



روش جدید کنترل برداری موتور القایی سه فاز با عملکرد بی وقفه در خطای قطعی فاز با مبدل ماتریسی

احسان رسولی علیرضا جلیلیان

Email: Erasooli@ee.iust.ac.ir

Email: Jalilian@iust.ac.ir

قطب علمی اتوماسیون و بهره برداری سیستم های قدرت

دانشکده مهندسی برق دانشگاه علم و صنعت ایران

ایران

واژه های کلیدی: کنترل برداری، موتور القایی، مبدل ماتریسی، خطای تکفاز

چکیده

این مقاله روش کنترلی جدیدی برای مبدل ماتریسی مورد استفاده در کنترل برداری موتور القایی سه فاز ارائه می دهد. ویژگی روش جدید قابلیت عملکرد بدون وقفه، در مقابل خطاهایی می باشد، که موجب عدم استفاده از یکی از فازهای موتور القایی می شود. در این شرایط الگوی کلیدزنی مبدل ماتریسی باید بگونه ای تغییر کند که میدان مغناطیسی گردشی موتور در شرایط خطا بدون تغییر باقی بماند. این روش نیازی به تغییرات در توابع کنترلی مبدل ماتریسی ندارد و با اعمال اصلاحات جزئی در کنترل برداری، امکان ادامه عملکرد موتور القایی تحت خطای قطعی تکفاز بوجود می آورد. این مقاله ضمن بررسی شرایط موتور القایی و مبدل پس وقوع خطا و نحوه اصلاح پارامترهای موتور و ساختار مبدل ماتریسی برای

حصول شرایط قبل از خطا، روش جدیدی را برای کنترل مبدل ماتریسی پیشنهاد می دهد. این روش ترکیبی از روش مدولاسیون برداری و باندهای هیستریزیس می باشد. نتایج این روش با شبیه سازی در محیط نرم افزار Matlab بدست آمده است. تحلیل نتایج، اعتبار و صحت روش را تأیید می کند.

۱. مقدمه

هرچند طراحی محرک موتور القایی بصورت کامل در مقالات مختلف مورد بحث قرار گرفته ولی بهبود عملکرد و قابلیت اطمینان محرک هنوز هم جزء مسائل مهم مورد بررسی می باشد. یکی از روش های نوین کنترل موتورهای القایی، روش کنترل برداری است. در این روش موتور القایی مشابه موتور dc تحریک مستقل با تنظیم جریان میدان (جریان در

بیست و چهارمین کنفرانس بین‌المللی برق

مربوط به خود موتور، مانند قطعی هادی یک فاز موتور اتصال کوتاه حلقه‌به‌حلقه یا اتصال بدنه و یا مربوط به محرک، مانند سوختن کلیدهای قدرت مربوط به یک فاز خروجی مبدل ماتریسی باشد، که باعث عدم بهره‌برداری از فاز مذکور می‌شود.

مسئله دیگری که باید بررسی گردد اصلاح الگوی کلیدزنی در شرایط خطا می‌باشد. این مقاله روش کنترلی جدیدی براساس ترکیب دو روش کنترلی مهم ارائه می‌دهد که بدون نیاز به تغییرات اساسی و با اصلاحات جزئی قادر به ادامه عملکرد در شرایط خطا می‌باشد. روش‌های زیادی برای کنترل مبدل ماتریسی ارائه شده است. اولین روش توسط آلسینا و ونچورینی ضمن معرفی ساختار مبدل ماتریسی ارائه شد، نسبت تبدیل ولتاژ خروجی به ورودی به ۵۰٪ محدود می‌شد [۵]. روش معروف دیگر برای کنترل مبدل ماتریسی یک روش گرافیکی تحت عنوان روش مدولاسیون برداری غیرمستقیم می‌باشد [۶]. این روش در اصل کاربرد روش معروف مدولاسیون برداری اینورتر منبع ولتاژ (SVM)، در مبدل ماتریسی می‌باشد که ابتدا فقط برای کنترل ولتاژ خروجی ارائه شد ولی با توسعه این روش امکان کنترل کامل ضریب توان ورودی و ولتاژ خروجی فراهم شد [۷، ۸]. برخی مراجع ترکیب روش‌های فوق برای استفاده همزمان از مزایای آنها ارائه می‌دهند [۹]. در اینجا ترکیب روش مدولاسیون برداری و روش باندهیستریزاس ارائه شده است.

۲. بررسی عملکرد موتور القایی سه‌فاز در شرایط

بروز قطعی تکفاز

معادلات اساسی موتور القایی در سیستم سه‌فاز abc بصورت روابط (۱) و (۲) می‌باشد [۱۰].

$$\begin{aligned} v_{as} &= r_s \cdot i_{as} + \frac{d\lambda_{as}}{dt}, & 0 &= r_r \cdot i_{ar} + \frac{d\lambda_{ar}}{dt} \\ v_{bs} &= r_s \cdot i_{bs} + \frac{d\lambda_{bs}}{dt}, & 0 &= r_r \cdot i_{br} + \frac{d\lambda_{br}}{dt} \\ v_{cs} &= r_s \cdot i_{cs} + \frac{d\lambda_{cs}}{dt}, & 0 &= r_r \cdot i_{cr} + \frac{d\lambda_{cr}}{dt} \end{aligned} \quad (1)$$

راستای محور مستقیم) و جریان آر میچر (جریان در راستای محور متعامد) کنترل می‌شود. جهت تنظیم این جریان‌ها نیاز به منبع ولتاژ متناوب با دامنه و فرکانس متغیر می‌باشد. شبکه‌های قدرت معمولاً توان متناوب با فرکانس و ولتاژ ثابت ارائه می‌دهند، بنابراین نیاز به مبدلی برای تغییر فرکانس و ولتاژ ضروری می‌باشد.

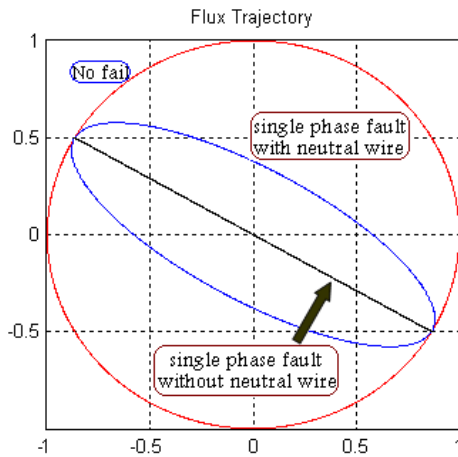
روش‌های زیادی برای ایجاد ولتاژ ac متغیر وجود دارد که عمدتاً از مبدل‌های غیرمستقیم (ac-dc-ac) استفاده می‌کنند [۱]. این مبدل‌ها ابتدا ولتاژ شبکه را به ولتاژ مستقیم و سپس ولتاژ مستقیم را توسط اینورتر به ولتاژ مطلوب تبدیل می‌کنند. مشکل اساسی این روش نیاز به عناصر ذخیره‌کننده انرژی بعنوان فیلتر در قسمت dc است، که باعث افزایش حجم و وزن و قیمت محرک می‌شود. همچنین نیاز به اعمال کنترل جداگانه برای قسمت‌های یکسوساز و اینورتر می‌باشد. در محرک‌های جدید موتور القایی، عموماً از مبدل‌های ماتریسی استفاده می‌شود [۲]. این مبدل‌ها ولتاژ شبکه را بصورت مستقیم به ولتاژ مورد نیاز جهت کنترل موتور تبدیل می‌کنند.

مبدل ماتریسی بدلیل حذف قسمت dc مشکلات مربوط به مبدل‌های غیرمستقیم را ندارد و از این نظر مورد توجه طراحان می‌باشد. ولی با وجود این مزایا، مسائلی نظیر افزایش تعداد کلیدهای قدرت، پیچیدگی الگوریتم‌های کنترلی و مشکلات حفاظت در برابر اضافه ولتاژ باعث محدودیت استفاده گسترده از این مبدل‌ها در کاربردهای صنعتی شده است [۳]. در نتیجه حوزه کاربرد آنها بیشتر در تجهیزات فضایی و دریایی، خودروهای الکتریکی و صنایع نظامی مدنظر می‌باشد، که کاهش حجم و وزن نسبت به پیچیدگی و هزینه در درجه اهمیت بیشتری قرار دارد [۴]. در این کاربردها ارتقاء قابلیت اطمینان مبدل و عملکرد بدون وقفه سیستم در شرایط وقوع خطا از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

این مقاله روشی جدیدی جهت عملکرد بدون وقفه کنترل برداری موتور القایی با محرک مبدل ماتریسی ارائه می‌دهد. منظور از خطای تکفاز تمام خطاهایی است که منجر به وقفه در عملکرد یکی از فازهای موتور شود. این خطا می‌تواند

بیست و چهارمین کنفرانس بین‌المللی برق

بعبارت دیگر موتور بصورت یک موتور تکفاز عمل می‌کند و مسیر شار استاتور در امتداد یک خط مستقیم خواهد بود. در این حالت گشتاور دارای نوسان شدیدتری بوده و متوسط آن در لحظه راه‌اندازی موتور صفر خواهد بود. شکل ۱ مسیر شار موتور القایی را برای حالت قبل و بعد از خطای قطعی فاز c با حضور و بدون حضور سیم خستی نشان می‌دهد.



شکل ۱: مسیر شار قبل و بعد از قطعی فاز c در حضور و عدم حضور هادی خستی

برای رفع این مشکلات جریان‌های دو فاز باقی‌مانده باید طبق رابطه بگونه‌ای تغییر کنند که مسیر شار به شرایط قبل از وقوع خطا باز گردد. معادله جریان در شرایط عادی بصورت رابطه ۴ می‌باشد:

$$\begin{aligned} i_{as} &= I \angle 0 = I \\ i_{bs} &= I \angle -120 = I \cdot \left(\frac{-1}{2} - j \frac{\sqrt{3}}{2} \right) \\ i_{cs} &= I \angle 120 = I \cdot \left(\frac{-1}{2} + j \frac{\sqrt{3}}{2} \right) \end{aligned} \quad (4)$$

لذا شار موتور بصورت رابطه بدست می‌آید.

$$\begin{aligned} \lambda_{ds} &= L_{ds} \cdot \left(i_{as} - \frac{i_{bs}}{2} - \frac{i_{cs}}{2} \right) = \frac{3}{2} \cdot L_{ds} \cdot I \\ \lambda_{qs} &= L_{qs} \cdot \sqrt{3} \cdot \left(-\frac{i_{bs}}{2} + \frac{i_{cs}}{2} \right) = j \frac{3}{2} \cdot L_{qs} \cdot I \end{aligned} \quad (5)$$

با فرض وقوع خطا در فاز c جریان در این فاز صفر خواهد بود، با ثابت بودن مقدار شار در قبل و از خطا و صفر بودن جریان فاز c جریان فازهای دیگر از معادله بصورت رابطه ۶ بدست می‌آید:

$$\begin{bmatrix} \lambda_s^{abc} \\ \lambda_r^{abc} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_{ss}^{abc} & L_{sr}^{abc} \\ L_{rs}^{abc} & L_{rr}^{abc} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} i_s^{abc} \\ i_r^{abc} \end{bmatrix} \quad (2)$$

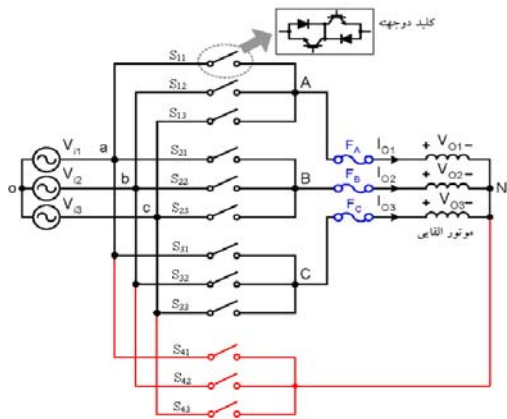
در این رابطه I_r و I_s بترتیب مقاومت‌های هر فاز استاتور و رتور و λ_s و λ_r بترتیب شار دورهای هر فاز استاتور و رتور و i_s و i_r بترتیب جریان‌های هر فاز استاتور و رتور و V_s و V_r بترتیب ولتاژهای هر فاز استاتور و رتور و L_{ss}^{abc} ، L_{sr}^{abc} ، L_{rs}^{abc} و L_{rr}^{abc} بترتیب اندوکتانس‌های خودی و متقابل استاتور و رتور در سیستم abs می‌باشند.

برای بررسی رفتار موتور در حالت قطعی فاز ابتدا بایستی گشتاور موتور مورد بررسی قرار گیرد. از آنجا که گشتاور حاصل تاثیر متقابل شار موتور می‌باشد بنابراین برای بررسی عملکرد موتور القایی، شار موتور مورد بررسی قرار می‌گیرد. شار ایجاد شده توسط جریان‌های استاتور در راستای محورهای مستقیم و متعامد از رابطه ۳ بدست می‌آید [۱۰].

$$\begin{aligned} \lambda_{ds} &= L_{ds} \cdot i_{ds} = L_{ds} \cdot \left(i_{as} - \frac{i_{bs}}{2} - \frac{i_{cs}}{2} \right) \\ \lambda_{qs} &= L_{qs} \cdot i_{qs} = L_{qs} \cdot \sqrt{3} \cdot \left(-\frac{i_{bs}}{2} + \frac{i_{cs}}{2} \right) \\ \lambda_s &= \sqrt{\lambda_{ds}^2 + \lambda_{qs}^2} \angle \tan^{-1} \left(\frac{\lambda_{qs}}{\lambda_{ds}} \right) \end{aligned} \quad (3)$$

در این رابطه L_{qs} و L_{ds} بترتیب اندوکتانس‌های معادل موتور در راستای محورهای مستقیم و متعامد می‌باشد. در حالتی که ولتاژها و به تبع آن جریان‌های استاتور موتور القایی سه‌فاز متعادل می‌باشد، شار برآیند در هسته موتور اندازه ثابتی داشته و زاویه آن با سرعت ثابتی متناسب با فرکانس جریان‌های استاتور تغییر می‌کند. لذا نحوه این تغییرات یک مسیر دایره‌ای می‌باشد. اگر به هر دلیلی یکی از فازهای موتور القایی دچار قطعی شود جریان فاز متناظر صفر خواهد شد. در این حالت شارهای موتور دیگر سه‌فاز متعادل نخواهد بود و اندازه شار برآیند در هسته موتور ثابت نمی‌باشد این مسئله باعث نوسان گشتاور تولیدی و افزایش تلفات، نویز و کاهش گشتاور متوسط می‌شود. این مشکلات زمانی حادتر است که نقطه خستی موتور به نقطه ستاره منبع اتصال نداشته باشد در این حالت فقط یک مسیر برای عبور جریان وجود دارد و جریان گذرنده از یک فاز سالم عکس جریان فاز دیگر است.

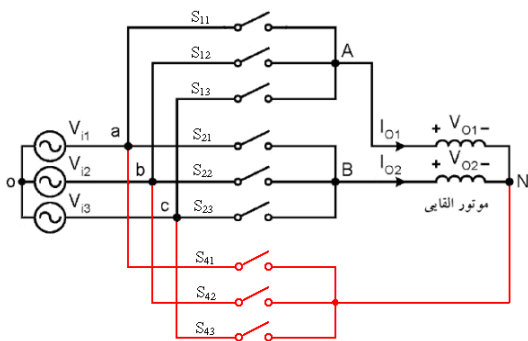
بیست و چهارمین کنفرانس بین‌المللی برق



شکل ۳: ساختار مبدل ماتریسی با قابلیت استفاده در شرایط خطا

این شکل در اصل ساختار معمول مبدل ماتریسی با اضافه کردن سه کلید قدرت بصورت یک شاخه خروجی می‌باشد که می‌تواند در شرایط خطا بکار خود ادامه دهد. روش پیشنهادی این مقاله کنترل برداری-هیستریزس مبدل ماتریسی با ساختار ارائه شده در شکل ۳ می‌باشد. در مرجع [۱۲] این ساختار با مدولاسیون برداری بکار رفته است. ترکیب روش برداری و هیستریزس همان‌گونه در ادامه نشان داده می‌شود دارای مزایایی در شرایط معمول و خطا می‌باشد. عملکرد مبدل ماتریسی شکل ۳ به این صورت است که در حالت قبل وقوع خطا کلیدهای شاخه چهارم (S41 تا S43) خاموش (مدار باز) می‌باشد و تابع کنترل مبدل کاملاً مشابه مبدل ماتریسی معمولی می‌باشد. در شرایط خطا فاز معیوب توسط فیوزهای نشان داده شده از مدار خارج می‌شود و همزمان نقطه ختشی موتور امکان اتصال به هر یک از فازهای منبع را توسط کلیدهای S41 تا S43 می‌یابد.

ساختار مبدل ماتریسی بعد از خطا با فرض اینکه وقوع خطا در فاز C باشد، بصورت شکل ۴ خواهد بود.

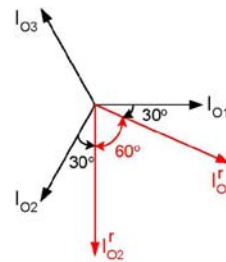


شکل ۴: ساختار مبدل ماتریسی بعد از وقوع خطا در فاز C

$$i_{as} = I \left(\frac{3}{2} - j \frac{\sqrt{3}}{2} \right) = \sqrt{3} \cdot I \angle -30 \quad (۶)$$

$$i_{bs} = I \cdot -j \cdot \sqrt{3} = \sqrt{3} \cdot I \angle -90$$

شکل ۲ نحوه تغییرات جریان‌های فازهای موتور را در شرایط قطعی فاز C نشان می‌دهد. با توجه به این شکل اندازه جریان فازهای سالم $\sqrt{3}$ برابر افزایش یافته و زاویه آنها ۳۰ درجه به سمت محور فاز معیوب منحرف می‌شوند. ترکیب جریان‌ها برای قطعی فازهای دیگر نیز می‌تواند بصورت مشابه بدست آید [۴].



شکل ۲: نحوه تغییر جریان در فازهای سالم موتور در شرایط قطعی فاز C

۳. ساختار مبدل ماتریسی با قابلیت کاربرد در شرایط

خطای تکفاز

اصول عملکرد مبدل‌های ماتریسی حدود سال ۱۹۸۰ توسط آلسینا^۱ و ونچورینی^۲ معرفی شد [۵]. در این مبدل‌ها از یک ساختار نه‌کلیدی برای تبدیل ولتاژ شبکه به ولتاژ مورد نیاز موتور القایی استفاده می‌کنند. بدلیل تعادل جریان‌های سه‌فاز در موتورهای القایی سه‌فاز عموماً نقطه ستاره موتور بصورت آزاد می‌باشد. ولی در شرایط خطا مجموع جریان‌ها صفر نمی‌باشد لذا هادی ختشی بعنوان مسیر برگشت جریان ضروری می‌باشد. یک روش ساده اتصال مستقیم نقطه ختشی موتور به منبع در شرایط خطا می‌باشد [۱۱]. مشکل این روش کاهش بهره ولتاژ مبدل ماتریسی در شرایط خطا می‌باشد. برای رفع این مشکل ساختار دیگری با قابلیت اتصال نقطه ستاره موتور به فازهای شبکه ارائه شده است [۱۲]. این ساختار در شکل ۳ نشان داده شده است.

^۱- Alesina

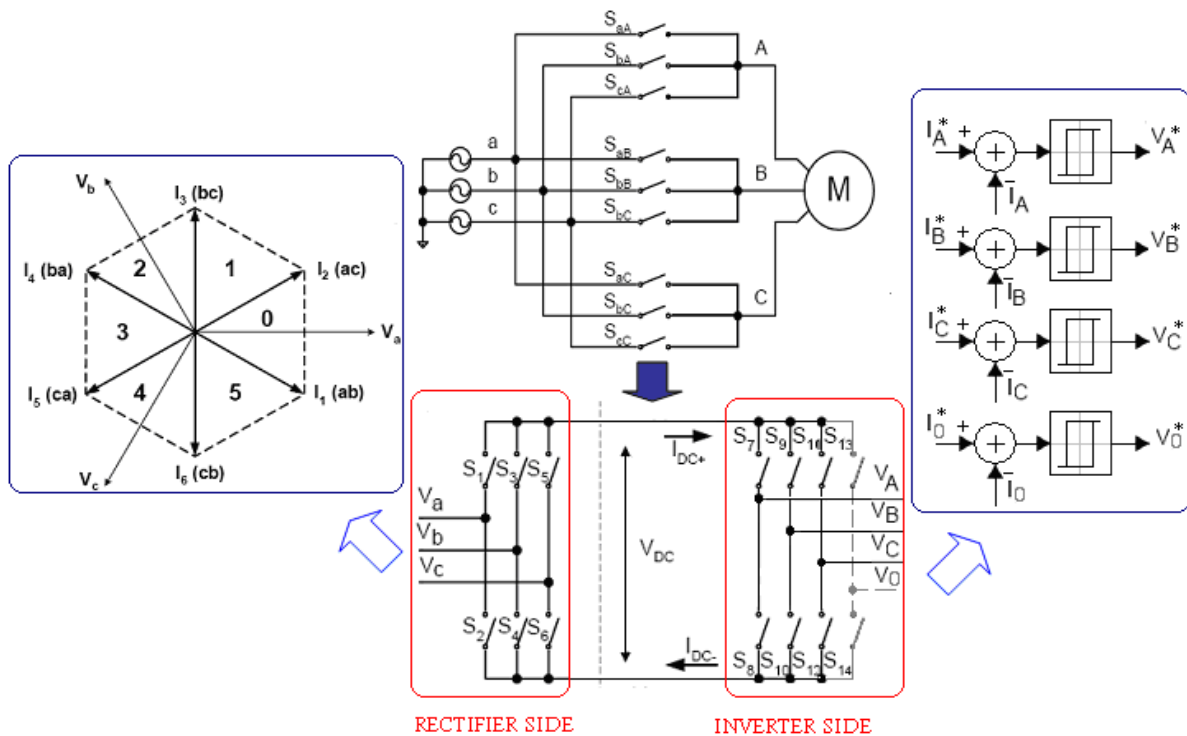
^۲-Venturini

بیست و چهارمین کنفرانس بین‌المللی برق

۴. توابع کلیدزنی مبدل ماتریسی

مدولاسیون برداری (SVM) جریان ورودی می‌باشد. باند هیستریزس روش معروف و ساده‌ای است که در اینورترهای صنعتی کاربرد فراوانی دارد [۱۳]. ولی کاربرد این روش در مبدل‌های ماتریسی بندرت می‌باشد [۱۴]. شکل ۵ نحوه کنترل مبدل ماتریسی با روش پیشنهادی را نشان می‌دهد.

روش ارائه شده در این مقاله براساس افراض مبدل ماتریسی به دو بخش اینورتر و یکسوساز استوار است. این روش در اصل ترکیب روش مدولاسیون برداری و کنترل باند هیستریزس می‌باشد. کنترل قسمت اینورتر بوسیله باند هیستریزس جریان خروجی و کنترل قسمت یکسوساز بوسیله



شکل ۵: نحوه کنترل مبدل ماتریسی در روش پیشنهادی

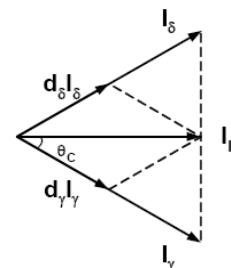
$$I_1^* = I_\gamma^* \cdot d_\gamma + I_\delta^* \cdot d_\delta$$

$$d_\gamma = \frac{T_\gamma}{T_s} = \sin\left(\frac{\pi}{3} - \theta_c\right)$$

$$d_\delta = \frac{T_\delta}{T_s} = \sin(\theta_c)$$

روابط کنترلی کلیدهای مبدل ماتریسی از ترکیب توابع کنترلی کلیدهای اینورتر و یکسوساز بصورت رابطه ۸ بدست می‌آید. در مرجع [۱۴] کنترل هیستریزس بصورت ترکیبی با مدولاسیون برداری برای کل مبدل ماتریسی ارائه شده ولی روش ارائه شده در این مقاله کنترل برداری و هیستریزس را بصورت مجزا و بترتیب برای قسمت یکسوساز و اینورتر مبدل استفاده کرده است.

شکل ۶ نحوه محاسبه بردار جریان ورودی مبدل را از روی بردارهای جریان یکسوساز نشان می‌دهد.

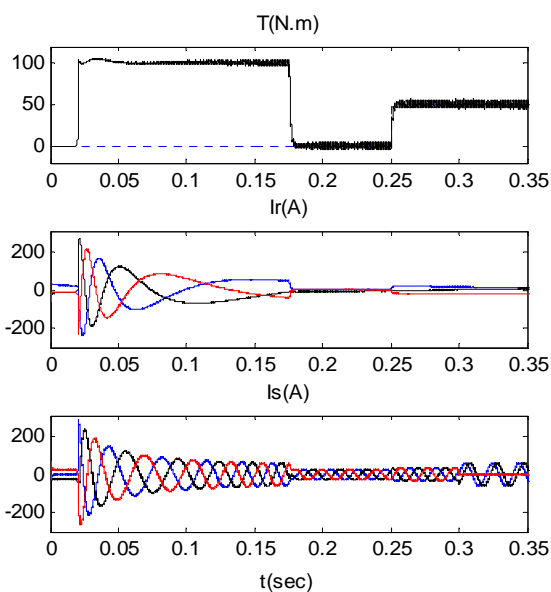


شکل ۶: نحوه ایجاد بردار جریان ورودی قسمت یکسوساز

با توجه به شکل ۶ بازه زمانی توقف روی بردارهای جریان بصورت رابطه ۷ می‌باشد.

بیست و چهارمین کنفرانس بین‌المللی برق

شکل ۹ برتیب گشتاور، جریان رتور و استاتور موتور القایی را نشان می‌دهد. با توجه به این شکل گشتاور خروجی تطبیق خوبی با گشتاور مرجع دارد و میزان نوسانات قبل و بعد از وقوع خطا قابل قبول می‌باشد. جریان استاتور در لحظه ۰/۰۲ (لحظه شروع شتاب‌گیری موتور) مقدار زیادی داشته و بتدریج با افزایش سرعت کاهش یافته و با اعمال بار در ۰/۲ ثانیه مجدداً افزایش می‌یابد. در ۰/۳ ثانیه فاز C موتور قطع شده که باعث صفر شدن جریان آن شده است ولی با اعمال اصلاحات بحث شده (افزایش $\sqrt{3}$ برابری دامنه انحراف ۳۰ درجه‌ای زاویه) در جریان فازهای سالم، جریان فازهای رتور و در نتیجه گشتاور و سرعت موتور بدون تغییر می‌باشند. در حالی که در کنترل برداری معمول با قطع یکفاز موتور دچار نوسان شدید گشتاور می‌شود و نمی‌تواند عملکرد مطلوبی داشته باشد.



شکل ۹: گشتاور خروجی، جریان رتور و استاتور موتور القایی

شکل ۱۰ ولتاژ و جریان یک فاز ورودی مبدل ماتریسی را قبل و بعد از وقوع خطا نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۱۰ قبل از وقوع خطا جریان ورودی مبدل ماتریسی اعوجاج هارمونیکی پایینی دارد و مولفه اصلی آن همفاز با ولتاژ ورودی می‌باشد ولی با وقوع خطا جریان دچار اغتشاش می‌شود. این موضوع

سه‌فاز استاتور محاسبه می‌شوند. محور d راستای شار رتور می‌باشد.

شکل ۷ دیاگرام بلوکی شبیه‌سازی کنترل برداری موتور القایی را با روش ارائه شده برای مبدل ماتریسی نشان می‌دهد. ولتاژ ورودی مبدل ماتریسی ۵۰۰ ولت و ۶۰ هرتز در نظر گرفته شده و مشخصات نامی موتور القایی ۳۸۰ ولت ۵۰ هرتز ۵ کیلو وات شبیه‌سازی شده بشرح زیر می‌باشد.

$$R_s = 0.087 \Omega, R_r' = 0.228 \Omega$$

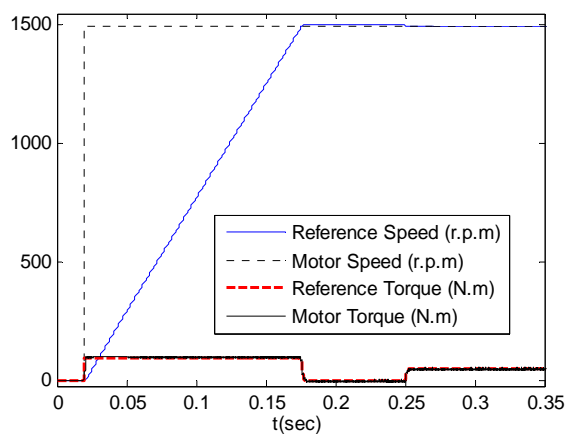
$$L_{ls} = 0.8e-3H, L_{lr}' = 0.8e-3H$$

$$L_m = 34.7e-3H, J = .03 \text{ kg m}^2$$

$$B = 0.001, P = 4 \text{ poles}$$

۷. نتایج شبیه‌سازی

شکل ۸ سرعت مرجع، سرعت خروجی، گشتاور مرجع و گشتاور خروجی موتور القایی را برحسب زمان نشان می‌دهد. با توجه به این شکل سرعت مرجع تا ۰/۰۲ ثانیه برابر صفر و بعد از آن به ۱۵۰۰ دور در دقیقه می‌باشد. گشتاور مرجع تا ۰/۰۲ ثانیه صفر و تا رسیدن سرعت موتور به مقدار مرجع ۱۰۰ نیوتن متر می‌باشد که مقدار حداکثر گشتاور سیستم کنترل موتور است. بعد از رسیدن سرعت به مقدار مرجع گشتاور صفر می‌باشد. در لحظه ۰/۲۵ ثانیه بار ۵۰ نیوتن متر به موتور اعمال می‌شود و گشتاور موتور نیز برابر این مقدار شده است.



شکل ۸: سرعت و گشتاور مرجع و خروجی موتور

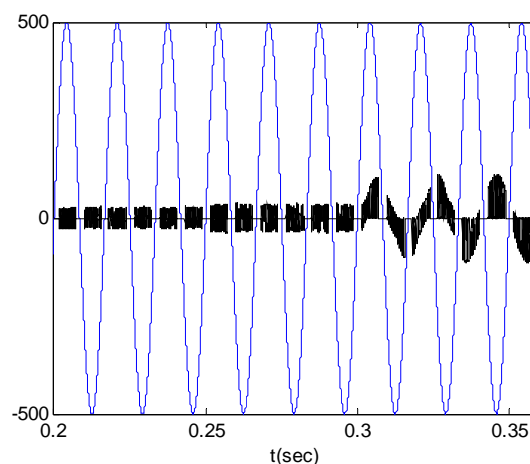
بیست و چهارمین کنفرانس بین‌المللی برق

با توجه به شکل ۱۱ مشخص است، میزان مولفه‌های هارمونیک جریان ورودی مبدل ماتریسی در حالت قبل از وقوع خطا مقدار بالایی نمی‌باشد. شاخص THD در این حالت $16/04\%$ است که می‌تواند با اضافه شدن یک فیلتر پایین‌گذر در ورودی مبدل ماتریسی بهبود یابد. در حالی که در شکل ۱۲ میزان مولفه‌های هارمونیک سوم افزایش قابل توجهی داشته و مقدار آن به $36/37\%$ مولفه اصلی رسیده و باعث شده مقدار THD جریان به $47/19\%$ افزایش یابد. این امر بدلیل عدم تعادل جریان‌های استاتور موتور و عبور جریان از سیم نول می‌باشد.

۸. نتیجه‌گیری

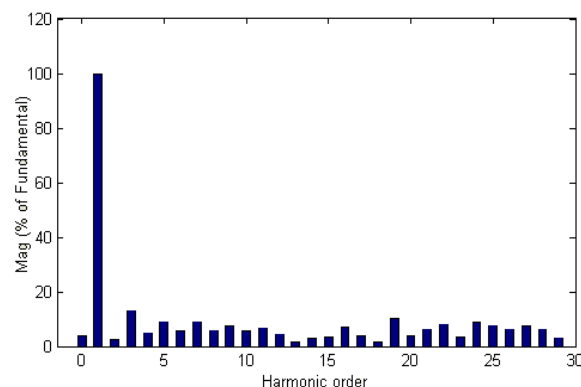
با توجه به مطالب ارائه شده روش پیشنهادی این مقاله امکان ادامه عملکرد کنترل برداری موتور القایی را تحت هرگونه قطعی تکفاز با مبدل ماتریسی ممکن می‌سازد. در این روش نیازی به اعمال تغییرات چندانی در توابع کنترلی مبدل ماتریسی در شرایط وقوع ندارد. ترکیب روش کنترل مدولاسیون برداری و هیستریزس که برای کنترل مبدل ماتریسی پیشنهاد شده، موجب افزایش سرعت پاسخ جریان محرک موتور برای جلوگیری از ناپایداری سیستم بویژه در شرایط خطا می‌گردد. از طرف دیگر کاربرد مدولاسیون برداری برای کنترل جریان ورودی مبدل ماتریسی باعث کاهش میزان هارمونیک‌های جریان کشیده شده از شبکه می‌گردد. مسئله مهمی که باید مورد توجه قرار گیرد میزان افزایش جریان فازهای سالم موتور ($\sqrt{3}$ برابر) در حالت قطعی تکفاز است. این مساله باید در انتخاب موتور و طراحی محرک در نظر گرفته شود. از سوی دیگر در شرایط خطا جریان ورودی دارای مولفه هارمونیک سوم بالایی می‌باشد که باید تدبیری برای حذف آن اندیشیده شود.

بدلیل وجود مولفه‌های هارمونیک جریان در شرایط خطا و عدم تعادل جریان خروجی می‌باشد.

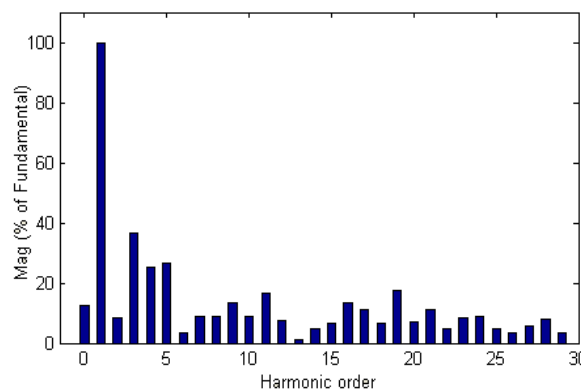


شکل ۱۰: ولتاژ و جریان یک فاز ورودی مبدل ماتریسی

جهت بررسی این موضوع طیف هارمونیک جریان ورودی مبدل ماتریسی قبل و بعد از خطا بترتیب در شکل‌های ۱۱ و ۱۲ آمده است.



شکل ۱۱: طیف هارمونیک جریان ورودی مبدل ماتریسی قبل از وقوع خطا در فاز C خروجی



شکل ۱۲: طیف هارمونیک جریان ورودی مبدل ماتریسی بعد از وقوع خطا در فاز C خروجی

بیست و چهارمین کنفرانس بین‌المللی برق

مراجع

- [13]. B. K. Bose, "Power electronics and motor drives advances and trends, Elsevier Inc.", 2006.
- [14]. X. Wang, K.J. Tseng, "Novel space vector based hysteresis current control (HCC) strategies for matrix converter", Power Electronic & Applications, European Conference 2005.
- [1]. T. G. Habetler, "A space vector-based rectifier regulator for AC/DC/AC converters", Power Electronics, IEEE Transactions on, Vol. 8, pp. 30-36, Jan 1993.
- [2]. H. Altun, S. Sünter, "Matrix converter induction motor drive: modeling, simulation and control" Electrical Engineering, pp. 25-33, 2003.
- [3]. O. Simon, J. Mahlein, M. N. Muenzer, and M. Bruckmann, "Modern Solutions for Industrial Matrix-Converter Applications," IEEE Trans. Ind Electron., vol. 49, no. 2, pp. 401-406, Apr. 2002.
- [4]. T. H. Liu, J. R. Fu, and T. A. Lipo, "A Strategy for Improving Reliability of Field-Oriented Controlled Induction Motor Drives," IEEE Trans. Ind. Applicat., vol. 29, no. 5, pp. 910-918, Sep/Oct. 1993.
- [5]. A. Alesina, M. Venturini, "Solid-state power conversion: a fourier analysis approach to generalized transformer synthesis," IEEE Trans. Circuits and Systems, vol. 28, No. 4, pp. 319-330, April 1981.
- [6]. L. Huber, D. Borjovic, "Space vector modulator for forced commutated cycloconverters," Proc. IEEE PESC Conf., San Diego, (USA), 1989, pp. 871- 876.
- [7]. L. Huber, D. Borjovic, "Space vector modulated three-phase to three-phase matrix converter with input power factor correction," IEEE Trans. On Industry Applications, Vol. 31, No. 6, November/ December 1995, pp. 1234-1246.
- [8]. D. Casadei, G. Grandi, G. Serra, A. Tani, "Space vector control of matrix converters with unity input power factor and sinusoidal input/output waveforms," Proc. EPE Conference, Brighton (UK), 13-16 September 1993, vol. 7, pp. 170-175.
- [9]. D. Casadei, G. Serra, A. Tani, L. Zarri, "Matrix converter modulation strategies: a new general approach based on space-vector representation of the switch state," IEEE Trans. Industrial Electronics, Vol. 49, No. 2, pp. 370-381, April 2002.
- [۱۰]. جی مون اونگ، "مدل‌سازی و شبیه‌سازی دینامیکی ماشین‌های الکتریکی"، ترجمه سعید افشارنیا، ابوالفضل واحدی، چاپ اول، تهران، موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، ۱۳۸۴.
- [۱۱]. احسان رسولی، علیرضا جلیلیان، "کنترل برداری موتور القایی سه‌فاز با عملکرد بی‌وقفه در خطای قطعی فاز با مبدل ماتریسی"، کنفرانس بین‌المللی برق، تهران، آذر ۱۳۸۷.
- [۱۲]. احسان رسولی، علیرضا جلیلیان، "ساختار جدید مبدل ماتریسی تغذیه‌کننده موتور القایی سه‌فاز با عملکرد بی‌وقفه در شرایط خطای قطعی یکفاز"، کنفرانس مهندسی برق، تهران، دانشگاه علم و صنعت ایران، اردیبهشت ۱۳۸۸.