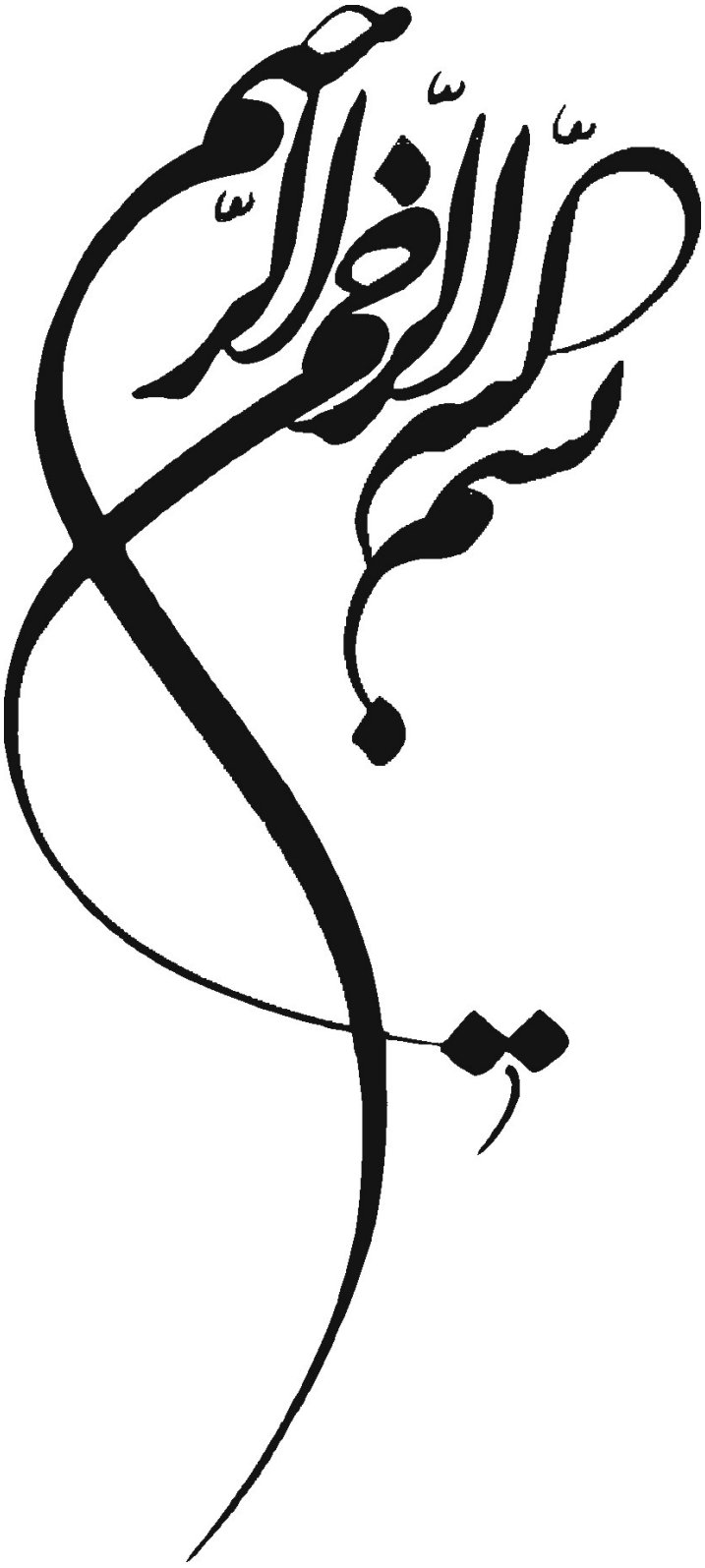


دانشکده مهندسی برق و رباتیک

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی برق گرایش قدرت

کنترل موتور سنکرون بدون جاروبک سه فاز به روش کنترل مستقیم گشتاور بدون استفاده از حسگر

نگارنده:

نیما نبی زاده

استاد راهنما:

دکتر علی دستفان

استاد مشاور:

دکتر احمد دارابی

تیر 1390

به جان‌های آزاد همه ملت‌ها، به کسانی که رنج می‌برند و پیکار می‌کنند و پیروز می‌شوند.

"رومن رولان"

تشکر و قدردانی

با سپاس فراوان از اساتید ارجمندم، جناب آقایان دکتر دستفان و دکتر دارابی، که بدون پشتیبانی و راهنمایی ایشان انجام این پروژه میسر نبود. همچنین برخود لازم می‌دانم از پدر و مادرم و کلیه‌ی دوستانم که در مراحل مختلف این پروژه مرا یاری رساندند، به‌خاطر مهرشان سپاس‌گزاری نمایم.

چکیده

در سالهای اخیر استفاده از موتورهای سنکرون مغناطیس دائم بسیار رواج پیدا کرده است. این موتورها ارزان‌ترند، وزن و حجم کمتری دارند، عمر طولانی‌تری دارند و استهلاکشان کمتراست. برای کنترل گشتاور این موتورها عمدتا از دو روش برداری و کنترل مستقیم استفاده می‌شود که اخیرا روش کنترل مستقیم گشتاور به دلیل سادگی مدار و طراحی و همچنین پاسخ سریع گشتاور بسیار مورد توجه صنعت قرار گرفته است. از طرفی برای اینکه در کنترل مستقیم گشتاور علاوه بر گشتاور بر روی سرعت موتور نیز کنترلی وجود داشته باشد، حلقه‌ی کنترل سرعت نیز به این طرح اضافه شده است. اضافه شدن حلقه‌ی کنترل سرعت باعث شده که یکی از مهم‌ترین مزایای طرح کنترل مستقیم گشتاور، از بین برود. این مزیت عدم نیاز این طرح به حسگرهای سرعت و موقعیت روتور است. این حسگرها از آن رو مشکل ساز اند که استحکام محرکه را کاهش میدهند و باعث لختی، افزایش وزن و افزایش قیمت محرکه می‌شوند. لذا پیشنهاد شده که برای داشتن اطلاعات سرعت موتور، به جای سنسور مکانیکی از تخمین‌گرها استفاده شود.

در این پایان نامه ابتدا به معرفی موتور سنکرون مغناطیس دائم بدون جاربک می‌پردازیم و مدل موتور در دستگاه‌های مختصات شرح داده می‌شود. سپس طرح کنترل مستقیم گشتاور برای این موتور معرفی شده و جزئیات آن برای این موتور بسط داده می‌شود. برخی از تکنیک‌های رایج تخمین مثل تخمینگر حلقه باز سرعت با استفاده از شاردور استاتور و همچنین تخمین گرهای حلقه بسته مثل روش مدل مرجع-تطبیقی، مشاهده گر مد لغزشی و تخمینگر بر پایه فیلتر کالمن توسعه یافته معرفی می‌شود. سپس تخمین گر پیشنهادی بر پایه‌ی شبکه عصبی پیشنهاد شده که یک تخمین‌گر بهینه است. از آن نظر که به مدل موتور نیازی نداشته و نسبت به تغییر پارامترها تا حد زیادی استوار است. سه مورد از تخمینگر های معرفی شده برای کنترل مستقیم گشتاور موتور شبیه سازی شده، نهایتا کاربرد این تکنیک‌ها با هم مقایسه خواهد شد.

کلمات کلیدی: موتور سنکرون مغناطیس دائم، بدون جاروبک ، کنترل مستقیم گشتاور، تخمین سرعت، مدل تطبیقی مرجع، شبکه عصبی .

.

فهرست مطالب

۱ - مقدمه 2
1-1- تاریخچه موتورهای DC بدون جاروبک مغناطیس دائم 2
1-2- کنترل مستقیم گشتاور 5
1-3- کلیاتی درباره کنترل بدون حسگر 6
1-4- سازمان‌دهی پایان‌نامه 8
۲ - موتورهای سنکرون بدون جاروبک مغناطیس دائم 10
2-1- مقدمه 10
2-2- موتورهای مغناطیس دائم 11
2-2-1- مزایا و معایب موتورهای مغناطیس دایم 13
2-3- مقایسه میان ماشین‌های سنکرون مغناطیس دایم ذوزنقه ای و سینوسی 14
2-4- کاربرد مواد مغناطیس دائم در PMSM 16
2-5- تبدیل کمیت‌های دستگاه مرجع سه‌فاز (abc) به دستگاه مرجع گردان دوفاز (d-q) و برعکس 18
2-6- مدلسازی موتور سنکرون مغناطیس دایم در دستگاه abc 20
2-7- محرکه موتورهای سنکرون مغناطیس دائم 24
2-8- ساختار کلی محرکه‌ی برداری موتور سنکرون بدون جاروبک مغناطیس دائم 24
2-9- حسگرهای جریان، موقعیت و سرعت 27
۳ - کنترل مستقیم گشتاور موتور سنکرون بدون جاروبک مغناطیس دائم 30
3-1- مقدمه 30
3-2- کلیات DTC موتور PMSM 35
3-2-1- کنترل گشتاور در DTC موتور PMSM 35
3-2-2- کنترل شار در DTC درایو PMSM 38
3-2-3- انتخاب بردار ولتاژ در DTC محرکه PMSM 41
۴ - روش‌های تخمین سرعت برای کنترل بدون حسگر 48
4-1- مقدمه 48
4-2- تخمین سرعت و موقعیت روتور برای کنترل مستقیم گشتاور 49
4-2-1- اضافه کردن کنترل سرعت به طرح DTC 49
4-2-2- تخمین موقعیت رتور با استفاده از شار دور استاتور 50

4-2-3- روش تطبیقی 51
4-2-4- شناسایی با مدل تطبیقی- مرجع سرعت..... 53
4-2-5- تخمین‌گر مد لغزشی(SMO) 55
4-2-6- تخمین سرعت با فیلتر کالمن توسعه‌یافته (EKF) 58
۵ - تخمین بهینه‌ی سرعت با استفاده از شبکه‌های عصبی 65
5-1- مقدمه 65
5-2- استفاده از شبکه عصبی در کنترل ماشین‌های الکتریکی 67
5-2-1- مروری بر کار های گذشته..... 68
5-3- تخمینگر پیشنهادی سرعت برای عملکرد کنترل مستقیم گشتاور با استفاده از شبکه عصبی 70
5-3-2- مدل سازی شبکه عصبی 71
5-3-3- آموزش تخمینگر عصبیی 72
۶ - نتایج شبیه سازی 80
6-1- مدل طرح DTC برای ماشین سنکرون مغناطیس دائم..... 80
6-2- طرح تخمین سرعت با استفاده از شار دور استاتور 84
6-3- مدل طرح تخمین سرعت با استفاده از شناسایی تطبیقی 85
6-3-2- تخمین سرعت با استفاده از شبکه عصبی..... 88
6-4- معیارهای ارزشیابی..... 90
6-4-1- عملکرد حالت گذرا 91
6-4-2- عملکرد حالت دایم 91
6-4-3- حساسیت به تغییر پارامترها 91
6-4-4- پیچیدگی روش..... 92
6-4-5- مقایسه‌ی روش‌های مختلف براساس معیارهای ارزشیابی 92
۷ - نتیجه گیری و پیشنهادات 94
7-1- نتیجه‌گیری..... 94
7-2- پیشنهادات 95
۸ - مراجع 96

فهرست شکل‌ها

شکل 1-1. نمای کلی طرح DTC(برای موتور القایی).....6
شکل 1-2. دستگاه‌های مرجع ساکن استاتور و گردان رتور 18
شکل 2-2. مدار الکتریکی موتور 20
شکل 2-3. نمودار فازوری بردار جریان استاتور 26
شکل 3-1. هشت بردار ولتاژ به دست آمده از VSI. 31
شکل 3-2. مسیر دایره ای شار پیوندی استاور در صفحه‌ی DQ ثابت..... 32
شکل 3-3. دیاگرام فازوری ماشین سنکرون قطب غیر برجسته در حالت موتوری 35
شکل 3-4. مدار الکتریکی ماشین سنکرون قطب غیر برجسته در فرکانس(سرعت) ثابت 36
شکل 3-5. بردارهای شار پیوندی استاتور و روتور(شار روتور نسبت به استاتور پس فاز است) 38
شکل 3-6. بردار شار پیوندی استاتور در صفحه‌ی DQ..... 39
شکل 3-7. مولفه‌های مستقیم و غیر مستقیم شار پیوندی استاتور..... 40
شکل 3-8. مبدل منبع ولتاژ متصل یه بار R-L 42
شکل 3-9. انتخاب بردار ولتاژ وقتی شار استاتور در سکتور I است 43
شکل 3-10. حالت های کلید زنی متناظر با هر بردار 44
شکل 3-11. نمای کلی طرح کنترل مستقیم گشتاور برای موتور DC بدون جاروبک با نیروی ضد محرکه‌ی سینوسی 46
شکل 4-1. اضافه کردن حلقه کنترل سرعت به طرح DTC 50
شکل 4-2. (الف و ب) ساختار اصلی تخمین‌گر بر اساس مدل مرجع (ج) مکانیزم تطبیق 52
شکل 4-3. تخمین‌گر مد لغزشی برای EMF القایی 56
شکل 4-4. ساختار الگوریتم EKF..... 61
شکل 5-1. ساختار یک نرون مصنوعی 66
شکل 5-2. شبکه‌های عصبی جهت تخمین سرعت محرکه سنکرون مغناطیس دائم(الف) با ورودی حالت کلیدها و جریانها(ب) با ورودی ولتاژها و جریان‌ها..... 71
شکل 5-3. شبکه عصبی پیشنهادی برای تخمینگر سرعت 72
شکل 5-4. تابع تبدیل LOGSIGMOID..... 73
شکل 5-6. نمای کلی طرح کنترل مستقیم گشتاور بدون سنسور به همراه تخمینگر سرعت شبکه عصبی 78
شکل 6-1. نمای کلی طرح DTC شبیه سازی شده 81

شکل 6-2. پاسخ گشتاور الکترومغناطیسی موتور در طرح مورد نظر 82
شکل 6-3. شار استاتور تخمین زده شده در طرح DTC مورد نظر 83
شکل 6-4. سرعت موتور در طرح DTC مورد نظر 83
شکل 6-5. جریان سه فاز استاتور در طرح DTC شبیه سازی شده 84
شکل 6-6. سرعت تخمین زده‌ی موتور با استفاده از شار دور استاتور 84
شکل 6-7. گشتاور الکترو مغناطیسی موتور با استفاده از تخمین سرعت از شار استاتور 85
شکل 6-8. نمای کلی مدل تطبیقی-مرجع 86
شکل 6-9. سرعت واقعی(منحنی تیره) و سرعت تخمین زده شده(منحنی خط چین) در روش MRAS 87
شکل 6-10. گشتاور الکترو مغناطیسی موتور با استفاده از تخمین سرعت MRAS 87
شکل 6-11. سرعت واقعی(منحنی تیره) و سرعت تخمین زده شده(منحنی خط چین) در روش MRAS در شرایط افزایش مقاومت استاتور به مقدار 20% 87
شکل 6-12. خطای تخمین در شبکه عصبی طراحی شده 88
شکل 6-13. سرعت واقعی(منحنی تیره) و سرعت تخمین زده شده(منحنی خط چین) با تخمینگر عصبی 89
شکل 6-14. سرعت واقعی(منحنی تیره) و سرعت تخمین زده شده(منحنی خط چین) با تخمینگر عصبی به ازای افزایش مقاومت به میزان 20% 89
شکل 6-15. گشتاور الکترو مغناطیسی موتور با استفاده از تخمین سرعت شبکه عصبی 90

فهرست جدول‌ها

جدول 2-1. مشخصات مغناطیسی چند هسته از جنس آهنربای دایم 16
جدول 3-1. جدول کلید زنی برای DTC طرح PMSM معرفی شده 44
جدول 6-1. مشخصات کامل ماشین شبیه سازی شده 82
جدول 6-2. مقایسه‌ی روش‌های شبیه سازی شده‌ی تخمین سرعت 92

فصل اول

مقدمه

- تاریخچه موتورهای DC بدون جاروبک مغناطیس دائم
- معرفی روش کنترل مستقیم گشتاور
- کلیاتی درباره کنترل بدون حسگر
- سازماندهی پایان‌نامه

فصل اول

مقدمه

1-1- تاریخچه موتورهای DC بدون جاروبک مغناطیس دائم

موتورهای DC تا سال 1970 به عنوان موتورهای کنترلی دقیق استفاده می‌شدند. محدودیت‌هایی که در موتورهای DC وجود دارد، همچون حساس بودن، عدم تحمل اضافه بار، محدوده کوچک تغییرات سرعت و نیازمند بودن به تعمیر و نگهداری مداوم(به ویژه از جاروبک‌ها و تیغه‌های کموتاتور)، محققان را واداشت تا سالها به دنبال جایگزین مناسبی برای موتورهای DC جهت کاربرد در محرکه‌های پیشرفته‌تر باشند. پیشرفت‌هایی که در زمینه‌ی ریزپردازنده‌ها، موتور الکتریکی و تکنولوژی نیمه‌هادی‌ها اتفاق افتاده، تمایل به استفاده از موتورهای AC را در محرکه‌های با بازده بالا افزایش داده است[1].

موتورهای AC به دلیل رابطه‌ی دور آنها با فرکانس تغذیه اصولا به عنوان موتورهای با دور ثابت شناخته می‌شوند. تا پیش از پیدایش تکنولوژی به کار گیری عناصر نیمه‌هادی در کنترل سرعت موتورهای AC، عموما از این موتورها در فرایندهایی که به دور ثابت نیاز داشتند و یا حساسیت چندانی به تغییر دور نداشتند استفاده می‌شده است.

البته در گذشته نیز با به‌کارگیری روش‌هایی همچون تغییر تعداد زوج قطب‌های ماشین، استفاده از مقاومت در مدار روتور یا استفاده از موتورهای AC کموتاتور دار مانند موتور شیراک، در موارد خاص و با محدودیت زیاد، دور موتور را تغییر می‌دادند. تکنولوژی بکارگیری نیمه‌هادی‌ها در کنترل دور موتورهای AC در دو دهه‌ی گذشته متداول گردیده است. تا پیش از پیدایش آن بدلیل

محدودیت‌های ذکر شده، همچنین غیر اقتصادی بودن، نداشتن بازده بالا و گران تمام شدن کنترل دور موتورهای AC، موتورهای DC یکه تاز میدان تغییرات سرعت در صنعت محسوب می‌شدند. بنابراین وقتی که تریستور در اواخر سال 1950 وارد بازار شد، بلافاصله در یکسوکننده‌های کنترل شده جهت تنظیم دور موتورهای DC به کار گرفته شد.

در اوایل دهه‌ی 60 میلادی، اینورترهای نیمه‌هادی با تکنیک‌های کموتاسیون ظریف، به طور جداگانه توسط چند محقق در مقالاتی ارائه شد. پس از چندی این مباحث تئوری به مرحله عمل رسیده و اولین منبع تغذیه با راندمان خوب و ولتاژ و فرکانس متغیر جهت کنترل موتورهای AC ساخته شد. موتورهای AC خصوصا نوع مغناطیس دائم آن در مقایسه با موتورهای DC دارای چند مزیت خاص هستند. این موتورها ارزان‌ترند، وزن و حجم کمتری دارند، عمر طولانی‌تری دارند، استهلاکشان کمتراست، نیاز به تعمیر و نگهداری کمتری دارند، اینرسی کمتری به هنگام راه اندازی و کار دارند، راندمانشان بیشتر است و بالاخره به دلیل نداشتن جاروبک و کموتاتور قابلیت کار در محیط‌های مرطوب و قابل انفجار را دارند. بعضی از این مزایا دارای اهمیت بیشتری هستند و باعث می‌شوند موتورهای AC در بسیاری از کاربردها به موتورهای DC ترجیح داده شوند[2]. علاوه بر این وقتی کنترل دقیق سرعت مورد نظر باشد یا کنترل سرعت همزمان چندیدن موتور در یک محیط صنعتی مورد نیاز باشد، موتورهای سنکرون به خصوص نوع PM آن بهترین انتخاب هستند. علیرغم تمام این مزایا، گران بودن اینورتر و پیچیدگی مدارها مانع از جایگزینی وسیع سیستم‌های رانش DC به سیستم‌های AC شده است[۳].

در سال‌های اخیر،تحقیقات زیادی در جهت جبران این مساله انجام گرفته است. برای ساده سازی مدارهای کموتاسیون، تریستورهای نوری مطرح شده اند و بالاخره با جایگزین کردن عناصر نیمه‌هادی منفصل با مدارهای مجتمع و همچنین استفاده از میکروکامپیوتر در جهت طراحی مدارهای کنترل، امکان ساخت موتورهای AC با سیستم کنترل روی بدنه مقدور است. استفاده از میکروکامپیوترها در مدارهای کنترل، نه تنها باعث سادگی سخت افزار سیستم می‌شود و قابیت آن را افزایش میدهد بلکه امکان بهینه کردن کارایی آن را که توسط سخت افزار امکانپذیر نبوده یا بسیار دشوار بوده فراهم می‌کند[2].

بسته به نحوه سیم پیچی استاتور و توزیع آهن ربای دائم روی روتور، موتور سنکرون مغناطیس دائم را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد:

1- موتور سنکرون مغناطیس دائم که با موج ذوزنقه ای شکل تغذیه می‌شود که به موتور DC بدون جاروبک[1] معروف است.

2- موتور سنکرون مغناطیس دائم تغذیه شونده با موج سینوسی که به موتور سنکرون مغناطیس دائم[2] معروف است.

پاسخ دقیق و سریع، مقاومت پاسخ در برابر اغتشاشات و عدم حساسیت به تغییر پارامترها، معیار اصلی سیستم‌های محرکه با بازده زیاد هستند که در کاربردهای رباتیکی، سیستم‌های دورانی و ... مورد استفاده قرار میگیرند. در این کاربردها مشخصه‌های رفتاری معادل موتور DC رابا اعمال روش کنترل برداری حلقه بسته روی PMSM می‌تون به دست آورد. سیستم محرکه PMSM با کنترل برداری، بدلیل مجزا کردن گشتاور و شار کنترل را ساده‌تر و پاسخ را سریع‌تر خواهد کرد[3].

کنترل کننده‌ی سرعت مورد استفاده در سیستم محرکهPMSM نقش مهمی را در رسیدن به معیارهای مورد نیاز یک محرکه پر بازده بازی می‌کند.محرکه باید قابلیت پیروی از هرگونه سرعت مرجع را در حضور تغییرات بار، اشباعو تغییرات پارامتر را داشته باشد. کنترل کننده‌های متداول نظیر کنترل کنندهPID[3] بطور گسترده در محرکه‌های موتورهای AC و DC استفاده شده اند. ولی اگر مدل دقیق‌تری از سیستم در دسترس نباشد، طراحی اینگونه کنترل کننده‌ها کار دشواری است. بعلاوه دینامیک‌های ناشناخته بار و سایر عوامل نظیر نویز، حرارت، اشباع و ...در محدوده‌ی وسیعی از سرعت روی رفتار محرکه تاثیر می‌گذارند[3].

PMSM ها در سرعت بالا(500 تا 100000 دور در دقیقه) با داشتن امپدانس بسیار کوچک استاتور از دید تغذیه و کنترل با چالشهای جدی روبرو هستند. علاوه بر این نیازمند کنترل بدون حسگر میباشند زیرا در سرعت‌های بسیار زیاد سنسورهای موقعیت قابل اطمینان نیستند[1].

[1] Brushless DC Motor
[2] Permanent Magnet Synchronous Motor
[3] Proportional–integral–derivative controller

موتورها در دور بالا نیاز به اینورترهای با توان بالا و فرکانس کلید زنی بسیار بالایی دارند. همچنین نیازمند حلقه‌های کنترلی بسیار سریع هستند. زیرا دارای مقاومت و اندوکتانس استاتور بسیار کوچکی هستند که کار تنظیم جریان استاتور را بسیار مشکل می‌نماید و پردازنده آن باید دارای زمان نمونه برداری بسیار کوتاهی باشد. همچنین نیاز به الگوریتم‌های تخمین موقعیت دارند[2].

1-2- کنترل مستقیم گشتاور[3]

با توجه به کاربرد موتور DC بدون جاروبک، از روش‌های مختلفی برای کنترل سوئیچینگ مبدل‌های الکترونیک قدرت استفاده می‌شود. برای کنترل گشتاور الکترومغناطیسی اصولا دو روش کنترل برداری[1] و کنترل مستقیم گشتاور[2] به کار برده می‌شود که روش کنترل مستقیم گشتاوربه دلیل کارایی دینامیکی بالا اخیرا مورد توجه قرار گرفته است. در این روش کنترل گشتاور و سرعت مستقیما بر پایه کنترل شار الکترومغناطیسی موتور انجام می شود. مزیت این روش، پاسخ گشتاور سریع، فرکانس سوئیچینگ پایین و تلفات‌هارمونیکی کمتر است. همچنین نسبت به روش کنترل برداری به پارامترهای ماشین و تغییرات آن کمتر وابسته است و ساده‌تر اعمال می‌شود.

در کل در محرکه‌های موتور DC بدون جاروبک از کنترل جریان استفاده می‌شود که ضرورتا فرض می‌شود گشتاور الکترومغناطیسی با جریان فاز متناسب است. اما در عمل این نسبت غیر خطی است. روش‌های مختلف کنترل جریان برای کاهش نوسان گشتاور با به کار بردن شکل موج‌های بهینه شده برای جریان مرجع اعمال می‌شود. بسیاری از این روش قادر به پاسخ سریع برای گشتاور نیستند.

در روش کنترل مستقیم گشتاور که توسط ABB در ابتدا برای ماشین‌های القایی گسترش یافته بود، موتور DC بدون جاروبک توسط اینورتر تغذیه شده و شار پیوندی استاتور و گشتاورالکترومغناطیسی بطور مستقیم و مستقل، بوسیله بردارهای سوئیچینگ ولتاژ بهینه اینورتر کنترل می شود . هدف اصلی انتخاب بردار سوئیچینگ ولتاژ به گونه ای است که سریع‌ترین پاسخ گشتاور الکترومغناطیسی به دست آید. در مقایسه با روش کنترل برداری، روش کنترل مستقیم گشتاور مزیت

[1] Vector Control
[2] Direct Toraue Control (DTC)

های زیادی دارد. مثلا در کنترل مستقیم گشتاور به کنترل کننده‌های جریان نیازی وجود ندارد، چراکه در این محرکه‌ها با توجه به خطای شار دربرگیرنده و گشتاور الکترومغناطیسی، بهترین بردار ولتاژ سوئیچ زنی انتخاب و به ماشین اعمال می شود.

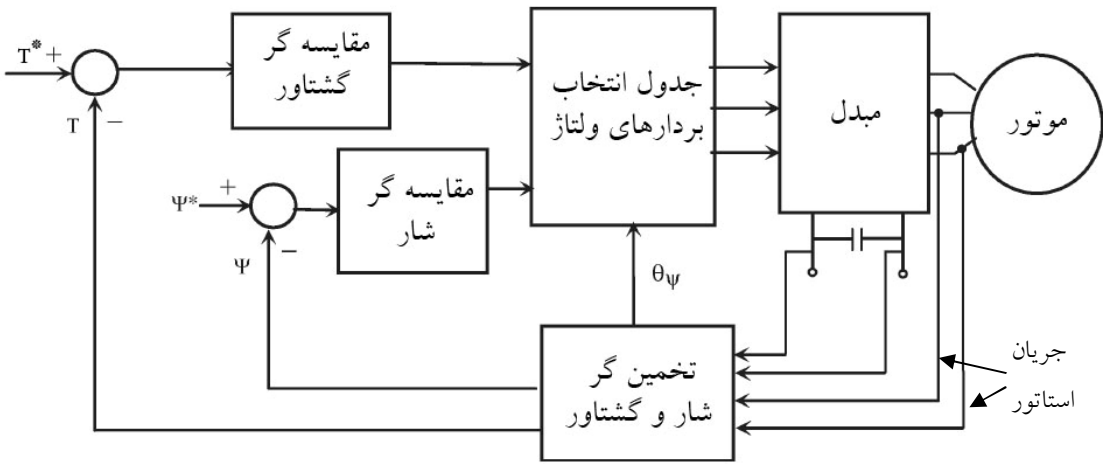
در کنترل مستقیم گشتاور ماشین DC بدون جاروبک، فرمان‌های شار پیوندی استاتور و گشتاور از یک کنترل کننده هیستریزیس اعمال می‌شود که بر اساس مقایسه مقادیر شار پیوندی و گشتاور الکترومغناطیسی موتور با مقادیر دلخواه عمل می‌کند و نهایتا الگوی کلیدزنی اینورتر بر اساس موقعیت بردار شار و خطای گشتاور و شار بدست می‌آید. در شکل 1-1. نمای کلی طرح DTC نشان داده شده است. در فصل سوم این روش به طور کامل معرفی می‌شود.

1-3- کلیاتی درباره کنترل بدون حسگر

عمدتا از دو روش حلقه بسته برای کنترل دور موتورهای PMSM استفاده می‌شود که عبارتند از:

1- کنترل اسکالر

2-کنترل برداری



شکل 1-1. نمای کلی طرح DTC(برای موتور القایی)

در هر روش، سرعت به عنوان سیگنال پسخورد وارد سیستم کنترل می‌شود. برای اندازه گیری سرعت در صنعت از تاکوژنراتور[1] و انکودر[2] محور استفاده می‌شود. ولی میتوان از تخمین گرهای سرعت نیز استفاده کرد. سیستم‌های کنترل سرعت که در آن از یک تخمین گر سرعت استفاده می‌شوند و فاقد حسگر مکانیکی می‌باشند "سیستم‌های کنترل بدون حسگر" نامیده می‌شوند. در ادامه به برخی از معایب و مزایای کنترل حرکت بدون حسگر نسبت به سیستم کنترل با حسگر اشاره می‌شود[3].

الف: معایب

1- وابستگی تخمین گرها به پارامترهای موتور

2- افزایش حجم محاسبات و پیچیدگی سیستم کنترل

3- وابستگی برخی تخمین گرها به روش کنترل

ب: مزایا

1- افزایش قابیلت اطمینان سیستم

2- کاهش قیمت محرکه

3- رفع مشکلات ناشی از نصب حسگر روی محور موتور

3- افزایش استحکام محرکه

تکنیک های تخمین سرعت را می توان به سه گروه تقسیم کرد

- روش های کنترل حلقه باز
- روش های کنترل حلقه بسته
- روش های مبتنی بر هوش مصنوعی

[1] Tachogenerator
[2] Encoder

1-4- سازماندهی پایان‌نامه

در ادامه‌ی پایان نامه مساله‌ی کنترل مستقیم گشتاور موتور سنکرون بدون جاروبک مغناطیس دائم گام به گام پیش میرود. در فصل دوم موتور PMSM و انواع آن به طور کامل معرفی می‌شود. سپس مدلسازی موتور و معادلات تبدیل دستگاه‌های مرجع شرح داده می‌شود. در فصل سوم کنترل مستقیم گشتاور برای موتور با نیروی ضد محرکه‌ی سینوسی معرفی و بسط داده می‌شود. در فصل چهارم برخی روش‌های رایج تخمین موقعیت و سرعت روتور برای کنترل بدون حسگر معرفی شده و در فصل پنجم تخمین سرعت با استفاده از شبکه‌های عصبی معرفی می‌گردد. از هر گروه تخمینگر(حلقه باز، حلقه بسته، هوش مصنوعی) یکی شبیه سازی شده و در فصل ششم نتایج شبیه سازی این روش‌ها به علاوه‌ی طرح کنترل مستقیم گشتاور برای موتور نشان داده و مقایسه بین روش‌ها انجام می‌شود. نهایتا در فصل آخر نتیجه گیری و پیشنهادات ارائه خواهد شد.

فصل دوم

موتورهای سنکرون بدون جاروبک مغناطیس دائم

- معرفی موتورهای سنکرون مغناطیس دائم
- مدل سازی موتورهای سنکرون در دستگاه‌های مرجع
- محرکه‌ها و محرکه‌های الکتریکی موتور PMSM
- حسگرها

فصل دوم

موتورهای سنکرون بدون جاروبک مغناطیس دائم

2-1- مقدمه

موتورهای AC به خصوص نوع قفس سنجابی بیشترین کاربردهای صنعتی را به خود اختصاص داده اند و در حوضه‌ی کاربرد با موتورهای DC رقابت می‌کنند. موتورهای DC گران هستند ولی کنترل ساده ای دارند. در مقابل موتورهای AC ارزان بوده ولی کنترل پیچیده و گرانتری دارند که با ارزان شدن قطعات الکترونی قدرت قیمت یک محرکه AC در کل ارزان‌تر از یک محرکه DC خواهد شد.

موتور DC به دلیل کارایی بالا و ساختار مناسب به طور وسیع به عنوان سروموتوراستفاده شده است. بدلیل تنانسب گشتاور تولیدی با جریان، کنترل ساده ای دارند. علاوه بر این دارای بازده‌ی بالا و پاسخ سرعت خوبی هستند. اما کیفیت عملکرد این موتورها به دلیل خوردگی و در نتیجه اصطکاک ایجاد شده در اثر تماس مکانیکی بین جاروبک‌ها و کموتاتور و جرقه‌های ناشی از آن کاهش می یابد. این مساله باعث شده تا نگهداری و بازرسی مداوم از قبیل تمیز کردن یا تعویض جاروبک نیاز داشته باشد

علاوه بر این موتورهای DC با مسایلی همانند عدم توانایی اضافه بار و غیر مقاوم بودن گشتاور پایین و محدوده کوچک تغییرات سرعت روبرو هستند. به همین دلیل محرکه‌های AC با وجود آنکه دارای کنترل کننده‌های پیچیده‌تر و گرانقیمت‌تری نسبت به محرکه‌های DC هستند مورد توجه روز افزون قرار گرفته اند. تحقیقات اخیر نشان میدهد که موتورهای AC از نوع سنکرون مغناطیس دائم