

کنترل سرعت موتور سنکرون آهنربای دائم با استفاده از مدولاسیون پهنای پالس بردار فضایی

مسعود شهسواری^۱، حسین فهیمی نوقی^۲، محمد حسین خانزاده^۳^۱ دانشگاه جامع امام حسین (ع)، sshahsavari70@gmail.com^۲ دانشگاه جامع امام حسین (ع)، hfahimi19@yahoo.com^۳ دانشگاه جامع امام حسین (ع)، khanzade@ihu.ac.ir

چکیده

امروزه موتورهای سنکرون آهنربای دائم (PMSM) به دلیل خصوصیات ذاتی نظیر توان بالا، لختی کم، ضریب توان و بازده بالا نسبت به موتورهای DC و موتورهای القایی، در بسیاری از کاربردهای صنعتی سرعت متغیر در گستره توان کم و متوسط مورد توجه قرار گرفته‌اند. مبدل منبع ولتاژ (VSI)، عموماً برای تغذیه یک موتور سنکرون مغناطیس دائم سه‌فاز برای کاربردهای سرعت متغیر استفاده می‌شود و یک روش مدولاسیون پهنای پالس مناسب برای به‌دست آوردن ولتاژ خروجی مورد نیاز اینورتر به کار گرفته می‌شود. روش‌های مختلفی برای تولید شکل موج ولتاژ خروجی مبتنی بر PWM وجود دارد که پرکاربردترین آنها PWM مبتنی بر بردار فضایی (SVPWM) می‌باشد. در روش‌های SVPWM، یک بردار ولتاژ مرجع گردان به عنوان مرجع ولتاژ به جای شکل موج‌های مدوله کننده سه‌فاز به کار می‌رود. در این مقاله یک روش جدید کنترل حلقه بسته سرعت موتور PMSM مبتنی بر SVPWM ارائه شده است، سپس روش ارائه شده با روش دیگر ارائه شده در همین مقاله که مبتنی بر SPWM می‌باشد، مورد مقایسه قرار گرفته است. هر دو ساختار ارائه شده با استفاده از نرم افزار MATLAB/SIMULINK شبیه‌سازی و سپس مورد بررسی قرار گرفته‌اند. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که روش SVPWM نسبت به روش SPWM، از ولتاژ باس DC به‌طور مؤثرتری استفاده می‌کند و اعوجاج هارمونیک کل (THD) کمتری ایجاد و ولتاژ خروجی بیشتری تولید می‌کند و همچنین دارای تلفات کلیدزنی کمتری می‌باشد. بنابراین روش کارآمدتری می‌باشد. اما هر دو روش ارائه شده برای کنترل سرعت PMSM از سرعت و پاسخ مناسبی برخوردار می‌باشد.

واژه‌های کلیدی

موتور سنکرون آهنربای دائم، مبدل منبع ولتاژ، مدولاسیون پهنای پالس، SPWM، SVPWM

مقدمه

موتور سنکرون مغناطیس دائم (PMSM) در حقیقت یک موتور سنکرون معمولی است که در آن به جای تحریک سیم‌پیچی شده رتور، جاروبک‌ها و حلقه‌های لغزان، از آهنربای دائم استفاده شده است. استاتور موتورهای سنکرون مغناطیس دائم همانند استاتور

موتور القایی است و شار ایجاد شده توسط سیم‌پیچ‌های استاتور به صورت سینوسی است. بنابراین همان روش‌های کنترلی مورد استفاده موتور القایی، در موتورهای سنکرون مغناطیس دائم نیز استفاده می‌شود [۱]. امروزه روش‌های زیادی برای کنترل موتور سنکرون مغناطیس دائم مطرح شده است، این روش‌ها به دو دسته کلی روش‌های کنترل اسکالر و کنترل برداری تقسیم بندی می‌شوند [۲]. روش‌های کنترل اسکالر معمولاً ساده‌تر و ارزان‌تر و در مقابل دارای محدودیت رنج کنترل سرعت می‌باشند [۳]. روش‌های کنترل برداری پیچیده‌تر و گران‌تر می‌باشند، ولی می‌توانند سرعت موتور را از صفر تا بالاتر از سرعت نامی موتور به‌طور دقیق کنترل کنند. روش‌های کنترل برداری به دو دسته کنترل مستقیم میدان و کنترل مستقیم گشتاور تقسیم بندی می‌شوند [۴]. به دلیل پیشرفت ادوات نیمه‌هادی قدرت با توان کلیدزنی بالا، تکنیک‌های مدولاسیون پهنای پالس^۱ (PWM) به منظور کلیدزنی تجهیزات به کار رفته در اینورترهای قدرت برای کاربردهای صنعتی توسعه یافته و از سه دهه گذشته تاکنون تحقیقات گسترده‌ای در این زمینه انجام شده است. روش‌های مختلفی برای تولید شکل موج ولتاژ خروجی مبتنی بر مدولاسیون پهنای پالس (PWM) وجود دارد که بهترین آن‌ها PWM مبتنی بر مدولاسیون پهنای پالس بردار فضایی^۲ (SVPWM) می‌باشد. در روش SVPWM یک بردار ولتاژ مرجع گردان به عنوان مرجع ولتاژ به جای شکل موج‌های مدوله کننده سه‌فاز بکار می‌رود. در این روش اندازه و فرکانس مولفه اصلی در طرف خط، بوسیله اندازه و فرکانس بردار ولتاژ مرجع کنترل می‌شود. یکی دیگر از روش‌های رایج و پرکاربرد مبتنی بر PWM، مدولاسیون پهنای پالس سینوسی^۳ (SPWM) است که در این روش سیگنال‌های مدوله کننده مرجع سه‌فاز با حامل مثلثی مقایسه می‌شوند. فرکانس سیگنال حامل در مقایسه با سیگنال مدوله کننده خیلی بالا می‌باشد. اندازه و فرکانس مولفه اصلی در طرف خط، بوسیله اندازه و فرکانس سیگنال مدوله کننده تعیین می‌شود [۵].

در روش SVPWM یک بردار ولتاژ مرجع گردان به عنوان مرجع ولتاژ به جای شکل موج‌های مدوله کننده سه‌فاز بکار می‌رود. در این روش اندازه و فرکانس مولفه اصلی در طرف خط، بوسیله اندازه و

^۱ Pulse width modulation^۲ Space vector PWM^۳ Sinusial PWM