاژ ورودی یکسو شده می باشد. یک روش PWM خاص نیاز است که بکار گرفته شود تا حداکثر امکان استفاده از ولتاژ خروجی دو امکان پذیر گردد. (متعادل یا نامتعادل). ۸ بردار فضایی برای SVPWM^{۱۱} در شکل (۱۹) بکار گرفته شده است دو عدد از این بردارها، بردارهای صفر و چهار بردار با یکدیگر برابر و دو بردار دیگر با هم متفاوت می باشند. تکنیک هیستریزس جریان نیز با موفقیت مورد استفاده قرار گرفته است.



شکل (۱۵): اینورتر PWM پل کامل دو فاز



شکل (۱۶): اینورتر PWM نیم پل دو فاز

مقاله، محاسن و معایب توپولوژیهای گوناگون اینورترهای مورد استفاده **بی‌نوشت:**

در تغذیه موتورهای القایی تکفاز مورد بحث قرار گرفت.

- 1- Shaded- Pole
- 2- Split- Phase
- 3- Start- Capacitor
- 4- Permanent Split Capacitor Motor
- 5- Two Phase Induction Motor
- 6- Rotating Field
- 7- Capacitor Less Motor
- 8- Torque Pulse
- 9- Permanent Split Capacitor
- 10- Field Oriented Control
- 11- SpaceVector PWM

جدول شماره (۱): مقایسه کانورترهای مختلف

| اینورتر PWM دو فاز | | | | اینورتر PWM تکفاز | | | | | | سیکلوکانورتر | | چاپر AC/AC | مشخصات |
|--------------------|--------------|----------------|------------|-----------------------|-------------|-----------------------|--------------|----------------|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|
| نامتقارن | | مقارن | | اینورتر پل کامل | | | | اینورتر نیم‌پل | | غیرمعمول | معمول | | |
| | | | | ولتاژ لینک DC نامی | | ولتاژ لینک DC دوبل | | | | | | | |
| 6S+ 8Ds | 4S+ 8Ds | 8S+ 10D | 6S+ 10D | 6S+ 8Ds | 4S+ 8Ds | 6S+ 6D | 4S+ 6D | 4S+ 4Ds | 2S+ 4Ds | 1S+ 4Ds | 4S+ 16Ds | 4S+ 4Ds | تعداد المانها |
| خیلی بزرگ | خیلی بزرگ | بزرگ | بزرگ | بزرگ | بزرگ | خیلی بزرگ | خیلی بزرگ | خیلی بزرگ | خیلی بزرگ | استفاده نشده | استفاده نشده | استفاده نشده | خازن لینک dc |
| عالی | خوب | عالی | خوب | عالی | خوب | عالی | خوب | عالی | خوب | خوب | خوب | خوب | ضریب توان |
| وسیع | وسیع | وسیع | وسیع | وسیع | وسیع | وسیع | وسیع | وسیع | وسیع | متوسط | متوسط | خیلی کوچک | محدوده سرعت |
| عالی | عالی | عالی | عالی | خیلی خوب | خیلی خوب | خیلی خوب | خیلی خوب | خیلی خوب | خیلی خوب | ضعیف | خوب | خوب | عملکرد |
| بالاترین | بالا | بالاترین | بالا | بالا | متوسط | بالا | متوسط | بالا | متوسط | کمترین | پایین | پایین | قیمت |
| خیلی پیچیده | پیچیده | خیلی پیچیده | پیچیده | پیچیده | متوسط | پیچیده | متوسط | پیچیده | متوسط | ساده ترین | متوسط | ساده | پیچیدگی کنترل |
| بالاترین | بالاترین | بالاترین | بالاترین | بالا | بالا | بالا | بالا | بالا | بالا | پایین | بالا | ؟ | بازده |

مراجع

- [1] F.Blaabjerg, K.Lungeanu, K.Skaug, M.Tonnes, "Two-phase induction motor drives", IEEE Ind. Appl. Mag., July/Aug, 2004
- [2] Ali S.Ba-thunya, R.Khopkar, K.Wei, H.A.Toliyat, "Single phase induction motor drives", Literature Survey in Conf. Rec., pp.911-916, 2001.
- [3] A.Khoei, S.Yuvarajan, "Steady state performance of a single phase induction motor fed by a direct ac-ac converter", Proceedings of IEEE Conference, pp.128-132, 1989.
- [4] M.B. Uddin, M.Akhtar, M.Rezwan Khan, M.A.Choudhury, M.A.Rahman", Phase Shifting by Static PWM Cyclo inverters for Starting Single Phase Induction Motors", Proceeding of the PCC-Yokohama, 1993, pp-532-53.
- [5] A.Julian, R.Wallace, P.K.Sood, "Multi-speed control of single phase induction motors for blower application", IEEE Trans. Pow. Elec., Vol.10, No.1, Jan.1995.
- [6] A.A.M. Makky, G.M.Abdel-Rahim, N.Abd El-Latif, "A novel DC chopper drive for a single phase induction motor", IEEE Trans. on Ind. Elect., Vol.42, No.1, Feb. 1995.
- [7] D.Jang, D.Yoon, "Space vector PWM technique for two-phase inverter-fed single-phase induction motors," Proceedings of IEEE Conference, pp.47-53, 1999.
- [8] D.Jang, G.Ch.Kim, J.Won, "Phase-difference control of 2-Phase Inverter-fed", Proceeding IEEE Conf., pp.571-578, 1989.

رزومه



- غلامرضا عرب مارگده در سال ۱۳۵۳ در شهرکرد متولد شده و دوره کارشناسی خود را در رشته مهندسی برق الکترونیک دانشگاه صنعتی اصفهان در سال ۱۳۷۵ و دوره کارشناسی ارشد و دکتری را در همان دانشگاه به ترتیب در سالهای ۱۳۷۷ و ۱۳۸۴ اخذ نمود و در حال حاضر به عنوان استادیار دانشکده فنی دانشگاه شهرکرد مشغول به کار می باشد. زمینه تحقیقاتی ایشان درایوهای الکتریکی، الکترونیک صنعتی و سیستمهای کنترل غیرخطی می باشد.



- ایوب باباسالاری در شهرستان کازرون متولد شده و مدرک کارشناسی خود را در رشته مهندسی برق قدرت دانشگاه صنعتی اصفهان اخذ نمود. از سال ۱۳۷۸ در شرکت ملی صنایع مس ایران مشغول به کار بوده و در حال حاضر به عنوان دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد مشغول به تحصیل می باشد.