دانشگاه آزاد اسلامی
واحد تهران مرکزی
دانشکده فنی مهندسی، گروه برق
پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد (M.Sc)
گرایش: الکترونیک

عنوان :
# بهبود عملکرد موتور  مغناطیس دائم با استفاده از کنترل کننده فازی

استاد راهنما:
دکتر سید زین العابدین موسوی

استاد مشاور:
دکتر شهرام جوادی

پژوهشگر:
مریم الاسوندی

زمستان ۱۳۹۱

ISLAMIC AZAD UNIVERSITY

Central Tehran Branch

Faculty of Engineering, Department of Electrical Engineering

"M.Sc" Thesis

On Intelligent Control & Permanent Magnet Motor

Subject:

# Improvement Performance of Permanent Magnet Motor by Using Fuzzy Controller.

Supervisor:

Dr. Seyed Zeinolabedin Moussavi

Co_ Supervisor:

Dr. Shahram Javadi

By:

Maryam Alasvandi

Winter 2013

تقدیم به :

پدر و مادر مهربان و دلسوزم

تشکر و قدردانی:

با تشکر و قدردانی از استادان فرهیخته جناب آقای دکتر سید زین العابدین موسوی و جناب آقای دکتر شهرام جوادی که مرا در گردآوری این پایان نامه یاری نمودند.

فهرست مطالب

عنوان صفحه


چکیده ..... ۱
فصل اول: بیان مسئله ..... ۲
۱-۱.انگیزه و هدف تحقیق ..... ۳
۱-۲. پیشینه موضوع ..... ٤
۱-۳. رئوس مطالب موجود در پایان نامه ..... ۶
فصل دوم:موتور های مغناطیس دائم ..... ۷
۲-۱. مقدمه ..... ۸
۲-۲. مواد مغناطیس دائم ..... ۹
۲-۳. تقسیم بندی موتور های مغناطیس دائم ..... ۱۰
۲-۳-۱. شار میدان ..... ۱۰
۲-۳-۲. توزیع چگالی شار ..... ۱۰
۲-۳-۳.تقسیم بندی موتور های مغناطیس دائم با توجه به مکان قرارگیری آهنربا ها ..... ۱۱
۲-۴. موتور جریان مستقیم مغناطیس دائم ..... ۱۳
۲-۴-۱. موتور جریان مستقیم مغناطیس دائم چیست و کاربرد آن ..... ۱۳
۲-۴-۲. مزایا و معایب موتور DC مغناطیس دائم ..... ۱۵
۲-۴-۲-۱.مزایا موتور DC مغناطیس دائم ..... ۱۵
۲-۴-۲-۲.معایب موتور DC مغناطیس دائم ..... ۱۶
۲-۴-۳. مدل سازی موتور DC مغناطیس دائم در فضای حالت ..... ۱۶
۲-۴-۴. پارامترهای موتور DC مغناطیس دائم ..... ۲۱
۲-۵. موتور سنکرون خطی مغناطیس دائم ..... ۲۲
۲-۵-۱. موتور سنکرون خطی مغناطیس دائم و چرایی استفاده از آن ..... ۲۲
۲-۵-۲.مدل فضای حالت موتور سنکرون خطی مغناطیس دائم ..... ۲۲
۲-۵-۲-۱.روش های کنترل موتور سنکرون خطی ..... ۲٤
۲-۵-۳.پارامترهای موتور خطی سنکرون مغناطیس دائم ..... ۲۷
فصل سوم:کنترل کننده ها ..... ۲۸
۳-۱.کنترل کننده های PID متعارف ..... ۲۹
۳-۱-۱. موارد کاربرد PID ..... ۳۰
۳-۱-۲. طراحی کنترل کننده هایPID ..... ۳۱
۳-۱-۲-۱. طراحی کنترل کننده های PID آنالوگ با استفاده از روش کنترل کننده مدل داخلی ۳۱
۳-۲. کنترل کننده های فازی ..... ۳۹
۳-۲-۱.منطق فازی ..... ۳۹
۳-۲-۱-۱.تفاوت بین منطق فازی و جبر بولی ..... ۴۰

۳-۲-۱-۲.تعریف مجموعه فازی ..... ۴۰
۳-۲-۱-۳. انواع توابع عضویت ..... ۴۰
۳-۲-۱-۴. متغیر های زبانی و قوانین اگر- آنگاه فازی ..... ۴۲
۳-۲-۲. انواع سیستم های استنتاج فازی ..... ۴۳
۳-۲-۳. کنترل کننده فازی ..... ۴۶
۳-۲-۳-۱. مزایا و معایب کنترل فازی ..... ۴۶
۳-۲-۳-۲. ساختار کنترل کننده فازی ..... ٤٧
۳-۳.سیستم استنتاج تطبیقی عصبی- فازی ..... ۵۲
۳-۳-۱.چرایی ترکیب ساختار های شبکه عصبی ومنطق فازی ..... ۵۲
۳-۳-۲.ساختار های موجود برای کنترل کننده های عصبی- فازی ..... ۵۳
۳-۳-۳. ساختار سیستم های استنتاج تطبیقی عصبی – فازی ..... ۵۴
فصل چهارم: شبیه سازی ..... ۵۹
۴-۱. مقدمه ..... ۶۰
۴-۲. شبیه سازی کنترل حلقه بسته موتور های مغناطیس دائم ..... ۶۱
۴-۲-۱.موتور مغناطیس دائم جریان مستقیم ..... ۶۱
۴-۲-۲.موتور سنکرون خطی مغناطیس دائم ..... ۶۷
۴-۳. شبیه سازی کنترل کننده مدل داخلی برای موتور های مغناطیس دائم ..... ۷۳
۴-۳-۱. موتور جریان مستقیم مغناطیس دائم ..... ۷۳
۴-۳-۲. موتور سنکرون خطی مغناطیس دائم ..... ۷۸
۴-۴. شبیه سازی کنترل کننده تطبیقی _ فازی برای موتور جریان مستقیم مغناطیس دائم ..... ۸۲
۴-۴-۱. قانون MIT ..... ۸۲
۴-۴-۲.کنترل کننده فازی ..... ۸۴
۴-۵ . طراحی کنترل کننده فازی با استفاده از ANFIS ..... ۹۱
۴-۵-۱ . موتور جریان مستقیم مغناطیس دائم ..... ۹۱
۴-۵-۱-۱. طراحی کنترل کننده تطبیقی (MRAC) مبتنی بر سیستم های استنتاج تطبیقی عصبی- فازی (ANFIS) برای موتور جریان مستقیم مغناطیس دائم ..... ۹۱
۴-۵-۱-۲. کنترل کننده PID مبتنی برANFIS ساختار اول برای موتور های جریان مستقیم مغناطیس دائم ..... ۹۸
۴-۵-۱-۳. کنترل کننده PID مبتنی برANFIS ساختار دوم برای موتور های جریان مستقیم مغناطیس دائم ..... ۱۰۶
۴-۵-۲ . موتور سنکرون خطی مغناطیس دائم ..... ۱۱۴
۴-۵-۲-۱. کنترل کننده PID مبتنی برANFIS ساختار اول برای موتور های سنکرون خطی مغناطیس دائم ..... ۱۱۴
۴-۵-۲-۲. کنترل کننده PID مبتنی برANFIS ساختار دوم برای موتور های سنکرون خطی مغناطیس دائم ..... ۱۲۳

۴-۶.شبیه سازی با استفاده از نرم افزار Lab VIEW ..... ۱۳۲
۴-۶-۱. چگونگی عملکرد نرم افزار ..... ۱۳۲
۴-۶-۲. شبیه سازی کنترل کننده فازی - تطبیقی برای موتور جریان مستقیم مغناطیس دائم ..... ۱۳۵
۴-۶-۲-۱. طراحی کنترل کننده فازی..... ۱۳۵
۴-۶-۲-۲. طراحی صفحه دیاگرام بلوکی و صفحه Front Panel ..... ۱۳۸
فصل پنجم: نتیجه گیری..... ۱۴۲
۵-۱.مقدمه ..... ۱۴۳
۵-۲.موتور جریان مستقیم مغناطیس دائم ..... ۱۴۴
۵-۳.موتور سنکرون خطی مغناطیس دائم ..... ۱۴۸
۵-۴.مقایسه نرم افزار labVIEW و MATLAB در طراحی کنترل فازی- تطبیقی برای موتور جریان مستقیم مغناطیس دائم ..... ۱۵۱
فهرست منابع ..... ۱۵۲
منابع فارسی ..... ۱۵۲
منابع انگلیسی ..... ۱۵۳

فهرست شکل ها

عنوان صفحه

شکل ۲-۱. موتور مغناطیس دائم سطحی ..... ۱۱
شکل ۲-۲.موتور مغناطیس دائم درونی ..... ۱۲
شکل ۲-۳. ساختار پایه یک موتور مغناطیس دائم ..... ۱۴
شکل ۲-۴.مدار معادل ماشین الکتریکی مغناطیس دائم ..... ۱۸
شکل ۲-۵.مدل مورد استفاده برای استخراج معادلات حالت ..... ۱۸
شکل۲-۶. دیاگرام بلوکی موتور DC مغناطیس دائم ..... ۲۱
شکل۲-۷. دیاگرام بلوکی ساده شده برای کنترل حلقه باز ولتاژ - فرکانس برای موتور سنکرون خطی مغناطیس دائم با ضربه گیر ..... ۲۴
شکل۲-۸. دیاگرام بلوکی کنترل رانش (نیرو) با کارآیی بالا برای موتور سنکرون خطی مغناطیس دائم با استفاده از مفهوم کنترل برداری ..... ۲۵
شکل۲-۹.کنترل فازی برای موتور سنکرون خطی مغناطیس دائم..... ۲۶
شکل۲-۱۰. دیاگرام بلوکی موتور سنکرون خطی مغناطیس دائم ..... ۲۷
شکل ۳-۱. دیاگرام بلوکی کنترل کننده PID ..... ۲۹
شکل ۳-۲. کنترل به شیوه حلقه باز ..... ۳۳
شکل۳-۳. نمودار جعبه ای کنترل کننده ی IMC..... ۳۳
شکل۳-۴. نمودار جعبه ای معادل کنترل کننده ی IMC ..... ۳۵
شکل۳-۵. نمایش کنترل کننده ی IMC به فرم یک حلقه ی فیدبک..... ۳۵
شکل۳-۶.الف)منطق بولین. ب)منطق فازی ..... ۴۰
شکل۳-۷.مدل استنتاج فازی ممدانی..... ۴۴
شکل۳-۸.روش های مختلف غیر فازی سازی ..... ۴۴
شکل۳-۹.مدل استنتاج فازی سوگنو ..... ۴۵
شکل۳-۱۰.مدل استنتاج فازی تسوکاموتو ..... ۴۶
شکل ۳-۱۱. شکل کلی کنترل کننده فازی..... ۴۸
شکل۳-۱۲.یک سیستم فازی که توابع عضویت آن به وسیله یک شبکه عصبی تنظیم می گردد ..... ۵۴
شکل۳-۱۳.سیستم فازی تعریف شده به وسیله یک شبکه عصبی..... ۵۴
۳-۱۴.الف) استنتاج فازی ب) معماری ANFIS ..... ۵۶
شکل۴-۱. پاسخ حلقه بسته موتور جریان مستقیم مغناطیس دائم در حالت بی باری بدون استفاده از کنترل کننده..... ۶۲
شکل۴-۲. پاسخ حلقه بسته موتور جریان مستقیم مغناطیس دائم در حالت بی باری و افزایش سرعت بدون استفاده از کنترل کننده..... ۶۳

شکل۴-۳. پاسخ حلقه بسته موتور جریان مستقیم مغناطیس دائم در حالت اعمال باری با گشتاور $۱۰N.m$ بدون استفاده از کنترل کننده..... ۶۴
شکل۴-۴. پاسخ حلقه بسته موتور جریان مستقیم مغناطیس دائم در حالت اعمال باری با گشتاور $۱۰N.m$ همراه با نویز بدون استفاده از کنترل کننده..... ۶۵
شکل۴-۵. پاسخ حلقه بسته موتور سنکرون خطی مغناطیس دائم در حالت بی باری بدون استفاده از کنترل کننده ..... ۶۷
شکل۴-٦. پاسخ حلقه بسته موتور سنکرون خطی مغناطیس دائم در حالت بی باری و افزایش سرعت بدون استفاده از کنترل کننده..... ۶۹
شکل۴-۷. پاسخ حلقه بسته موتور سنکرون خطی مغناطیس دائم در حالت اعمال باری با نیروی $۵۰N$ بدون استفاده از کنترل کننده ..... ۷۰
شکل۴-۸. پاسخ حلقه بسته موتور سنکرون خطی مغناطیس دائم در حالت اعمال باری با گشتاور $۵۰N$ همراه با نویز بدون استفاده از کنترل کننده..... ۷۱
شکل۴-۹. شکل۴-۹. پاسخ موتور جریان مستقیم مغناطیس دائم در حالت بی باری با استفاده از کنترل کننده مدل داخلی..... ۷۴
شکل۴- ۱۰. پاسخ موتور جریان مستقیم مغناطیس دائم در حالت بی باری و افزایش سرعت با استفاده از کنترل کننده مدل داخلی..... ۷۵
شکل۴-۱۱. پاسخ موتور جریان مستقیم مغناطیس دائم در حالت اعمال باری با گشتاور $۱۰N.m$ با استفاده از کنترل کننده مدل داخلی..... ۷۶
شکل۴-۱۲. پاسخ موتور جریان مستقیم مغناطیس دائم در حالت اعمال باری با گشتاور $۱۰N.m$ همراه با نویز با استفاده از کنترل کننده مدل داخلی..... ۷۷
شکل۴-۱۳. پاسخ موتور سنکرون خطی مغناطیس دائم در حالت بی باری با استفاده از کنترل کننده مدل داخلی..... ۷۸
شکل۴-۱۴. پاسخ موتور سنکرون خطی مغناطیس دائم در حالت بی باری و افزایش سرعت با استفاده از کنترل کننده مدل داخلی..... ۷۹
شکل۴-۱۵. پاسخ موتور سنکرون خطی مغناطیس دائم در حالت اعمال باری با نیروی $۵۰N$ با استفاده از کنترل کننده مدل داخلی..... ۸۰
شکل۴-۱٦. پاسخ موتور سنکرون خطی مغناطیس دائم در حالت اعمال باری با نیروی $۵۰N$ همراه با نویز با استفاده از کنترل کننده مدل داخلی..... ۸۱
شکل۴-۱۷ دیاگرام بلوکی کنترل کننده فازی – تطبیقی برای موتور جریان مستقیم مغناطیس دائم..... ۸۲
شکل۴-۱۸. توابع عضویت ورودی و خروجی و سطح ایجاد شده توسط کنترل کننده فازی و مشاهده قوانین کنترل کننده فازی..... ۸۵
شکل۴-۱۹. پاسخ پله موتور جریان مستقیم مغناطیس دائم با استفاده از کنترل کننده فازی-تطبیقی در حالت بی باری ..... ۸۶

شکل۴-۲۰. پاسخ پله موتور جریان مستقیم مغناطیس دائم با استفاده از کنترل کننده فازی-تطبیقی در حالت افزایش سرعت مرجع.....۸۷
شکل۴-۲۱. پاسخ پله موتور جریان مستقیم مغناطیس دائم با استفاده از کنترل کننده فازی-تطبیقی در حالت اعمال بار.....۸۸
شکل۴-۲۲. پاسخ پله موتور جریان مستقیم مغناطیس دائم با استفاده از کنترل کننده فازی-تطبیقی در حالت اعمال بار دارای نویز .....۸۹
شکل۴-۲۳. دیاگرام بلوکی کنترل کننده تطبیقی مبتنی بر ANFIS برای موتور جریان مستقیم مغناطیس دائم.....۹۲
شکل۴-۲۴.نتایج حاصل از آموزش ANFIS.....۹۳
شکل۴-۲۵.پاسخ پله موتور جریان مستقیم مغناطیس دائم با استفاده از کنترل کننده تطبیقی مبتنی بر ANFIS در حالت بی باری .....۹۴
شکل۴-۲۶.پاسخ پله موتور جریان مستقیم مغناطیس دائم با استفاده از کنترل کننده تطبیقی مبتنی بر ANFIS در حالت بی باری و افزایش سرعت.....۹۵
شکل۴-۲۷.پاسخ پله موتور جریان مستقیم مغناطیس دائم با استفاده از کنترل کننده تطبیقی مبتنی بر ANFIS در حالت اعمال بار.....۹۶
شکل۴-۲۸. پاسخ پله موتور جریان مستقیم مغناطیس دائم با استفاده از کنترل کننده تطبیقی مبتنی بر ANFIS در حالت اعمال بار دارای نویز .....۹۷
شکل۴-۲۹. دیاگرام بلوکی کنترل کننده PID مبتنی بر ANFIS برای موتور جریان مستقیم مغناطیس دائم.....۹۸
شکل۴-۳۰. نتایج حاصل از آموزش ANFIS برای به دست آوردن $K_P$.....۹۹
شکل۴-۳۱. نتایج حاصل از آموزش ANFIS برای به دست آوردن $K_i$.....۱۰۰
شکل۴-۳۲. نتایج حاصل از آموزش ANFIS برای به دست آوردن $K_d$.....۱۰۱
شکل۴-۳۳. پاسخ پله موتور جریان مستقیم مغناطیس دائم با استفاده از کنترل کننده PID مبتنی بر ANFIS در حالت بی باری.....۱۰۲
شکل۴-۳۴. پاسخ پله موتور جریان مستقیم مغناطیس دائم با استفاده از کنترل کننده PID مبتنی بر ANFIS در حالت بی باری و افزایش سرعت.....۱۰۳
شکل۴-۳۵. پاسخ پله موتور جریان مستقیم مغناطیس دائم با استفاده از کنترل کننده PID مبتنی بر ANFIS در حالت اعمال بار.....۱۰۴
شکل۴-۳۶. پاسخ پله موتور جریان مستقیم مغناطیس دائم با استفاده از کنترل کننده PID مبتنی بر ANFIS در حالت اعمال بار دارای نویز .....۱۰۵
شکل۴-۳۷. دیاگرام بلوکی کنترل کننده PID مبتنی بر ANFIS برای موتور جریان مستقیم مغناطیس دائم.....۱۰۶
شکل۴-۳۸.نتایج حاصل از آموزش ANFIS برای به دست آوردن $\Delta K_p$.....۱۰۷
شکل۴-۳۹.نتایج حاصل از آموزش ANFIS برای به دست آوردن $\Delta K_i$.....۱۰۸
شکل۴-۴۰.نتایج حاصل از آموزش ANFIS برای به دست آوردن $\Delta K_d$.....۱۰۹

شکل۴-۴۱.پاسخ پله موتور جریان مستقیم مغناطیس دائم با استفاده از کنترل کننده PID مبتنی بر ANFIS در حالت بی باری..... ۱۱۰
شکل۴-۴۲.پاسخ پله موتور جریان مستقیم مغناطیس دائم با استفاده از کنترل کننده PID مبتنی بر ANFIS در حالت بی باری و افزایش سرعت..... ۱۱۱
شکل ۴-۴۳. پاسخ پله موتور جریان مستقیم مغناطیس دائم با استفاده از کنترل کننده PID مبتنی بر ANFIS در حالت اعمال بار..... ۱۱۲
شکل۴-۴۴.پاسخ پله موتور جریان مستقیم مغناطیس دائم با استفاده از کنترل کننده PID مبتنی بر ANFIS در حالت اعمال بار دارای نویز ..... ۱۱۳
شکل ۴-۴۵. دیاگرام بلوکی کنترل کننده PID مبتنی بر ANFIS برای موتورسنکرون خطی مغناطیس دائم..... ۱۱۴
شکل۴-۴۶. نتایج حاصل از آموزش ANFIS برای به دست آوردن $K_P$..... ۱۱۵
شکل۴-۴۷. نتایج حاصل از آموزش ANFIS برای به دست آوردن $K_i$..... ۱۱۶
شکل۴-۴۸. نتایج حاصل از آموزش ANFIS برای به دست آوردن $K_d$..... ۱۱۷
شکل۴۹-۴. پاسخ پله موتورسنکرون خطی مغناطیس دائم با استفاده از کنترل کننده PID مبتنی بر ANFIS در حالت بی باری..... ۱۱۸
شکل۴-۵۰.پاسخ پله موتورسنکرون خطی مغناطیس دائم با استفاده از کنترل کننده PID مبتنی بر ANFIS در حالت بی باری و افزایش سرعت..... ۱۱۹
شکل۴-۵۱.پاسخ پله موتورسنکرون خطی مغناطیس دائم با استفاده از کنترل کننده PID مبتنی بر ANFIS در حالت اعمال بار..... ۱۲۰
شکل۴-۵۲.پاسخ پله موتورسنکرون خطی مغناطیس دائم با استفاده از کنترل کننده PID مبتنی بر ANFIS در حالت اعمال بار دارای نویز ..... ۱۲۲
شکل۴-۵۳. دیاگرام بلوکی کنترل کننده PID مبتنی بر ANFIS برای موتورسنکرون خطی مغناطیس دائم..... ۱۲۳
شکل۴-۵۴.نتایج حاصل از آموزش ANFIS برای به دست آوردن $\Delta K_{\mathrm{p}}$..... ۱۲۴
شکل۴-۵۵.نتایج حاصل از آموزش ANFIS برای به دست آوردن $\Delta K_{\mathrm{i}}$..... ۱۲۵
شکل۴-۵۶.نتایج حاصل از آموزش ANFIS برای به دست آوردن $\Delta K_{\mathrm{d}}$..... ۱۲۶
شکل۴-۵۷.پاسخ پله موتورسنکرون خطی مغناطیس دائم با استفاده از کنترل کننده PID مبتنی بر ANFIS در حالت بی باری..... ۱۲۷
شکل۴-۵۸.پاسخ پله موتورسنکرون خطی مغناطیس دائم با استفاده از کنترل کننده PID مبتنی بر ANFIS در حالت بی باری و افزایش سرعت..... ۱۲۸
شکل۴-۵۹.پاسخ پله موتورسنکرون خطی مغناطیس دائم با استفاده از کنترل کننده PID مبتنی بر ANFIS در حالت اعمال بار..... ۱۲۹

شکل۴-۶۰.پاسخ پله موتورسنکرون خطی مغناطیس دائم با استفاده از کنترل کننده PID مبتنی بر ANFIS در حالت اعمال بار دارای نویز ..... ۱۳۱
شکل۴-۶۱. مخترعان LabVIEW، جیک مک کریسکن، جف کودوسکی، جیم تروچارد (از سمت چپ به راست)..... ۱۳۲
شکل۴-۶۲. صفحه جلویی یا Front Panel در مثال CDEx PID with constraints.... ۱۳۳
شکل ۴-۶۳ .صفحه نمودار بلوکی در مثال CDEx PID with constraints..... ۱۳۴
شکل۴-۶۴.چکونگی دستیابی به Fuzzy System Designer..... ۱۳۶
شکل۴-۶۵.پنجره Fuzzy System Designer ..... ۱۳۶
شکل ۴-۶۶. توابع عضویت وروردی و خروجی..... ۱۳۷
شکل ۴-۶۷. قوانین مورد استفاده در کنترل کننده فازی ..... ۱۳۷
شکل۴-۶۸.سطح حاصل از سیستم فازی ..... ۱۳۸
شکل۴-۶۹.صفحه نمودار بلوکی کنترل کننده فازی-تطبیقی برای موتور جریان مستقیم مغناطیس دائم..... ۱۳۸
شکل۴-۷۰.صفحه Front Panel برای کنترل کننده فازی-تطبیقی..... ۱۳۹
شکل ۴-۷۱. سرعت موتور جریان مستقیم مغناطیس دائم در حالت بی باری با استفاده از کنترل کننده فازی-تطبیقی..... ۱۳۹
شکل ۴-۷۲. سرعت موتور جریان مستقیم مغناطیس دائم در حالت بی باری و افزایش سرعت با استفاده از کنترل کننده فازی-تطبیقی..... ۱۴۰
شکل۴-۷۳. سرعت موتور جریان مستقیم مغناطیس دائم در حالت اعمال بار با استفاده از کنترل کننده فازی-تطبیقی..... ۱۴۱
شکل ۴-۷۴. سرعت موتور جریان مستقیم مغناطیس دائم در حالت اعمال بار داری نویز با استفاده از کنترل کننده فازی-تطبیقی..... ۱۴۱

فهرست جدول ها

عنوان صفحه

جدول۲-۱. پارامترهای موتور جریان مستقیم مغناطیس دائم ..... ۲۱
جدول۲-۲. پارامترهای موتور سنکرون خطی مغناطیس دائم..... ۲۷
جدول۳-۱.تاثیر افزایش پارامترهای PID بر پاسخ سیستم..... ۳۱
جدول ۴-۱. قوانین پایه..... ۸۴
جدول۵-۱.مقدار شاخص های کارآیی برای موتور جریان مستقیم مغناطیس دائم در حالت بی باری..... ۱۴۵
جدول۵-۲.مقدار شاخص های کارآیی برای موتور جریان مستقیم مغناطیس دائم در حالت اعمال تغییر سرعت و بار..... ۱۴۶
جدول۵-۳. مقدار شاخص های کارآیی برای موتور جریان مستقیم مغناطیس دائم در فرآیند حلقه بسته..... ۱۴۶
جدول۵-۴. مقدار شاخص های کارآیی برای موتور سنکرون خطی مغناطیس دائم در حالت بی باری..... ۱۴۸
جدول۵-۵. مقدار شاخص های کارآیی برای موتور سنکرون خطی مغناطیس دائم در حالت اعمال تغییر سرعت و بار..... ۱۴۹
جدول۵-۶.مقدار شاخص های کارآیی برای موتور سنکرون خطی مغناطیس دائم در فرآیند حلقه بسته..... ۱۴۹

بسمه تعالی

دانشکده فنی و مهندسی

**********

(این چکیده به منظور چاپ در پژوهش نامه دانشگاه تهیه شده است)

| | |
|---|---|
| نام واحد دانشگاهی: تهران مرکزی کد واحد:۱۰۱ | کد شناسایی پایان نامه:۱۰۱۴۰۱۰۱۹۱۱۰۰۶ |
| عنوان پایان نامه: بهبود عملکرد موتور مغناطیس دائم با استفاده از کنترل کننده فازی | |
| نام و نام خانوادگی دانشجو: مریم الاسوندی<br>شماره دانشجویی: ۸۹۱۲۵۲۸۵۰<br>رشته تحصیلی: برق – الکترونیک | تاریخ شروع پایان نامه:۱۳۹۱/۴/۱<br>تاریخ اتمام پایان نامه:۱۳۹۱/۱۰/۱ |
| استاد /~~استادان~~ راهنما: دکتر سید زین العابدبن موسوی<br>استاد/~~استادان~~ مشاور: دکتر شهرام جوادی | |
| آدرس و شماره تلفن: خوزستان- مسجدسلیمان- هشت بنگله – جنب اموزش رانندگی اطمینان. ۰۶۸۱۲۲۷۴۶۱ | |


چکیده پایان نامه( شامل خلاصه، اهداف، روش های اجرا و نتایج به دست امده):

موتور های مغناطیس دائم علاوه بر کاربرد های عمومی دارای کاربرد های ویژه ای هستند، برای مثال این نوع موتور ها در وسایل نقلیه ریلی و پمپ های سوخت مورد استفاده قرار می گیرند؛ بنابراین موتورهای مغناطیس دائم را بایستی به عنوان محرکی با کاربرد گسترده در صنعت به حساب آورد. روش های کنترلی متعددی برای بهبود عملکرد موتور های مغناطیس دائم به کار گرفته شده است، اما به کاربرد روش های هوشمند کنترلی از جمله کنترل فازی ، کنترل مبتنی بر شبکه های عصبی و کنترل عصبی -فازی کمتر توجه شده است، اکنون این روند رو به گسترش نهاده است، بنابراین "بهبود عملکرد موتور مغناطیس دائم با استفاده از کنترل فازی" می تواند موضوع جالبی برای انجام پژوهش های صنعتی باشد. هدف این پایان نامه طراحی کنترل کننده سرعت برای موتور های جریان مستقیم مغناطیس دائم و موتور های سنکرون خطی مغناطیس دائم است. برای طراحی کنترل کننده فازی از دو روش استفاده گردیده است. یکی روش متعارف یعنی استفاده از مدلسازی فرآیند و استفاده از تجربیات کارشناسان و اپراتور ها و دیگری استفاده از ترکیب شبکه های عصبی و استنتاج فازی است. در نهایت سیستم های کنترلی مورد اشاره را از نظر شاخص کارآیی با هم مقایسه نموده ایم و با توجه به کاربرد مورد نظر به روش کنترلی مطلوب اشاره شده است. معیار بررسی کارآیی در این پایان نامه دارا بودن حداقل مقدار ماکزیمم جریان و در عین حال داشتن زمان صعود، زمان نشست، خطای حالت ماندگار و درصد فراجش مناسب و همچنین دارا بودن رفتار مناسب هنگام اعمال بار و نویز و افزایش سرعت می باشد.

## فصل اول: طرح مسئله

۱-۱.انگیزه و هدف تحقیق

موتور های الکتریکی دارای کاربرد گسترده ای در صنعت هستند. از این میان، موتور های مغناطیس دائم به دلیل مزایایی همچون چگالی توان بالا، لختی اندک، گشتاور مناسب، شتاب گیری سریع و سهولت عملیات نگهداری در بازه سرعت وسیع به صورت گسترده در صنعت مورد استفاده قرار می گیرند. برای دستیابی به عملکرد مطلوب در موتور ها روش های کنترل متعددی موجود است، که هریک دارای ویژگی خاص خود می باشند. در این میان استفاده از کنترل هوشمند از جمله کنترل فازی، کنترل عصبی و کنترل عصبی- فازی به دلیل قابلیت تطبیق با شرایط محیط در حال حاضر رو به گسترش است. در این پایان نامه طراحی کنترل کننده فازی جهت کنترل سرعت موتور های مغناطیس دائم صورت گرفته است. پاسخ گویی به دو سوال زیر از اهداف این پایان نامه به شمار می آید:

_آیا امکان بهره گیری از کنترل کننده های فازی در کنترل موتور های مغناطیس دائم جهت بهبود شاخص های کارآیی همچون زمان نشست، زمان صعود، درصد حداکثر فراجهش و خطای حالت ماندگار وجود دارد و نیز با استفاده از کنترل کننده فازی تطبیق با شرایط محیط تا چه حدّ میسر می گردد؟

_ آیا امکان ترکیب کنترل کننده های فازی و کنترل کننده هایPID[1] متعارف برای کنترل موتور مغناطیس دائم جهت بهبود پاسخ سیستم از نظر شاخص های کارآیی همچون زمان نشست و زمان صعود و درصد حداکثر فراجهش و خطای حالت ماندگار و نیز بهبود تطبیق با شرایط محیط نسبت به استفاده از کنترل کننده های PID متعارف وجود دارد؟

1 . Proportional-Integral-Derivative (PID)

۱-۲. پیشینه موضوع

با رواج کنترل هوشمند و بکار گیری آن در صنایع و خدمات و نظر به کاربردهای ویژه موتور های مغناطیس دائم، طراحی انواع کنترل کننده ها برای این نوع موتور ها حائز اهمیت است. تحقیقات متعددی روی موضوع "کنترل هوشمند موتور" صورت پذیرفته است که از آن جمله می توان به موارد زیر اشاره نمود.

از جمله تحقیقات انجام شده بر روی کنترل سرعت موتور با استفاده از کنترل کننده فازی می توان به مقاله ای با عنوان "Fuzzy Logic Applied to Motor Control" اشاره نمود که در سال ۱۹۹۶به چاپ رسیده است. در این مقاله از یک کنترل کننده فازی با دو ورودی خطای سرعت و مشتق خطای سرعت استفاده شده است، که خروجی آن تغییرات سیکل کار PWM[۲]است و از این کنترل کننده فازی برای کنترل سرعت موتور استفاده شده است [۸].

همچنین در روش کنترلی دیگری که در سال ۲۰۰۹ پیشنهاد گردیده است، کنترل کننده فازی با دو ورودی و سه خروجی جهت کنترل موتور جریان مستقیم مغناطیس دائم به کار گرفته شده است و در نهایت بهبود در کارآیی پاسخ نسبت به کنترل کننده PI غیر فازی مشاهده گردیده است[۹].

همچنین در مقاله دیگری که در سال ۲۰۱۱ به چاپ رسیده است، با استفاده از سیستم استنتاج تطبیقی عصبی- فازی روشی برای کنترل سرعت موتور جریان مستقیم بدون جاروبک ارائه شده است که در آن با ترگیب یک کنترل کننده تناسبی– مشتقگیر و یک کنترل کننده مبتنی بر سیستم استنتاج تطبیقی عصبی- فازی روش کنترل سرعت پیاده سازی شده است[۱۰].

در سال ۲۰۱۲، مقاله ای با عنوان "بررسی کنترل PID فازی روی موتور سنکرون خطی مغناطیس دائم" به بررسی عملکرد سیستم کنترل سرعت موتور مغناطیس دائم با استفاده از روش کنترل فازی پرداخته است[۱۱].

کاربرد کنترل فازی در کنترل موتور در مقالات فارسی زبان نیز به صورت گسترده مورد بحث و بررسی قرار گرفته است، از آن جمله می توان به مقاله ای با عنوان " طراحی کنترلر فازی تطبیقی با استفاده از مفهوم تضاد در کنترل سرعت موتور جریان مستقیم بدون جاروبک[۳]" اشاره نمود که در سال ۱۳۹۰ در پانزدهمین کنفرانس سیستم های فازی ایران به چاپ رسیده است و در این مقاله روشی مبتنی بر کنترل کننده فازی تطبیقی مورد بحث قرار گرفته است، که در آن با بهره گیری از سیستم فازی تطبیقی با توجه به تفسیر تقریبی مشاهدات و

2 . Pulse Width Modulation
3 . Brush Less Direct Current Motor

تعیین فرامین تقریبی، بستر مناسبی برای کنترل هوشمند و مقاوم سرعت موتور جریان مستقیم بدون جاروبک (BLCD) در شرایط بار متغیر و حضور اختلال فراهم شده است[۷].

با توجه به این کاربرد ها و این روش های کنترلی در این پایان نامه هدف بر آن است که با استفاده از کنترل کننده های فازی متعارف و کنترل کننده های فازی طراحی شده با استفاده از سیستم استنتاج تطبیقی عصبی- فازی عملکرد موتور را نسبت به روش های کنترل متعارف بهبود دهیم و روش های کنترلی مطرح شده را با هم مقایسه نماییم.

۱-۳. رئوس مطالب موجود در پایان نامه

این پایان نامه داری پنج فصل است. همانگونه که مشاهده شد، فصل اول به طرح مسئله اختصاص یافته است. در فصل دوم به معرفی و بررسی موتور های جریان مستقیم مغناطیس دائم و موتور های سنکرون خطی مغناطیس دائم می پردازیم و در این فصل سعی ما بر آن خواهد بود که داده موردنیاز برای مدل سازی موتور ها ارائه نماییم. در فصل سوم، کنترل کننده های متعارف، کنترل کننده های فازی و سیستم های استنتاج تطبیقی عصبی- فازی مورد بررسی قرار می گیرند.

در فصل چهارم روش های کنترلی مورد نظر روی موتور های مغناطیس دائم پیاده سازی می شوند و هر یک از این روش های کنترلی از نظر شاخص های کارآیی مورد بررسی قرار می گیرند و در نهایت، فصل پنجم به نتیجه گیری و مقایسه روش های کنترلی اجرا شده روی موتورها اختصاص می یابد.