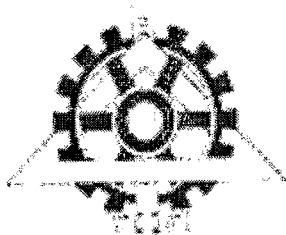


بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه تهران

پردیس دانشکده های فنی
دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

استفاده از کنترل تطبیقی در تخمین پارامترهای متغیر در کنترل برداری موتور القایی

نگارش:

نقی رستمی

استاد راهنما:

دکتر حمید لسانی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در

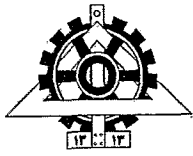
مهندسی برق - قدرت

شهریور ماه ۱۳۸۷

۹۶۳۳۰

کتابخانه تخصصی مهندسی برق

۱۳۸۷ / ۱۶ / ۱۷



پدیس دانشگاه های فنی



دانشگاه مهندسی برق و کامپیوتر

بسمه تعالی

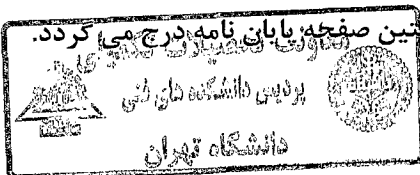
گواهی دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

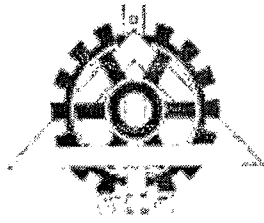
هیأت داوران پایان نامه کارشناسی ارشد آقای/خانم **نقی رستمی** در رشته مهندسی برق و کامپیوتر، گرایش: قدرت
 راه، با عنوان: "استفاده از کنترل تطبیقی برای تخمین پارامترهای متغیر در کنترل برداری موتور القایی"

در تاریخ ۱۳۸۶/۰۶/۱۲ نمره نهایی پایان نامه: **۱۹** به عدد
۳۶۰ به حروف
 و درجه **۵** ارزیابی نمود.

مشخصات هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه دانشگاهی	دانشگاه یا موسسه	امضاء
۱-استاد راهنما استاد راهنمای دوم (حسب مورد)	دکتر حمید لسانی	استاد	تهران	
۲-استاد مشاور	--	--	--	
۳-استاد مدعو داخلی (یا استاد مشاور دوم)	دکتر بهزاد آسایی	استادیار	تهران	
۴-استاد مدعو خارجی	دکتر کریم عباس زاده	استادیار	خواجه نصیر	
۵-داور و نماینده کمیته تحصیلات تکمیلی دانشکده	دکتر حسن منصف	استادیار	تهران	

تذکره: این برگه پس از تکمیل توسط هیأت داوران در نخستین صفحه پایان نامه درج می گردد.



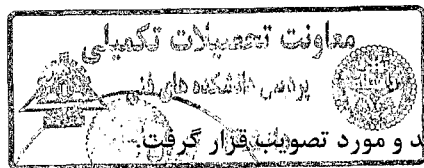


دانشگاه تهران
پردیس دانشکده‌های فنی
دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی برق - قدرت

عنوان: استفاده از کنترل تطبیقی در تخمین پارامترهای متغیر در کنترل برداری
موتور القایی

نگارش: نقی رستمی



دکتر جواد فیض

این پایان نامه در تاریخ ۱۳۸۷/۶/۱۲ در مقابل هیأت داوران دفاع گردید و مورد تصویب قرار گرفت.
معاون آموزشی و تحصیلات تکمیلی پردیس دانشکده های فنی:

رئیس دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر:

دکتر پرویز خجسته دارعلی

معاون پژوهشی و تحصیلات تکمیلی دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر:

دکتر سعید نادر اصفهانی

استاد راهنما:

دکتر حمید لسانی

عضو هیأت داوران:

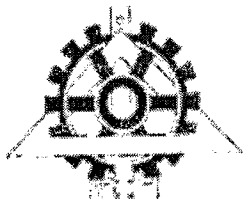
دکتر کریم عباس زاده

عضو هیأت داوران:

دکتر بهزاد آسایی

عضو هیأت داوران:

دکتر حسن منصف



تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب نقی رستمی تائید می‌کنم که مطالب مندرج در این پایان‌نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب است و به دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این نوشته از آنها استفاده شده است، طبق مقررات ارجاع گردیده است. این پایان‌نامه قبلاً برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارائه نشده است. کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشکده فنی دانشگاه تهران می‌باشد.

نام و نام خانوادگی دانشجو: نقی رستمی

امضای دانشجو:

تقدیم به

پدر عزیزم و مادر مهربانم

لازم می دانم از زحمات استاد راهنمای عزیزم جناب آقای دکتر حمید لسانی که در طول انجام پایان نامه مرا یاری کردند تقدیر و تشکر کنم.

از اساتید ممتحن که زحمت داوری پروژه اینجانب را بر عهده داشتند، نهایت تشکر را دارم.

از راهنمایی ها و کمک های مهندس احمد پیشرو، بهزاد کیوانی، محمود اتحاد، وهاب الدین گودرزی و رضا علی عسگریان در انجام این پروژه، نهایت تشکر را دارم.

چکیده

دانستن مقدار دقیق پارامترهای موتور القایی برای مدل‌سازی دقیق و عملکرد صحیح روش‌های مختلف کنترل موتورهای بسیار مهم است. از آنجاییکه پارامترهای موتور به طور اجتناب‌ناپذیری با شرایط کار تغییر می‌کند، کارکرد پایدار و مناسب سیستم کنترلی در هر شرایط کاری، نیازمند تخمین بلادرنگ پارامترهای موتور می‌باشد.

در این پایان‌نامه ابتدا تخمین همزمان سرعت روتور و مقاومت استاتور و همچنین تخمین همزمان مقاومت استاتور و عکس ثابت زمانی روتور با استفاده از روش‌های مدل مرجع تطبیقی (MRAS) و مشاهده‌گر لیونبرگر (LO) صورت گرفته است. سپس با در نظر گرفتن تلفات آهن، یک درایو بدون حسگر سرعت برای موتور القایی با استفاده از مشاهده‌گر لیونبرگر ارائه شده است که علاوه بر تخمین سرعت، قادر به تخمین مقاومت روتور و مقاومت تلفاتی آهن نیز می‌باشد. برای بدست آوردن قوانین تطبیق از تیوری لیاپانف استفاده شده است. آنالیز ریاضی و نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که پارامترهای تخمینی به سمت مقادیر واقعی خود همگرا می‌شوند.

فهرست مطالب

عنوان.....	صفحه.....
۱- مقدمه.....	۱
۲- موتور القایی و اصول کنترل برداری.....	۶
۱-۲- مقدمه.....	۷
۲-۲- خصوصیات موتور القایی و اهداف کنترلی مرتبط با آن.....	۱۱
۳-۲- مدل مداری ماشین‌های القایی.....	۱۲
۴-۲- مدل ماشین‌های القایی در دستگاه مرجع dqo با سرعت دلخواه.....	۱۴
۱-۴-۲- معادلات ولتاژ در دستگاه dqo	۱۶
۲-۴-۲- روابط شارپیوندی در دستگاه dqo	۱۷
۳-۴-۲- معادله گشتاور الکترو مغناطیسی در مرجع dqo	۱۸
۴-۴-۲- معادله مکانیکی ماشین القایی.....	۱۹
۵-۴-۲- معادلات نهایی ماشین القایی در مرجع odq	۲۰
۵-۲- مدل‌سازی موتور القایی در فضای حالت.....	۲۱
۶-۲- کنترل برداری در ماشین‌های القایی.....	۲۳
۱-۶-۲- روش مستقیم کنترل برداری.....	۲۶
۲-۶-۲- روش غیرمستقیم کنترل برداری.....	۲۸
۷-۲- روش‌های مرسوم اندازه‌گیری سرعت.....	۳۲
۱-۷-۲- استفاده از تاکو ژنراتور.....	۳۲
۲-۷-۲- استفاده از پالس اینکودر نوری.....	۳۲
۸-۲- اهمیت تخمین سرعت.....	۳۲
۹-۲- مروری بر روش‌های تخمین سرعت.....	۳۳
۱-۹-۲- تخمین سرعت مستقیم.....	۳۳
۲-۹-۲- تخمین گرهای مبتنی بر مدل مرجع تطبیقی.....	۳۳
۳-۹-۲- استفاده از ریپل جریان‌های استاتور ناشی از شیارهای روتور.....	۳۴
۴-۹-۲- روش‌های مبتنی بر روبینگر تطبیقی.....	۳۵
۵-۹-۲- روش‌های هوشمند.....	۳۵
۳- مروری بر روش‌های تخمین پارامترهای موتور القایی.....	۳۶
۱-۳- مقدمه.....	۳۷
۲-۳- پارامترهای موتور القایی.....	۳۸
۳-۳- روش‌های شناسایی پارامترها به صورت ایستا.....	۳۸
۴-۳- روش‌های تخمین بلادرنگ ثابت زمانی روتور.....	۴۱
۱-۴-۳- روش آنالیز طیفی.....	۴۱

۴۳	۲-۴-۳- روش‌های مبتنی بر مشاهده‌گرها
۴۴	۳-۴-۳- روش‌های مبتنی بر مدل مرجع تطبیقی
۴۶	۴-۴-۳- روش‌های دیگر
۴۷	۵-۳- تخمین بلادرنگ مقاومت استاتور
۴۸	۴- تخمین پارامترهای موتور القایی با روش‌های تطبیقی
۴۹	۱-۴- مقدمه
۵۰	۲-۴- روش مدل مرجع تطبیقی
۵۰	۱-۲-۴- تخمین همزمان سرعت روتور و مقاومت استاتور
۵۵	۲-۲-۴- تخمین همزمان عکس ثابت زمانی روتور و مقاومت استاتور
۵۷	۳-۴- مشاهده‌گر لیونبرگر
۶۰	۱-۳-۴- تخمین همزمان سرعت روتور و مقاومت استاتور
۶۱	۲-۳-۴- تخمین همزمان عکس ثابت زمانی روتور و مقاومت استاتور
۶۲	۴-۴- ماتریس بهره مشاهده‌گر
۶۳	۱-۴-۴- محاسبه قطب‌های موتور القایی
۶۳	۲-۴-۴- محاسبه قطب‌های مشاهده‌گر
۶۵	۵-۴- تخمین همزمان سرعت، مقاومت روتور و مقاومت تلفاتی آهن با در نظر گرفتن تلفات آهن
۶۵	۱-۵-۴- معادلات موتور القایی با در نظر گرفتن تلفات آهن
۶۷	۲-۵-۴- تخمین سرعت، مقاومت روتور و مقاومت تلفاتی آهن با مشاهده‌گر لیونبرگر
۷۲	۶-۴- طراحی ماتریس بهره مشاهده‌گر با در نظر گرفتن تلفات آهن
۷۲	۱-۶-۴- محاسبه قطب‌های موتور القایی با در نظر گرفتن تلفات آهن
۷۳	۲-۶-۴- محاسبه قطب‌های مشاهده‌گر
۷۵	۵- نتایج شبیه‌سازی
۷۶	۱-۵- تخمین سرعت و پارامترهای موتور القایی به روش مدل مرجع تطبیقی
۸۲	۲-۵- تخمین سرعت و پارامترهای موتور القایی با مشاهده‌گر لیونبرگر
۸۹	۳-۵- مقایسه روش‌های مدل مرجع تطبیقی، مشاهده‌گر لیونبرگر و کنترل برداری با حسگر سرعت
۹۴	۴-۵- تخمین همزمان سرعت، مقاومت روتور و مقاومت تلفاتی آهن با مشاهده‌گر لیونبرگر
۱۰۰	۶- نتیجه‌گیری و پیشنهادات
۱۰۲	۷- فهرست مراجع

فهرست شکل‌ها

عنوان.....	صفحه.....
شکل ۱-۲: مدار معادل موتور القایی در حالت پایا	۷
شکل ۲-۲: نمودار حداکثر گشتاور بر حسب فرکانس	۹
شکل ۳-۲: ناحیه توان ثابت و تضعیف شار	۹
شکل ۴-۲: مدل مداری ایده‌آل ماشین‌های القایی	۱۲
شکل ۵-۲: رابطه بین محورهای abc و dq	۱۵
شکل ۶-۲: مدار معادل ماشین آسنکرون در مرجع odq	۱۸
شکل ۷-۲: مقایسه ماشین DC و ماشین القایی در کنترل برداری	۲۳
شکل ۸-۲: دیاگرام فازوری چگونگی کنترل مستقل	۲۴
شکل ۹-۲: تعیین اندازه و موقعیت میدان از مولفه های آن	۲۶
شکل ۱۰-۲: تعیین زاویه میدان استاتور از مقادیر اندازه‌گیری شده ولتاژ و جریان	۲۷
شکل ۱۱-۲: مدل ولتاژ برای مشاهده میدان	۳۰
شکل ۱۲-۲: مدل جریان برای تخمین میدان استاتور	۳۱
شکل ۱۳-۲: تخمین سرعت به روش مدل مرجع تطبیقی	۳۴
شکل ۱-۳: تاثیر تغییر پارامتر در تخمین نادرست موقعیت شار روتور	۳۷
شکل ۲-۳: روش سعی و خطا در شناسایی ثابت زمانی روتور در کنترل برداری غیرمستقیم موتور القایی با مقادیر مختلف ثابت زمانی برای پیدا کردن شکل موج بهتر برای سرعت، استفاده شده در مرجع [۲۰]	۳۹
شکل ۳-۳: روش پیدا کردن منحنی مغناطش مناسب یا تغییر ضرایب یک تابع انتخابی با توجه به مشخصات ظاهری شکل موج ولتاژ مورد استفاده در مرجع [۲۱]	۴۰
شکل ۴-۳: روش پیدا کردن منحنی مغناطش مناسب با استفاده از سیگنال‌های موجود در کنترلر مورد استفاده در مرجع [۲۲]	۴۱
شکل ۵-۳: روش آنالیز طیفی برای پیدا کردن مقاومت و اندوکتانس روتور مورد استفاده در مرجع [۲۳]	۴۲
شکل ۶-۳: نتیجه عملی برای تطبیق مقاومت روتور با استفاده از روش [۵۰]	۴۶
شکل ۱-۴: ساختار تطبیق موازی سرعت روتور و مقاومت استاتور با استفاده از روش مدل مرجع تطبیقی	۵۵
شکل ۲-۴: بلوک دیاگرام تخمین سرعت یا پارامتر بر پایه مشاهده گر لیونبرگر	۵۹
شکل ۳-۴: مدار معادل محور d و q موتور القایی با در نظر گرفتن تلفات آهن	۶۶
شکل ۴-۴: بلوک دیاگرام تخمین سرعت، مقاومت روتور و مقاومت تلفاتی آهن بر پایه مشاهده گر لیونبرگر	۶۸
شکل ۱-۵: ساختمان درایو موتور القایی	۷۶
شکل ۲-۵: تخمین شار روتور در روش مدل مرجع تطبیقی، الف: شار تخمینی محور d و q ، ب: خطای تخمین شار	۷۷
شکل ۳-۵: تخمین همزمان الف: سرعت روتور، ب: مقاومت استاتور در روش مدل مرجع تطبیقی	۷۸
شکل ۴-۵: ردیابی الف: سرعت، ب: شار و ج: گشتاور بار در روش مدل مرجع تطبیقی	۷۹

- شکل ۵-۵: پاسخ دینامیکی درایو به تغییرات پله‌ای در، الف: سرعت مرجع، ب: شار مرجع و ج: گشتاور بار در روش مدل مرجع تطبیقی ۸۰
- شکل ۶-۵: پاسخ دینامیکی سرعت به تغییرات پله‌ای در، الف: شار مرجع و ب: گشتاور بار در روش مدل مرجع تطبیقی ۸۱
- شکل ۷-۵: تخمین همزمان الف: مقاومت استاتور، ب: عکس ثابت زمانی روتور در روش مدل مرجع تطبیقی ۸۲
- شکل ۸-۵: تخمین بردار حالت موتور در روش مشاهده‌گر لیونبرگر، الف: حالت‌های واقعی و تخمینی به وسیله مشاهده‌گر، ب: خطای تخمین حالت‌ها ۸۳
- شکل ۹-۵: تخمین همزمان الف: سرعت روتور، ب: مقاومت استاتور با مقدار اولیه صفر، ج: مقاومت استاتور با مقدار اولیه $0/8$ مقدار نامی، د: مقاومت استاتور با مقدار اولیه $1/2$ برابر مقدار نامی در روش مشاهده‌گر لیونبرگر ۸۴
- شکل ۱۰-۵: ردیابی الف: شار و ب: گشتاور بار در روش مشاهده‌گر لیونبرگر ۸۵
- شکل ۱۱-۵: پاسخ دینامیکی درایو به تغییرات پله‌ای در، الف: سرعت مرجع، ب: شار مرجع و ج: گشتاور بار در روش مشاهده‌گر لیونبرگر ۸۶
- شکل ۱۲-۵: پاسخ دینامیکی سرعت به تغییرات پله‌ای در، الف: شار مرجع و ب: گشتاور بار در روش مشاهده‌گر لیونبرگر ۸۷
- شکل ۱۳-۵: تخمین همزمان الف: مقاومت استاتور، ب تا د: عکس ثابت زمانی روتور با مقادیر اولیه صفر، $0/5$ و $1/5$ برابر مقدار نامی در روش مشاهده‌گر لیونبرگر ۸۸
- شکل ۱۴-۵: پاسخ دینامیکی درایو به الف: سرعت، ب: شار مرجع، ج: گشتاور بار د: تغییرات سرعت در اثر تغییرات شار ۹۱
- شکل ۱۵-۵: تاثیر تغییرات مقاومت روتور در پاسخ شار در روش کنترل برداری با حسگر سرعت، الف: مقاومت روتور 30 درصد بیشتر از نامی ب: مقاومت روتور 50 درصد بیشتر از نامی ۹۲
- شکل ۱۶-۵: تاثیر تغییرات مقاومت روتور در پاسخ شار در روش مدل مرجع تطبیقی، الف: مقاومت روتور 30 درصد بیشتر از نامی ب: مقاومت روتور 50 درصد بیشتر از نامی ۹۳
- شکل ۱۷-۵: تاثیر تغییرات مقاومت روتور در پاسخ شار در روش مشاهده‌گر لیونبرگر، الف: مقاومت روتور 30 درصد بیشتر از نامی ب: مقاومت روتور 50 درصد بیشتر از نامی ۹۴
- شکل ۱۸-۵: تخمین بردار حالت موتور در روش مشاهده‌گر لیونبرگر با در نظر گرفتن تلفات هسته، الف: حالت‌های واقعی و تخمینی به وسیله مشاهده‌گر، ب: خطای تخمین حالت‌ها ۹۵
- شکل ۱۹-۵: پاسخ دینامیکی درایو با در نظر گرفتن تلفات هسته الف: سرعت روتور، ب: شار روتور، ج: گشتاور بار ۹۶
- شکل ۲۰-۵: تخمین پارامترهای موتور القایی با در نظر گرفتن تلفات هسته الف: β ب: ω_β ج: R_β د: مقاومت روتور با مقدار اولیه برابر با $0/8$ مقدار اولیه، و: مقاومت روتور با مقدار اولیه برابر با مقدار نامی و ه: مقاومت روتور با مقدار اولیه برابر با $1/2$ مقدار نامی ۹۸

فهرست جدول‌ها

عنوان.....	صفحه
جدول ۵-۱: مشخصات و پارامترهای موتور القایی.....	۷۶

فصل اول

مقدمه

در گذشته استفاده از ماشین‌های جریان مستقیم در صنایعی که نیاز به کنترل دقیق سرعت داشتند، بسیار مرسوم بود. زیرا در این نوع ماشین بوسیله مجزا بودن^۱ اثر میدان مغناطیسی تحریک و جریان‌های آرمیچر، می‌توان شار و گشتاور را بطور مستقل کنترل نمود و پاسخ گشتاور هم سریع می‌باشد. اما ماشین‌های DC در مقایسه با ماشین‌های القایی دارای عیوب زیر می‌باشند؛ هزینه ساخت، حجم و وزن آنها زیاد بوده و به علت مشکلات کموتاسیون نیاز به سرویس زیاد دارند. در مقایسه با موتورهای القایی معادل حدود ۲۰ تا ۳۰ درصد سنگین‌تر بوده، همچنین را ندمان این نوع ماشین کم و اینرسی روتور زیاد و به لحاظ حداکثر سرعت هم محدودیت دارند. در سالهای اخیر با ظهور صنایع مدرن الکترونیک قدرت که باعث گردید سیستم‌های کنترل موتورهای الکتریکی به لحاظ سخت افزار و نرم افزار به طور اصولی متحد شوند و از طرف دیگر با توجه به مشکلات فوق الذکر، به جای استفاده از ماشین‌های DC، از موتورهای القایی همراه اینورتر استفاده می‌گردد. برای این منظور ابتدا ولتاژمتناوب توسط سیستم یکسوساز تبدیل DC شده و سپس بوسیله اینورتر تبدیل به نوع متناوب با ولتاژ و فرکانس قابل تغییر می‌گردد.

موتورهای القایی ساده‌ترین ساختار مکانیکی را دارا هستند (بدون جارو بک، بدون کموتاتور و بدون مغناطیس دائم) و در زمره موتور با قابلیت عملکرد بالا می‌باشند و از طرفی رفتاری شدیداً تزویج شده، غیر خطی و ساختاری چند متغیره دارند. در حال حاضر موانع فنی و هزینه‌ای در راه اجرای الگوریتم‌های کنترلی پیچیده وجود ندارد، مشکل مهم در ساخت درایوهای موتور القایی با عملکرد بالا، طراحی الگوریتم کنترل می‌باشد. در اصل مشکل بودن کنترل ماشین‌های القایی به واسطه پیچیدگی حالت دینامیکی آنهاست و این ماشین‌ها در حالت کلی توسط معادلات دیفرانسیل غیر خطی و چند متغیره بیان می‌شوند.

تا قبل از دوران کنترل کننده‌های حالت جامد امروزی برای موتورهای القایی، روش‌های کنترل سنتی گزینه مناسبی برای کاربردهای سرعت صفر نبوده‌اند. گستره عادی کار این موتورها به لغزش کمتر از ۵٪ محدود است. تغییر سرعت در این گستره با بار روی محور موتور کم و بیش به طور خطی متناسب است حتی اگر بتوان لغزش را زیاد کرد بازده موتور بسیار کم می‌شود، زیرا تلفات مس روتور با لغزش نسبت مستقیم دارد.

این روش‌ها دارای مشکلاتی بودند که کاربرد آنها را در کاربردهای دقیق با مشکل روبرو می‌کرد. اول اینکه در حالت گذرا برای روش‌های سنتی، چون گشتاور و شار باهم متناسب هستند با تغییر در شار فرمان انتظار داریم گشتاور ثابت بماند ولی تا سپری شدن حالت گذرا گشتاور تغییر می‌کند و در مقدار دیگری ثابت می‌ماند. البته این در بهترین روش کنترل سنتی یعنی کنترل مجزای شار و گشتاور است.

^۱ Decoupling

نکته دیگر اینکه به علت ساختار الکترومغناطیسی ماشین، دینامیک شار بسیار کندتر از دینامیک جریان است و لذا ثابت زمانی شار بیشتر است. و چون گشتاور نیز وابسته به شار است، تغییرات گشتاور نیز بسیار کند است و حالت گذرا طولانی می‌باشد و در حالت گذرا نمی‌توانیم شار را از گشتاور تفکیک کنیم و لذا این روشها برای سیستم‌های سریع و با عملکرد بالا مناسب نیستند.

با مطرح شدن ایده کنترل برداری انقلابی عظیم در کنترل ماشین پدید آمد.

هدف از کنترل ماشین القایی بر دو بخش است. اعمال سیگنال تحریک بهینه به گونه‌ای که انتقال انرژی بیشینه شود و صفر کردن خطای دنبال‌کنندگی سرعت مستقل از تغییرات پارامترها. باید این دو عمل کنترلی را از هم مجزا کنیم. چنانچه تمامی حالتها در دسترس باشند روشهای مختلفی برای کنترل موتور القایی موجود است. هنگامی که متغیرهای حالت اندازه‌گیری شده در دسترس بوده و پارامترها شناخته شده باشند، الگوریتم کنترل کلاسیکی که مورد استفاده قرار می‌گیرد، کنترل میدان گرا^۱ نامیده می‌شود [۲,۳]. هر چند کنترل میدان گرا بطور جانبی ورودی- خروجی را خطی می‌کند و جداسازی با استفاده از فیدبک حالت غیرخطی بدست می‌آید، ولی در طی مرحله گذرای شار، جملات غیرخطی در معادلات موتور باعث می‌شود مجزا سازی به صورت کامل انجام نگیرد. در نتیجه حالت گذرای سرعت احتمالاً رفتار مناسبی نخواهد داشت.

یکی از معایب روش کنترل میدان گرا این است که برای اندازه‌گیری شار لازم است که سیم‌پیچ‌های حساس به شار یا مبدل‌های اثر هال را در استاتور نصب کرد. اما استفاده از حسگرهای شار باعث پیچیدگی ساختمان آنها می‌شود و از آنجاییکه سادگی ساختمان این ماشین‌ها مهمترین خاصیت آنهاست تلاش می‌شود تا رویکردهایی برای شار بدست آید.

لذا با توجه به مشکلات مرتبط با کنترل برداری به تخمین حالت‌های سیستم به خصوص تخمین شار نیاز داریم و برای تخمین دقیق این حالت‌ها تخمین درست از پارامترهای متغیر موتور القایی مانند مقاومت استاتور در روش مستقیم و ثابت زمانی روتور در روش غیر مستقیم ضروری به نظر می‌رسد. کنترل بدون سنسور به دلیل کاهش قیمت درایو و افزایش قابلیت اطمینان کل سیستم در سالهای اخیر مورد توجه قرار گرفته است. درایوهای بدون حسگر در صنعت برای کاربردهای سرعت متوسط و سرعت بالا بسیار استفاده می‌شود.

دانستن مقدار دقیق مقاومت استاتور برای کارکرد درست روشهای کنترل بدون حسگر موتور القایی به خصوص در سرعت‌های کم بسیار مهم است. از آنجاییکه مقاومت استاتور با شرایط کار تغییر می‌کند، کارکرد پایدار و دقیق ماشین در سرعت‌های نزدیک صفر نیازمند الگوریتمی برای تخمین بلادرنگ مقاومت استاتور می‌باشد. همچنین تخمین دقیق ثابت زمانی روتور در روش غیرمستقیم امری ضروری است.

^۱ Field Oriented Control

صرفنظر کردن از تلفات آهن در بدست آوردن معادلات کنترلر، دقت عملکرد درایو را کاهش می‌دهد [۸-۱۲]. برای کنترل بهینه موتور برای انتخاب بهینه شار مرجع، تخمین تلفات آهن امری ضروری به نظر می‌رسد. و همچنین در هر درایو بدون حسگر موتور القایی، صرفنظر کردن از تلفات آهن، دقت تخمین سرعت را کاهش می‌دهد.

امروزه صنایع اتوماتیک به طور فزاینده‌ای متقاضی سرو درایوهای با قابلیت بالا می‌باشند، به‌ویژه آنهایی که مستقل از پارامترهای موتور، همگرایی نمایی خطای ردیابی را تضمین می‌کنند. روشهای کنترل تطبیقی در این زمینه جهت بهبود عملکرد سرو درایوها و کمک به ثابت نگهداشتن رفتار کنترلی در یک محدوده متغیر از شرایط عملکرد از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند.

اخیراً توجه زیادی بر روی شناسایی پارامترهای موتور القایی در حین کارکرد صورت گرفته است [۴-۷]. در مرجع [۴] یک روش کنترل بدون حسگر موتور القایی با استفاده از یک تابع لیاپانف^۱ ارایه شده است. علاوه بر آن دو طرح جداگانه برای تخمین مقاومت استاتور و روتور استفاده شده است. این روش دارای دو عیب می‌باشد؛ اول اینکه بهره‌های مورد استفاده در قانون تخمین بایستی متناسب با گشتاور بار تغییر کند و دوم؛ با سه قانون تطبیق موازی، اثبات پایداری سیستم کلی امکان‌پذیر نیست.

در مرجع [۵] یک مشاهده‌گر شار غیرخطی همزمان با تخمین مقاومت استاتور و روتور ارایه شده است. مشکل عمده این روش استفاده از انتگرال جریان‌های استاتور می‌باشد که با توجه به مشکلات موجود در اندازه‌گیری، مانند آفست DC ، استفاده از این روش در عمل با مشکل روبرو می‌شود.

در مرجع [۶] کوباتا^۲ و دیگران دو تابع لیاپانف برای تخمین سرعت و مقاومت روتور ارایه کرده‌اند؛ یک تابع، قانونی برای تخمین بلادرنگ سرعت موتور ارایه می‌دهد در صورتی که مقاومت روتور ثابت فرض می‌شود و تابع دیگر تخمینی از مقاومت روتور با اندازه‌گیری سرعت ارایه می‌دهد. مرور بر روش‌های تخمین پارامترهای موتور القایی به طور مفصل در فصل سوم ارایه خواهد شد.

در مرجع [۹] با ارایه یک مدار معادل در حالت پایا با در نظر گرفتن تلفات آهن ولتاژ اعمالی به موتور با استفاده از مقدار معلوم مقاومت تلفاتی تصحیح می‌شود. در مراجع [۱۰, ۱۱] برای کنترل بهینه موتور برای انتخاب بهینه شار مرجع، تلفات آهن در نظر گرفته می‌شود. در مرجع [۱۳] هرچند کنترل برداری موتور القایی با استفاده از مشاهده‌گر مرتبه کامل و با در نظر گرفتن مقاومت تلفاتی آهن معلوم، صورت پذیرفته است ولی تخمین همزمان و بلادرنگ سرعت، مقاومت تلفاتی و مقاومت روتور در حالت گذرا و با توجه به تغییرات آنها صورت نگرفته است.

در این پایان‌نامه هدف، شناسایی و تخمین لحظه به لحظه پارامترهای متغیر موتور از جمله ثابت زمانی روتور و مقاومت استاتور و همچنین تخمین سرعت در مرحله اول است و سپس با بهبود مدل موتور

^۱ Lyapunov

^۲ Kubota

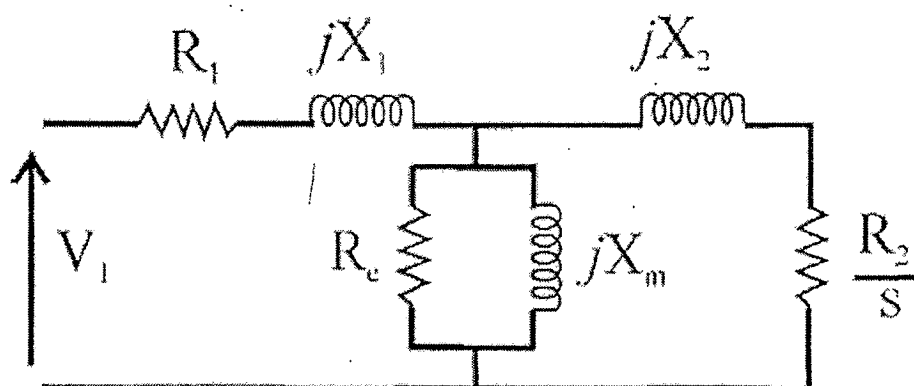
القایی با در نظر گرفتن تلفات آهن، به تخمین مقاومت روتور و مقاومت تلفاتی همراه با تخمین سرعت می‌پردازیم که برای این منظور از رویتگرهای تطبیقی که نسبت به تغییر پارامترها تطبیقی هستند، استفاده خواهد شد. در واقع می‌خواهیم ببینیم که وقتی به جای مقادیر واقعی، تخمین‌های آنها که توسط رویتگر تطبیقی تامین می‌شوند، به سیستم کنترل داده می‌شوند، الگوریتم کنترل پیوسته همگرا باقی می‌ماند. (روش‌های مذکور شبیه‌سازی خواهند شد)

فصل دوم

موتور القایی و اصول کنترل برداری

۱-۲- مقدمه

تا قبل از دوران کنترل کننده‌های حالت جامد امروزی موتورهای القایی گزینه مناسبی برای کاربردهای سرعت صفر نبوده‌اند. گستره عادی کار این موتورها به لغزش کمتر از ۵٪ محدود است. تغییر سرعت در این گستره با بار روی محور موتور کم و بیش به طور خطی متناسب است. حتی اگر بتوان لغزش را زیاد کرد بازده موتور بسیار کم می‌شود، زیرا تلفات مس روتور با لغزش نسبت مستقیم دارد. در روش‌های سنتی برای کنترل سرعت موتورهای القایی دو روش وجود دارد. روش اول تغییر سرعت سنکرون (سرعت میدان مغناطیسی روتور و استاتور) است. زیرا سرعت روتور همیشه نزدیک سرعت سنکرون می‌ماند. روش دیگر تغییر لغزش برای یک گشتاور بار معین است. یکی از بهترین روش‌های کنترل سنتی کنترل ولت بر هرتز می‌باشد. با توجه به مدار معادل موتور القایی در حالت پایا در شکل (۱-۲) به خاطر داریم که گشتاور موتور القایی برابر است با:



شکل ۱-۲: مدار معادل موتور القایی در حالت پایا

$$T = \frac{3 \times \left(\frac{R_2}{s}\right) (I_2)^2}{\omega_s} \quad (1-2)$$

از طرفی

$$I_2 = \frac{E_1}{\sqrt{\left(\frac{R_2}{s}\right)^2 + (X_2)^2}} \quad (2-2)$$

که E_1 ولتاژ روتور (انتقال یافته به سمت استاتور) است. بنابراین:

$$T = \frac{3}{R_2} \frac{s E_1^2}{\omega_s} \frac{1}{1 + \left(\frac{X_2 s}{R_2}\right)^2} \quad (3-2)$$