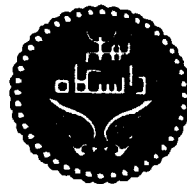


دانشگاه تهران



۱۳۷۸ / ۸ / ۱۵

طراحی و پیاده سازی محرکه موتور القایی سه فاز و
کنترل سرعت موتور به روش جهت دهی شار روتور

توسط : شهریار زند

استاد راهنما : دکتر شاهرخ فرهنگی

اساتید مشاور : مهندس اسحاق ثابت مرزوقی

دکتر صادق واعظ زاده

پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد

گرایش : برق - قدرت

دانشکده فنی

تابستان ۱۳۷۸

۲۸۰۱۴

طراحی و پیاده سازی محرکه موتور القائی سه فاز
و کنترل سرعت موتور به روش جهت دهی شار روتور

توسط : شهریار زند

۵۴۴۹

پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد

رشته : مهندسی برق - قدرت

از این پایان نامه در تاریخ دوشنبه ۱۲ مهرماه ۱۳۷۸ در مقابل هیأت
محترم داوران دفاع به عمل آمد و با نمره ۲۰ مورد تصویب قرار گرفت.

سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده فنی : دکتر محمد علی بنی هاشمی

مدیر گروه آموزشی : دکتر محمود کمره ای

سرپرست تحصیلات تکمیلی گروه : دکتر محمود کمره ای

استاد راهنما : دکتر شاهرخ فرهنگی

استاد مشاور : دکتر صادق واعظ زاده

استاد مشاور : مهندس اسحق ثابت مرزوقی

عضو هیأت داوران : دکتر حسین محسنی

عضو هیأت داوران : دکتر سعید افشارنیا

۲۸۰۱۴

تقدیم به :

آزمایشگاه محرکه های الکتریکی
گروه برق دانشکده فنی
دانشگاه تهران

تقدیر و تشکر:

در اینجا لازم میدانم، از زحمات و راهنمایی های استاد ارجمند جناب آقای دکتر فرهنگی در طول انجام این پروژه تشکر و قدردانی نمایم . همچنین از زحمات اساتید مشاور محترم جناب آقای دکتر واعظ زاده و مهندس ثابت و هیأت محترم داوران جناب آقای دکتر محسنی و دکتر افشارنیا سپاسگزارم.

چکیده:

در گذشته و در کاربردهایی که نیاز به دور متغییر و دینامیک بالا بود از موتورهای DC استفاده می گشت. علت استفاده از این نوع موتور در صنعت سادگی کنترل مستقل شار و گشتاور بود. در دو دهه اخیر با پیشرفت الکترونیک قدرت و سیستمهای کنترل میکروپروسسوری موتورهای القایی توانسته اند جایگزینی مناسب برای موتورهای DC کردند. یکی از روشهای پیشرفته ای که در صنعت برای کنترل موتور القایی در کاربردهای با دینامیک بالا بکار گرفته است روش جهت دهی شار موتور، می باشد. در این رساله پیاده سازی این روش جهت موتور القایی مورد بررسی قرار گرفته و کل سیستم کنترل شبیه سازی شده است.

در شبیه سازی سعی شده است تا حد امکان کلیه عوامل غیر ایده آل نظیر تاخیرها و نویزها منظور شوند و پایداری و مقاومت سیستم نسبت به این عوامل بررسی گردد. در مواردی که حساسیت سیستم نسبت به این عوامل زیاد می باشد، با اصلاحاتی در مدار کنترل، مقاومت سیستم نسبت به آنها افزایش داده شده است. در نهایت کل سیستم به منظور ساخت یک ایستگاه آزمایشی جهت بررسی عملکرد موتور القایی برای آزمایشگاه محرکه های الکتریکی بر روی یک موتور القایی ۱/۱ کیلووات و به توسط میکروکنترلر KC 80196 پیاده سازی شده است.

۱	فصل اول : مقدمه
۶	فصل دوم : مروری بر انواع محرکه های موتورهای القایی
۶	۱-۲- مقدمه
۶	۲-۲- معادلات موتور القایی
۱۱	۳-۲- روشهای کنترل عددی موتور القایی
۱۴	۴-۲- روشهای کنترل برداری موتور القایی
۱۴	۱-۴-۲- مقدمه
۱۶	۲-۴-۲- روش جهت دهی شارر تور
۲۳	فصل سوم : طراحی مدار قدرت و کنترل
۲۳	۱-۳- طراحی مدار قدرت
۲۳	۱-۱-۳- محاسبه پارامترهای موتور القایی
۲۵	۲-۱-۳- کلیدهای قدرت
۲۶	۳-۱-۳- اینورتر قدرت
۲۷	۴-۱-۳- مدار ضربه گیر
۳۰	۲-۳- طراحی مدار کنترل
۳۰	۱-۲-۳- روشهای کلیدزنی اینورتر
۳۳	۲-۲-۳- مدار شفت اینکودر
۴۰	۳-۲-۳- آشنائی با میکروکنترلر 80196
۴۴	۴-۲-۳- مدار میکروکنترلر
۴۷	۵-۲-۳- مدار تولید زمان سکون اینورتر

۴۹	فصل چهارم : شبیه سازی سیستم
۴۹	۴-۱- مقدمه
۵۰	۴-۲- بلوک دیاگرام سیستم جهت دهی شارر تور
۵۲	۴-۳- بلوک کنترل شار و گشتاور
۵۳	۴-۴- تعیین ضرائب کنترلرها
۵۵	۴-۵- بلوک محدود ساز جریان مغناطیس کننده و گشتاور
۵۶	۴-۶- بلوک مدل موتور القائی و تبدیل مختصات
۵۸	۴-۷- بلوک اینورتر
۶۱	۴-۸- بلوک زمان سکون اینورتر
۶۳	۴-۹- بلوک یکسوساز قدرت
۶۳	۴-۱۰- بلوک نمونه برداری و نویز جریان موتور
۶۴	۴-۱۱- بلوک نویز اندازه گیری سرعت موتور

۶۶	فصل پنجم : بررسی عملکرد سیستم
۶۶	۵-۱- عوامل موثر بر مجزا سازی و ریپل گشتاور
۶۷	۵-۱-۱- تاخیر اینورتر
۶۸	۵-۱-۲- زمان سکون اینورتر
۷۰	۵-۱-۳- پارامترهای موتور
۷۳	۵-۱-۴- نویز سیگنال اندازه گیری جریان موتور
۷۴	۵-۱-۵- نویز سیگنال اندازه گیری سرعت موتور
۷۶	۵-۱-۶- سرعت نمونه برداری جریان موتور
۷۷	۵-۱-۷- فرکانس کلید زنی
۷۸	۵-۱-۸- ریپل ولتاژ یکسوساز
۷۹	۵-۱-۹- تغییرات ولتاژ سه فاز ورودی
۸۱	۵-۱-۱۰- جمع بندی عوامل موثر بر مجزا سازی
۸۲	۵-۱-۱۱- جمع بندی عوامل موثر بر ریپل گشتاور

۸۳	۲-۵- مقایسه عملکرد اینورترها
۸۴	۳-۵- عملکرد سیستم در بارها و سرعت‌های مختلف
۸۴	۱-۳-۵- عملکرد در سرعت‌های پائین
۸۵	۲-۳-۵- عملکرد در تغییر سرعت‌های شدید و متوالی
۸۶	۳-۳-۵- عملکرد در ناحیه تضعیف میدان
۸۸	فصل ششم : پیاده سازی مدار قدرت و کنترل
۸۸	۱-۶- شمای کلی سیستم
۸۹	۲-۶- مدار قدرت
۹۱	۳-۶- مدار راه انداز کلیدهای قدرت
۹۴	۴-۶- مدار اندازه گیری جریان موتور
۹۶	۵-۶- مدار شفت اینکودر و زمان سکون اینورتر
۹۸	۶-۶- مدار میکروکنترلر
۹۸	۷-۶- تصاویر محرکه موتور القایی
۱۰۳	۸-۶- نتایج عملی
۱۰۶	فصل هفتم : نتیجه گیری و پیشنهادات

<u>شماره صفحه</u>	<u>فهرست شکلها</u>
۱۲	۱-۲- کنترل عددی حلقه باز ولت برهرتز
۱۳	۲-۲- کنترل عددی حلقه بسته
۱۸	۳-۲- اصول کلی روش جهت دهی میدان
۲۰	۴-۲- مدل شار در روش جهت دهی شار رتور
۲۱	۵-۲- کنترل شار رتور با تغذیه جریان
۲۳	۱-۳- مدار معادل تکفاز موتور القائی
۲۸	۲-۳- مدارضربه گیر وشکل موجهای ولتاژ و جریان کلیدقدرت
۳۱	۳-۳- جریان موتور در کنترلر جریان هیستریزس
۳۲	۴-۳- جریان موتور در کنترلر جریان روشن و خاموش سنکرون
۳۵	۵-۳- شیارهای شفت اینکودر
۳۶	۶-۳- سیگنالهای شفت اینکودر
۳۷	۷-۳- لبه های اضافه در سیگنال شفت اینکودر
۳۷	۸-۳- مدار تعیین سرعت موتور شفت اینکودر
۳۹	۹-۳- مدار تعیین جهت موتور شفت اینکودر
۴۰	۱۰-۳- شکل موجهای مدار شفت اینکودر
۴۱	۱۱-۳- بلوک دیاگرام ساختار داخلی میکروکنترلر 80196
۴۵	۱۲-۳- بلوک دیاگرام کلی محاسبات میکروکنترلر
۴۷	۱۳-۳- مدارتولید زمان سکون اینورتر
۵۰	۱-۴- بلوک دیاگرام جهت دهی شار رتور
۵۲	۲-۴- بلوک دیاگرام کنترل شار و گشتاور
۵۴	۳-۴- پاسخ کنترلرهای سرعت، گشتاور و شار
۵۵	۴-۴- بلوک دیاگرام محدودساز جریان مغناطیس کننده رتور
۵۶	۵-۴- بلوک دیاگرام محدودساز گشتاور
۵۷	۶-۴- بلوک دیاگرام موتور القائی در مختصات دوار
۵۸	۷-۴- بلوک دیاگرام مبدل مختصات

- ۵۹ -۸-۴ بلوک دیاگرام اینورتر مدولاسیون عرض پالس
- ۶۰ -۹-۴ بلوک دیاگرام اینورتر با باند هیستریزس
- ۶۰ -۱۰-۴ بلوک دیاگرام اینورتر روشن و خاموش سنکرون
- ۶۱ -۱۱-۴ بلوک دیاگرام کنترل روشن و خاموش سنکرون
- ۶۲ -۱۲-۴ زمان سکون در اینورتر
- ۶۲ -۱۳-۴ بلوک دیاگرام تولیدزمان سکون
- ۶۳ -۱۴-۴ بلوک دیاگرام یکسوساز قدرت
- ۶۴ -۱۵-۴ ولتاژ یکسوشده
- ۶۵ -۱۶-۴ بلوک دیاگرام نویز جریان موتور
- ۶۵ -۱۷-۴ بلوک دیاگرام نمونه برداری جریان موتور
- ۶۵ -۱۸-۴ بلوک دیاگرام نویز سرعت موتور
- ۶۵ -۱۹-۴ شکل موج نویز سیگنال سرعت موتور
- ۶۹ -۱-۵ عملکرد سیستم در برابر تاخیر اینورتر
- ۷۱ -۲-۵ عملکرد سیستم در برابر زمان سکون
- ۷۵ -۳-۵ عملکرد سیستم در برابر نویز سیگنال سرعت موتور
- ۸۰ -۴-۵ عملکرد سیستم با ریپل یکسوساز
- ۸۵ -۵-۵ بهبود عملکرد در سرعتهای پائین با تنظیم کنترلرها
- ۸۶ -۶-۵ عملکرد موتور در تغییر سرعتهای شدید و متوالی
- ۸۷ -۷-۵ عملکرد سیستم در ناحیه تضعیف میدان
- ۸۸ -۱-۶ بلوک دیاگرام کلی مدار محرکه موتور القائی
- ۸۹ -۲-۶ مداریکسوساز قدرت
- ۹۰ -۳-۶ مدار اینورتر قدرت
- ۹۲ -۴-۶ مدار راه انداز کلیدهای قدرت
- ۹۳ -۵-۶ مدار تغذیه راه اندازی کلیدهای قدرت
- ۹۵ -۶-۶ مدار اندازه گیری جریان موتور
- ۹۶ -۷-۶ مدار کلی شفت اینکودر
- ۹۷ -۸-۶ مدارتولیدزمان سکون اینورتر

- ۹۹ -۹-۶ تصویر کلی محرکه موتور القایی
- ۱۰۰ -۱۰-۶ تصویر داخل دستگاه
- ۱۰۱ -۱۱-۶ تصویر مدار اندازه گیری جریان موتور و شفت اینکودر
- ۱۰۲ -۱۲-۶ تصویر مدار ضربه گیر و راه انداز کلیدهای قدرت
- ۱۰۳ -۱۳-۶ شکل موج جریان موتور
- ۱۰۴ -۱۴-۶ شکل موج جریان موتور در حالت افزایش و کاهش سرعت
- ۱۰۴ -۱۵-۶ شکل موج ولتاژ یکسوسده
- ۱۰۴ -۱۶-۶ شکل موج مدار شفت اینکودر
- ۱۰۵ -۱۷-۶ شکل موج مدولاسیون عرض پالس مدار میکروکنترل کننده
- ۱۰۵ -۱۸-۶ شکل موج مدولاسیون عرض پالس مدار راه انداز کلیدهای قدرت

فهرست جدولها

شماره صفحه

۶۸	۱-۵- تاثیرات تاخیر اینورتر
۷۰	۲-۵- تاثیرات زمان سکون اینورتر
۷۲	۳-۵- تغییرات اندوکتانس موتور
۷۳	۴-۵- تاثیرات تغییر مقاومت موتور
۷۴	۵-۵- تاثیرات نویز جریان اندازه گیری شده موتور
۷۶	۶-۵- تاثیرات نویز سرعت اندازه گیری شده موتور
۷۷	۷-۵- تاثیرات سرعت نمونه برداری جریان
۷۸	۸-۵- تاثیرات فرکانس کلیدزنی
۷۹	۹-۵- تاثیرات ریل یکسوساز
۸۱	۱۰-۵- تاثیرات ولتاژ سه فاز ورودی
۸۴	۱۱-۵- عملکرد محرکه در سرعتهای کم

فهرست علائم و اختصارات

مقدار قدر مطلق	- abs
ترانزیستور دوقطبی	-BJT
زاویه بین محور رتور و استاتور	-BR
پالس ساعت	-Clock = CLK
مقدار ثابت	-Const
ضریب قدرت	-Cos φ
واحد پردازش سکون زی	-CPU
دیود قدرت	- D
محور مختصات حقیقی	-d
جریان مستقیم	-DC
مختصات متعامد	-dq
پردازش سیگنالهای دیجیتال	-DSP
تاخیر یافته سیگنال شفت اینکودر	- $du_{a2} = du_{a1}$
حافظه فقط خواندنی قابل برنامه ریزی الکتریکی	-EEPROM
حافظه فقط خواندنی قابل برنامه ریزی پاک شونده	-EPROM
فرکانس کلیدزنی اینورتر	- F_{sw}
فرکانس سیگنال شفت اینکودر	- $Fu_{a2} = Fu_{a1}$
تریستور خاموش شونده با گیت	-GTO
ورودی سریع	-HSI
ورودی و خروجی سریع	-HSIO
خروجی سریع	-HSO
مولفه حقیقی جریان استاتور	- I_{1d}
مولفه موهومی جریان استاتور	- I_{1q}
مولفه حقیقی جریان رتور	- I_{2d}
مولفه موهومی جریان رتور	- I_{2q}
جزء موهومی عبارت	- I_m

جریان خط تغذیه سه فاز	- I_{line}
جریان فاز تغذیه سه فاز	- I_{phase}
فاز ور جریان استاتور در مختصات استاتور	- I_1^s
فازور جریان رتور در مختصات رتور	- I_2^R
جریان آرمیچر موتور DC	- i_a
جریان مغناطیس کننده رتور	- i_{mr}
جریان مغناطیس کننده رتور نامی	- i_{mr-n}
جریان مغناطیس کننده رتور مرجع	- i_{mr-ref}
ممان اینرسی	- J
$\sqrt{-1}$	- j
ضریب ثابت	- K
سیگنال تعیین جهت گردش موتور	- L/R
اندوکتانس استاتور	- L_1
اندوکتانس رتور	- L_2
اندوکتانس پراکندگی رتور	- L_{lr}
اندوکتانس پراکندگی استاتور	- L_{ls}
اندوکتانس متقابل موتور	- M
گشتاور تولیدی موتور	- M_{mi}
گشتاور ماکسیمم موتور	- M_{m-max}
گشتاور مرجع موتور	- M_{m-ref}
گشتاور بار	- M_w
سرعت نامی موتور	- N_n
کنترلر تناسبی، انتگرالی	- PI
توان آزمایش رتور قفل موتور	- P_{lr}
توان آزمایش بی بار موتور	- P_{nl}
توان نامی موتور	- P_n
ترانزیستور قدرت اثر میدان	- P_{mos}
تلغات توان مقاومتی	- P_R

مدولاسیون عرض پالس	-PWM
کلید قدرت	-Q
مقاومت استاتور	$=R_s=R_1$
مقاومت رتور	$-R_r=R_2$
حافظه بادستیابی اتفاقی	-RAM
مدار ضربه گیر با مقاومت و خازن و دیود	-RCD
زمان سکون مینیمم اینورتر	$-T_{dmin}$
زمان سکون ماکسیمم اینورتر	$-T_{dmax}$
گشتاور نامی موتور	$-T_n$
زمان روشن ماندن کلید قدرت	$-T_{on}$
زمان خاموش شدن کلید قدرت	$-T_{off}$
مؤلفه حقیقی ولتاژ استاتور	$-U_{1d}$
مؤلفه موهومی ولتاژ استاتور	$-U_{1q}$
مؤلفه حقیقی ولتاژ رتور	$-U_{2d}$
مؤلفه موهومی ولتاژ رتور	$-U_{2q}$
سیگنال شفت اینکودر	$-U_{a2}=U_{s1}$
سیگنال ریست شفت اینکودر	$-U_{s0}$
فازور ولتاژ استاتور در مختصات استاتور	$-U_1^s$
فازور ولتاژ رتور در مختصات رتور	$-U_2^R$
فازور ولتاژ استاتور در مختصات دلخواه	$-U_1^K$
فازور ولتاژ رتور در مختصات دلخواه	$-U_2^K$
ولتاژ خازن	$-V_C$
نصف ولتاژ باس DC	$-V_{DC}$
ولتاژ خط تغذیه سه فاز	$-V_{line}$
ولتاژ فاز تغذیه سه فاز	$-V_{phase}$
امپدانس آزمایش بی بار موتور	$-Z_{nl}$
امپدانس آزمایش رتور قفل موتور	$-Z_{lr}$