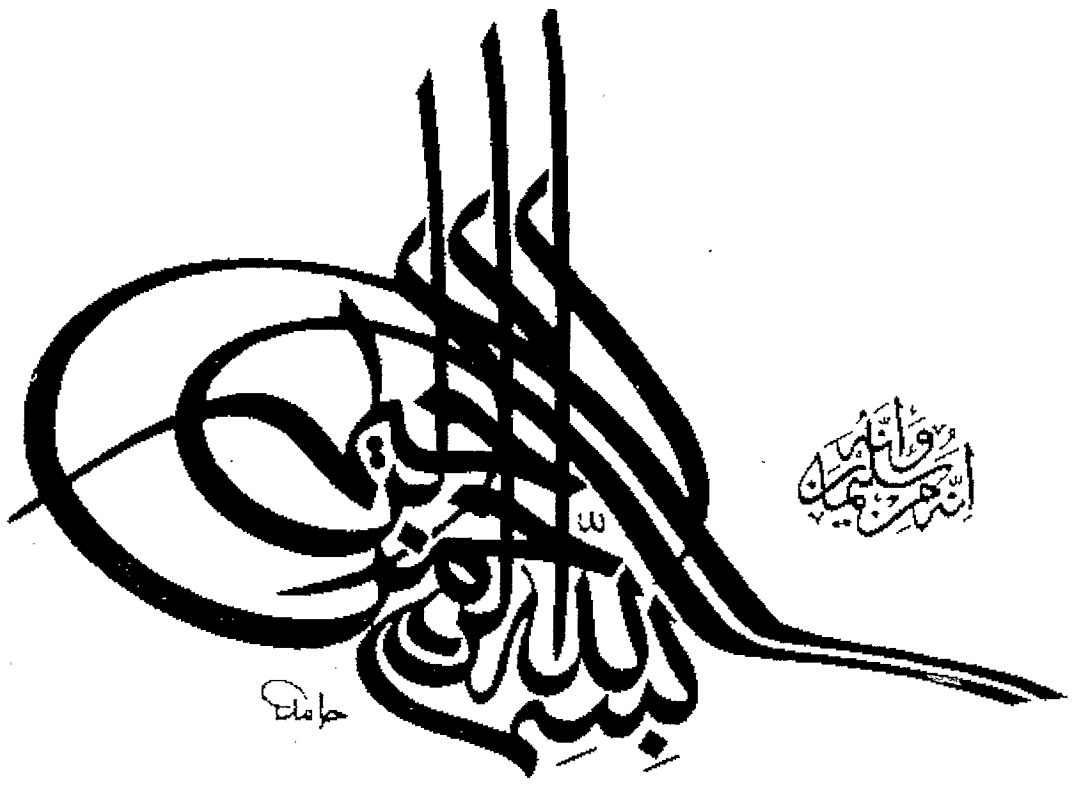

F.٧٧٥

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی مکانیک

بررسی اثرات دینامیک غیر خطی در کنترل رباتهای موازی به روش مفاصل مجزا

۱۳۸۱ /۴/ ۲۶

پایان نامه کارشناسی ارشد طراحی کاربردی

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
۴۰۷۷۵

فرشید آقاداوودی

استاد راهنما

دکتر محمد جعفر صدیق

زمستان ۱۳۸۰

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی مکانیک

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته طراحی کاربردی آقای فرشید آقاداوودی

تحت عنوان

بررسی اثرات دینامیک غیر خطی در کنترل رباتهای موازی به روش مفاصل مجزا

در تاریخ ۸۱/۱/۱۹ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی وتصویب نهایی قرار گرفت.

۱- استاد راهنمای پایان نامه — دکتر محمد جعفر صدیق

۲- استاد مشاور پایان نامه — دکتر مهدی کشمیری

۳- استاد داور — دکتر سید حسن موسوی

سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده — دکتر احمدرضا عظیمیان

تشکر و قدردانی

نگارنده وظیفه خود می‌داند از زحمات بی دریغ و راهنماییهای راهگشای استاد راهنمای پایان نامه آقای دکتر محمد جعفر صدیق تقدیر نماید. همچنین لازم است که از همکاریهای صمیمانه آقای دکتر مهدی کشمیری استاد مشاور پایان نامه تشکر شود. از آقای دکتر سید حسن موسوی استاد داور پایان نامه نیز تشکر می‌شود.

فرشید آقادوودی
farshid_ad@yahoo.com

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات،
ابتکارات و نوآوریهای ناشی از تحقیق
موضوع این پایان نامه متعلق به دانشگاه
صنعتی اصفهان است.

...به همه رفتگان.

فهرست مطالب

چکیده ۱

فصل اول مقدمه

۱-۱) رباتهای موازی ۲
۱-۲)تحقیقات قبلی انجام شده ۷
۱-۲-۱) تحقیقات انجام شده در زمینه سینماتیک و دینامیک رباتهای موازی و سیستمهای مقید ۸
۱-۲-۲) تحقیقات انجام شده در زمینه سرو مکانیزمهای هیدرولیکی ۸
۱-۲-۳) تحقیقات انجام شده در زمینه مباحث لقی اتصالات در رباتها ۹
۱-۳) معرفی کلی سیستم مورد مطالعه ۱۰
۱-۴) روند پایان نامه ۱۰

فصل دوم بررسی رفتار غیرخطی شیر تناسبی

۲-۱) مدلسازی سرو مکانیزم هیدرولیکی ایده آل یک درجه آزادی ۱۳
۲-۱-۱) معرفی سیستم مورد مطالعه ۱۳
۲-۱-۲) استخراج معادلات حاکم بر دینامیک سیستم ۱۶
۲-۱-۳) خطی سازی معادلات حرکت و طراحی کنترلر ۱۶
۲-۱-۴) مشابه سازی عددی رفتار سیستم ۱۸
۲-۲) بررسی رفتار سیستم سرو مکانیزم با فرض رفتار غیرخطی شیر تناسبی ۲۳
۲-۲-۱) معرفی رابطه غیرخطی برای شیر تناسبی ۲۳
۲-۲-۲) استخراج معادلات دینامیکی با رفتار غیرخطی شیر ۲۴
۲-۲-۳) مشابه سازی عددی رفتار سیستم با توجه به رفتار غیرخطی شیر ۲۵

فصل سوم بررسی اثر لقی در پایه در عملگر های هیدرولیکی

۳-۱) مدلسازی لقی در پایه جک و استخراج معادلات دینامیکی سیستم ۳۲
۳-۲) مشابه سازی عددی رفتار سیستم با لقی در پایه جک ۳۴
۳-۲-۱) مشابه سازی عددی در حالت اندازه گیری مطلق ۳۴
۳-۲-۲) مشابه سازی عددی در حالت اندازه گیری نسبی ۳۵

فصل چهارم بررسی اثر رفتار غیرخطی شیر تناسبی در سیمولاتور موج

۴-۱) معرفی مکانیزم مورد مطالعه ۴۲
۴-۱-۱) دستگاههای مختلف ۴۲
۴-۱-۲) درجات آزادی و پارامترهای فضای کار و مفاصل ۴۴
۴-۲) سینماتیک سیمولاتور موج ۴۴
۴-۲-۱) سینماتیک مستقیم ۴۵
۴-۲-۲) سینماتیک معکوس سیستم ۴۵
۴-۲-۳) معادلات قیود سیستم و استخراج ماتریس ژاکوبین ۴۵
۴-۳) دینامیک سیمولاتور موج ۴۶

۴-۳-۱) استخراج معادلات حرکت به روش لاگرانژ ۴۶
۴-۳-۲) حذف بردار ضرایب لاگرانژ ۴۸
۴-۴) اعمال سیستم کنترل هیدرولیکی به معادلات حرکت مکانیزم ۴۸
۴-۵) شبیه سازی عددی حرکت سیمولاتور موج با سیستم ایده‌آل هیدرولیکی ۵۰
۴-۶) شبیه سازی رفتار سیمولاتور موج با فرض رفتار غیرخطی شیر هیدرولیکی ۵۱

فصل پنجم بررسی اثر لقی در رفتار سیمولاتور موج

۵-۱) بررسی اثر لقی در پایه جکها ۵۷
۵-۱-۱) معادلات حرکت ۵۷
۵-۱-۲) شبیه سازی عددی رفتار سیستم با لقی در پایه جکها ۵۹
۵-۲) بررسی اثر لقی بوم و طراحی سیستم حذف کننده لقی ۷۲
۵-۲-۱) مدلسازی دینامیک سیستم حذف کننده لقی ۷۳
۵-۲-۲) شبیه سازی عددی رفتار سیستم و تعیین ضرایب بهینه سختی ۷۶

فصل ششم نتیجه گیری و پیشنهادها

۶-۱) نتایج ۱۰۳
۶-۲) پیشنهادها ۱۰۴
مراجع ۱۰۶

فهرست شکلها

شکل(۱-۱) سیمولاتور پرواز با مکانیزم شش درجه آزادی استوارت ۴
شکل(۱-۲) مکانیزم موازی شش درجه آزادی مورد استفاده در CNC (هگزاگلاید) ۴
شکل(۱-۳) طرح ترکیبی دو مکانیزم استوارت برای اندازه‌گیری دقیق ۵
شکل(۱-۴) نوعی مکانیزم تو در توی موازی مورد استفاده در ماشین ابزار ۵
شکل(۱-۵) نمونه یک شیر تناسبی ۶
شکل(۱-۶) مکانیزم موازی دو درجه آزادی سیمولاتور موج ۱۱
شکل (۲-۱) مدار هیدرولیکی ساده شده جک با شیر تناسبی ۱۴
شکل (۲-۲) ساختمان درونی یک شیر تناسبی ۱۴
شکل (۲-۳) نمودار دبی ـ شدت جریان الکتریکی شیر تناسبی ۱۵
شکل(۲-۴) دیاگرام بلوکی سیستم کنترلی جک ۱۸
شکل(۲-۵) تاریخچه پاسخ سیستم ایده‌آل به ورودی پله ۲۰
شکل(۲-۶) تاریخچه جریان الکتریکی شیر درپاسخ سیستم ایده‌آل به ورودی پله ۲۰
شکل(۲-۷) تاریخچه پاسخ سیستم ایده‌آل به ورودی هارمونیک ۲۱
شکل(۲-۸) تاریخچه جریان الکتریکی شیر درپاسخ سیستم ایده‌آل به ورودی هارمونیک ۲۱
شکل(۲-۹) تاریخچه فشارطرف چپ پیستون در پاسخ سیستم ایده‌آل به ورودی هارمونیک ۲۲
شکل(۲-۱۰) تاریخچه فشارطرف راست پیستون در پاسخ سیستم ایده‌آل به ورودی هارمونیک ۲۲
شکل(۲-۱۱) نمودار تقریبی و تجربی شیر تناسبی به ازای اختلاف فشار 100bar ۲۴
شکل(۲-۱۲) تاریخچه پاسخ سیستم با رفتار غیر خطی شیر به ورودی پله ۲۷
شکل(۲-۱۳) تاریخچه جریان الکتریکی سیستم با رفتار غیر خطی شیر در پاسخ به ورودی پله ۲۷
شکل(۲-۱۴) نمودار مقایسه تاریخچه خطای سیستم در دو حالت رفتارخطی و غیر خطی شیر در پاسخ به ورودی پله ۲۸
شکل(۲-۱۵) تاریخچه پاسخ سیستم با رفتار غیر خطی شیر در پاسخ به ورودی هارمونیک ۲۸
شکل(۲-۱۶) تاریخچه جریان الکتریکی در حالت رفتار غیر خطی شیر در پاسخ به ورودی هارمونیک ۲۹
شکل(۲-۱۷) تاریخچه فشار سمت چپ پیستون با رفتار غیر خطی شیر در پاسخ به ورودی هارمونیک ۲۹
شکل(۲-۱۸) تاریخچه فشار سمت راست پیستون با رفتار غیر خطی شیر در پاسخ به ورودی هارمونیک ۳۰
شکل(۲-۱۹) نمودار مقایسه تاریخچه خطا در دو حالت رفتار خطی و غیرخطی شیر در پاسخ به ورودی هارمونیک ۳۰
شکل(۲-۲۰) نمودار حداکثر خطا بر حسب تغییرات فرکانس ورودی هارمونیک در حالت رفتار غیر خطی شیر ۳۱
شکل(۳-۱) مدل جک همراه با لقی در پایه ۳۳
شکل(۳-۲) مدل صلب انعطاف-پذیر برای لقی ۳۴
شکل(۳-۳) پاسخ سیستم به ورودی هارمونیک در حالت اندازه‌گیری مطلق ۳۷
شکل(۳-۴) لقی در حالت اندازه‌گیری مطلق در پاسخ به ورودی هارمونیک ۳۷
شکل(۳-۵) نیرو اعمالی به پایه در حالت اندازه‌گیری مطلق در پاسخ به ورودی هارمونیک ۳۸
شکل(۳-۶) تغییرات جریان الکتریکی درپاسخ به ورودی هارمونیک در حالت اندازه‌گیری مطلق ۳۸
شکل(۳-۷) پاسخ سیستم به ورودی هارمونیک در حالت اندازه‌گیری نسبی ۳۹
شکل(۳-۸) لقی در حالت اندازه‌گیری نسبی در پاسخ به ورودی هارمونیک ۳۹
شکل(۳-۹) نیرو اعمالی به پایه در حالت اندازه‌گیری نسبی در پاسخ به ورودی هارمونیک ۴۰
شکل(۳-۱۰) تغییرات جریان الکتریکی درپاسخ به ورودی هارمونیک در حالت اندازه‌گیری نسبی ۴۰
شکل(۳-۱۱) تغییرات حداکثر نیروی اعمالی به پایه در پاسخ به ورودی هارمونیک در حالت اندازه‌گیری نسبی ۴۱

شکل (۴-۱) مکانیزم سیمولاتور موج با چهار درجه آزادی ۴۳
شکل (۴-۲) مکانیزم صفحه ای سیمولاتور موج با دو درجه آزادی ۴۳
شکل (۴-۳) دیاگرام بلوکی کنترل مکانیزم صفحه ای سیمولاتور موج ۴۹
شکل (۴-۴) مدل جک برای کنترلر به روش مفاصل مجزا ۴۹
شکل(۴-۵) تغییرات y در مانور خیز و پیچش در حالت رفتار خطی شیر هیدرولیکی ۵۲
شکل(۴-۶) تغییرات θ در مانور خیز و پیچش در حالت رفتار خطی شیر هیدرولیکی ۵۲
شکل(۴-۷) تغییرات جریان الکتریکی ورودی به شیر تناسبی جک ۱ در حالت رفتار خطی شیر هیدرولیکی ۵۳
شکل(۴-۸) تغییرات جریان الکتریکی ورودی به شیر تناسبی جک ۲ در حالت رفتار خطی شیر هیدرولیکی..... ۵۳
شکل(۴-۹) تغییرات y در مانور خیز و پیچش در حالت رفتار غیرخطی شیر هیدرولیکی ۵۴
شکل(۴-۱۰) تغییرات θ در مانور خیز و پیچش در حالت رفتار غیرخطی شیر هیدرولیکی ۵۴
شکل(۴-۱۱) تغییرات جریان الکتریکی ورودی به شیر تناسبی جک ۱ در حالت رفتار غیرخطی شیر هیدرولیکی ۵۵
شکل(۴-۱۲) تغییرات جریان الکتریکی ورودی به شیر تناسبی جک ۲ در حالت رفتار غیرخطی شیر هیدرولیکی ۵۵
شکل(۴-۱۳) مقایسه تاریخچه خطا y در مانور خیز و پیچش در حالتهای رفتار خطی و غیرخطی شیر هیدرولیکی..... ۵۶
شکل(۴-۱۴) مقایسه تاریخچه خطا θ در مانور خیز و پیچش در حالتهای رفتار خطی و غیرخطی شیر هیدرولیکی ۵۶
شکل (۵-۱) مدل سیمولاتور موج همراه با لقی در پایه جکها ۵۸
شکل (۵-۲) تغییرات y در مانور خیز و پیچش در حالت بی وزنی و اندازه گیری نسبی ۶۲
شکل (۵-۳) تغییرات θ در مانور خیز و پیچش در حالت بی وزنی و اندازه گیری نسبی ۶۲
شکل (۵-۴) تغییرات موقعیت مطلق سیلندر ۱ (لقی) در مانور خیز و پیچش در حالت بی وزنی و اندازه گیری نسبی ۶۳
شکل (۵-۵) تغییرات موقعیت مطلق سیلندر ۲ (لقی) در مانور خیز و پیچش در حالت بی وزنی و اندازه گیری نسبی ۶۳
شکل (۵-۶) تغییرات نیروی اعمالی به پایه سیلندر ۱ در مانور خیز و پیچش در حالت بی وزنی و اندازه گیری نسبی ۶۴
شکل (۵-۷) تغییرات نیروی اعمالی به پایه سیلندر ۲ در مانور خیز و پیچش در حالت بی وزنی و اندازه گیری نسبی ۶۴
شکل (۵-۸) تغییرات y در مانور خیز و پیچش در حالت وزن دار و اندازه گیری نسبی ۶۵
شکل (۵-۹) تغییرات θ در مانور خیز و پیچش در حالت وزن دار و اندازه گیری نسبی ۶۵
شکل (۵-۱۰) تغییرات موقعیت مطلق سیلندر ۱ (لقی) در مانور خیز و پیچش در حالت وزن دار و اندازه گیری نسبی ۶۶
شکل (۵-۱۱) تغییرات موقعیت مطلق سیلندر ۲ (لقی)در مانور خیز و پیچش در حالت وزن دار و اندازه گیری نسبی..... ۶۶
شکل (۵-۱۲) تغییرات نیروی اعمالی به پایه سیلندر ۱ در مانور خیز و پیچش در حالت وزن دار و اندازه گیری نسبی ۶۷
شکل (۵-۱۳) تغییرات نیروی اعمالی به پایه سیلندر ۲ در مانور خیز و پیچش در حالت وزن دار و اندازه گیری نسبی ۶۷
شکل (۵-۱۴) تغییرات y در مانورخیز و پیچش در حالت بی وزنی و اندازه گیری مطلق ۶۸
شکل (۵-۱۵) تغییرات θ در مانور خیز و پیچش در حالت بی وزنی و اندازه گیری مطلق ۶۸
شکل (۵-۱۶) تغییرات موقعیت مطلق سیلندر ۱ (لقی) در مانور خیز و پیچش در حالت بی وزنی و اندازه گیری مطلق ۶۹
شکل (۵-۱۷) تغییرات موقعیت مطلق سیلندر ۲ (لقی) در مانور خیز و پیچش در حالت بی وزنی و اندازه گیری مطلق ۶۹
شکل (۵-۱۸) تغییرات نیروی اعمالی به پایه سیلندر ۱ در مانور خیز و پیچش در حالت بی وزنی و اندازه گیری مطلق ۷۰
شکل (۵-۱۹) تغییرات نیروی اعمالی به پایه سیلندر ۲ در مانور خیز و پیچش در حالت بی وزنی و اندازه گیری مطلق ۷۰
شکل (۵-۲۰-۱الف) مقایسه تغییرات خطای y در دو حالت اندازه گیری نسبی و اندازه گیری مطلق(حالت بی وزنی) ۷۱
شکل (۵-۲۰-ب) مقایسه تغییرات خطای θ در دو حالت اندازه گیری نسبی و اندازه گیری مطلق(حالت بی وزنی) ۷۱
شکل (۵-۲۱) جزئیات طرح بوم سیمولاتور موج ۷۲
شکل (۵-۲۲) مدل سیستم حذف کننده لقی ۷۳
شکل(۵-۲۳) تغییرات x در مانور خیز و پیچش در حالت $h=0.1m$ ، $k=500\times10^3(N/m)$ ، $\Delta=1mm$ ۸۰
شکل(۵-۲۴) تغییرات y در مانور خیز و پیچش در حالت $h=0.1m$ ، $k=500\times10^3(N/m)$ ، $\Delta=1mm$ ۸۰
شکل(۵-۲۵) تغییرات θ در مانور خیز و پیچش در حالت $h=0.1m$ ، $k=500\times10^3(N/m)$ ، $\Delta=1mm$ ۸۱
شکل(۵-۲۶) تغییرات طول فنر پایینی در مانورخیزوپیچش در حالت $h=0.1m$ $k=500\times10^3(N/m)$ ، $\Delta=1mm$ ۸۱
شکل(۵-۲۷) تغییرات طول فنر بالایی در مانور خیزوپیچش در حالت $h=0.1m$ $k=500\times10^3(N/m)$ $\Delta=1mm$ ... ۸۲
شکل(۵-۲۸) تغییرات نیروی فنرپایینی درمانورخیزوپیچش درحالت $h=0.1m$ $k=500\times10^3(N/m)$ $\Delta=1mm$ ۸۲

شکل(۵-۲۹) تغییرات نیروی فنر بالایی‌در مانورخیزوپیچش در حالت $\Delta = 1\,mm$ ، $k = 500\times10^{3}(N/m)$ $h = 0.1m$ ... ۸۳
شکل(۵-۳۰) تغییرات x در مانور خیز و پیچش در حالت $\Delta = 1\,mm$ ، $k = 100\times10^{3}(N/m)$ ، $h = 0.1m$ ۸۳
شکل(۵-۳۱) تغییرات y در مانور خیز و پیچش در حالت $\Delta = 1\,mm$ ، $k = 100\times10^{3}(N/m)$ ، $h = 0.1m$ ۸۴
شکل(۵-۳۲) تغییرات θ در مانور خیز و پیچش در حالت $\Delta = 1\,mm$ ، $k = 100\times10^{3}(N/m)$ ، $h = 0.1m$ ۸۴
شکل(۵-۳۳) تغییرات طول فنر پایینی در مانور خیزوپیچش در حالت $\Delta = 1\,mm$ ، $k = 100\times10^{3}(N/m)$ $h = 0.1m$ ... ۸۵
شکل(۵-۳۴) تغییرات طول فنر بالایی در مانورخیزوپیچش در حالت $\Delta = 1\,mm$ ، $k = 100\times10^{3}(N/m)$ $h = 0.1m$ ... ۸۵
شکل(۵-۳۵) تغییرات نیروی فنر پایینی در مانورخیزوپیچش در حالت $\Delta = 1\,mm$ ، $k = 100\times10^{3}(N/m)$ $h = 0.1m$ ... ۸۶
شکل(۵-۳۶) تغییرات نیروی فنر بالایی در مانورخیزوپیچش درحالت $\Delta = 1\,mm$ ، $k = 100\times10^{3}(N/m)$ $h = 0.1m$ ... ۸۶
شکل(۵-۳۷) تغییرات x در مانور خیز وپیچش در حالت $\Delta = 1\,mm$ ، $k = 800\times10^{3}(N/m)$ ، $h = 0.1m$ ۸۷
شکل(۵-۳۸) تغییرات y در مانور خیز و پیچش در حالت $\Delta = 1\,mm$ ، $k = 800\times10^{3}(N/m)$ ، $h = 0.1m$ ۸۷
شکل(۵-۳۹) تغییرات θ در مانور خیز و پیچش در حالت $\Delta = 1\,mm$ ، $k = 800\times10^{3}(N/m)$ ، $h = 0.1m$ ۸۸
شکل(۵-۴۰) تغییرات طول فنر پایینی درمانورخیزوپیچش در حالت $\Delta = 1\,mm$ $k = 800\times10^{3}(N/m)$ $h = 0.1m$ ۸۸
شکل(۵-۴۱) تغییرات طول فنر بالایی در مانورخیزوپیچش در حالت $\Delta = 1\,mm$ ، $k = 800\times10^{3}(N/m)$ $h = 0.1m$ ۸۹
شکل(۵-۴۲) تغییرات نیروی فنر پایینی درمانورخیزوپیچش در حالت $\Delta = 1\,mm$ ، $k = 800\times10^{3}(N/m)$ $h = 0.1m$ ... ۸۹
شکل(۵-۴۳) تغییرات نیروی فنر بالایی در مانور خیز و پیچش در حالت $\Delta = 1\,mm$ ، $k = 800\times10^{3}(N/m)$ ۹۰
شکل(۵-۴۴) تغییرات فرکانس نوسانات x بر حسب سختی فنرها در مانور خیز و پیچش($\Delta = 1\,mm$ ، $h = 0.1m$) ۹۰
شکل(۵-۴۵) تغییرات x در مانور خیز و پیچش در حالت $\Delta = 1\,mm$ ، $k = 500\times10^{3}(N/m)$ ، $h = 0$ ۹۱
شکل(۵-۴۶) تغییرات y در مانور خیز و پیچش در حالت $\Delta = 1\,mm$ ، $k = 500\times10^{3}(N/m)$ ، $h = 0$ ۹۱
شکل(۵-۴۷) تغییرات θ در مانور خیز و پیچش در حالت $\Delta = 1\,mm$ ، $k = 500\times10^{3}(N/m)$ ، $h = 0$ ۹۲
شکل(۵-۴۸) تغییرات طول فنر پایینی در مانور خیز و پیچش در حالت $\Delta = 1\,mm$ ، $k = 500\times10^{3}(N/m)$ ، $h = 0$ ۹۲
شکل(۵-۴۹) تغییرات طول فنر بالایی در مانور خیز و پیچش در حالت $\Delta = 1\,mm$ ، $k = 500\times10^{3}(N/m)$ ، $h = 0$ ۹۳
شکل(۵-۵۰) تغییرات نیروی فنر پایینی در مانور خیز و پیچش در حالت $\Delta = 1\,mm$ ، $k = 500\times10^{3}(N/m)$ $h = 0$ ۹۳
شکل(۵-۵۱) تغییرات نیروی فنر بالایی در مانور خیز و پیچش در حالت $\Delta = 1\,mm$ ، $k = 500\times10^{3}(N/m)$ $h = 0$ ۹۴
شکل(۵-۵۲) تغییرات حداکثر نیروی فنرها در مانور خیز و پیچش به ازای خارج از مرکزیهای متفاوت ۹۴
شکل(۵-۵۳) تغییرات x در مانور خیز و پیچش در حالت $\Delta = 2\,mm$ ، $k = 500\times10^{3}(N/m)$ ، $h = 0.1m$ ۹۵
شکل(۵-۵۴) تغییرات y در مانور خیز و پیچش در حالت $\Delta = 2\,mm$ ، $k = 500\times10^{3}(N/m)$ ، $h = 0.1m$ ۹۵
شکل(۵-۵۵) تغییرات θ در مانور خیز و پیچش در حالت $\Delta = 2\,mm$ ، $k = 500\times10^{3}(N/m)$ ، $h = 0.1m$ ۹۶
شکل(۵-۵۶) تغییرات طول فنر پایینی در مانورخیزوپیچش در حالت $\Delta = 2\,mm$ ، $k = 500\times10^{3}(N/m)$ $h = 0.1m$ ۹۶
شکل(۵-۵۷) تغییرات طول فنر بالایی در مانورخیزوپیچش در حالت $\Delta = 2\,mm$ ، $k = 500\times10^{3}(N/m)$ $h = 0.1m$ ۹۷
شکل(۵-۵۸) تغییرات نیروی فنر پایینی درمانورخیزوپیچش در حالت $\Delta = 2\,mm$ ، $k = 500\times10^{3}(N/m)$ $h = 0.1m$ ... ۹۷
شکل(۵-۵۹) تغییرات نیروی فنر بالایی درمانورخیزوپیچش درحالت $\Delta = 2\,mm$ ، $k = 500\times10^{3}(N/m)$ $h = 0.1m$ ... ۹۸
شکل(۵-۶۰) تغییرات فرکانس نوسانات x بر حسب دامنه لقی درمانور خیزوپیچش $k = 500\times10^{3}(N/m)$ $h = 0.1m$ ... ۹۸
شکل(۵-۶۱) تغییرات x در مانور خیز و پیچش با فرکانس ورودی $\omega = 1(rad/s)$ ۹۹
شکل(۵-۶۲) تغییرات y در مانور خیز و پیچش با فرکانس ورودی $\omega = 1(rad/s)$ ۹۹
شکل(۵-۶۳) تغییرات θ در مانور خیز و پیچش با فرکانس ورودی $\omega = 1(rad/s)$ ۱۰۰
شکل(۵-۶۴) تغییرات طول فنر پایینی در مانور خیز و پیچش با فرکانس ورودی $\omega = 1(rad/s)$ ۱۰۰
شکل(۵-۶۵) تغییرات طول فنر بالایی در مانور خیز و پیچش با فرکانس ورودی $\omega = 1(rad/s)$ ۱۰۱
شکل(۵-۶۶) تغییرات نیروی ناشی از فنر پایینی در مانور خیز و پیچش با فرکانس ورودی $\omega = 1(rad/s)$ ۱۰۱
شکل(۵-۶۷) تغییرات نیروی ناشی از فنر بالایی در مانور خیز و پیچش با فرکانس ورودی $\omega = 1(rad/s)$ ۱۰۲

فهرست علامتها

Q : دبی سیال هیدرولیکی

i : شدت جریان الکتریکی

i_{max} : حداکثر جریان الکتریکی مجاز ورودی به شیر هیدرولیکی

i' : شدت جریان الکتریکی بی بعد شده

ΔP : افت فشار

P_s : فشار تغذیه

P_t : فشار تانک

k_p, k_v : ضرایب بهره کنترلر PD

A_1 : سطح مقطع کامل سیلندر

A_2 : سطح مقطع مؤثر سیلندر

a_1, a_2, a_3, a_4 : ضرایب معادله غیر خطی شیر تناسبی

k : ضریب سختی فنر

M : ضریب سختی فنر مدل لقی در خارج دامنه لقی

ε : ضریب سختی فنر مدل لقی در داخل دامنه لقی

X : موقعیت مطلق سیلندر(لقی پایه)

$\mathbf{q}$: بردار مختصات تعمیم یافته

$\mathbf{u}$: بردار مختصات فضای مفاصل

$\mathbf{v}$: بردار مختصات فضای کار

$\mathbf{J}$: ماتریس ژاکوبین قیود

l_i : طول جک i ام

L_i : لقی پایه جک i ام

L : لاگرانژین

T : انرژی جنبشی

V : انرژی پتانسیل

$\mathbf{Q}$: بردار نیروهای تعمیم یافته

$\mathbf{F}$: بردار نیروهای فعال

$\mathbf{V}_p$: بردار سرعت مرکز جرم سکوی متحرک نسبت به دستگاه اینرسی

ω_p : بردار سرعت زاویه‌ای مطلق سکوی متحرک

$\bar{\mathbf{I}}_p$: ماتریس ممان اینرسی سکوی متحرک

m_p : جرم سکوی متحرک

$\mathbf{V}_{pi}$: بردار سرعت مرکز جرم پیستون جک i ام نسبت به دستگاه اینرسی

ω_{pi} : بردار سرعت زاویه‌ای مطلق پیستون جک i ام

$\bar{\mathbf{I}}_{pi}$: ماتریس ممان اینرسی پیستون جک i ام

m_{pi} : جرم پیستون جک i ام

$\mathbf{V}_{ci}$: بردار سرعت مرکز جرم سیلندر جک i ام نسبت به دستگاه اینرسی

ω_{ci} : بردار سرعت زاویه‌ای مطلق سیلندر جک i ام

$\bar{\mathbf{I}}_{ci}$: ماتریس ممان اینرسی سیلندر جک i ام

m_{ci} : جرم سیلندر جک i ام

δ_i :میزان فشردگی فنر i ام متصل به بوم

Δ : دامنه لقی

h : خارج از مرکزی جرم سکوی متحرک

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
تهیه شده در آزمایشگاه

چکیده

امروزه از رباتهای موازی با سیستم محرک هیدرولیکی در بسیاری از سیستمهای رباتیک مانند سیمولاتورهای پرواز وماشینهای ابزار استفاده می‌شود. بررسی رفتار این سیستمها به حل مسائل دینامیک سیستمهای مقید نیاز دارد. کنترل هیدرولیکی این سیستمها نیز با پیچیدگیهای ویژه‌ای همراه است. وجود عوامل متعدد غیر خطی مانند لقی و رفتار غیر خطی اجزای مدار هیدرولیکی، مدلسازی و کنترل این سیستمها را با مشکل مواجه می‌سازد. در این پایان نامه هدف بررسی اثر عوامل غیر خطی در دینامیک رباتهای موازی است.

درفصل اول این پایان نامه تاریخچه‌ای از تحقیقات صورت گرفته ذکر می‌شود. در فصل دوم با معرفی یک سرو مکانیزم هیدرولیکی یک درجه آزادی و سیستم کنترلی آن، اثرات رفتار غیر خطی شیر تناسبی بر عملکرد این سرو مکانیزم از طریق شبیه سازی عددی مطالعه می‌شود. در فصل سوم با مدلسازی لقی در پایه جک این سرو مکانیزم به کمک یک مدل صلب- انعطاف پذیر، اثر لقی بر رفتار سیستم بررسی می‌شود. در فصل چهارم با معرفی مکانیزم سیمولاتور موج به عنوان یک ربات موازی صفحه‌ای دو درجه آزادی، معادلات سینماتیکی و دینامیکی این مکانیزم استخراج می‌شوند. سپس با استفاده از روش مفاصل مجزا به کنترل مکانیزم پرداخته شده و اثرات غیر خطی شیر تناسبی بر رفتار مکانیزم از طریق مشابه سازی عددی مطالعه می‌گردد. در فصل پنجم ابتدا رفتار سیمولاتور موج با لقی در پایه جکها بررسی شده، سپس معادلات حرکت مکانیزم سیمولاتور همراه با سیستم حذف کننده لقی بوم استخراج می‌شوند. در ادامه رفتار سیستم در این حالت شبیه سازی عددی شده و مقادیر مناسب پارامترهای سیستم حذف کننده لقی از طریق سعی و خطا به عنوان نتیجه طراحی ارائه می‌شوند.

فصل اول

مقدمه

امروزه استفاده از مکانیزمهای موازی یا حلقه بسته در سیستمهای رباتیک به صورت امری متداول درآمده است. با توجه به بکارگیری رباتهای موازی در سیستمهای دقیق، بحث کنترل این نوع رباتها جزو مهمترین مباحث این بخش از دانش رباتیک قرار می‌گیرد. در این مقدمه ابتدا پیرامون رباتهای موازی، کنترل آنها و تحقیقات انجام شده در این زمینه بحث شده سپس روند پایان نامه ارائه می‌شود.

۱-۱) رباتهای موازی

رباتها با توجه به شکل هندسی‌شان به دو دسته کلی سری[1] و موازی[2] تقسیم می‌شوند. رباتهای سری که متداولترین نوع رباتها هستند از زنجیره های باز سینماتیکی تشکیل شده‌اند. این زنجیره از پایه ربات تا پنجه آن ادامه می‌یابد. ساختار سری دارای مزایایی چون دسترسی به نقاط دور، فضای کار بزرگ و قابلیت مانور بالا است. نقطه ضعف عمده این رباتها صلبیت کم، فرکانس طبیعی پایین و عدم توانایی حمل بارهای سنگین است. همچنین مشکل نصب محرکها در روی هر عضو و تبعات ناشی از آن از معایب رباتها سری است.

با توجه به این معایب، طراحی و بهره برداری از رباتهای موازی مدتی است که مورد توجه محققان و شرکتهای صنعتی قرار گرفته است. مکانیزم این رباتها از یک یا چند حلقه بسته سینماتیکی تشکیل می‌شود به

1- Serial Manipulators

2- Parallel Manipulators