



دانشگاه زنجان

دانشگاه زنجان

گروه مهندسی برق

پایان نامه برای اخذ درجه کارشناسی در رشته مهندسی برق

عنوان پایان نامه:

کنترل موتورهای القایی با استفاده از میدل های الکترونیک قدرت

امیر سامان سلطانی

استاد راهنما:

دکتر ابوالفضل جلیلود

سال تحصیلی ۹۸ - ۱۳۹۷

فهرست مطالب

فصل اول مقدمه ای بر کنترل موتورهای القایی با ادوات الکترونیک قدرت ۱

۱-۱ مقدمه کلی ۲

2-1 کنترل موتورهای القایی با مبدل‌های AC ۲

3-1 استفاده از اینورترها در کنترل موتورهای القایی ۳

فصل دوم بررسی موتورهای القایی ۵

1-2 عملکرد موتورهای القایی سه فاز ۶

۱-۱-۲ تحلیل حالت دائمی ۷

۲-۱-۲ موتورهای القایی - قفس سنجایی ۱۱

۲-۱-۳ طبقه بندی موتورهای قفس سنجایی ۱۲

۲-۱-۴ موتورهای القایی با رتور سیم بندی شده ۱۴

۲-۲ راه اندازی ۱۴

3-2 ترمز کردن ۱۵

4-2 کنترل سرعت ۱۶

۱-۴-۲ کنترل سرعت با منبع ولتاژ متغیر و فرکانس ثابت ۱۶

۲-۴-۲ کنترل سرعت با تغییر فرکانس ۱۷

۲-۴-۳ کنترل و مزایای آن ۱۸

فصل سوم کنترل موتورهای القایی با اینورترها ۱۹

۱-۳ کنترل موتور القایی با اینورتر منبع ولتاژ ۲۰

۱-۱-۳ اینورتر منبع ولتاژ سه فاز ۲۱

۲-۱-۳ اینورتر شش پله ای ۲۲

۳-۱-۳ کنترل ولتاژ اینورتر شش پله ای ۲۴

۱-۱ مقدمه کلی

موتورهای القایی^۱ بخصوص موتورهای قفس سنجایی مزایایی نسبت به موتورهای dc دارند که از آن جمله مواردی نظیر نیاز به نگهداری کمتر، قابلیت اطمینان بالاتر، هزینه، وزن، حجم و اینرسی کمتر،

راندمان بیشتر، قابلیت عملکرد در محیط‌های با گرد و غبار و در محیط‌های قابل انفجار را می‌توان برشمرد. مشکل اصلی موتورهای dc وجود کموتاتور و جاروبک است که نگهداری زیاد و پرهزینه و نامناسب بودن عملکرد موتور در محیط‌های با گرد و غبار بالا و قابل انفجار را به دنبال دارد. با توجه به

مزایای فوق در تمامی کاربردها، موتورهای القایی به طور وسیع بر سایر موتورهای الکتریکی ترجیح داده می‌شوند. با این حال تا چندی پیش از موتورهای القایی فقط در کاربردهای سرعت ثابت استفاده شده است و در کاربردهای سرعت متغیر موتورهای dc ترجیح داده شده‌اند. این امر ناشی از آن است که روش‌های مرسوم در کنترل سرعت موتورهای القایی هم غیراقتصادی و هم دارای راندمان کم بوده است.

با بهبود در قابلیت‌ها و کاهش در هزینه ترستورها و اخیراً در ترانزیستورهای قدرت و GTOها امکان ساخت محرکه‌های سرعت متغیر با استفاده از موتورهای القایی بوجود آمده است که در برخی موارد حتی از نظر هزینه و عملکرد از محرکه‌های با موتور dc نیز پیشی گرفته‌اند. در نتیجه این پیشرفت‌ها،

محرکه‌های موتورهای القایی در برخی کاربردهای سرعت متغیر بجای محرکه‌های dc مورد استفاده قرار گرفته‌اند. پیش‌بینی می‌شود در آینده موتورهای القایی بطور گسترده در محرکه‌های سرعت متغیر مورد استفاده قرار خواهند گرفت.

۱-۲ کنترل موتورهای القایی با مبدل‌های AC

برای داشتن محدوده وسیع تغییرات سرعت، بایستی از موتور قفس سنجایی کلاس D استفاده شود. چون نسبت گشتاور به جریان در آن با کاهش ولتاژ کم می‌شود، لذا این روش برای کاربردهایی که به گشتاور کم در سرعت‌های پائین مورد نیاز است مناسب می‌باشد.

تغییرات ولتاژ تغذیه توسط کنترل کننده ولتاژ ac بدست می‌آید. لازم به یادآوری است که این کنترل-

کننده از یک منبع ac ثابت یک ولتاژ ac متغیر فرکانس ثابت ایجاد می‌کند. با این حال در این تبدیل ضریب قدرت کوچک است و مقدار قابل ملاحظه‌ای از هارمونیک‌ها نیز در ولتاژ خروجی کنترل کننده ایجاد می‌شود. با کاهش ولتاژ خروجی، ضریب قدرت کاهش و محتویات هارمونیکی افزایش می‌یابد.

افزایش هارمونیک‌ها باعث افزایش تلفات و افت ظرفیت موتور می‌شوند. گشتاور موتور که در ولتاژهای

¹ Induction motors

پائین کوچک است. کاهش بیشتری می‌یابد. موتورهای القایی که با کنترل‌کننده‌های ولتاژ ac کنترل می‌شوند در بارهای پنکه‌ای، پمپ‌ها و جرثقیل‌ها به کار گرفته می‌شوند.

۱-۳ استفاده از اینورترها در کنترل موتورهای القایی

موتور القایی قفس سنجانی چند مزیت نسبت به موتور dc دارد. از جمله قیمت ارزان، طول عمر زیاد، استحکام و قابلیت اطمینان بالا را می‌توان نام برد. همچنین به علت عدم حضور کموتاتور و جاروبک‌ها، گدازه‌های مضر

موتور قفسه سنجابی نیاز به تعمیر و نگهداری ندارد. موتور در محیط‌های قابل انفجار نیز می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. ساختمان رتور موتور قفس سنجابی بگونه‌ای است که می‌توان آن را در سرعت، قدرت و ولتاژ بالاتر طراحی نمود. همچنین وزن و حجم ممان اینرسی آن کمتر است. با این حال هزینه سیستم

کنترل فرکانس متغیر به مراتب بیش از هزینه یکسوکنده قابل کنترل می‌باشد. با آنکه قیمت موتور القایی قفس سنجابی در قدرت یکسان از قیمت موتور dc موتور بسیار کم است ولی در مجموع هزینه محرکه ac فرکانس متغیر عموماً بالاتر است.

در کاربردهای خاص که نیاز به تعمیر و نگهداری نبایستی وجود داشته باشد همچون کاربرد در تأسیسات زیر دریایی و زیر زمینی و همچنین کاربرد در محیط‌های قابل انفجار و آلوده نظیر معادن و صنایع شیمیایی استفاده از محرکه‌های القایی با فرکانس متغیر عمومیت پیدا کرده است. به دلیل مزایای

موتورهای قفس سنجابی و روش کنترل فرکانس متغیر، محرکه‌های ac فرکانس متغیر در کاربردهایی نظیر موتورهای کششی، پمپ‌ها، بارهای پنکه‌ای کمپرسورها، صنایع بافندگی و ماشین ابزارها و وسایل نقلیه نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند.

هم اکنون به سبب در دسترس بودن و پیشرفت ترانزیستورهای قدرت، از لحاظ مقادیر نامی بالا و مشخصه‌های بهبود یافته، در قدرت‌های پایین هزینه محرکه‌های ac فرکانس متغیر با محرکه dc قابل مقایسه شده است. همچنین در چند ساله اخیر، با پیشرفت‌های ایجاد شده در ساخت GTO انتظار

می‌رود که محرکه‌های ac بطور کامل جایگزین محرکه‌های dc در قدرت‌های متوسط و تا حدی قدرت‌های بالا بشوند.

در کنترل موتورهای القایی از مبدل‌های فرکانس متغیر نیز استفاده می‌شود که این مبدل‌ها به ۳ دسته زیر تقسیم‌بندی می‌شوند:

- ۱- اینورتر منبع ولتاژ
- ۲- اینورتر منبع جریان
- ۳- سیکلوکانورتر

اینوترها ولتاژ/جریان dc را به ac با فرکانس متغیر تبدیل می‌کنند. اگر خروجی ac اینوتر بصورت یک منبع ولتاژ ac عمل کند، به گروه اینوترتر منبع ولتاژ تعلق دارد. به همین صورت اگر خروجی ac اینوترتر بصورت یک منبع جریان ac عمل کند، آن را اینوترتر منبع جریان می‌نامند.

به دلیل کوچک بودن امپدانس داخلی، ولتاژ خروجی یک اینوترتر منبع ولتاژ با تغییرات بار ثابت باقی می‌ماند، بنابراین برای محرکه‌های تک موتوره و چند موتوره مناسب هستند. با اتصال کوتاه شدن پایانه‌های خروجی، جریان به سرعت افزایش می‌یابد زیرا امپدانس داخلی ثابت زمانی آن کوچک هستند.

بنابراین حفاظت در برابر اتصال کوتاه توسط سیستم کنترل جریان میسر نیست و بایستی با فیوزهای سریع حفاظت انجام شود. در مقابل، به دلیل بزرگ بودن امپدانس داخلی یک اینوترتر منبع جریان، تغییر ولتاژ پایانه‌های اینوترتر جریان در اثر تغییر بار بسیار بزرگ است. بنابراین اگر در حالت چند ماشینه از اینوترتر جریان استفاده شود، تغییر بار هر یک از موتورها بر کار سایر موتورها اثر دارد. پس در کاربرد چند اینوترتر از اینوترتر منبع جریان استفاده نمی‌شود. چون جریان خروجی اینوترتر منبع جریان مستقل از امپدانس بار است، حفاظت ذاتی در مقابل اتصال کوتاه پایانه‌هایش دارد.

سیکلونوترها از منبع ac با فرکانس ثابت می‌توانند منبع ac فرکانس متغیر را ایجاد نمایند.

نتیجه گیری و پیشنهادات



موتورهای القایی به علت داشتن مزایای زیادی نظیر نیاز به نگهداری کمتر، قابلیت اطمینان بالاتر، هزینه، وزن، حجم و اینرسی کمتر، راندمان بیشتر، قابلیت عملکرد در محیط های مختلف به طور وسیعی مورد استفاده قرار می گیرد با توجه به مزایای فوق در بیشتر کاربردها، موتور های القایی به طور وسیع بر سایر موتورهای الکتریکی ترجیح داده می شوند. در گذشته از موتورهای القایی فقط در کاربردهای سرعت ثابت استفاده شده است و در کاربردهای سرعت متغیر، موتورهای dc ترجیح داده شده اند. این امر ناشی از آن بود که روش های مرسوم در کنترل سرعت موتورهای القایی هم غیر اقتصادی و هم دارای راندمان کم

با بهبود در قابلیت ها و کاهش در هزینه طراحی و ساخت ادوات الکترونیک قدرت امکان ساخت کنترل کننده های مناسب برای موتورهای القایی به وجود آمده است که در برخی موارد حتی از نظر هزینه و عملکرد از محرکه های با موتور dc نیز پیشی گرفته اند. استفاده از اینورترهای سه فاز و همچنین مبدل - های ac به ac موجب تحول در روش های کنترل موتورهای القایی شده است.



- [۱] جی. کا. دوی، "کنترل موتورهای الکتریکی با مبدل های الکترونیک قدرت"، دکتر جعفر میلی منفرد- دانشکده مهندسی گروه برق آرنایگاه پروژه برق دانشگاه زنجان
- مهندس همایون مشگین کلک، مرکز نشر پروفیسور
- [۲] کاظمی مقدم، محمد مهدی، "کنترل و حفاظت الکتروموتورها"، مرکز تحقیقات وزارت نیرو، ۱۳۸۰
- [۳] بروجنی اقتداری، میثم، "کنترل مقاوم موتور القایی اشباع پذیر نسبت به تغییرات بار"، بیست گروه برق آرنایگاه پروژه برق دانشگاه زنجان
- دومین کنفرانس بین المللی برق (PSC2007)، پژوهشگاه نیرو- مرکز توسعه فناوری نیرو، تهران ۱۳۸۶
- [4] Bimal K. Bose, "Power Electronics and Motor Drives: Advances and Trends", Elsevier's Science & Technology, 2006
- [5] Rashid, Muhammad H, "Power Electronics, circuits, devices and applications", 2nd ed., Prentice Hall, 1993.
- [6] H. A. Toliyat anX S. NanXi, "ConXition monitoring anX fault Xiagnosis of electrical machines-a review, " in Proc. IEEEIAS 1999 Annu. Meeting, Phoenix, AZ, Oct. 3- 7, 1999, pp. 197-204.
- [7] A. C. Smith anX X. G. Xorrel, "Calculation anX measurement of unbalanceX magnetic pull in cage inXuction motors with eccentric rotor, " IEE ProceeXing, Pt. B. vol. 143, no. 3, pp. May 1996.
- [8] H. A. Toliyat, N. A. Al-Nuaim, "Simulation anX Xetection of ynamic air-gap eccentricity in salient pole synchronous machines," IEEE Trans. InX. Applicat., pp.1- 7, October 1997.