به نام خدا

کنترل بهینه به منظور کاهش ریپل گشتاور موتورهای جریان مستقیم بدون جاروبک مبتنی بر کنترل کننده فازی و الگوریتم ژنتیک

مولف :

محمد مهدی مرزبان

انتشارات ارسطو

(سازمان چاپ و نشر ایران – ۱۴۰۴)

نسخه الکترونیکی این اثر در سایت سازمان چاپ و نشر ایران و اپلیکیشن کتاب رسان موجود می باشد

Chaponashr.ir

سرشناسه : مرزبان ، محمد مهدی ، ۱۳۶۹
عنوان و نام پدیدآور : کنترل بهینه به منظور کاهش ریپل گشتاور موتورهای جریان مستقیم بدون جاروبک مبتنی بر کنترل کننده فازی و الگوریتم ژنتیک/ مولف: محمد مهدی مرزبان
مشخصات نشر : انتشارات ارسطو (سازمان چاپ و نشر ایران)، ۱۴۰۴.
مشخصات ظاهری : ۱۰۰ص.
شابک : ۷-۷۳۸-۱۱۷-۶۲۲-۹۷۸
وضعیت فهرست نویسی : فیپا
یادداشت : کتابنامه.
موضوع : کنترل بهینه به منظور کاهش ریپل گشتاور موتورهای جریان مستقیم بدون جاروبک مبتنی - کنترل کننده فازی و الگوریتم ژنتیک
رده بندی کنگره : TP ۹۸۳
رده بندی دیویی : ۶۶۸/۵۵
شماره کتابشناسی ملی : ۹۹۷۶۵۸۸
اطلاعات رکورد کتابشناسی : فیپا

نام کتاب : کنترل بهینه به منظور کاهش ریپل گشتاور موتورهای جریان مستقیم بدون جاروبک مبتنی بر کنترل کننده فازی و الگوریتم ژنتیک
مولف : محمد مهدی مرزبان
ناشر : انتشارات ارسطو (سازمان چاپ و نشر ایران)
صفحه آرایی، تنظیم و طرح جلد: پروانه مهاجر
تیراژ : ۱۰۰۰ جلد
نوبت چاپ : اول ــ ۱۴۰۴
چاپ : زبرجد
قیمت : ۱۳۰۰۰۰ تومان
فروش نسخه الکترونیکی - کتاب رسان :
https//:chaponashr.ir/ketabresan
شابک : ۷-۷۳۸-۱۱۷-۶۲۲-۹۷۸
تلفن مرکز پخش : ۰۹۱۲۰۲۳۹۲۵۵
www.chaponashr.ir

موسسه زند

انتشارات ارسطو

سپاسگزاری

با ســـپاس فراوان از جناب آقای دکتر جوادی برای همراهی، راهنمـایی و آموزش¬هـای ســـازنـده و بی دریغشــان، تشــکر و ســپاســگزاری از جناب آقای دکتر ســـیادتان برای مشـــاوره و راهنمایی¬های موثر و مفید ایشـــان و همچنین با ســـپاس فراوان از تمامی اســـاتید مجرب و دلســـوز گروه مهندســـی برق دانشـــگاه آزاد اسلامی واحد تهران غرب.

تقدیم به:

با نهایت عشق و احترام؛

این کتاب تقدیم و پیشکش به مدافعان سلامت راه که رسم شهادت و ایثار را از شهیدان بزرگوار هشت سال دفاع مقدس و مدافعان حرم یاد گرفته‌اند، عزیزانی که رفتند تا امروز کشور در آرامش باشد.

فهرست

فصل اول:پیشگفتار ۱۱

مقدمه ۱۱

ساختار کتاب ۱۲

فصل دوم:کلیات، ساختار، اجزا و مروری بر اصول عملکرد موتورهای BLDC ۱۳

مقدمه ۱۳

بررسی مولدهای جریان مستقیم ۱۴

مولد تحریک شنت و کاربرد آن ۱۶

مشخصه بی باری مولد سری ۱۹

مولدهای کمپوند ۲۰

مولد کمپوند نقصانی ۲۰

روش‌های ایجاد حالت مختلف کمپونه اضافی در یک مولد ۲۱

استاتور ۲۲

سنسورهای هال ۲۶

تئوری عملکرد ۲۸

مشخصه های گشتاور/سرعت ۲۸

مقایسه موتورهای BLDC با سایر انواع موتورها ۲۹

مراحل کموتاسیون ۳۳

کنترل حلقه بسته ۳۵
مفهوم EMF بازگشتی ۳۷
شرایط لازم گشتاور پیک (T_P) ۳۹
کاربردهایی با بار ثابت ۴۱
کاربردهای موقعیت یابی ۴۲
فصل سوم:مروری بر کارهای گذشته..... ۴۵
مقدمه ۴۵
بررسی روش‌های کنترل موتور BLDC ۵۰
روش کنترل هیسترزیس جریان در موتورهای BLDC ۵۰
روش کنترل PWM جریان در موتور BLDC..... ۵۱
کنترل PWM جریان با شکل دهی جریان ۵۱
DTC موتور BLDC در حالت هدایت دوفاز ۵۵
DTC بر اساس الگوریتم معمول در موتورهای القایی ۵۸
کنترل هیبرید برای به کاهش ریپل گشتاور گشتاور موتور BLDC ۶۲
فصل چهارم..... ۶۵
روش پیشنهادی FC و GA برای کنترل موتور BLDC..... ۶۵
مقدمه ۶۵
عملیات فازی ۷۶
استخراج قوانین اگر-آنگاه ۷۷

عملیات غیرفازی سازی ۷۸
الگوریتم ژنتیک ۷۸
FC مبتنی بر GA ۷۹
فصل پنجم:نتایج شبیه سازی و تفسیر نتایج ۸۳
مقدمه ۸۳
فصل ششم:جمع بندی و پیشنهادات ۹۳
جمعبندی ۹۳
منابع: ۹۵

فصل اول

پیشگفتار

مقدمه

در سالهای اخیر استفاده از موتورهای BLDC[1] بسیار رواج پیدا کرده است. این موتورها ارزانترند، وزن و حجم کمتری دارند، عمر طولانیتری دارند و استهلاکشان کمتراست. در نتیجه جهت کنترل این نوع موتورها روشهای مختلفی بسته به کاربردشان مطرح شده است. موتور PMSM[2] بدلیل دارا بودن بازدهی بالا، اینرسی پایین، نسبت گشتاور به جریان بالا و نسبت توان به وزن بالا به طور وسیعی در کاربردهای صنعتی استفاده شده است. موتورهای BLDC در صنایعی نظیر صنعت اتومبیل، هوافضا، صنایع پزشکی، اتوماسیون صنعتی و تجهیزات و دستگاه ها به کار می روند. همان طور که از نام آنها مشخص است، موتورهای BLDC از جاروبک برای کموتاسیون استفاده نمی‌کنند؛ بلکه عمل کموتاسیون آن ها به صورت الکتریکی انجام می پذیرد. موتورهای BLDC مزایای بسیاری نسبت به موتورهای DC با جاروبک و موتورهای القایی دارند. برخی از آن ها عبارتند از: سرعت بهتر در برابر مشخصه های گشتاور، کارایی بالا،پاسخ دینامیکی سریع، طول عمر عملیاتی زیاد، عملکرد بدون نویز، محدوده سرعت‌های بالاتر. علاوه براین، نسبت گشتاور تحویل داده شده به اندازه موتور، بالاتر است، که آن را برای استفاده در کاربردهایی که فضا و وزن در آن فاکتورهای حیاتی هستند، مفید می‌سازد.

با توجه به مزایای مطرح شده در رابطه با این موتورها مساله کنترل سرعت و گشتاور آنها نیز جزو مسایل ضروری و مهم می‌باشد. به طور کلی، مکانیزم کنترل سرعت می‌تواند به وسیله مشخص کردن فرکانس سنسورهایی که اطلاعات مربوط به وضعیت موتور و کنترل

---

[1] Brushless Direct Current

[2] Permanent Magnet Synchronous Motor

کلید زنی فازهای مورد نظر را بر عهده دارند، اجرا گردد. چون یک نوع مبدل کنترل الکترونیکی یا چیزی شبیه به آن نیاز است، سرعت یک موتور DC بدون جاروبک توسط درایور کنترل می‌گردد. در موتورهای DC متداول سرعت نوعاً رابطه مستقیم با ولتاژ داده شده دارد. همچنین باید اشاره شود موتورهای بدون جاروبک گشتاور بیشینه را در لحظه سکون فراهم می‌آورند؛ این گشتاور به صورت خطی با افزایش سرعت کاهش می‌یابد. برخی محدودیت‌های موتورهای با جاروبک می‌توانند در موتورهای بدون جاروبک جبران شوند. با توجه به اصول عملیاتی مطرح شده برای کنترل سرعت و گشتاور، در این کتاب هدف اصلی کنترل سرعت و گشتاور موتور BLDC مبتنی بر رویکرد فازی-ژنتیک می‌باشد.

ساختار کتاب

ساختار این کتاب به شرح زیر خواهد بود.

در فصل دوم به جمع آوری اطلاعات و بیان مفاهیم، ساختار، اجزا و مطالعه مکانیزم عملکردی موتور BLDC خواهیم پرداخت.

در فصل سوم به بررسی مقالات متنوع در زمینه نحوه اتخاذ روشهای کنترلی موتور BLDC و در نهایت نحوه تحقق روشهای کنترلی فازی و ژنتیک خواهیم پرداخت.

فرمول بندی و طراحی سیستم پیشنهادی برای مدل دینامیکی موتور و توسعه روش ترکیبی پیشنهادی در فصل چهارم ارائه خواهد شد.

در نهایت در فصل پنجم نتایج حاصل از طراحی و پیاده سازی روش پیشنهادی در نرم‌افزار MATLAB ارائه خواهد شد و نتایج تفسیر می‌شوند و نتایج بدست آمده با روش کنترلی پیشنهادی ارزیابی خواهند شد. در انتهای این کتاب به جمع بندی و نتیجه‌گیری خواهیم پرداخت و رویکردهای قابل توسعه را برای کارهای آتی مطرح نموده و تحت عنوان پیشنهادات ارائه می‌کنیم.

فصل دوم

کلیات، ساختار، اجزا و مروری بر اصول عملکرد موتورهای BLDC

مقدمه

ماشینهای سنکرون به دو دسته تقسیم می‌شوند:
ژنراتور سنکرون
موتور سنکرون
البته نوعی ماشین سنکرون به نام کمپانستور[۱] یا اصلاح کننده ضریب توان نیز در صنایع موجود می‌باشد. این ماشینها نیز از دو قسمت متحرک (روتور) و قسمت ساکن (استاتور) تشکیل شده‌اند. رتور ماشینهای سنکرون از لحاظ ساختمان دو دسته‌اند. ماشینهای سنکرون با قطب صاف و ماشین‌های با قطب برجسته. همچنین ماشین‌های سنکرون بسته به آنکه نوع وسیله گرداننده آنها توربینی باشد به صورت زیر تقسیم می‌شود [۱]:
توربو ژنراتور: در این وسیله گرداننده‌ی روتور توربین بخار است و چون توربین بخار جزء ماشینهای تندگرد است بنابراین توربو ژنراتور دارای قطبهای صاف بوده و این ماشین توانایی ایجاد دورهای بسیار بالا را در قدرتهای زیاد دارد، امروزه اغلب توربو ژنراتورها را دو قطبی می‌سازند چون با افزایش سرعت گردش کار توربینهای بخار با صرفه‌تر و ارزانتر تمام می‌شود.
هیدرو ژنراتور: در آن وسیله گرداننده رتور به وسیله‌ی توربین آبی است و چون توربین آبی دارای دور کم است بنابراین هیدرو ژنراتور دارای قطب برجسته بوده و دارای سرعت کم می‌باشد.

[۱] compensator

دیزل ژنراتور: در قدرتهای کوچک و اضطراری وسیله گرداننده‌ی رتور دیزل است که در این مورد هم قطب‌های روتور آن قطب برجسته می‌باشد.
مولدهای AC یا الترناتیو درست مثل مولدهای DC بر اساس القاء الکترومغناطیسی کار می‌کنند، به طوری این مولها شامل یک سیم پیچ آرمیچر و یک میدان مغناطیسی هستند. اما اختلاف مهمی بین این دو وجود دارد: در حالیکه در ژنراتورهای DC آرمیچر چرخیده می‌شود و سیستم میدان ثابت است در آلترناتورها آرایش عکسی وجود دارد.
یک موتور سنکرون از نظر الکتریکی مشابه یک آلترناتور یا ژنراتور ac می‌باشد. در حقیقت از نظر تئوری یک ماشین سنکرون می‌تواند به عنوان آلترناتور استفاده گردد که به طور مکانیکی راه اندازی شده و یا به عنوان موتوری استفاده گردد که به صورت الکتریکی راه‌اندازی شده باشد. بیشتر موتورهای سنکرون دارای مقدار نامی ۱۵۰ کیلو وات تا ۱۵ مگاوات بوده و در محدوده ۱۵۰-۱۸۰۰ دور بر دقیقه کار می‌کنند. بعضی از خواص مشخصه‌ی یک موتور سنکرون که جالب توجه است عبارتند از:
هم در سرعت سنکرون کار می‌کند و هم کار نمی‌کند؛ یعنی در حال کار سرعت را ثابت نگه می‌دارد. تنها روش برای تغییر سرعت آن تغییر دادن در فرکانس تغذیه می‌باشد.
ذاتا خود راه انداز نبوده و مجبور است تا سرعت سنکرون با استفاده از وسیله خاص تا رسیدن به حالت سنکرون به حرکت در آید.
توانایی عمل کردن در محدوده‌ی وسیعی از ضریب قدرت های پسفاز و پیشفاز را دارد. لذا می‌تواند برای مقاصد تصحیح توان و همچنین برای تغذیه گشتاور و راه‌اندازی بارها استفاده گردد.

بررسی مولدهای جریان مستقیم

یک مولد ساده جریان مستقیم از چهار قسمت اصلی زیر تشکیل شده است:
قطبهای مغناطیسی: که وظیفه ایجاد میدان مغناطیسی مولد را به عهده دارد و می‌تواند به صورت آهنربای دایم و یا آهنربای الکتریکی باشد.
هادیها: برای ایجاد ولتاژ القایی به کار گرفته می‌شود.

کموتاتور: در ساده ترین حالت از دو نیم استوانه مسی که توسط میکا نسبت به یکدیگر عایق شده‌اند، تشکیل می‌گردد و وظیفه یک طرفه کردن ولتاژ و جریان القایی را در خارج از مولد به عهده دارد.

جاروبک: جهت انتقال جریان الکتریکی از هادیها به مصرف کننده استفاده می‌شود.

طرز کار مولد جریان مستقیم به این صورت است که با حرکت هادیها در فضای بین قطبها میدان مغناطیسی توسط هادیها قطع شده و بدین ترتیب مطابق پدیده القاء در هادیها ولتاژ القاء می‌شود. ابتدا و انتهای هر کلاف به یک نیم استوانه مسی یا یک تیغه کوموتاتور وصل می‌شود روی تیغه های کوموتاتور دو عدد جاروبک به طور ثابت قرار داشته و با حرکت هادیها تیغه‌های کموتاتور زیر جاروبک می‌لغزند، بدین ترتیب در ژنراتورهای جریان مستقیم از طریق کوموتاتور ولتاژ القاء شده طوری به جاروبکها منتقل می‌شود که همیشه یکی از جاروبک‌ها دارای پلاریته مثبت و دیگری دارای پلاریته منفی است. برای افزایش سطح ولتاژ القاء شده و بهبود یکسوسازی به منظور داشتن ولتاژ با دامنه ثابت باید تعدا کلافها را افزایش داد و کلاف‌ها را به کمک تیغه‌های کموتاتور سری کنیم.

در مولد جریان مستقیم تغییر پلاریته ولتاژ خروجی عملا در صورت ایجاد یکی از دو حالت زیر ممکن می‌شود:

جهت چرخش آرمیچر عوض شود.

جهت جریان در سیم پیچ قطبها تغییر کند در صورتیکه قطبها از نوع مغناطیس دائم نباشد.

برای افزایش دامنه ولتاژ القا شده دو روش قابل استفاده است:

افزایش سرعت چرخش آرمیچر که باعث می‌شود ولتاژ به صورت خطی افزایش یابد.

افزایش جریان تحریک که باعث می‌شود ولتاژ مولد بصورت غیرخطی افزایش یابد.

۱-۲-۲. کاربرد مولدهای جریان مستقیم

از مولدهای جریان مستقیم بیشتر به عنوان منبع انرژی برای تحریک مولدهای نیروگاهی و ماشینهای خودکار، هواپیماها، جوشکاری با قوس الکتریکی، اتوبوسهای برقی و غیره