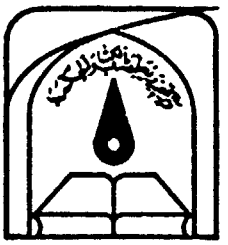
٤١٩٨
آن ٥ دلار

٢٧٨٧٠

مرکز اطلاعات علمی ایران
تاریخ ثبت: ۱۳۷۸/۱۰/۲۰



دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده فنی مهندسی

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک (ساخت و تولید)

بهینه سازی و تبدیل ربات سه درجه آزادی به ربات پنج درجه آزادی

سعید سلیمی دانا

14716

استاد راهنما :

دکتر محمد رضا قضاوی

استاد مشاور :

دکتر حمیدرضا مومنی

زمستان ۱۳۷۶

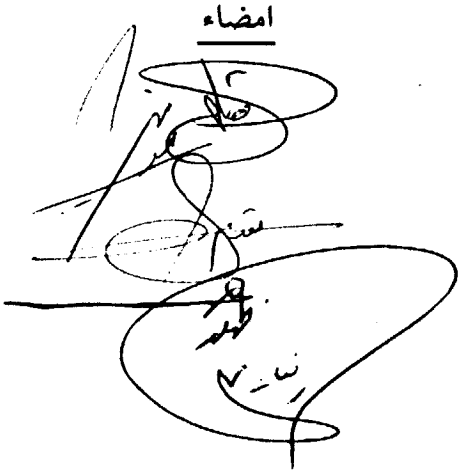
۲۷۵۷۰

دانشگاه‌تربیت مدرس

تاییدیه هیات داوران

آقای سعید سلیمی دانا پایان‌نامه ۶ واحدی خود را با عنوان بهینه‌سازی و تبدیل ربات سه درجه آزادی به ربات پنج درجه آزادی در تاریخ ۷۷/۱/۱۸ ارائه کردند. اعضای هیات داوران نسخه نهائی این پایان‌نامه را از نظر فرم و محتوی تایید و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی مکانیک باگرایش ساخت و تولید پیشنهاد می‌کنند.

اعضای هیات داوران	نام و نام خانوادگی	امضاء
۱ـ استاد راهنمـــا :	آقای دکتر قضاوی	
۲ـ استاد مشـــاور :	آقای دکتر مؤمنی	
۳ـ استادان ممتحن :	آقای دکتر مقدم	
	آقای دکتر ظهور	
۴ـ مدیـــر گـــروه :	آقای دکتر نیازی	
(یا نمایندهٔ گروه تخصصی)		



کلیه حقوق اعم از چاپ و تکثیر، نسخه برداری ، ترجمه ، اقتباس و...از پایان نامه کارشناسی ارشد یا رساله دوره دکتری برای دانشگاه تربیت مدرس محفوظ است . نقل مطالب با ذکر مآخذ بلامانع است.

تقدیم :

به پدر و مادرم که با بذل زندگی خویش همواره

در پیشرفت تحصیلی‌ام کوشیده‌اند.

تقدیر و تشکر

حمد و سپاس بیکران ایزد متعال را که هستی بخشید، نعمت سلامتی ارزانی داشت و جان آدمی را فکرت آموخت.

پروژه حاصل نتیجه تلاش بی‌دریغ و بهره‌گیری از توصیه‌ها و تجارب اساتید و سرورانی بوده‌است که قدردانی و تشکر از ایشان بر نگارنده فرض می‌باشد.

از جناب دکتر قضاوی عضو هیئت علمی بخش مکانیک دانشگاه تربیت مدرس و استاد راهنمای پایان نامه به واسطه رهنمودها و راهنمایی‌های ارزشمند، تهیه مقالات، نظارت و پی‌گیری امور مربوطه، پایان نامه و مطالعه دقیق گزارشات نهایت تشکر و قدردانی بعمل می‌آید.

از جناب دکتر مومنی عضو هیئت علمی بخش برق و مشاور این پایان نامه، به واسطه راهنمایی‌هایی سودمندشان صمیمانه سپاسگزاری می‌نمایم.

از آقای مهندس مفیدی بدلیل در اختیار گذاردن اطلاعات و تجارب ذیقیمتی که ماحصل تلاش ایشان در فاز اول پروژه بوده‌است ممنون می‌باشم.

همچنین از کلیه عزیزان دیگر به ویژه آقایان مهندس عطار سیدی و مهندس کولیوند که اینجانب را در بخشهایی از پایان‌نامه یاری نمودند، قدردانی می‌نمایم.

توفیق روزافزون این بزرگواران را در تمام شئونات زندگی از خداوند مسئلت دارم.

چکیـــده :

ربات پنج درجه آزادی ماحصل این پایان‌نامه تلاشی بوده است تا ضمن ساخت یک نمونه ربات آزمایشگاهی و بررسی نقاط قوت و ضعف آن، بتوان اطلاعات و تجربه بخش دانشگاهی را برای بکارگیری این وسایل در بخش صنعت افزایش داد.

این ربات از یک زوج مکانیزم پانتوگراف و متوازی‌الاضلاع که برروی یک میز دوار قرار گرفته‌اند، تشکیل شده است. وجود پانتوگرافها و متوازی‌الاضلاعها، سه حرکت خطی عمود برهم را فراهم می‌آورد که ضمن جابجایی و انتقال قطعه کار در فضا، جهتگیری آنرا ثابت نگه می‌دارد. میز دوار نیز سبب می‌شود تا حجم مکعب حاصل از حرکات خطی فوق بتواند حول محور دوران پایه چرخش نماید. بنابراین فضای کاری نهایی بخشی از یک استوانه خواهد بود. در انتهای بازو مجموعه مچ و ابزار انتهایی قرار گرفته است. مچ داری یک درجه آزادی دورانی بوده و ابزار انتهایی نیز یک گیره دوفکی با عملگر الکترومغناطیس می‌باشد. بدین ترتیب رباتی با مشخصه 1R3P1R پدید آمده است.

در آغاز پایان نامه ضمن، مطالعه بخش اول پروژه ساخت ربات و تعیین نقاط قوت و ضعف آن، به لزوم انجام پاره‌ای تغییرات و اصلاحات سخت‌افزاری و نرم‌افزاری اشاره شده است که متعاقباً نسبت به اعمال آنها اقدام شده است.

در ادامه رفتار سینماتیکی ربات بررسی شده و سپس با استناد به نتایج حاصله از معادلات گیبس - اپل در بخش اول پروژه و اعمال برخی موارد اصلاحی، به انتخاب جدید موتورهای پانتوگراف پرداخته شده است. گشتاور مورد نیاز موتور پایه نیز براساس معادله دینامیکی نیوتن - اویلر تعیین شده است. سیستم کنترل این ربات از نوع مدار باز (Open loop) بوده و با توجه به همخوانی موتورهای پله‌ای با این سیستم کنترل از این موتورها برای راه‌اندازی این ربات استفاده شده است.

بررسی مبسوط این موتورها، مدارهای راه‌انداز و مشخصات عملکرد آنها در فصل چهارم آمده است. مدارهای راه‌انداز ربات مورد نظر از نوع دوقطبی به همراه چاپر ولتاژ می‌باشد. مشخصات کارت واسطه سیستم که دارای ۲۴ خط ورودی و ۲۴ خط خروجی دیجیتال می‌باشد در همین فصل گنجانده شده است.

برای تحریک همزمان چند موتور و انجام عملیات میانیابی از الگوریتم DDA استفاده شده که فرم نرم‌افزاری آن در کنترل مسیر ربات بکار رفته است.

در بخش نرم‌افزار، برنامه‌ریزی ربات هم بصورت «در خط» (On-Line) و هم بصورت «خارج از خط» (Off - Line) منظور شده است. بطوریکه در برنامه‌ریزی «خارج ازخط» امکان حرکت ربات مابین نقاط در سیستم مختصات کارتزین مقدور می‌باشد و در برنامه‌ریزی «در خط » تعیین مسیر حرکت ربات و برنامه‌ریزی آن بصورت دستی و از طریق تعدادی کلید معین از صفحه کلید کامپیوتر انجام پذیر خواهد بود.

بررسی نهایی ربات، قابلیت عملکرد، نتایج حاصله و ارائه پیشنهادها برای بهبود عملکرد در فصل آخر گنجانده شده است.

کلید واژه : ربات - رباتیک - پانتوگراف - اتوماسیون

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل اول - کلیات

۱-۱- مقدمه ۱

۱-۲- ربات چیست ۲

۱-۳- اجزاء ربات ۲

۱-۴- دلایل استفاده از رباتها ۷

۱-۵- طبقه‌بندی رباتها ۱۰

۱-۵-۱- طبقه‌بندی رباتها براساس سیستم مختصات ۱۰

۱-۵-۲- طبقه‌بندی رباتها براساس سیستم کنترل ۱۵

۱-۶- مشخصات عملکرد ربات ۱۶

۱-۷- ربات سه درجه آزادی ۱۹

۱-۸- ربات پانتوگراف پنج درجه آزادی (خلاصه) ۲۰

فصل دوم - سینماتیک

۲-۱- مکانیزم پانتوگراف ۲۵

۲-۲- سینماتیک پانتوگراف ۲۸

۲-۳- تعیین طول اعضاء بازو ۳۴

۲-۴- فضای قابل دسترسی ۳۵

۲-۵- الگوریتم دناویت - هارتنبرگ ۳۷

۲-۵-۱- رابطهای میانی در زنجیر سینماتیکی ۳۸

۲-۵-۲- قرارداد اتصال چهارچوبها به رابطها ۴۰

۲-۶- سینماتیک بازوهای مکانیکی ۴۲

۲-۷- سینماتیک مستقیم ربات پنج درجه آزادی ۴۴
۲-۸- فضای کاری ربات ۴۹

فصل سوم - دینامیک

۳-۱- مقدمه ۴۷
۳-۲- معادلات گیبس - اپل ۴۸
۳-۳- تعیین نیروها در مکانیزم پانتوگراف ۴۹
۳-۴- محاسبه نیروی اصطکاک در یاتاقانهای کشویی ۵۸
۳-۵- انتخاب موتورهای مکانیزم پانتوگراف ۵۹
۳-۶- تعیین گشتاور موتور پایه ۶۰
۳-۷- تعیین مشخصات سیستم انتقال قدرت موتور پایه ۶۲
۳-۸- تعادل استاتیکی مجموعه ربات ۶۵
۳-۹- مچ و ابزار انتهایی ربات ۶۵

فصل چهارم - موتورهای پله‌ای

۴-۱- مقدمه ۶۸
۴-۲- طبقه‌بندی موتورهای پله‌ای ۶۸
۴-۲-۱- موتور یک طبقه مقاومت مغناطیسی متغیر ۶۸
۴-۲-۲- موتور چند طبقه رلوکتانس متغیر ۷۰
۴-۲-۳- موتورهای پله‌ای هایبرید ۷۲
۴-۳- مقایسه انواع موتورهای پله‌ای ۷۴
۴-۴- روشهای تحریک فاز ۷۵
۴-۴-۱- روش یک فاز تحریک ۷۵

۴-۴-۲- روش دو فاز تحریک ۷۶
۴-۴-۳- روش تحریک نیم پله ۷۷
۴-۵- مدار راه‌انداز موتور پله‌ای ۷۸
۴-۵-۱- مدار راه‌انداز تک قطبی ۷۸
۴-۵-۲- مدار راه‌انداز دو قطبی ۸۰
۴-۵-۳- سیم‌پیچی دو جهته موتور هایبرید ۸۱
۴-۶- موقعیت دهی دقیق بار ۸۳
۴-۷- خطای موقعیت ناشی از گشتاور ۸۴
۴-۸- منحنی سرعت - گشتاور ۸۶
۴-۹- روشهای افزایش سرعت موتورهای پله‌ای ۸۹
۴-۱۰- مدار راه‌انداز مورد استفاده در پروژه ۹۳
۴-۱۱- کارت واسطه .....

فصل پنجم - تولید مسیر

۵-۱- مقدمه ۹۴
۵-۲- انتگرال گیری DDA ۹۵
۵-۳- اساس کار DDA ۹۶
۵-۴- میانیابی سخت‌افزاری با استفاده از DDA ۹۹
۵-۴-۱- میانیابی خطی ۹۹
۵-۴-۲- میانیابی دایروی ۱۰۳
۵-۵- اینتر پولیتر کامل ۱۰۷
۵-۶- میانیابی DDA نرم‌افزاری ۱۰۹

فصل ششم - برنامه‌ریزی و نرم‌افزار

۶-۱- مقدمه ۱۱۲

۶-۲- انواع برنامه‌ریزی ربات ۱۱۳

۶-۲-۱- برنامه‌ریزی «در - خط» (On-Line) ۱۱۳

-۲-۲- برنامه‌ریزی «خارج از خط» (Off-Line) ۱۱۵

۶-۳- نرم‌افزار و زبان برنامه‌نویسی ۱۱۷

۶-۴- فضای نرم‌افزار ۱۱۸

۶-۴-۱- نمایش فهرست فایلها ۱۱۹

۶-۴-۲- پیکره‌بندی ربات ۱۱۹

۶-۴-۳- تعریف نقطه مرجع ۱۲۱

۶-۴-۴- آموزش به طریقه حرکت ۱۲۳

۶-۴-۵- آموزش مسیر در مختصات دکارتی ۱۲۵

۶-۴-۶- اجرای یک برنامه ۱۲۷

۶-۴-۷- خروج از نرم‌افزار ۱۲۸

فصل هفتم - نتایج و پیشنهادها

۷-۱- دستاورد پروژه ۱۲۹

۷-۲- موارد کاربرد ربات پروژه ۱۳۰

۷-۳- نتایج ۱۳۱

۷-۴- پیشنهادها ۱۳۳

منابع و مراجع ۱۳۶

پیوستها ۱۳۸

فصـــل اول

کلیات

۱-۱- مقدمه

نوع بشر از دیرباز در پی ایجاد وسیله‌ای بوده‌است تا بتواند انجام برخی امور را به عهده آن گذارد. ماشینی که مطیع سازنده آن بود، و هر چه از آن خواسته شود، انجام دهد، درطول اعصار متمادی تلاشهای آدمی به پدید آمدن انواع سیستمهای اتوماتیک منجر گردید که آسایش بیشتری برای وی به همراه آورد. در اوایل قرن اخیر این ایده ذهنی هر چه بیشتر قوت گرفت و حرکتهایی برای ساختن چنین وسایلی آغاز گردید تا اینکه این حرکت‌ها منجر به پیدایش نسل جدیدی از ماشینها به نام رباتها گردید که جایگزین انسانها در انجام کارهای سخت و طاقت‌فرسا و نیز مشاغل تکراری می‌گردند.

از سویی، با فروکش کردن تب انقلاب صنعتی و قدرت یافتن اتحادیه‌های کارگری و تصویب قوانینی که هر چه بیشتر از کارگران حمایت می‌نمود، صاحبان صنایع بر آن شدند حتی‌الامکان سیستمهای تولید خود را با رباتها تجهیز نمایند. احساس این نیاز فن‌آوران و دانشمندان علوم مختلف را بر آن داشت که به سوی کار آمدتر کردن رباتها گام بردارند. بطوریکه امروزه رباتهای غول پیکر می‌توانند قطعات به وزن ۲۰ تن را جابجا نمایند [۱]. در حالیکه برخی دیگر به دقتهای حرکتی در حد میکرون دست یافته‌اند که در ساخت و مونتاژ المانهای الکترونیک با سرعت زیاد مشغول بکار می‌باشند و یا رباتهایی که در محیطهای خطرناک و زیان‌آور که امکان عمل برای اپراتور انسانی نیست فعالیت می‌کنند. پیشرفتهای صورت گرفته در علوم الکترونیک و کامپیوتر خیلی سریع در این شاخه به کار آمده تا هر چه بیشتر توانمندی رباتها افزایش یابد. بدین ترتیب سنسورهای مختلف انواع گوناگون اطلاعات را از محیط دریافت نموده و با پردازش و تحلیل رایانه‌ای، ربات عکس‌العمل مناسبی نشان می‌دهد.

به عنوان مثال می‌توان به سیستم‌های کنترل نیرو، پردازش صوت و تصویر و منطق فازی و نیز هوش مصنوعی اشاره نمود که در سیستمهای رباتیک به سرعت مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۱-۲- ربات چیست ؟

از زمانی که برای اولین بار در آغاز قرن حاضر کلمه ربات وارد فرهنگها گردید تاکنون تعاریف مختلفی از آن به عمل آمده‌است که شاید برخی از آنها چندان هم کامل به نظر نرسد به عنوان مثال تعریفی که لغتنامه آکسفورد از ربات نموده بدین صورت است که ربات ماشین مکانیکی با ظاهر یک انسان است که با هوش و مطیع بوده ولی فاقد شخصیت است [۱]این در حالی است که اغلب رباتهای امروزی دارای ظاهر انسانی نمی‌باشند و نیازی هم به آن ندارند.

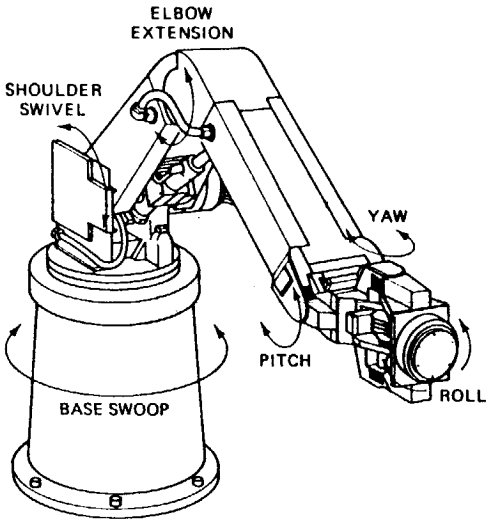
تعریف کاملتری که می‌توان از ربات به عمل آورد آنستکه : ربات وسیله چند وظیفه‌ای است که می‌تواند به راحتی برای انجام عملیات مختلفی برنامه‌ریزی شود و بدون نظارت انسانی می‌تواند وظائف خود را انجام دهد.

برنامه‌پذیر بودن و چند وظیفه‌ای بودن ربات آنرا به ماشین انعطاف پذیری تبدیل می‌کند که به راحتی از مکانیزمهای چند منظوره صلب در اتوماسیونهای ثابت قابل تمایز می‌باشد.

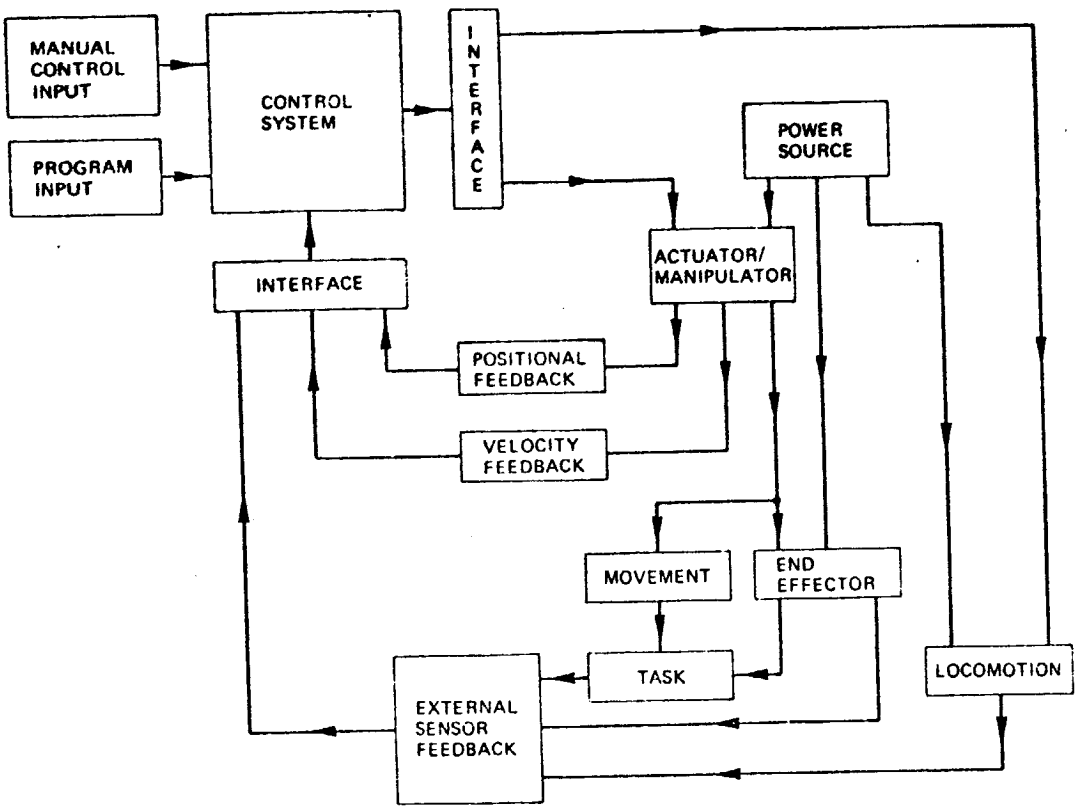
امروزه رباتهای صنعتی اغلب در کارهای نه چندان پیچیده تکراری که محتاج دقت زیادی نیست استفاده می‌شوند که از این میان می‌توان به عملیات جابجایی قطعات، جوشکاری، نقاشی و مونتاژ اشاره نمود که حجم زیادی از فرآیندهای تولید را شامل می‌شوند.

۱-۳- اجزاء ربات

بطور کلی یک ربات شامل پایه، مجموعه بازو و ابزار انتهایی می‌باشد و درون پایه و بازو نیز احتمالاً محرکه‌ها و مکانیزمهای حرکتی قرار داده شده‌اند. شکلهای (۱-۱ و ۲) یک ربات صنعتی و نیز بلوک دیاگرام یک ربات را نشان میدهد.



شکل (۱-۱) ربات صنعتی Cincinnati - Milacron



شکل (۱-۲) بلوک دیاگرام عمومی ربات و نحوه ارتباط اجزاء