

تأثیر استفاده از بازیاب دینامیکی ولتاژ با ساختار جدید بر روی مشخصه‌های کارکردی الکتروموتور القایی سه فاز

محسن سیماب^۱

رامین اخوت^۲

۱- گروه مهندسی برق، واحد علوم و تحقیقات فارس، دانشگاه آزاد اسلامی، فارس، ایران

۲- گروه مهندسی برق، واحد مرودشت، دانشگاه آزاد اسلامی، فارس، ایران

چکیده

این مقاله ساختار جدیدی جهت بازیاب دینامیکی ولتاژ باهدف کاهش اعوجاجات هارمونیک کل و افزایش کیفیت انرژی الکتریکی تحویلی در هنگام خطای کاهش لحظه‌ای نامتعادل ولتاژ را نشان می‌دهد. همچنین ساختار جدید مورد استفاده در مبدل منبع ولتاژ بازیاب دینامیکی ولتاژ که با استفاده از دو مبدل سه فاز سه سطح دیود کلمپ ایجاد شده است، به واسطه استفاده از سیستم کنترلی Feedforward دارای عملکرد مطلوبی به خصوص در هنگام ایجاد خطای کاهش لحظه‌ای نامتعادل ولتاژ می‌باشد. جهت اثبات این موضوع بررسی‌هایی بر روی ولتاژ سه فاز خروجی در باسبار الکتروموتور و مشخصه‌های کارکردی گشتاور، سرعت و جریان استاتور الکتروموتور القایی سه فاز قفس سنجابی در دو وضعیت حضور و عدم حضور بازیاب دینامیکی ولتاژ با ساختار جدید صورت گرفته است. همچنین جهت مدل‌سازی بازیاب دینامیکی ولتاژ با ساختار جدید در یک سیستم تست از Simulink نرم‌افزار Matlab استفاده شده است.

واژه‌های کلیدی: بازیاب دینامیکی ولتاژ با ساختار جدید، مبدل سه فاز سه سطح دیود کلمپ، سیستم کنترلی Feedforward، مشخصه‌های کارکردی الکتروموتور القایی سه فاز

۱- مقدمه

الکتروموتورهای القایی سه فاز قفس سنجابی را در معرض آسیب‌های جدی قرار دهد. از طرفی کاهش لحظه‌ای ولتاژ بیشترین عامل ایجاد تغییرات ناخواسته در سیستم‌های توزیع می‌باشد [۲]. بر اساس استاندارد IEEE ۱۱۵۹ کاهش در مقدار مؤثر دامنه ولتاژ به میزان ۰/۱ تا ۰/۹ پریونیت و در فرکانس نامی و در مدت‌زمان نیم سیکل تا یک دقیقه را کاهش لحظه‌ای ولتاژ می‌نامند. روش‌ها و تکنیک‌های مرسوم جهت برطرف کردن خطای کاهش لحظه‌ای ولتاژ مورد استفاده قرار

اکثر مشکلات مرتبط با کیفیت انرژی الکتریکی در سیستم‌های توزیع به دلیل وجود تغییرات ناخواسته در دامنه ولتاژ می‌باشد. این تغییرات ناخواسته شامل کاهش لحظه‌ای ولتاژ^۱، افزایش لحظه‌ای ولتاژ^۲، نامتعادلی ولتاژ و حالت‌های گذرای ناگهانی می‌باشد [۱] و می‌تواند تجهیزات حساس از قبیل

¹ Voltage Sag

² Voltage Swell

می‌گیرد که از آن جمله می‌توان به منابع بدون وقفه، تپ چنجر ترانسفورماتورها و جبران ساز حالت سنکرون اشاره کرد. لیکن هرکدام از روش‌های پیشنهادی به دلایلی همچون توان بالای شبکه، نیازمندی به ضریب توان بالا و حجیم بودن از کارایی مناسبی برخوردار نمی‌باشند [۳]. در این میان تجهیزات Custom Power از تکنولوژی‌های جدیدی می‌باشند که در سیستم‌های توزیع جهت افزایش قابلیت اطمینان و کیفیت انرژی الکتریکی در هنگام ایجاد تغییرات ناخواسته در سطح ولتاژ مورد استفاده قرار می‌گیرند. بازیاب دینامیکی ولتاژ^۳ از تجهیزات Custom Power و از نوع سری می‌باشد که جهت مراقبت از مصرف‌کنندگان حساس در برابر کاهش‌های لحظه‌ای ولتاژ از کارکرد مناسبی برخوردار می‌باشد. تزریق سری ولتاژ با دامنه، زاویه و فرکانس مناسب در نقطه‌ای بنام PCC^۴ و در هنگام ایجاد تغییرات ناخواسته در ولتاژ سیستم، اساس عملکرد بازیاب دینامیکی ولتاژ می‌باشد. نتایج بررسی‌های انجام‌شده در دو وضعیت ماندگار و گذرا در مرجع (۴) نشان می‌دهد که بازیاب دینامیکی ولتاژ با وجود پدیده‌های نامتعادلی ولتاژ و آلودگی‌های هارمونیک می‌تواند دارای عملکردی مطلوب در جبران سازی ولتاژ باشد. همچنین نتایج به‌دست‌آمده در مرجع (۵) نشان می‌دهد که میزان جبران سازی خطای کاهش لحظه‌ای ولتاژ با افزایش دامنه ولتاژ منبع تغذیه‌کننده DC در ارتباط مستقیم می‌باشد. رابطه محاسباتی ارائه‌شده در این خصوص میزان این افزایش ولتاژ را نشان می‌دهد. از آنجائی که عملکرد صحیح بازیاب دینامیکی ولتاژ به چگونگی عملکرد سیستم کنترلی وابسته می‌باشد و سیستم‌های کنترلی نقش اساسی را در شناسایی انواع شرایط نایمن و صدور فرامین لازم بر عهده‌دارند [۶] لذا در این خصوص استراتژی‌های کنترلی مختلفی ارائه می‌گردد. در مرجع (۷) استراتژی کنترلی جبران سازی دامنه و فاز در قالب سنکرون و به‌صورت برداری بیان شده است. بررسی نتایج جبران سازی ولتاژ با این استراتژی کنترلی نشان می‌دهد که پاسخ زمانی به میزان مناسبی بهبود پیدا کرده است. همچنین بررسی نتایج عملی استفاده از سیستم کنترلی PR در مرجع (۸) نشان می‌دهد که این سیستم کنترلی علاوه بر سادگی دارای انطباق‌پذیری مناسبی با فرکانس شبکه می‌باشد و محافظت بسیار رضایت‌بخش و مناسبی از بارهای حساس در برابر انواع هارمونیک‌ها و کاهش‌های لحظه‌ای نامتعادل ولتاژ به‌واسطه استفاده از این سیستم کنترلی صورت گرفته است. از طرفی در مرجع (۹) سیستم کنترل بهبودیافته‌ای پیشنهاد شده

است که در آن از مجموعه کنترلر PI، تکنیک تبدیل پارک و یک ابرسانا جهت جایگزینی واحد تغذیه‌کننده DC استفاده شده است. بررسی نتایج تئوری و عملی استفاده از این سیستم کنترلی نشان می‌دهد که بازیاب دینامیکی ولتاژ در شرایط نامتعادلی ولتاژ دارای عملکرد بسیار مناسبی می‌باشد. در مرجع (۱۰) علاوه بر معرفی مزایای سیستم کنترلی Feedforward از قبیل دقت بسیار زیاد و سرعت عملکرد مناسب جهت تشخیص و شناسایی انواع تغییرات ایجادشده در سطح دامنه ولتاژ، عملکرد مطلوب این سیستم کنترلی در خطای کاهش و افزایش لحظه‌ای ولتاژ نشان داده است. از این رو در این مقاله در مدل شبیه‌سازی بازیاب دینامیکی ولتاژ از این سیستم کنترلی استفاده شده است.

از طرفی استفاده از تکنیک افزایش تعداد و سطح در مبدل منبع ولتاژ بازیاب دینامیکی ولتاژ علاوه بر ایجاد ساختار جدید، افزایش کیفیت انرژی الکتریکی تحویلی را در پی خواهد داشت. از این رو در مبدل منبع ولتاژ بازیاب دینامیکی ولتاژ از دو مبدل سه فاز سه سطح دیود کلمپ استفاده شده است.

همچنین سنجش عملکرد مطلوب بازیاب دینامیکی ولتاژ با ساختار جدید در هنگام ایجاد خطای کاهش لحظه‌ای نامتعادل ولتاژ به‌واسطه بررسی مشخصه‌های کارکردی گشتاور، سرعت و جریان استاتور الکتروموتور القایی سه فاز قفس سنجابی و ولتاژ سه فاز خروجی باسبار الکتروموتور در دو وضعیت حضور و عدم حضور بازیاب دینامیکی ولتاژ با ساختار جدید و در حالت ماندگار تحقق خواهد یافت. تحلیل نتایج به‌دست‌آمده در وضعیت پس از جبران سازی ولتاژ نشان می‌دهد که عملکرد سیستم کنترلی Feedforward و بازیاب دینامیکی ولتاژ با ساختار جدید بسیار مطلوب و مناسب می‌باشد.

۲- بازیاب دینامیکی ولتاژ

بازیاب دینامیکی ولتاژ از جمله تجهیزات CPD^۵ می‌باشد که جهت بهبود پایداری ولتاژ، پایداری گذرا، کاهش نوسانات توان و بهبود انتقال حداکثر توان بخصوص در خطوط انتقال و توزیع مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱۱]. اولین بازیاب دینامیکی ولتاژ در سال ۱۹۹۶ در سیستم توزیع Dukey جهت جلوگیری از کاهش لحظه‌ای ولتاژ تجهیزات ریسندگی مورد استفاده قرار گرفت [۱۲]. از مزایای این تجهیز می‌توان به ساختار ساده، هزینه پایین و پاسخ دینامیکی سریع به اعوجاجات ناخواسته

³ Dynamic Voltage Restorer

⁴ Point of Common Coupling

⁵ Custom Power Device

در این روابط V_m حداکثر ولتاژ منبع تولیدکننده توان و θ زاویه فاز می‌باشد. همچنین مؤلفه‌های نامتقارن حاصل از ولتاژ منبع تولیدکننده توان شامل مؤلفه توالی مثبت و ولتاژ (V_1) ، مؤلفه توالی منفی و ولتاژ (V_2) و مؤلفه توالی صفر و ولتاژ (V_0) می‌باشد و با استفاده از رابطه (۲) قابل محاسبه می‌باشند [۱].

$$\begin{bmatrix} V_0 \\ V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$a = -\frac{1}{2} + \frac{j\sqrt{3}}{2}$$

تجهیزات مختلفی جهت کاهش اثر نامتعادلی ولتاژ طراحی و مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این میان بازیاب دینامیکی ولتاژ مناسب‌ترین تجهیز در این خصوص می‌باشد. فاکتورهای مختلفی توانایی جبران سازی نامتعادلی ولتاژ توسط بازیاب دینامیکی ولتاژ را محدود می‌کند که از آن جمله می‌توان به توان نامی، شرایط مختلف بار و انواع مختلف خطای کاهش لحظه‌ای ولتاژ اشاره کرد.

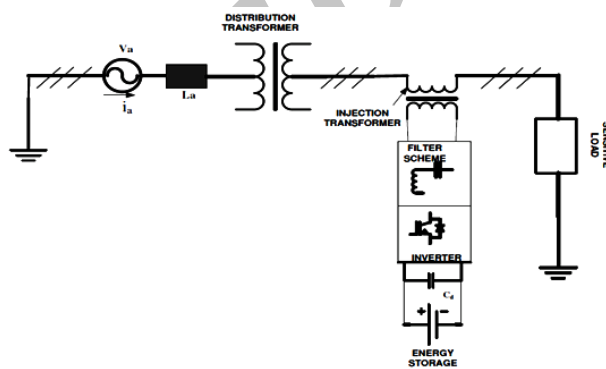
۴- سیستم کنترلی

هدف اصلی سیستم کنترلی تشخیص و صدور فرامین لازم جهت بازگرداندن ولتاژ به صورت متعادل و سینوسی می‌باشد [۱] و [۱۳]. چگونگی شناسایی پدیده‌های مخرب و نحوه پاسخ‌گویی به آن‌ها تکنولوژی طراحی ساخت سیستم‌های کنترلی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. از این رو انتخاب سیستم‌های کنترلی وابستگی بسیار زیادی به چگونگی گسترش خطا، سرعت پاسخ‌گویی و نحوه جبران خطا خواهد داشت.

از طرفی برخی از بارها به تغییرات ایجاد شده در زاویه فاز و برخی دیگر از بارها به تغییرات ایجاد شده در دامنه حساس می‌باشند. از این رو استراتژی سیستم کنترلی به مشخصات مدل بار نیز وابسته می‌باشد [۱۵]. در میان انواع سیستم‌های کنترلی، سیستم کنترل Feedforward به جهت دقت عملکرد بسیار زیاد در تشخیص و شناسایی انواع خطاهای ایجاد شده در فازهای مختلف [۱۶]، پاسخ دینامیکی مناسب و سرعت پاسخ‌گویی بالا از مزایای بیشتری برخوردار می‌باشد. شکل ۲ بلوک دیاگرام سیستم کنترلی Feedforward را نشان می‌دهد.

در سطح ولتاژ اشاره کرد. در واقع عملکرد بازیاب دینامیکی ولتاژ به این صورت می‌باشد که پس از محاسبه میزان تغییرات ولتاژ با استفاده از سیستم کنترلی، ولتاژی متناسب با این تغییرات به صورت سری و در زمانی کمتر از ۲۵ میلی‌ثانیه در نقطه‌ای بنام PCC به سمت مصرف‌کننده تزریق می‌کند [۱۱] و به این ترتیب از کاهش لحظه‌ای ولتاژ جلوگیری به عمل می‌آورد.

اجزای ساختمان بازیاب دینامیکی ولتاژ شامل ترانسفورماتور تزریق کننده، واحد تغذیه‌کننده DC، مبدل منبع ولتاژ، فیلتر هارمونیک و سیستم حفاظت و کنترل می‌باشد. شکل ۱ بلوک دیاگرام کلی بازیاب دینامیکی ولتاژ را نشان می‌دهد [۱۴] و [۱۳] و [۱].



شکل ۱: بلوک دیاگرام کلی بازیاب دینامیکی ولتاژ [۱۹].

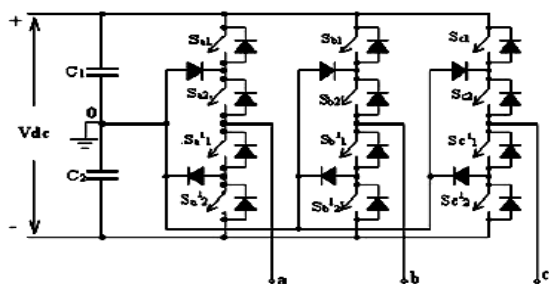
۳- مفهوم نامتعادلی ولتاژ

دلیل اصلی نامتعادلی ولتاژ وجود بارهای نامتعادل و یا خطاهای ایجاد شده در سیستم‌های توزیع می‌باشد. نامتعادلی ولتاژ در سیستم‌های قدرت می‌تواند منجر به ایجاد نقص، خرابی و یا از سرویس خارج شدن تجهیزات گردد. از طرفی ایجاد جریان‌های نامتعادل بسیار بزرگ که می‌تواند منجر به قطع کردن کلیدها و یا صدمه دیدن فیوزها نیز شود، از دیگر نتایج ایجاد نامتعادلی ولتاژ می‌باشد. نامتعادلی ولتاژ در منابع تولیدکننده توان می‌تواند در دامنه و یا فاز ایجاد شود. در صورتی که ولتاژ منبع تولیدکننده توان سینوسی و متعادل باشد با استفاده از رابطه (۱) خواهیم داشت [۱]:

$$\begin{aligned} V_{sa} &= V_m \sin(\omega t) \\ V_{sb} &= V_m \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{3} + \theta_b\right) \\ V_{sc} &= V_m \sin\left(\omega t + \frac{2\pi}{3} + \theta_c\right) \end{aligned} \quad (1)$$

۴- کاهش اعوجاجات هارمونیک کلی

در مدل سازی مبدل منبع ولتاژ بازیاب دینامیکی ولتاژ به جهت بهره گیری از مزایای مبدل های چند سطحی و باهدف ایجاد ساختار جدید، از دو عدد مبدل سه فاز سه سطح دیود کلمپ استفاده شده است. شکل ۳ مبدل سه فاز سه سطح دیود کلمپ و جدول (۱) حالت های سویچ زنی مربوط به فاز A این مبدل را نشان می دهد.



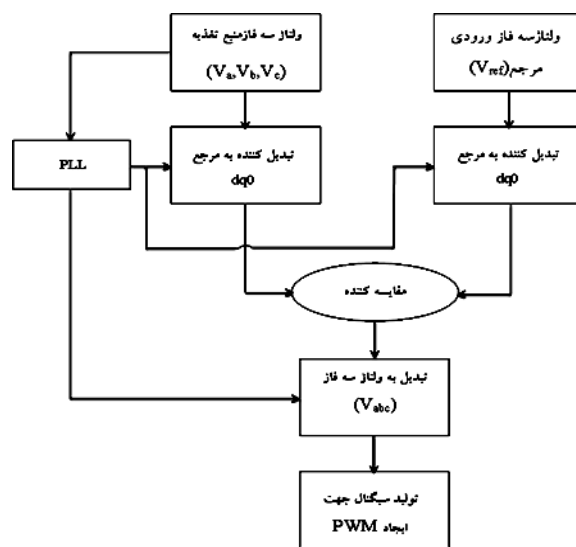
شکل ۳: مبدل سه فاز سه سطح دیود کلمپ [۲۰].

جدول (۱): حالت های سویچ زنی مربوط به فاز A مبدل سه فاز سه سطح دیود کلمپ [۲۰].

S.No	Sa1	Sa2	Sa'1	Sa'2	Va
۱	۱	۱	۰	۰	$+V_{dc}/2$
۲	۰	۱	۱	۰	0
۳	۰	۰	۱	۱	$-V_{dc}/2$

۶- نتایج شبیه سازی

شکل ۴ دیاگرام تک خطی سیستم تست را نشان می دهد. بازیاب دینامیکی ولتاژ مورد استفاده در این سیستم تست جهت جبران سازی خطای کاهش لحظه ای نامتعادل ولتاژ الکتروموتور القایی سه فاز قفس سنجابی با بار مکانیکی متغیر می باشد. جهت شبیه سازی سیستم تست و بازیاب دینامیکی ولتاژ با ساختار جدید از Simulink نرم افزار Matlab استفاده شده است. جدول (۲) و (۳) به ترتیب مشخصات کلی مربوط به سیستم تست و مشخصات تغییر بار مکانیکی الکتروموتور القایی سه فاز قفس سنجابی را نشان می دهد.



شکل ۲: بلوک دیاگرام سیستم کنترلی Feedforward [۱۷].

همچنین در رابطه (۳) تبدیل از مرجع abc به مرجع ساکن dq0 نشان داده شده است. در این رابطه فاز A در راستای محور d و در یک چهارم محور q قرار گرفته است. همچنین زاویه میان فاز A و محور d زاویه θ نامیده می شود [۶ و ۱۸].

$$\begin{bmatrix} V_d \\ V_q \\ V_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\theta) & \cos\left(\theta - \frac{2\pi}{3}\right) & 1 \\ -\sin(\theta) & -\sin\left(\theta - \frac{2\pi}{3}\right) & 1 \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} \quad (3)$$

۵- مبدل سه فاز سه سطح دیود کلمپ

مبدل های چند سطحی باهدف برطرف کردن محدودیت های ولتاژی ادوات نیمه هادی قدرت ساخته و مورد استفاده قرار می گیرند. ایده اصلی در مبدل های چند سطحی اتصال تعداد زیادی ادوات نیمه هادی قدرت به صورت سری و کلمپ کردن ولتاژ میان پایه های آنها می باشد. مبدل های چند سطحی در مقایسه با مبدل های دوسطحی دارای مزایایی بیشتری می باشند که از آن جمله می توان به موارد زیر اشاره کرد [۱۹]:

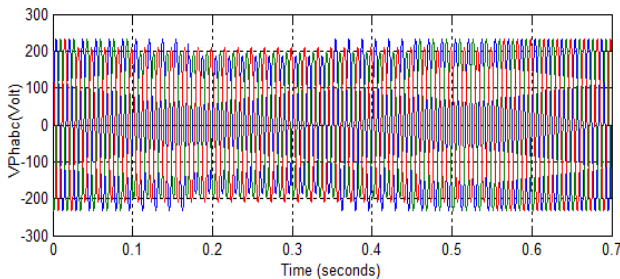
- ۱- افزایش کیفیت شکل موج ولتاژ خروجی و کاهش استرس dv/dt بر روی بار به سبب کوچک بودن پله های ولتاژ
- ۲- عملکرد ادوات نیمه هادی قدرت در ولتاژهای بالاتر به دلیل استفاده از اتصال Series-type

۳- کاهش فرکانس و تلفات سویچینگ

جدول (۴): مشخصات خطای کاهش لحظه‌ای ولتاژ با دامنه و زمان‌های متفاوت در فازهای مختلف منبع تولیدکننده توان

دامنه	فاز A			فاز B			فاز C			
	۱	۰/۸	۱	۱	۰/۸۵	۱	۱	۰/۹	۱	
زمان	۰	۰/۱۷	۰	۰	۰/۱	۰	۰/۴۵	۰	۰/۰۳	۰/۵۵

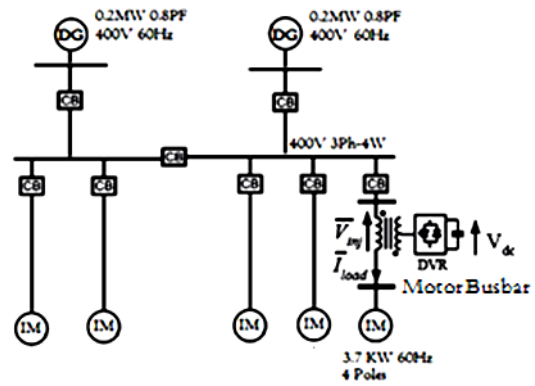
همان‌گونه که از جدول (۴) قابل استنباط است خطای کاهش لحظه‌ای ولتاژ در فازهای A، B و C منبع تولیدکننده توان به ترتیب از ثانیه ۰/۱۷، ۰/۱ و ۰/۰۳ شروع و در ثانیه ۰/۳۵، ۰/۴۵ و ۰/۵۵ خاتمه می‌یابد. در این بازه‌های زمانی تغییرات دامنه ولتاژ در فازهای A، B و C منبع تولیدکننده توان به ترتیب ۰/۸، ۰/۸۵ و ۰/۹ می‌باشد. شکل ۵ اعمال خطای کاهش لحظه‌ای نامتعادل ولتاژ منبع تولیدکننده توان به سیستم تست را نشان می‌دهد.



شکل (۵): اعمال خطای کاهش لحظه‌ای نامتعادل ولتاژ منبع تولیدکننده توان به سیستم آزمودن

۲-۶- عملکرد سیستم کنترلی Feedforward

در مدل شبیه‌سازی بازایاب دینامیکی ولتاژ از سیستم کنترلی Feedforward استفاده شده است. سیستم کنترلی Feedforward روشی مناسب جهت شناسایی دقیق خطای کاهش لحظه‌ای نامتعادل ولتاژ می‌باشد. در این سیستم کنترلی با استفاده از روش تبدیل پارک تغییرات واقعی دامنه ولتاژ در هر یک از فازها پس از مقایسه شدن با یک ولتاژ مرجع (V_{ref}) مشخص می‌شود. پس از محاسبه و تبدیل سیگنال خطا از مرجع dq0 به مرجع abc، سیگنالی کنترلی جهت تولید زاویه آتش با استفاده از سیستم کنترل مدولاسیون پهنای پالس (PWM^۶) ایجاد خواهد شد. در این سیستم کنترلی از یک بلوک PLL جهت تولید شکل موج ولتاژ سینوسی با دامنه واحد و هم‌فاز با ولتاژ منبع تولیدکننده توان



شکل ۴: دیگرام تک خطی سیستم تست

جدول (۲): مشخصات کلی سیستم تست

۱	منبع تولیدکننده توان	۴۰۰ ولت، ۶۰ هرتز
۲	مدل منبع ولتاژ	سه فاز سه سطح دیود کلمپ، ۱۲ پالس
۳	الکتروموتور القایی سه فاز قفس سنجابی	۳/۷ کیلووات، ۴۰۰ ولت، ۶۰ هرتز، ۱۸۰۰ دور بر دقیقه
۴	منبع ولتاژ جریان مستقیم	۱۵۰ ولت
۵	توان نامی ترانسفورماتور تزریق کننده و نسبت تبدیل آن	۵۰ کیلوولت آمپر، ۱/۱

جدول (۳): مشخصات تغییر بار مکانیکی الکتروموتور القایی سه فاز قفس سنجابی

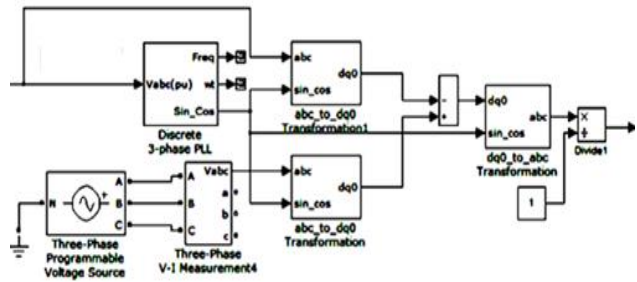
دامنه	۰	۰/۰۵	۰/۲۵	۰/۱۵	۰/۳۵	۰/۴
زمان	۰	۱	۱	۰	۰	۱

۱-۶- مشخصات منبع تولیدکننده توان

جهت شبیه‌سازی منبع تولیدکننده توان، خطای کاهش لحظه‌ای ولتاژ در فازهای مختلف با دامنه و زمان‌های متفاوت در نظر گرفته شده است. این موضوع علاوه بر ایجاد پدیده نامتعادلی ولتاژ، نزدیکی به شرایط واقعی را به همراه خواهد داشت. جدول (۴) مشخصات مربوط به خطای کاهش لحظه‌ای نامتعادل ولتاژ در فازهای مختلف منبع تولیدکننده توان را نشان می‌دهد.

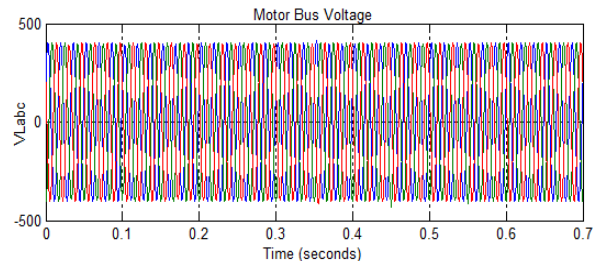
^۶ Pulse Width Modulation

استفاده می‌شود. شکل ۶ مدل شبیه‌سازی سیستم کنترل Feedforward را نشان می‌دهد [۶].

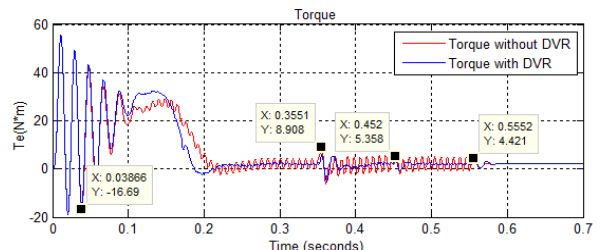


شکل ۶: سیستم کنترلی Feedforward [۶].

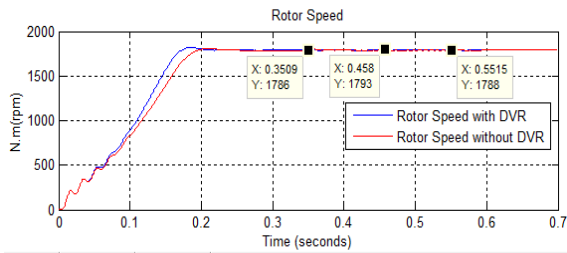
جهت ارزیابی عملکرد بازیاب دینامیکی ولتاژ با ساختار جدید، ابتدا شکل موج ولتاژ سه فاز خروجی پس از جبران سازی ولتاژ در باسبار الکتروموتور مورد بررسی قرار گرفته است. این موضوع در شکل ۷ نشان داده شده است. سپس مشخصه‌های کارکردی گشتاور، سرعت و دامنه جریان سه فاز استاتور الکتروموتور القایی قفس سنجابی در دو وضعیت حضور و عدم حضور بازیاب دینامیکی ولتاژ با ساختار جدید مورد بررسی قرار گرفته است. شکل‌های ۸، ۹ و ۱۰ به ترتیب نتایج شبیه‌سازی در این خصوص را نشان می‌دهد.



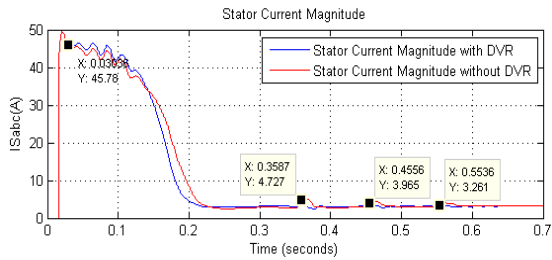
شکل ۷: شکل موج ولتاژ سه فاز خروجی جبران سازی شده توسط بازیاب دینامیکی ولتاژ با ساختار جدید در باسبار الکتروموتور القایی



شکل ۸: گشتاور الکتروموتور القایی سه فاز قفس سنجابی در دو وضعیت حضور و عدم حضور بازیاب دینامیکی ولتاژ با ساختار جدید



شکل ۹: سرعت الکتروموتور القایی سه فاز قفس سنجابی در دو وضعیت حضور و عدم حضور بازیاب دینامیکی ولتاژ با ساختار جدید



شکل ۱۰: تغییرات دامنه جریان سه فاز استاتور الکتروموتور القایی در دو وضعیت حضور و عدم حضور بازیاب دینامیکی ولتاژ با ساختار جدید

بررسی نتایج شبیه‌سازی پس از جبران سازی ولتاژ در باسبار الکتروموتور نشان می‌دهد که تغییرات دامنه ولتاژ بسیار ناچیز و خطای کاهش لحظه‌ای ولتاژ که به صورت نامتعادل به مدل شبیه‌سازی سیستم تست اعمال شده کاملاً جبران سازی شده است. همچنین نوسانات مربوط به گشتاور و سرعت الکتروموتور القایی سه فاز پس از جبران سازی با تغییرات بسیار کمتری همراه می‌باشد

۷- نتیجه‌گیری

استفاده از سیستم کنترلی Feedforward با توجه به مزایایی همچون دقت بسیار زیاد، سرعت پاسخ‌گویی بالا و عملکرد دینامیکی مناسب سبب شده است که کارکرد بازیاب دینامیکی ولتاژ با ساختار جدید در مقابل خطای کاهش لحظه‌ای نامتعادل ولتاژ بسیار مناسب و مطلوب باشد. در کنار این موضوع مزایای ساختار جدید استفاده شده در مدل منبع ولتاژ بازیاب دینامیکی ولتاژ موجب شده است که اعوجاجات هارمونیک کل کاهش یابد و کیفیت انرژی الکتریکی تحویلی توسط بازیاب دینامیکی ولتاژ بهبود چشمگیری را داشته باشد. همچنین بررسی نتایج حاصل از جبران سازی ولتاژ در باسبار الکتروموتور به‌خوبی نشان می‌دهد که ولتاژ سه فاز خروجی بازیابی شده به‌صورت سینوسی و با کمترین اعوجاج می‌باشد.

- [8] F.C. Pablo, D.F. Francisco, D.G. Jesus, L.Oscar, G.Y. Alejandro and M.Jano. "Mitigation of Voltage Sags, Imbalances and Harmonics in Sensitive Industrial Loads by Means of a Series Power Line Conditioner", Elsevier, Electric Power Systems Research, 84, pp. 20-30, 2012.
- [9] R. Omar and N.A. Rahim, "Voltage Unbalanced Compensation using Dynamic Voltage Restorer based on Supercapacitor", Elsevier, Electrical Power and Energy System, 43, pp. 573-581, 2011.
- [10] R. Omar, N.A. Rahim and M. Sulaiman, "Modeling and Simulation for Voltage Sags/Swells Mitigation using Dynamic Voltage Restorer (DVR)", Journal of Theoretical and Applied Information Technology, 5, pp. 464-470, 2009.
- [11] N. Vasa, S. G, N. Reddynarra and S. A, "Series Compensation Technique for Voltage Sag Mitigation", IOSR Journal of Engineering, 2, pp. 14-24, 2012.
- [12] S. Gupt, A. Dixit, N. Mishra and S. Singh, "Custom Power Device for Power Quality Improvement: A Review", IJREAS, 2, pp.1646-1659, 2012.
- [13] A. Bangar, "Power Quality Improvement of Distribution Networks using Dynamic Voltage Restorer", M.S. Thesis, Electrical & Instrumentation Engineering Department, Thapar University, Patiala, India 2011.
- [14] P. Kumar, N. Kumar and A. Akella, "Six Leg DVR Topology for Compensation of Balanced Linear Loads in Three Phase Four Wire System", IJSAEM, 4, 2013.
- [15] M. Sharanya, B. Basavaraja and M. Sasikala, "An Overview of Dynamic Voltage Restorer for Voltage Profile Improvement", International Journal of Engineering and Advanced Technology, 2, pp. 26-29, 2012.
- [16] Di. Wu and C.S. Chang, "Voltage Sag Mitigation in Offshore Oil Rig Power System by Dynamic Voltage Restorer", IEEE Conference (ISIE), pp. 1160-1165, 2011.
- [17] S. Paul, S. Sarkar, P. Kumar Saha and G. Kumar Panda, "By Dynamic Voltage Restorer for Power Quality Improvement", International Journal Of Engineering And Computer Science, 2, pp. 234-239, 2013.
- [18] B. Khanh, J. Lian, B. Ramachandran and S. Srivastava, "Mitigation Voltage Sags Due to Dol Starting of Three Phase Asynchronous Motors using Dynamic Voltage Restorer(DVR)", IEEE Conference (T&D), pp 1-8, 2012.
- [19] N. Roxana Buzatu, D. Alexa, G.A. Lazar, D. Butnicu, O.L. Buzatu and R. Vieriu, "A Three Level Voltage Inverter used for an Induction Motor Control", ACTA Technica Napocensis Electronics and Telecommunications, 51, pp. 51-54, 2010.
- [20] V.R. Reddy Putti and K. Veeresham, "Dynamic Voltage Restorers with Three Level Inverter ", VSRD International Journal of Electrical, Electronic & Communication Engineering, 2 , pp. 100-113, 2012.

با اعمال شدن خطای کاهش لحظه‌ای ولتاژ که از ثانیه ۰/۰۳ در فاز C شروع و در ثانیه ۰/۵۵ در همان فاز خاتمه می‌یابد مشخصه‌های کارکردی گشتاور، سرعت و جریان استاتور الکتروموتور القایی سه فاز دچار تغییراتی نامطلوبی می‌شوند. در این راستا بررسی نتایج شبیه‌سازی در دو وضعیت حضور و عدم حضور بازیاب دینامیکی ولتاژ با ساختار جدید نشان می‌دهد که عدم حضور بازیاب دینامیکی ولتاژ موجب نوسانی شدن گشتاور، کاهش و نوسانی شدن سرعت نامی روتور و کاهش جریان استاتور الکتروموتور خواهد شد.

استفاده از بازیاب دینامیکی ولتاژ با ساختار جدید موجب شده است که نوسانات ایجاد شده در گشتاور و سرعت به حداقل مقدار ممکن کاهش پیدا کند و میزان کاهش سرعت و کاهش جریان استاتور الکتروموتور القایی به میزان بسیار زیادی بهبود یابد. از طرفی تغییرات نسبتاً کمتری در زمان پایان خطای کاهش لحظه‌ای ولتاژ در هر فاز، در مشخصه‌های کارکردی گشتاور، سرعت و جریان استاتور الکتروموتور القایی ایجاد خواهد شد.

مراجع

- [1] R. Omar and N. Rahim, "New Configuration of a Three Phase Dynamic Voltage Restore (DVR) for Voltage Disturbances Mitigation in Electrical Distribution System", AJSE, 37, 2, pp. 2205-2220, 2012.
- [2] A. Venkata Rajesh and K. Narasimha Rao, "Power Quality Improvement using Repetitive Controlled Dynamic Voltage Restorer for Various Faults", International Journal of Engineering Research and Applications, 2, pp. 168-174, 2012.
- [3] A. Elserougi, A.H. Eldin, A. Massoud and S. Ahmed, "Investigation of Inter-Line Dynamic Voltage Restorer with Virtual Impedance Injection", IEEE Conference IECON, 36, pp. 1975-1980, 2010.
- [4] A. Ghosh and S. Ledwich, "Compensation of Distribution System Voltage using DVR", IEEE Transactions, 17, pp. 1030-1036, 2002.
- [5] H.P. Tiwari and S. Kumar Gupta, "Dynamic Voltage Restorer against Voltage Sag", International Journal of Computer and Electrical Engineering, 1, pp. 232-237, 2010.
- [6] Anmol, "Investigations on the Role of Dynamic Voltage Restorer for Power Quality Improvement of Distribution Network", M.S. Thesis, Electrical & Instrumentation Engineering Department, Thapar University, Patiala, India 2011.
- [7] B. Krischonme and M. Nadarajah, "Performance Enhancement of DVR for Mitigating Voltage Sag/Swell using Vector Control Strategy", Elsevier, Energy Procedia, 9, pp.366-379, 2011.