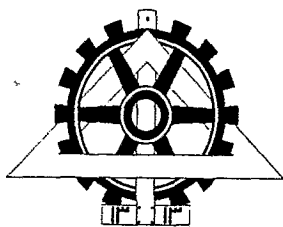


بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

« در ازل پرتو حسنت به تجلی دم زد
عشق پیدا شد و آتش به همه عالم زد. »



دانشگاه تهران

دانشکده فنی

گروه مهندسی برق و کامپیوتر

۱۳۸۲ / ۷ / ۳ *

موضوع:

تخمین سرعت موتور القایی تکفاز و بهینه سازی رفتار

آن بدون استفاده از حسگر سرعت

وزارت اطلاعات و ارتباطات
موسسه تحقیقات برق

توسط:

علیرضا پیمان

استاد راهنما:

دکتر صادق واعظ زاده

پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد

در

رشته مهندسی برق - قدرت

شهریور ۱۳۸۲

۴۸۱۷۱



۱۳۸۲ / ۷ / ۳

به نام خدا
دانشگاه تهران

رئیس هیات داوران
تکمیلات آزمون علمی ایران

دانشکده فنی
گروه آموزشی مهندسی برق و کامپیوتر

۱۳۸۲ / ۷ / ۳

گواهی دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

هیات داوران پایان نامه کارشناسی ارشد آقای علیرضا پیمان در رشته مهندسی برق و کامپیوتر گرایش قدرت با عنوان «تخمین سرعت موتور القایی تکفاز و بهینه سازی رفتار آن بدون استفاده از حسگر سرعت» را در تاریخ ۸۲/۶/۴

به عدد به حروف

نمره نهایی پایان نامه :

۲۰	بیست
----	------

و درجه :

ع

 ارزیابی نمود.

ردیف	مشخصات هیات داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبیه دانشگاهی	دانشگاه یا موسسه	امضاء
۱	استاد راهنما استاد راهنمای دوم (حسب مورد):	دکتر صادق واعظزاده	دانشیار	تهران	
۲	استاد مشاور:	—	—	—	—
۳	استاد مدعو: (یا استاد مشاور دوم)	دکتر شاهرخ فرهنگی	دانشیار	تهران	
۴	استاد مدعو (خارجی):	دکتر ابوالفضل واحدی	استادیار	علم و صنعت ایران	
۵	نماینده کمیته تحصیلات تکمیلی گروه آموزشی:	دکتر پرویز جبه دار مارالانی	استاد	تهران	



تذکر: این برگه پس از تکمیل توسط هیات داوران در نخستین صفحه پایان نامه درج می گردد

دانشگاه تهران
دانشکده فنی

پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد

در

رشته مهندسی برق - قدرت

موضوع:

**تخمین سرعت موتور القایی تکفاز و بهینه سازی رفتار
آن بدون استفاده از حسگر سرعت**

نگارش : علیرضا پیمان

از این پایان نامه در تاریخ ۱۳۸۲/۶/۴ در مقابل هیات داوران دفاع گردید و
مورد تصویب قرار گرفت.

سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده فنی :	دکتر جواد فیض
مدیر گروه آموزشی :	دکتر پرویز جبه‌دار مارالانی
سرپرست تحصیلات تکمیلی گروه :	دکتر حمیدرضا جمالی
استاد راهنما :	دکتر صادق واعظ زاده
عضو هیئت داوران :	دکتر پرویز جبه‌دار مارالانی
عضو هیئت داوران :	دکتر شاهرخ فرهنگی
عضو هیئت داوران :	دکتر ابوالفضل واحدی



پدر بزرگوار، مادر فداکار و خانواده عزیزم
که شمع وجودشان همواره روشنی بخش راه
سعادت‌م بوده است.

همه کسانی که قلبشان برای آبادانی، پیشرفت
و سرافرازی ایران می‌تپد.

حذف حسگر سرعت در کنترل و بهینه‌سازی رفتار موتورهای القایی تکفاز، گامی در جهت اقتصادی کردن سیستم کنترل، افزایش قابلیت اطمینان آن و توسعه کاربردهای موتور است. بدین منظور، در این پروژه سه روش مختلف برای تخمین سرعت موتور القایی تکفاز ارائه می‌شود. در روش اول، محاسبه مؤلفه های شار در دستگاه مرجع ساکن انجام می‌گیرد؛ در روش دوم این محاسبه با سهولت بیشتر و با کمک فیلتر پایین گذر صورت می‌پذیرد و در سومین روش، با استفاده از دستگاه مرجع منطبق بر شار استاتور، مؤلفه های شار ماشین تخمین زده می‌شوند و سرعت محاسبه می‌شود.

بررسی روشهای جدید راه اندازی موتور القایی تکفاز نشان می‌دهد که با استفاده از یک خازن متغیر، میتوان به اهداف مختلفی از جمله حداکثر شدن گشتاور متوسط راه اندازی، حداقل شدن نوسانات گشتاور و بهینه سازی گشتاور موتور دست یافت. از آنجاییکه خازن متغیر تابعی از سرعت موتور می‌باشد، در این پروژه این سرعتهای تخمینی در کنترل خازن موتور به منظور دستیابی به اهداف فوق، مورد استفاده قرار می‌گیرند. برای تغییر مقدار ظرفیت خازن از روش کلیدزنی موازی خازن استفاده شده است که در آن کلید الکترونیکی موازی با خازن، برای مدت مورد نظر اتصال کوتاه می‌شود و یک خازن متغیر فراهم می‌گردد.

موتور بر اساس روشهای ارائه شده شبیه سازی می‌شود. مقایسه نتایج شبیه سازی، نزدیک بودن پاسخ سرعت تخمینی موتور و در نتیجه خازن متغیر حاصل را با مقادیر واقعی آنها در هر سه روش پیشنهاد شده نشان می‌دهد. این نزدیکی پاسخها به ازای اهداف مختلف کنترل خازن صادق است.

در نهایت نیز یکی از روشهای تخمین سرعت با استفاده از پردازشگر سریع TMS320C31 پیاده سازی می‌شود و نتایج آزمایشگاهی مربوط ارائه می‌گردد. این نتایج در تطابق با نتایج حاصل از شبیه‌سازی، کارآمدی روش تخمین سرعت مذکور را تایید می‌کند.

تقدیر و تشکر

با شکر به درگاه خداوند متعال که آنچه انجام شده به لطف و عنایت او بوده است، بر خود لازم می‌دانم مراتب سپاس و قدر دانی خود را نسبت به استاد راهنمای ارجمندم، جناب آقای دکتر واعظ زاده که افتخار راهنمایی و مشاوره این پایان نامه را برای اینجانب فراهم نمودند، اعلام دارم.

همچنین از مساعدتهای ارزنده آقایان مهندس غلامحسین مزارعی و مهندس حجت لنگری و سایر اساتید و دوستانی که مرا در این راستا یاری نمودند نیز تشکر می‌نمایم.

علیرضا پیمان

فصل اول: مقدمه

۱

۵

فصل دوم: انواع موتورهای القایی تکفاز و عملکرد آنها

۶

۱-۲- مقدمه

۶

۲-۲- چگونگی عملکرد موتورهای القایی تکفاز

۶

۱-۲-۲- موتور در حالت سکون

۷

۲-۲-۲- موتور در حال حرکت

۹

۲-۳- طبقه بندی موتورهای القایی تکفاز

۹

۱-۳-۲- موتور فاز شکسته

۱۰

۲-۳-۲- موتور القایی تکفاز با خازن راه انداز

۱۱

۳-۳-۲- موتور القایی تکفاز با خازن دائم

۱۲

۲-۳-۴- موتور القایی تکفاز با خازن راه انداز و خازن دائم

۱۳

۲-۳-۵- موتور القایی تکفاز قطب چاکدار

۱۴

۲-۳-۶- کاربرد موتورهای القایی تکفاز

۱۵

فصل سوم: تئوری ماشینهای القایی تکفاز بر اساس مدل دو محوری d و q

۱۶

۱-۳- مقدمه

۱۶

۲-۳- معادلات ولتاژ و گشتاور در متغیرهای ماشین

۱۸

۳-۳- مدل ریاضی ماشین در متغیرهای دستگاه مرجع ساکن

۲۱

۴-۳- تحلیل عملکرد حالت دائم موتور القایی تکفاز

۲۳

۳-۵- استخراج معادلات ریاضی و مدار معادل مؤلفه های متقارن

۲۵

۳-۶- شرایط عملکرد متعادل موتورهای القایی تکفاز

۲۸

۳-۷- محاسبه گشتاور بر حسب فازورهای جریان

۳۱	فصل چهارم: بررسی روشهای جدید راه اندازی خازنی موتور القایی تکفاز
۳۲	۱-۴- مقدمه
۳۲	۲-۴- راه اندازی موتور القایی تکفاز با استفاده از جدا کننده الکترونیکی خازن
۳۴	۳-۴- راه اندازی موتور القایی تکفاز بوسیله کلید زنی الکترونیکی خازن
۳۵	۱-۳-۴- کلید زنی سری خازن
۳۶	۲-۳-۴- کلید زنی موازی خازن
۳۷	۱-۲-۳-۴- کلیدزنی یکنواخت خازن
۳۸	۲-۲-۳-۴- کلیدزنی متغیر خازن
۴۶	فصل پنجم: تخمین سرعت موتور القایی تکفاز
۴۷	۱-۵- مقدمه
۴۸	۲-۵- بررسی روشهای تخمین سرعت موتور القایی سه فاز
۴۸	۱-۲-۵- معادلات ولتاژ موتور القایی سه فاز
۵۲	۲-۲-۵- تخمین سرعت موتور القایی سه فاز
۵۵	۳-۵- تخمین سرعت موتور القایی تکفاز به کمک محاسبه شار در دستگاه مرجع ساکن
۶۳	۴-۵- تخمین سرعت به کمک محاسبه شار در دستگاه مرجع ساکن و توسط فیلتر پایین گذر
۶۸	۵-۵- تخمین سرعت در دستگاه مرجع منطبق بر شار استاتور
۷۳	۶-۵- مقایسه روشهای مختلف تخمین سرعت موتور القایی تکفاز
۷۵	فصل ششم: شبیه سازی
۷۶	۱-۶- مقدمه
۷۶	۲-۶- شبیه سازی سیستم
۷۷	۱-۲-۶- بلوک دیاگرام موتور القایی تکفاز
۷۸	۲-۲-۶- نتایج شبیه سازی رفتار دینامیکی موتور
۹۸	۳-۲-۶- بررسی اثر ثابت زمانی فیلتر

۹۹	۴-۲-۶- بررسی اثر پارامترها و نویز
۱۰۱	فصل هفتم: پیاده سازی و نتایج آزمایشگاهی
۱۰۲	۱-۷- مقدمه
۱۰۲	۲-۷- سخت افزار کنترل خازن موتور القایی تکفاز بدون استفاده از حسگر سرعت
۱۰۶	۳-۷- نرم افزار سیستم
۱۰۹	۴-۷- نتایج پیاده سازی
۱۱۶	فصل هشتم: نتیجه گیری و پیشنهادها
۱۱۷	۱-۸- خلاصه و نتایج
۱۱۸	۲-۸- پیشنهادها
۱۲۰	منابع و مراجع
۱۲۴	پیوست

- شکل ۱-۲- میدان نوسانی و میدان دورانی ۸
- شکل ۲-۲- برشی از یک موتور القایی تکفاز ۸
- شکل ۳-۲- مشخصه گشتاور- سرعت موتور القایی تکفاز ۹
- شکل ۴-۲- موتور القایی تکفاز فاز شکسته الف) مدار معادل ب) مشخصه گشتاور- سرعت ۱۰
- شکل ۵-۲- دیاگرام فازوری جریان موتور فاز شکسته ۱۰
- شکل ۶-۲- موتور القایی تکفاز با خازن راه انداز الف) مدار معادل ب) مشخصه گشتاور- سرعت ۱۱
- شکل ۷-۲- دیاگرام فازوری جریان موتور خازن راه انداز ۱۱
- شکل ۸-۲- موتور القایی تکفاز با خازن دائم الف) مدار معادل ب) مشخصه گشتاور- سرعت ۱۲
- شکل ۹-۲- موتور القایی تکفاز دو خازنه الف) مدار معادل ب) مشخصه گشتاور- سرعت ۱۲
- شکل ۱۰-۲- موتور القایی تکفاز قطب چاکدار الف) مدار معادل ب) مشخصه گشتاور- سرعت ۱۳
- شکل ۱-۳- ماشین القایی دو فاز نامتقارن ۱۶
- شکل ۲-۳- مدار معادل موتور القایی تکفاز الف) محور d ب) محور q ۲۱
- شکل ۳-۳- مدار معادل ماشین القایی تکفاز در حالت ماندگار ۲۵
- شکل ۴-۳- مقاومت مورد نیاز جهت عملکرد متعادل موتور القایی تکفاز بر حسب سرعت ۲۹
- شکل ۵-۳- خازن مورد نیاز جهت عملکرد متعادل موتور القایی تکفاز بر حسب سرعت ۲۹
- شکل ۱-۴- شماتیک راه اندازی موتور القایی تکفاز ۳۳
- شکل ۲-۴- منحنی گشتاور و زاویه فاز بین سیم پیچهای موتور تکفاز ۳۴

- شکل ۴-۳- مدار کلید زنی پل و مدولاسیون پهنای باند آن ۳۶
- شکل ۴-۴- مقایسه گشتاور متوسط و نوسانی موتور خازن دائم و موتور با کلیدزنی پل ۳۶
- شکل ۴-۵- بلوک دیاگرام مدار کلیدزنی ثابت خازن ۳۷
- شکل ۴-۶- مشخصه سرعت-زمان الف) با خازن راه اندازی ب) با خازن کلیدزنی شده ثابت ۳۸
- شکل ۴-۷- بلوک دیاگرام کلیدزنی متغیر خازن ۳۸
- شکل ۴-۸- بلوک دیاگرام بهینه سازی منطق فازی ۴۲
- شکل ۴-۹- تابع عضویت کنترلر فازی ۴۳
- شکل ۴-۱۰- نمودار گشتاور - سرعت موتور تکفاز به ازای الف) $\rho = 1$ ب) $\rho = 0$ ج) $\rho = .5$ ۴۵
- شکل ۵-۱- برش عرضی موتور القایی سه فاز ۴۹
- شکل ۵-۲- ارتباط بین دستگاههای مرجع ساکن، عمومی و منطبق بر روتور ۵۱
- شکل ۵-۳- تخمینگر سرعت موتور القایی سه فاز با محاسبه شار در دستگاه مرجع ساکن ۵۴
- شکل ۵-۴- تخمینگر سرعت موتور القایی تکفاز با محاسبه شار در دستگاه مرجع استاتور ۶۲
- شکل ۵-۵- تخمینگر سرعت موتور القایی تکفاز با محاسبه شار در دستگاه مرجع ساکن و توسط فیلتر پایین گذر ۶۷
- شکل ۵-۶- ارتباط بین دستگاه مرجع ساکن و دستگاه مرجع منطبق بر شار گردان استاتور ۶۸
- شکل ۵-۷- تخمینگر سرعت موتور القایی تکفاز با محاسبه شار در دستگاه مرجع منطبق بر شار پیوندی استاتور ۷۲
- شکل ۶-۱- بلوک دیاگرام موتور القایی تکفاز ۷۷

- ۷۸ شکل ۲-۶- بلوک دیاگرام کامل موتور القایی تکفاز
- ۸۰ شکل ۳-۶- تخمین سرعت موتورهای خازن متغیر (a-c) و خازن ثابت (d) با $c=40 \mu F$ بدون محدود کردن نرخ تغییرات سرعت
- ۸۲ شکل ۴-۶- تخمین سرعت نامی موتور خازن ثابت ($c=40 \mu F$) با محدود کردن نرخ تغییرات سرعت (a) سرعت واقعی و تخمینی با روش اول (b) سرعت واقعی و تخمینی با روش دوم (c) سرعت واقعی و تخمینی با روش سوم (d) سرعت واقعی
- ۸۲ شکل ۵-۶- مقادیر متوسط ولحظه ای خطای تخمین سرعت شکل (۴-۶) در محدوده سرعتهای کم (a-c) و محدوده سرعتهای زیاد ($a'-c'$)
- (a و a') خطای تخمین روش اول (b و b') خطای تخمین روش دوم (c و c') خطای تخمین روش سوم
- ۸۳ شکل ۶-۶- تخمین سرعت موتور خازن ثابت ($c=40 \mu F$) در سرعت کمتر از مقدار نامی (a) سرعت واقعی و تخمینی با روش اول (b) سرعت واقعی و تخمینی با روش دوم (c) سرعت واقعی و تخمینی با روش سوم (d) سرعت واقعی
- ۸۳ شکل ۷-۶- مقادیر متوسط ولحظه ای خطای تخمین سرعت شکل (۶-۶) در محدوده سرعتهای کم (a-c) و محدوده سرعتهای زیاد ($a'-c'$)
- (a و a') خطای تخمین روش اول (b و b') خطای تخمین روش دوم (c و c') خطای تخمین روش سوم
- ۸۴ شکل ۸-۶- تخمین سرعت نامی موتور خازن متغیر با محدود کردن نرخ تغییرات سرعت (a) سرعت واقعی و تخمینی با روش اول (b) سرعت واقعی و تخمینی با روش دوم (c) سرعت واقعی و تخمینی با روش سوم (d) سرعت واقعی
- ۸۴ شکل ۹-۶- مقادیر متوسط ولحظه ای خطای تخمین سرعت شکل (۸-۶) در محدوده سرعتهای کم (a-c) و محدوده سرعتهای زیاد ($a'-c'$)
- (a و a') خطای تخمین روش اول (b و b') خطای تخمین روش دوم (c و c') خطای تخمین روش سوم
- ۸۵ شکل ۱۰-۶- تخمین سرعت موتور خازن متغیر در سرعت کمتر از مقدار نامی (a) سرعت واقعی و تخمینی با روش اول (b) سرعت واقعی و تخمینی با روش دوم (c) سرعت واقعی و تخمینی با روش سوم (d) سرعت واقعی

- شکل ۶-۱۱- مقادیر متوسط و لحظه ای خطای تخمین سرعت شکل (۶-۱۰) در محدوده ۸۵ سرعتهای کم (a-c) و محدوده سرعتهای زیاد (a^2-c^2)
 (a) و a' خطای تخمین روش اول (b و b') خطای تخمین روش دوم (c و c') خطای تخمین روش سوم
- شکل ۶-۱۲- تخمین سرعت نامی موتور خازن متغیر تحت اعمال و حذف گشتاور بار (a) ۸۷ سرعت واقعی و تخمینی با روش اول (b) سرعت واقعی و تخمینی با روش دوم (c) سرعت واقعی و تخمینی با روش سوم (d) سرعت واقعی
- شکل ۶-۱۳- مقادیر متوسط و لحظه ای خطای تخمین سرعت شکل (۶-۱۱) تحت اعمال ۸۷ (a-c) و حذف گشتاور بار (a^2-c^2)
 (a) و a' خطای تخمین روش اول (b و b') خطای تخمین روش دوم (c و c') خطای تخمین روش سوم
- شکل ۶-۱۴- مقادیر واقعی و تخمینی خازن کلیدزنی شده به ازای مقادیر مختلف ρ ۸۹ (a) خازن واقعی و تخمینی با روش اول (b) خازن واقعی و تخمینی با روش دوم (c) خازن واقعی و تخمینی با روش سوم (d) خازن واقعی
- شکل ۶-۱۵- مقادیر واقعی و تخمینی نسبت زمان هدایت کلید به پریرود کلیدزنی به ازای ۹۰ مقادیر مختلف ρ
 (a) مقدار واقعی و تخمینی با روش اول (b) مقدار واقعی و تخمینی با روش دوم (c) مقدار واقعی و تخمینی با روش سوم (d) مقدار واقعی
- شکل ۶-۱۶- مقادیر واقعی و تخمینی گشتاور موتور به ازای $\rho = 1$ ۹۲ (a) گشتاور تخمینی با روش اول (b) گشتاور تخمینی با روش دوم (c) گشتاور تخمینی با روش سوم (d) گشتاور واقعی
- شکل ۶-۱۷- خطای گشتاور شکل (۶-۱۶) ۹۲ (a) خطای گشتاور تخمینی روش اول (b) خطای گشتاور تخمینی روش دوم (c) خطای گشتاور تخمینی روش سوم
- شکل ۶-۱۸- مقادیر واقعی و تخمینی گشتاور موتور به ازای $\rho = 0$ ۹۳ (a) گشتاور تخمینی با روش اول (b) گشتاور تخمینی با روش دوم (c) گشتاور تخمینی با روش سوم (d) گشتاور واقعی

- ۹۳ شکل ۶-۱۹- خطای گشتاور شکل (۶-۱۸)
 (a) خطای گشتاور تخمینی روش اول (b) خطای گشتاور تخمینی روش دوم (c) خطای گشتاور تخمینی روش سوم
- ۹۴ شکل ۶-۲۰- مقادیر واقعی و تخمینی گشتاور موتور به ازای $\rho = 0.5$
 (a) گشتاور تخمینی با روش اول (b) گشتاور تخمینی با روش دوم (c) گشتاور تخمینی با روش سوم (d) گشتاور واقعی
- ۹۴ شکل ۶-۲۱- خطای گشتاور شکل (۶-۲۰)
 (a) خطای گشتاور تخمینی روش اول (b) خطای گشتاور تخمینی روش دوم (c) خطای گشتاور تخمینی روش سوم
- ۹۶ شکل ۶-۲۲- جریان سیم پیچی اصلی بر حسب جریان سیم پیچی کمکی مورد استفاده در تخمین سرعت موتور خازن متغیر و خازن ثابت
- ۹۶ شکل ۶-۲۳- شار پیوندی سیم پیچی اصلی بر حسب شار سیم پیچی کمکی محاسبه شده برای تخمین سرعت موتور خازن متغیر و خازن ثابت
- ۹۷ شکل ۶-۲۴- ولتاژ سیم پیچی اصلی بر حسب ولتاژ سیم پیچی کمکی مورد استفاده در تخمین سرعت موتور خازن متغیر و خازن ثابت
- ۹۷ شکل ۶-۲۵- ولتاژ سیم پیچی اصلی بر حسب ولتاژ خازن در موتورهای خازن متغیر و خازن ثابت
- ۹۸ شکل ۶-۲۶- سرعت تخمین زده شده و سرعت واقعی به ازای (الف) $T=1000$ (ب) $T=1$
- ۱۰۰ شکل ۶-۲۷- اثر افزایش مقاومت سیم پیچیهای استاتور بر سرعت تخمینی
- ۱۰۰ شکل ۶-۲۸- اثر افزایش مقاومت سیم پیچیهای روتور بر سرعت تخمینی
- ۱۰۰ شکل ۶-۲۹- شکل موجهای ولتاژ و جریان سیم پیچی اصلی موتور
- ۱۰۰ شکل ۶-۳۰- سرعت تخمینی موتور با استفاده از متغیرهای شکل (۶-۲۹)
- ۱۰۳ شکل ۷-۱- بلوک دیاگرام کامل سیستم کنترل بدون حسگر موتور القایی تکفاز
- ۱۰۴ شکل ۷-۲- مدار تنظیم کننده سیگنالهای ورودی به کارت A/D