

استفاده از مشاهده گر مد لغزشی در کنترل بدون حسگر
در ابوهای موتور القایی

مؤلفین:

امید اقبالی - میر کاظم میر کریمی

تابستان ۹۸

انتشارات فن آذر - انتشارات آشینا

سرشناسه	: اقبالی، امید، ۱۳۷۲ - Egjbali, Omid
عنوان و نام پدیدآور	: استفاده از مشاهده گر مد لغزشی در کنترل بدون حسگر درایوهای موتور القایی/نویسندگان امید اقبالی، میرکاظم میرکریمی.
مشخصات نشر	: تبریز: فن آذر: آشینا، ۱۳۹۸.
مشخصات ظاهری	: ۱۱۶ ص.: مصور، جدول، نمودار.
شابک	: ۷-۹۹-۵۵۵۲-۶۰۰-۹۷۸:۲۸۰۰۰۰ ریال
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
موضوع	: موتورهای برقی القایی
موضوع	: Electric motors, Induction
موضوع	: کنترل مد لغزشی
موضوع	: Sliding mode control
شناسه خزانه	: میرکریمی، میرکاظم، ۱۳۷۲، مترجم
رده بندی کنگره	: TK2۷۸۵
رده بندی دیویی	: ۶۲۱/۴۶
شماره کتابشناسی ملی	: ۵۷۹۲۵۷۸



انتشارات آشینا



انتشارات فن آذر

عنوان	: استفاده از مشاهده گر مد لغزشی در کنترل بدون حسگر درایوهای موتور القایی
تالیف	: مهندس امید اقبالی - مهندس میرکاظم میرکریمی
ناشر	: انتشارات فن آذر
ناشر همکار	: انتشارات آشینا
نوبت چاپ	: اول - تابستان ۱۳۹۸
تعداد صفحه و قطع	: ۱۱۶ صفحه - وزیری
تیراژ	: ۱۵۰۰ نسخه
چاپ و صحافی	: لک لری
شابک	: ۷-۹۹-۵۵۵۲-۶۰۰-۹۷۸
قیمت	: ۲۸۰۰۰ تومان

کلیه مسئولیت مطالب و حق چاپ به عهده مؤلف بوده و هر گونه کپی برداری پیگرد قانونی دارد.

مراکز پخش: انتشارات آشینا - انتشارات فن آذر - انتشارات اطهران
تبریز - خیابان امام - بازار بزرگ تربیت - پلاک ۷ ☎ ۳۵۵۳۸۶۰۳

پیش‌گفتار مؤلفین

قبل از گسترش روش‌های کنترل سرعت اعمالی بر روی موتور القایی، موتورهای dc در صنعت بیشترین کاربرد را داشته‌اند که علت آن کنترل جداگانه گشتاور و شار است و کنترل سرعت موتورهای dc به آسانی انجام می‌گیرد، مشکل اصلی موتور القایی کنترل جداگانه گشتاور و شار بود که مهم‌ترین مزیت موتورهای جریان مستقیم نسبت به موتورهای القایی است. ولی با ارائه روش‌های کنترل مانند کنترل $\frac{V}{Hz}$ ثابت، کنترل برداری، کنترل مستقیم گشتاور، موتور القایی هم توانسته است تا حدودی این ضعف خود را اصلاح کرده و جای موتور جریان مستقیم را در صنعت بگیرد. علاوه بر این موتور القایی مزایایی مانند نیاز به نگهداری کم‌تر، ساختمان ساده، قابلیت اطمینان بالاتر، هزینه، وزن، حجم و اینرسی کم‌تر و راندمان بیشتر نسبت به موتور جریان مستقیم دارد.

برای اعمال روش‌های کنترل موتور بر روی موتور القایی گاهی به اندازه‌گیری شار و سرعت موتور توسط حسگرهای مربوطه نیاز است درحالی‌که این حسگرها به نوبه خود باعث افزایش هزینه، تزییق نویز به سیستم، کاهش سرعت عملکرد سیستم و کاهش قابلیت اطمینان سیستم می‌شوند و برای رفع این نواقص، معمولاً حذف حسگر و جایگزینی روشی برای حل این مشکلات مطلوب‌تر است. روش تخمین پارامتر از چند دهه پیش مورد توجه محققان قرار گرفته است که روش‌های مختلفی را ارائه کرده‌اند. در این کتاب یکی از روش‌های ساده و مؤثر تخمین‌گر بر روی موتور القایی بررسی شده است. روشی که در این کتاب به آن پرداخته شده است، روش استفاده از شاخص مد لغزشی است درحالی‌که نسبت به روش‌های دیگر از سادگی و دقت تخمین در مقاوم بودن در مقابل تغییر پارامتر در سیستم برخوردار است و نتایج شبیه‌سازی برای سرعت ثابت و برای سرعت‌های مختلف (ردیابی سرعت) ارائه شده است. برای نشان دادن عملکرد بهتر این روش، با یکی از روش‌های مؤثر (روش مدل مرجع تطبیقی) مقایسه شده است. در آخر با استفاده از یک سیستم بلادرنگ نتایج شبیه‌سازی در آزمایشگاه نیز به اجرا درآمده است و نقاط ضعف و قوت این روش مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج شبیه‌سازی برای

سرعت ثابت نشان می‌دهند که روش مشاهده‌گر مد لغزشی در تخمین سرعت مثل روش مدل مرجع تطبیقی عملکرد مطلوبی دارد و در ردیابی سرعت روش مشاهده‌گر مد لغزشی نسبت به مدل مرجع تطبیقی از عملکرد بهتری برخوردار است. نتایج حاصل نشان می‌دهند که از نظر تغییر پارامترها، مقاومت روتور تأثیر کم‌تری بر روی عملکرد تخمین سرعت روش مد لغزشی نسبت به روش مدل مرجع تطبیقی دارد و روش مد لغزشی در برابر تغییر پارامترها مقاوم‌تر است.

در این کتاب، عملکرد مشاهده‌گر مد لغزشی و روش مدل مرجع تطبیقی بر روی درایو بدون حشر موتو، القایی بررسی شده است. نتایج شبیه‌سازی در محیط SIMULINK/MATLAB و همچنین نتایج آزمایشگاهی برای مقایسه هر چه بهتر این دو روش انجام گرفته است. در فصل دوم این کتاب روش‌های کنترل اعمال شده بر روی موتور القایی بررسی شده است. در فصل سوم روش‌های مهم تخمین آورده شده است. در فصل چهارم روش مشاهده‌گر مد لغزشی به تفصیل توضیح داده شده است. در فصل پنجم و ششم نتایج شبیه‌سازی و آزمایشگاهی به ترتیب بیان شده است و در آخر نتیجه‌گیری و پیشنهادات آورده شده است.

اینجانبان سعی کرده‌ایم که در در نگارش این کتاب، صفتی روان و شیوا عرضه کنیم. اما بی‌شک هیچ کتابی خالی از نقص نبوده و امید است که دانشجویان، اساتید محترم و خوانندگان عزیز نظریات ارشادی خود را برای اصلاح در چاپ‌های بعدی ارسال فرمایند. در این جا لازم است از همه‌ی افرادی که در مراحل مختلف پب این کتاب، اینجانبان را یاری داده‌اند، صمیمانه قدردانی کنیم. در خاتمه از خانواده‌های خود که در مدت تألیف این کتاب صبورانه ما را حمایت کردند، صمیمانه قدردانی می‌کنیم. امید آن که توانسته باشیم با تألیف این کتاب، خدمت ناچیزی را به جامعه علمی کشور عرضه کرده باشیم.

امید اقبالی کارشناسی ارشد مهندسی برق قدرت
میر کاظم میر کریمی کارشناسی مهندسی کنترل

فهرست مطالب

عنوان

صفحه

۱۱	فصل اول - مقدمه‌ای بر موتورهای القایی
۱۲	۱-۱ محاسبه لغزش.....
۱۲	۲-۱ سنتز مستقیم از معادلات حالت.....
۱۳	۳-۱ مشاهده گ قطبی (مشاهده گر لئونبرگر).....
۱۳	۴-۱ فیلتر کالان توسعه یافته.....
۱۳	۵-۱ سیستم مدل مرجع تطبیقی.....
۱۴	۶-۱ مشاهده گر مد لغزش.....
۱۵	۷-۱ مراجع.....
۱۷	فصل دوم - سیر تکاملی درایو موتور القایی و روش‌های کنترل آن
۱۷	۱-۲ مقدمه.....
۱۸	۲-۲ معادلات موتور القایی.....
۱۹	۱-۲-۲ مدل حالت موتور القایی.....
۲۰	۳-۲ کنترل موتور القایی.....
۲۱	۱-۳-۲ کنترل اسکالر.....
۲۱	۱-۳-۲-۱ کنترل با اینورتر منبع ولتاژ.....
۲۳	۲-۳-۲-۱ کنترل سرعت با تنظیم لغزش.....
۲۴	۳-۳-۲-۱ کنترل سرعت با کنترل شار و گشتاور.....
۲۶	۴-۳-۲-۱ کنترل با اینورتر منبع جریان.....
۲۶	۵-۳-۲-۱ مستقل بودن کنترل فرکانس و جریان.....

- ۲۷-۶-۱-۳-۲ کنترل شار و سرعت در درایو با اینورتر منبع جریان.....
- ۲۸-۲-۳-۲ قضیه کنترل برداری.....
- ۳۱-۳-۳-۲ روش کنترل برداری مستقیم.....
- ۳۳-۴-۳-۲ روش کنترل برداری غیرمستقیم.....
- ۳۳-۵-۳-۲ کنترل مستقیم گشتاور و شار (DTC).....
- ۳۶-۱-۵-۳-۲ استراتژی کنترل DTC.....
- ۴۱-۴-۲ تغذیه دو سویه موتور القایی.....
- ۴۳-۵-۲ مراجع.....
- ۴۵ فصل سوم- مروری بر روترهای مهم تخمین سرعت.....
- ۴۵-۱-۳ مقدمه.....
- ۴۶-۲-۳ محاسبه لغزش.....
- ۴۷-۳-۳ سنتز مستقیم از معادلات حالت.....
- ۴۹-۴-۳ مشاهده گر تطبیقی (مشاهده گر لئونبرگر).....
- ۵۱-۵-۳ فیلتر کالمن توسعه یافته.....
- ۵۲-۱-۵-۳ مدل حالت توسعه یافته موتور القایی.....
- ۵۴-۲-۵-۳ الگوریتم EKF برای تخمین سرعت روتور.....
- ۵۶-۶-۳ سیستم مدل مرجع تطبیقی (MRAS).....
- ۵۸-۱-۶-۳ تخمین گر MRAS مبتنی بر شار پیوندی روتور.....
- ۵۹-۲-۶-۳ تخمین گر MRAS مبتنی بر ولتاژ القایی (EMF).....
- ۶۰-۷-۳ طراحی بلوک PI برای تخمین گر مدل مرجع تطبیقی.....
- ۶۳-۸-۳ مراجع.....

فصل چهارم- معرفی مشاهده‌گر مد لغزشی

۶۵

۱-۴ مقدمه ۶۵

۲-۴ مدل موتور القایی ۶۶

۳-۴ تخمین شار، سرعت و ثابت زمانی روتور ۷۰

۴-۴ مراجع ۷۴

فصل پنجم- نتایج شبیه‌سازی

۷۵

۱-۵ مقدمه ۷۵

۲-۵ نتایج شبیه‌سازی برای سرعت ثابت ۷۶

۳-۵ نتایج شبیه‌سازی برای سرعت‌های متغیر و معکوس (ردیابی سرعت) ۸۹

فصل ششم- نتایج آزمایشگاهی

۹۵

۱-۶ مقدمه ۹۵

۲-۶ مجموعه آزمایشگاهی ۹۶

۳-۶ منحنی‌های مربوط به مجموعه آزمایشگاهی ۹۸

۴-۶ نتایج آزمایشگاهی بررسی حساسیت تخمین سرعت نسبت به پارامترهای موتور ۱۰۳

فصل هفتم- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۱۱۳

۱-۷ نتیجه‌گیری ۱۱۳

۲-۷ پیشنهادات ۱۱۵