بسم الله الرّحمن الرّحيم

دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه ی کارشناسی ارشد رشته ی برق گرایش قدرت

طراحی و ساخت کنترل کننده سرعت و راندمان موتور القایی تکفاز

استاد راهنما:

دکتر غلامرضا عرب مارکده

استاد مشاور:

دکتر جعفر سلطانی

پژوهشگر:

یحیی عبداللهی اسدآبادی

شهریور ماه ۱۳۹۰

دانشکده فنی مهندسی

گروه برق

پایان نامه آقای یحیی عبداللهی اسدآبادی جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته ی مهندسی برق گرایش قدرت با عنوان:

طراحی و ساخت کنترل کننده سرعت و راندمان موتور القایی تکفاز

در تاریخ ۱۳۹۰/۷/۲۴ با حضور هیأت داوران زیر، بررسی و با نمره ۱۸/۷ مورد تصویب نهایی قرار گرفت.

۱. **استادن راهنمای پایان نامه:**

دکتر غلامرضا عرب مارکده با مرتبه ی علمی استادیاری **امضاء**

۲. **استاد مشاور پایان نامه:**

دکتر جعفر سلطانی با مرتبه ی علمی استاد **امضاء**

۳. **استادان داور پایان نامه:**

دکتر عباس کارگر با مرتبه ی علمی استادیاری **امضاء**

دکتر احمدرضا تابش با مرتبه ی علمی استادیاری **امضاء**

دکتر بهزاد قاسمی

معاون پژوهشی و تحصیلات تکمیلی

دانشکده فنی و مهندسی

کلّیه ی حقوق مادی مرتبط بر نتایج مطالعات، ابتکارات و نوآوریهای ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه متعلّق به دانشگاه شهرکرد است.

تشکّر و قدردانی

سپاس بی کران پروردگار یکتا را که هستی مان بخشید و به طریق علم و دانش رهنمونمان شد و به همنشینی رهروان علم و دانش مفتخرمان نمود و خوشه چینی از علم و معرفت را روزیمان ساخت.
در اینجا بر خود لازم می دانم از همه کسانی که در رشد و تعالی اینجانب سهیم بوده اند تشکر و قدردانی نمایم. از پدر بزرگوارم که همه عمر خود را صرف علم و دانش نموده و خالصانه در جهت خدمت به جامعه تلاش نموده و همواره الگوی علمی و اخلاقی من در زندگی است و مادرم که صبر و فداکاری را به من آموخت و با زحمات بی دریغ، خود را وقف فرزندانش نموده تشکر و قدردانی می نمایم. از همسر مهربانم تشکر می‌کنم که سایه مهربانیش سایه سار زندگیم می باشد و کمک و فداکاری های اوست که مشکلات مسیر زندگی و تحصیل را برایم تسهیل نموده است.
از کلّیه ی افرادی که در شکل گیری این طرح یاری رساندند، تشکر و قدردانی می گردد، به ویژه از زحمات خالصانه و بی دریغ استاد راهنما جناب آقای دکتر غلامرضا عرب تشکر و قدردانی می گردد. مساعدت و راهنمایی‌های ایشان در طول دوره تحصیل اینجانب و تجارب وتلاش ارزنده ایشان در ساخت مجموعه آزمایشگاهی درایو موتور القایی و انجام پایان نامه پیش رو تعیین کننده بوده است. همچنین از استاد مشاور جناب آقای دکتر جعفر سلطانی که از اساتید با سابقه کشور می باشند و تجارب و ایده های ارزنده ایشان در انجام این پایان نامه راه گشا بوده است، مراتب تقدیر و تشکر به عمل می آید.
از مسئولین آزمایشگاه ماشین های الکتریکی دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه شهرکرد و همه دوستان، اساتید و دانشجویانی که به نوعی در انجام این پایان نامه همکاری کردند تشکر و قدردانی می نمایم و برایشان آرزوی سلامتی و توفیق روزافزون دارم.

تقدیم به همسر فداکارم

و فرزندان عزیزم

آرمین و نازنین

چکیده

در این گزارش، طراحی یک سیستم درایو موتور القایی تکفاز به منظور بهبود راندمان مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است. با توجه به اهمیت صرفه جویی در مصرف انرژی پس از معرفی انواع موتور های تکفاز به بررسی منابع تلفات در موتورهای القایی پرداخته می شود؛ همچنین روش های مختلف کنترل اینگونه موتورها به تفصیل بیان می شود و معایب و مزایای هر یک تشریح می گردد. در این راستا، با توجّه به اهمیت مدلسازی سیستمها در طراحی کنترل کننده، ابتدا مدلسازی سیستم درایو موتور مورد بررسی قرارگرفته است. در بحث مدلسازی به منظور افزایش راندمان کار موتور دو روش ماکزیمم نسبت گشتاور به جریان و روش جستجو، مورد بحث و بررسی واقع شده اند. در ادامه، ساخت و پیاده سازی مجموعه آزمایشگاهی درایور موتور تکفاز ارائه شده است. در ساخت این مجموعه از بورد کنترلی eZdsp که در آن یک پردازنده دیجیتال سیگنال (DSP) بکار رفته، استفاده شده است. در قسمت ساخت مجموعه آزمایشگاهی درایو روند طراحی سیستم بطور کامل تشریح گردیده است و قسمت های مختلف از جمله اینورتر، مدار فرمان سو ییچ ها، سنسور های اندازه گیری جریان و ولتاژ، نحوه اندازه گیری سرعت موتور و مجموعه موتور و بار آن با استفاده از شکل های مناسب معرفی شده اند. در ادامه سیستم ساخته شده مورد آزمایش قرار می گیرد و شکل موج های قسمت های مختلف ارائه می گردد. در پایان نتایج عملی و شبیه سازی با یکدیگر مقایسه می شوند و با توجه به نتایج، صحت روش پیشنهادی مورد ارزیابی قرار می گیرد.

واژگان کلیدی: موتور القایی تکفاز، کنترل راندمان، روش ماکزیمم نسبت گشتاور به جریان، روش جستجو، DSP

فهرست مطالب

عنوان **شماره صفحه**

فصل اول- مقدمه ۱۰

۱-۱موتور تکفاز و بهبود راندمان آن ۱۰

۱-۲ پیشینه تحقیق و بررسی منابع ۱۱

۱-۳ ساختار پایان نامه ۱۲

فصل دوّم- موتورهای القایی تکفاز (دو فاز نامتقارن) و روش های درایو آنها ۱۴

۲-۱ مشخصات ساختاری موتور های تکفاز ۱۵

۲-۲ انواع موتور های تکفاز ۱۵

۲-۲-۱ موتورهای قطب چاکدار ۱۵

۲-۲-۲ موتورهای فاز- شکسته مقاومتی ۱۶

۲-۲-۳ موتورهای القایی تکفاز با خازن راه انداز ۱۷

۲-۲-۴ موتورهای القایی تکفاز با خازن دایمی ۱۷

۲-۲-۵ موتورهای القایی تکفاز با خازن راه انداز و خازن دایمی ۱۸

۲-۳ انتخاب درایو مناسب برای موتور القایی دو فاز ۱۹

۲-۳-۱ مقدمه ۱۹

۲-۳-۲ منبع فرکانس متغیر ۲۰

۲-۴ توپولوژیهای الکترونیک قدرت ۲۲

۲-۵ کانورترهای مختلف ۲۴

۲-۵-۱ چاپر تکفاز ac/ac ۲۴

۲-۵-۲ سیکلو کانورترتکفاز ac/ac ۲۵

۲-۵-۳ درایو اینورترPWM با پل کامل تکفاز ۲۶

۲-۵-۴ اینورتر PWM کامل به همراه یکسو کننده نیم موج ۲۶

۲-۵-۵ اینورتر PWM کامل به همراه یکسو کننده قابل کنترل ۲۷

۲-۵-۶ یکسو کننده نیم موج به همراه اینورتر PWM نیم پل ۲۷

۲-۵-۷ یکسوکننده نیم موج کنترل شده به همراه اینورترPWM نیم پل ۲۷
۲-۵-۸ اینورتر PWM پل کامل دو فاز ۲۸
۲-۵-۹ اینورتر PWM نیم پل دو فاز ۲۸
۲-۵-۱۰ اینورتر PWM پل کامل دو فاز ۲۹
۲-۵-۱۱ اینورتر PWM دو فاز با یکسوکننده قابل کنترل ۲۹
۲-۶ مقایسه ۳۱
فصل سوم- تحلیل ماشین تکفاز ۳۲
۳-۱ مقدمه ۳۲
۳-۲ موتور القایی دو فاز متعادل متقارن ۳۳
۳-۳ موتور القایی دو فاز متعادل نامتقارن ۳۳
۳-۳-۱ مؤلفه های مستقیم و معکوس یک شبکه دوفاز ۳۳
۳-۴ موتورهای دو فاز نامتعادل ۳۶
۳-۴-۱ محاسبات مربوط به استخراج مدار معادل ۳۸
۳-۴-۲ بررسی حالات خاص ۴۲
۳-۴-۲-۱ موتور دوفاز متعادل متقارن ۴۲
۳-۴-۲-۲ موتور دوفازمتعادل نامتقارن ۴۳
۳-۴-۲-۳ موتور تکفاز ۴۳
۳-۴-۲-۴ موتور تکفاز با خازن دایم ۴۴
فصل چهارم- بهبود راندمان موتور القایی تکفاز ۴۶
۴-۱ مقدمه ۴۶
۴-۲ تلفات در موتورهای القایی ۴۷
۴-۲-۱ تلفات اهمی ۴۷
۴-۲-۲ تلفات هسته مغناطیسی ۴۷
۴-۲-۳ تلفات اصطکاک و مقاومت هوا ۴۸
۴-۲-۴ تلفات پراکنده ۴۸
۴-۲-۵ مجموعه عوامل تلفات موتور ۴۸
۴-۲-۶ مقایسه تلفات در موتور تکفاز و سه فاز ۴۹

۴-۲-۷ استاندارد های تعیین راندمان ۵۰
۴-۳ روشهای بهبود راندمان موتور القایی ۵۰
۴-۴ روش ماکزیمم کردن نسبت گشتاور به جریان (MTPA) ۵۱
۴-۴-۱ تشریح اجرای ماکزیمم کردن نسبت گشتاور به جریان ۵۱
۴-۵ روش جستجو ۵۳
۴-۵-۱ تشریح اجرای روش جستجو ۵۳
فصل پنجم- ساخت و پیاده سازی مجموعه آزمایشگاهی درایو موتور القایی تکفاز ۵۶
۵-۱ مقدمه ۵۶
۵-۲ تشریح سخت افزار: ۵۷
۵-۲-۱ بورد DSP ۵۷
آی سی DSP : ۵۷
۵-۲-۲ مدار اینورتر ۵۸
۵-۲-۲-۱ لینک DC ۵۸
۵-۲-۲-۲ سوئیچ های اینورتر ۵۹
۵-۲-۲-۳ مدار گیت سوئیچ ها ۶۰
۵-۲-۳موتور ۶۲
۵-۲-۴ بار مکانیکی ۶۳
۵-۲-۵ اندازه گیری سرعت ۶۳
۵-۲-۶ اندازه گیری ولتاژ و جریان ۶۴
۵-۳ پیاده سازی نرم افزاری و بررسی عملکرد سخت افزار ۶۷
۵-۳-۱ عملکرد اینورتر ۶۷
۵-۳-۲ سیستم کنترل سرعت ۶۹
۵-۳-۳ واحد محاسبه توان و تولید ولتاژ مرجع اینورتر ۷۱
فصل ششم- نتایج شبیه سازی و عملی ۷۴
۶-۱ نتایج شبیه سازی های روش MTPA ۷۴
۶-۲ نتایج شبیه سازی های روش جستجو ۷۸
۶-۳ محاسبه تلفات گردشی ماشین DC ۸۲
۶-۴ محاسبه گشتاور بار مکانیکی ۸۲

۶-۵ نتایج عملی ۸۳
فصل هفتم- نتایج و پیشنهادات ۸۵
۷-۱ نتیجه گیری ۸۶
۷-۲ محدودیت ها، معایب ۸۶
۷-۳ پیشنهادات ۸۶
پیوست الف: مدار های شماتیک بورد eZdsp ۸۷
پیوست ب: پل دیودی سه فاز ۹۲
پیوست ج: ماژول IGBT ۹۳
پیوست د: اپتوکوپلر ۹۵
پیوست و: انکدر سرعت ۹۶
پیوست ه : سنسور جریان ۹۸
پیوست ی: سنسور ولتاژ ۱۰۰
فهرست مراجع ۱۰۲

فهرست شکل ها

عنوان **شماره صفحه**

شکل (۲-۱) موتور القایی تکفاز قطب چاکدار ۱۵
شکل (۲-۲) موتور القایی تکفاز با فاز شکسته مقاومتی و دیاگرام فازوری آن ۱۶
شکل (۲-۳) موتور القایی تکفاز با خازن راه انداز و دیاگرام فازوری آن ۱۷
شکل (۲-۴) موتور القایی تکفاز با خازن دایمی ۱۷
شکل (۲-۵) موتور القایی تکفاز با خازن راه انداز و خازن دایمی ۱۸
شکل (۲-۶) مشخصه گشتاور-سرعت موتورهای القایی تکفاز ۱۹
شکل (۲-۷) سه روش تغذیه موتور تکفاز(دو فاز نامتقارن) ۲۱
شکل(۲- ۸) مقایسه بین روشهای گوناگون تغذیه موتور القایی تکفاز با(v/f=cte) ۲۲
شکل (۲-۹) اینورتر تکفاز ۲۳
شکل (۲-۱۰) الف) اینورتر دو فاز با خازن در لینک dc . ب) اینورتر سه فاز با پل ۶ ترانزیستوری برای تغذیه یک TPIM بدون خازن ۲۳
شکل (۲- ۱۱) اینورتر دو فاز با پل ۶ ترانزیستوری که برای تغذیه یک PSIM ۲۴
شکل (۲-۱۲) کنترل موتور PSC با استفاده از یک کانورتر باک ac/ac ۲۴
شکل (۲-۱۳) کانورتر ac/ac ۲۵
شکل (۲- ۱۴) سیکلوکانورتر تکفاز ac/ac ۲۵
شکل (۲-۱۵) چاپر DC ۲۵
شکل (۲-۱۶) اینورتر PWM تکفاز با یکسو کننده پل کامل ۲۶
شکل (۲-۱۷) اینورتر PWM تکفاز با یکسوکننده نیم موج ۲۶
شکل (۲-۱۸) اینورتر PWM تکفاز با یکسوکننده نیمه کنترل شونده ۲۷
شکل (۲-۱۹) اینورتر PWM تکفاز با یکسوکننده نیمه، غیر قابل کنترل ۲۷
شکل (۲-۲۰) اینورتر PWM تکفاز با یکسوکننده نیمه کنترل شونده ۲۸
شکل (۲-۲۱) اینورتر PWM پل کامل دو فاز ۲۸
شکل (۲-۲۲) اینورتر PWM نیم پل دو فاز ۲۹
شکل (۲-۲۳) اینورتر PWM پل کامل دو فاز ۲۹
شکل (۲-۲۴) اینورتر PWM دو فاز با یکسوکننده قابل کنترل ۳۰
شکل (۲-۲۵) بردارهای مبنای غیر مساوی (شش بردار غیر صفر و دو بردار صفر) جهت تولید بردار فضایی ۳۰
شکل (۳-۱) تجزیه یک منبع ولتاژ دوفاز متقارن به دو منبع متقارن با ترتیب فازهای مختلف ۳۵
شکل (۳-۲) مدار معادل یک فاز از موتور القایی دوفاز ۳۶

شکل (۳-۳) یک موتور دوفاز نامتعادل درحالت کلی ۳۶
شکل (۳-۴) مدار معادل اولیه هر یک از سیم پیچی های موتور ۳۸
شکل (۳-۵) مدار معادل یک موتور دوفاز نامتعادل ۴۱
شکل (۳-۶) مدار معادل موتور دو فاز متعادل متقارن مستخرج از مدار معادل موتور دوفاز نامتعادل شکل (۳-۵-ب) ۴۲
شکل (۳-۷) مدار معادل موتور دوفاز متقارن مستخرج از مدار معادل موتور دوفاز نامتعادل ۴۳
شکل (۳-۸) مدار معادل موتور تکفاز مستخرج از مدار معادل موتور دوفاز نامتعادل ۴۴
شکل (۴-۱) مقایسه درصد تلفات در موتور تکفاز و سه فاز ۴۹
شکل (۴-۲) بلوک دیاگرام کنترل کننده موتور القایی تکفاز ۵۱
شکل (۴-۳) بلوک دیاگرام بهبود راندمان موتور با استفاده از روش MTPA ۵۲
شکل (۴-۴) مدل سیستم کنترل موتور تکفاز به منظور کنترل راندمان با استفاده از روش MTPA ۵۳
شکل (۴-۵) بدست آوردن فرکانس مرجع اینورتر با استفاده از کنترل کننده PI ۵۴
شکل (۴- ۶) فلوچارت روند اجرای روش جستجو ۵۵
شکل (۵-۱) الگوریتم طراحی درایو ۵۶
شکل (۵-۲) بورد eZdsp ۵۷
شکل (۵-۳) پل دیودی سه فاز ۵۸
شکل (۵-۴) اتوترانس تکفاز ۵۹
شکل (۵-۵) ماژول IGBT ۵۹
شکل (۵-۶) اپتوکوپلر ۶۰
شکل (۵-۷) نحوه بایاس اپتوکوپلر و اتصال آن به سوئیچ ها وپردازنده ۶۰
شکل (۵-۸) ترانس با چندین خروجی برای مدار فرمان ۶۱
شکل (۵-۹) پشت بورد مدار فرمان ۶۱
شکل (۵-۱۰) روی بورد مدار فرمان ۶۲
شکل (۵-۱۱) شمای ترمینال های روی موتور ۶۲
شکل (۵-۱۲) موتور و مجموعه بار مکانیکی ۶۳
شکل (۵-۱۳) انکدر چرخشی و پالسهای خروجی آن ۶۳
شکل (۵-۱۴) مجموعه آزمایشگاهی موتور و انکدر سرعت ۶۴
شکل (۵-۱۵) تقسیم ولتاژ مقاومتی جهت اتصال انکدر به DSP ۶۴
شکل (۵-۱۶) سنسور اندازه گیری جریان LA25-NP ۶۵
شکل (۵-۱۷) سنسور اندازه گیری ولتاژLV25-P ۶۵
شکل (۵-۱۸) نحوه بایاس سنسور جریان ۶۵
شکل (۵-۱۹) نحوه بایاس سنسور ولتاژ ۶۵
شکل (۵-۲۰) مجموعه بورد های سنسورهای جریان و ولتاژ ۶۶

شکل (۵-۲۱) بورد تنظیم ولتاژ DC خروجی سنسورهای جریان و ولتاژ ۶۶
شکل (۵-۲۲) تولید سیگنا ل PWM..... ۶۷
شکل (۵-۲۳) سیگنال حامل متقارن و نامتقارن ۶۸
شکل (۵-۲۴) زمان مرده در روشن کردن سوئیچ ها..... ۶۸
شکل (۵-۲۵) سیگنال PWM خروجی DSP ۶۹
شکل (۵-۲۶) شکل موج خروجی اینورتر..... ۶۹
شکل (۵-۲۷) واحد اندازه گیری سرعت موتور ۷۰
شکل (۵-۲۸) واحد تعیین فرکانس مرجع ۷۰
شکل (۵-۲۹) سیگنال های خروجی انکدر..... ۷۱
شکل (۵-۳۰) واحد تعیین ولتاژ مرجع ۷۲
شکل (۵-۳۱) نحوه محاسبه توان ۷۲
شکل (۵-۳۲) نحوه تولید موج سینوسی ۷۳
شکل (۵-۳۳) کل مجموعه سیستم اینورتر و کنترل کننده های ۷۳
شکل (۶-۱) نمودار سرعت موتور (شبیه سازی روش MTPA) ۷۵
شکل (۶-۲) نمودار ولـتاژ موتور (شبیه سازی روش MTPA) ۷۵
شکل (۶-۳) نمودار جریان موتور (شبیه سازی روش MTPA) ۷۵
شکل (۶-۴) بزرگ نمایی جریان سرعت موتور (شبیه سازی روش MTPA) ۷۶
شکل (۶-۵) نمودار توان مصرفی موتور (شبیه سازی روش MTPA) ۷۶
شکل (۶-۶) نمودار شار استاتور موتور (شبیه سازی روش MTPA) ۷۶
شکل (۶-۷) نمودار جریان لینک DC (شبیه سازی روش MTPA)..... ۷۷
شکل (۶-۸) بزرگ نمایی نمودار جریان لینک DC (شبیه سازی روش MTPA) ۷۷
شکل (۶-۹) نمودار توان مصرفی با احتساب اینورتر (شبیه سازی روش MTPA) ۷۷
شکل (۶-۱۰) نمودار سرعت موتور(شبیه سازی)..... ۷۸
شکل (۶-۱۱) توان مصرف شده (شبیه سازی روش جستجو) ۷۸
شکل (۶-۱۲) ولتاژ استاتور (شبیه سازی روش جستجو) ۷۹
شکل (۶-۱۳) هارمونیک اول ولتاژ استاتور از نمای نزدیک (شبیه سازی روش جستجو) ۷۹
شکل (۶-۱۴) بزرگ نمایی هارمونیک اول ولتاژ استاتور (شبیه سازی روش جستجو) ۷۹
شکل (۶-۱۵) جریان موتور(شبیه سازی روش جستجو) ۸۰
شکل (۶-۱۶) بزرگ نمایی جریان موتور(شبیه سازی) ۸۰
شکل (۶-۱۷) فرکانس مرجع اینورتر(شبیه سازی روش جستجو) ۸۰
شکل (۶-۱۸) بزرگ نمایی فرکانس مرجع اینورتر(شبیه سازی روش جستجو)..... ۸۱
شکل (۶-۱۹) شار استاتور (شبیه سازی روش جستجو)..... ۸۱

شکل (۶-۲۰) جریان لینک DC (شبیه سازی روش جستجو)..... ۸۱
شکل (۶-۲۱) بزرگ نمایی جریان لینک DC (شبیه سازی روش جستجو) ۸۲
شکل (۶-۲۲) توان مصرف شده با احتساب اینورتر(شبیه سازی روش جستجو) ۸۲
شکل (۶-۲۳) نمودار توان مصرفی موتور در روش جستجو ۸۴

فهرست جداول

عنوان **شماره صفحه**

جدول (۲- ۱) مقایسه ساختارهای گوناگون برای موتور القایی دو فاز ۳۱
جدول (۴-۱) متوسط توان تلف شده در یک موتور استانداردNEMA..... ۴۹
جدول (۵-۱) مشخصات موتور تکفاز ۶۲
جدول (۶-۱) مقادیر بدست آمده در روش جستجو ۸۳

فصل اول

مقدمه

۱-۱موتور تکفاز و بهبود راندمان آن

امروزه موتورهای القایی درصد قابل توجهی از نیروی محرکه مکانیکی صنایع را تامین می کنند دلیل این امر پایین بودن قیمت این موتور ها در مقایسه با دیگر موتورهای معمول مانند موتورهای DC یا سنکرون است. روان و بی صدا کار کردن و نیز عمر طولانی و نیاز کم آنها به سرویس و نگهداری، از دیگر مزایای موتورهای القایی در مقایسه با موتور های DC یا سنکرون است. با توجه به سهولت تولید میدان گردان توسط یک شبکه سه فاز، موتورهای القایی ترجیحا به صورت سه فاز ساخته می شوند. در واقع درصد قابل توجهی از موتورهای مورد استفاده در صنعت از نوع سه فاز هستند. با وجود این، هنوز تعداد چشمگیری از موتورهای القایی به صورت تکفاز ساخته می شوند .تحلیل ماشین تکفاز، شبیه به ماشین سه فاز می باشد. این نوع از ماشین ها بطور وسیعی در منازل و صنعت مورد استفاده قرار می گیرد.

موتورهای القایی تکفاز[۱] که توسط منبع تکفاز تغذیه می شوند در لوازم خانگی و تجهیزات صنعتی بطور وسیع مورد استفاده قرار می گیرند. این گونه موتورها اغلب در جاهایی که سرعت ثابت است کاربرد دارند. در شرایطی که سرعت متغیر مورد نیاز باشد تکنیک های الکتریکی و مکانیکی نظیر قطب های سوئیچ شونده و... استفاده می شود. اما این روشها علاوه بر اینکه بازده پایینی دارند، قادر به کنترل پیوسته بر روی سرعت نمی-باشند. مسئله دیگر این است که برای راه اندازی و عملکرد خوب موتور به منظور امکان راه اندازی با یک منبع

[۱] Singe-Phase Induction Motor

تکفاز، اغلب سیم پیچهای موتور تکفاز را به صورت نا متقارن طراحی می کنند در نتیجه گشتاور موتور شامل دو بخش گشتاور متوسط و گشتاور پالسی است که بخش دوم باعث لرزشهای مکانیکی و نویزهای صوتی قابل شنیدن می گردد. لذا دنبال ساختارهایی هستیم که بتواند طیف وسیعی از سرعت را داشته باشد و همچنین اثرات مربوط به گشتاور پالسی را به حداقل برساند و کنترل مناسب سرعت و راندمان روی ساختار انتخاب شده قابل پیاده سازی باشد.

تعریف راندمان ماشین، نسبت توان خروجی مکانیکی به توان الکتریکی ورودی است. در یک نقطه کار مشخص، بهبود راندمان در صورتی تحقق می یابد که تلفات کل کاهش پیدا کرده و در نهایت توان ورودی نیز کاهش یابد. تلفات یک موتور القایی تکفاز مشتمل بر تلفات مسی روتور و سیم پیچ اصلی و کمکی استاتور، تلفات آهن، تلفات سرگردان[1] و تلفات مکانیکی است. تمرکز کردن روی تلفات الکترومغناطیسی (تلفات آهن و مسی) از آن جهت اهمیت پیدا می کند که بخش عمده ای از تلفات کل ماشین را تشکیل داده و از طرف دیگر قابل کنترل می باشد. تلفات هسته بواسطه شار فاصله هوایی و تلفات مسی بواسطه جریانهای موتور است. دلیل اصلی تلفات سرگردان به هارمونیک های ولتاژ و جریان ناشی از اینورتر و به ساختار موتور (پدیده اثر پوستی و ...) وابسته است. تلفات مکانیکی تقریبا ده درصد تلفات کل را شامل می شود.

بحث ارتقاء راندمان بخصوص در بارهای سبکتر بیشتر مطرح است چون در بارهای سبکتر موتور بازدهی کمتری دارد و دلیل آن نیز ثابت نگه داشتن اندازه شار روتور در حد نامی است. بنابراین برای داشتن بازدهی بالا در موتور علاوه بر اینکه نیاز به کاربرد موادی با کیفیت بالا و بکارگیری طراحی ویژه در پروسه ساخت هسته می باشد [۱]، [۲]، می توان با روش های کنترلی خاص راندمان کار موتور را افزایش داد.

۱-۲ پیشینه تحقیق و بررسی منابع

تا کنون تلاشهای زیادی برای ساخت محرکه موتورهای القایی تکفاز صورت گرفته است و روشهای متفاوتی از PWM[2] برای این موتور پیاده سازی شده است اما بیشترین کاربرد مربوط به PWM سینوسی و تکنیک های PWM مبتنی بر بردار فضایی می باشد [۳]-[۶]. همچنین انواع زیادی از درایوهای الکتریکی موتور تکفاز، با هدف بهینه کردن مصرف انرژی ارائه شده است. به عنوان نمونه در موتورهای القایی تکفاز با انتخاب خازن مناسب و یا خازن قابل تنظیم می توان راندمان کار موتور را بهبود داد [۷]، [۸]. در مرجع [۹] به منظور استفاده بهینه از منبع انرژی تجدید پذیر برای تغذیه موتور القایی خازن دائم، از دو اینورتر به صورت موازی برای ایجاد دو ولتاژ سینوسی با اختلاف فاز ۹۰ درجه الکتریکی در سیم پیچی اصلی و کمکی موتور به کار گرفته شده است. این سیستم در صرفه جویی انرژی، کارایی قابل قبولی دارد ولی به خاطر استفاده از دو اینورتر هزینه بیشتری را می طلبد. در مرجع [۱۰] دامنه و زاویه جریان سیم پیچی اصلی موتور خازن دائم، جهت تنظیم سرعت، کنترل می شود و ولتاژ سیم پیچی کمکی ثابت نگه داشته می شود؛ در نتیجه راندمان کار موتور به خصوص در سرعت های پایین افزایش می یابد. در برخی دیگر از روشها تمرکز بر اصلاح ضریب توان است تا از این طریق مصرف موتور را کاهش دهند [۱۰]، [۱۱]. در مرجع [۱۲] با ارائه مدل مبتنی بر مؤلفه های مستقیم و معکوس میدان استاتور، تلفات مسی روتور و استاتور و نیز تلفات آهن موتور به صورت

---

[1] Stray Loss

[2] Pulse Width Modulation

تحلیلی بیان شده است، سپس در گشتاور بار ثابت با حداقل کردن تلفات و حداکثر کردن گشتاور بر حسب لغزش و ولتاژ کار موتور، با استفاده از یک مبدل ac، موتور القایی تکفاز خازن دائم، کنترل شده است. روش دیگری که انجام شده بدست آوردن مدل مناسب تلفات آهن ماشین القایی تکفاز بر اساس مدل چپگرد و راستگرد این موتور می باشد [۱۳]. دراین روش برای مدل سازی تلفات آهن برای هر یک از بخش های چپگرد و راستگرد در مدار معادل یک مقاومت معادل تلفات آهن در نظر گرفته شده است. با توجه به اینکه تلفات آهن کل ماشین ناشی از مربع دامنه شار برآیند فاصله هوایی است و مجموع مربعات شارهای چپگرد و راستگرد با مربع شار برآیند یکسان نمی باشد چنین مدل سازی برای تلفات آهن صحیح نمی باشد.
اخیراً کارهایی که در این زمینه انجام شده است بکار بردن اندازه شار مناسب نسبت به تغییرات بار و سرعت است. اغلب روشهایی که تا به حال ارائه شده است در دستگاه مرجع گردان بخصوص دستگاه مرجع در امتداد محور شار روتور می باشد. کاهش تلفات می تواند با تنظیم اندازه شار (که به نوبه خود به جریان تشکیل‌دهنده شار(I^*_{ds}) وابسته است) صورت پذیرد. متناسب با روش تولید شار مرجع، تکنیک های مورد استفاده برای بهبود بازده به دو دسته تقسیم می شوند. اولین دسته بر اساس مدل تلفات است، که انتخاب اندازه شار جهت کاهش تلفات بر اساس مدل ماشین صورت می پذیرد. بر این اساس یکی از این راه ها روش ماکزیمم کردن نسبت گشتاور به جریان[۱] موتور است [۱۴]. در صورتی که میزان توان خروجی موتور (بار، گشتاور و سرعت) معلوم باشد، بازده موتور هنگامی به حداکثر میزان خود می رسد که rms جریان موتور به حداقل مقدار خود برسد. دومین دسته براساس اندازه گیری توان است و بر اساس روشی است که با نام کنترل کننده جستجو[۲] شناخته می شود. در این روش شار و یا معادل جریانی آن(I^*_{ds}) تا جایی کاهش می یابد که توان الکتریکی ورودی در کمترین مقدار خود بتواند سرعت و گشتاور مورد نظر را تامین کند [۱۵].

۱-۳ ساختار پایان نامه

این پایان نامه از هفت فصل تشکیل شده است. فصل حاضر مقدمه این پایان نامه می باشد. در فصل دوم به معرفی انواع موتور های تکفاز و ساختمان آنها پرداخته می شود، همچنین به انواع روشهای راه اندازی آنها و انتخاب توپولوژی های مختلف درایو پرداخته می شود و مقایسه ای بین این توپولوژی ها انجام می شود.
در فصل سوم معادلات دینامیکی یک موتور القایی دو فاز([۳] TPIM) در حالت کلی ارائه می شود و معادلات دینامیکی و معادلات حالت ماندگار یک ماشین القایی تکفاز از روی آن استخراج می شود. در این فصل همچنین به مبحث تلفات در ماشین و منابع آن توجه ویژه ای خواهد شد و بحث تلفات در ماشین تکفاز به صورت کمی و کیفی مطرح می شود و به روشهای مختلف بهبود راندمان موتور ها به خصوص موتور تکفاز اشاره می شود و مزایا و معایب هر یک از این روشها بیان می شود .
در فصل چهارم به بحث تلفات در موتور های القایی پرداخته می شود و روش های پیشنهادی بهبود راندمان موتور القایی تکفاز بیان می شود.

---

[۱] Maximum Torque Per Ampere

[۲] Search Controller

[۳] Two Phase Induction Motor