بسم الله الرحمن الرحيم

به نام خدا

دانشکده مهندسی مکانیک

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک گرایش طراحی کاربردی

کنترل فعال ارتعاشات تیر توسط لایه های پیزوالکتریک و کنترلر فازی

دانشجو:

حدیث ژرفی

استاد راهنما:

دکتر محمد رضا آشوری

شهریور۸۹

تشکر و قدردانی

یگانه معبود هستی، باکمال لطف وبخشش و تمام مهربانی و سخاوتش بنده حقیر خویش را در مسیر تکامل نهاد و این مجال را عنایت کرد تا قدم در راه علم ومعرفت نهد. ستایش از آن اوست، او که معین و مبین است و تمسک بر او پیروزی در هر کار است.

جا دارد از استاد ارجمندم جناب آقای دکتر آشوری کمال تشکر را داشته باشم، بی شک حصول نتیجه و رسیدن به این درجه مقدور نمی گشت مگر با مساعدت و هدایت ایشان.

از جناب آقای دکتر سعادت و جناب آقای دکتر نیکوبین که زحمت داوری این پروژه را بر عهده گرفتند بسیار سپاسگزارم.

تقدیم به

پدر و مادر عزیزم

که گرمای وجودشان امید بودن من است.

تقدیم به

برادران مهربانم

که وجودشان سراسر صفا و صمیمیت است.

اصالت پایان نامه:

بدین وسیله اظهار می‌دارد کلیه نتایج ارائه شده در این پایان‌نامه حاصل تحقیقات اینجانب است و تاکنون به منظور اخذ هرگونه مدرک تحصیلی به هیچ مرجعی تسلیم نشده است. علاوه بر این تمام منابع علمی و اطلاعاتی مورد استفاده در این پایان‌نامه به نویسندگان مربوط ارجاع داده شده است.

نام و نام خانوادگی دانشجو: حدیث ژرفی

امضا:

فهرست مطالب

۱مقدمه..... ۱

۱-۱ اهمیت موضوع..... ۱

۱-۲ مدل اجزا محدود..... ۲

۱-۳ مواد پیزوالکتریک..... ۴

۱-۴ کنترل فعال ارتعاشات..... ۴

۱-۵ منطق فازی و کنترلرهای فازی..... ۵

۱-۶ پیشینه تحقیق..... ۱۰

۱-۷ عناوین مورد بررسی در پایان نامه..... ۱۲

۲روش‌های مختلف کنترل ارتعاشات..... ۱۳

مقدمه ۱۳

۲-۱ روش‌های کنترل ارتعاشات ۱۴

۲-۲ کنترل انفعالی ارتعاشات ۱۵

۲-۳ کنترل فعال ارتعاشات ۱۸

۲-۴ اجزای سیستم ۲۰

۲-۴-۱ محرکها ۲۰

۲-۴-۲ سنسورها ۲۲

۲-۴-۳ استراتژی کنترل ۲۲

۲-۴-۳-۱ کنترل فیدبک ۲۳
۲-۴-۳-۲ کنترل فیدفروارد ۲۵
۳ مواد پیزوالکتریک ۲۷
مقدمه ۲۷
۳-۱ موادپیزوالکتریک ۲۹
۳-۲ معادلات حاکم بر مواد پیزوالکتریک ۳۰
۳-۲-۱ مواد تک بعدی ۳۰
۳-۲-۱-۱ قطبی کردن ۳۰
۳-۲-۲ پیزوالکترسیته ۳۲
۳-۲-۳ پیزوالکترسیته خطی ۳۳
۳-۲-۴ لایه‌های پیزوالکتریک ۳۶
۳-۲-۵ چند لایه ای ها ۳۷
۳-۲-۶ مدهای تحریک مواد پیزوالکتریک ۴۰
۳-۳ مدلسازی برای طرحهای ورقه‌ای (laminar): ۴۴
۳-۳-۱ تیر تحت خمش خالص ۴۶
۳-۳-۱-۱ تحریک کننده ۴۶
۳-۳-۱-۲ حسگر ۴۸
۳-۴ فیلتر مدال ۵۰
۴ کنترل فعال ارتعاشات ۵۴
مقدمه ۵۴

مروری بر موضوع..... ۵۴
۴-۱ کنترلر PID..... ۵۶
۴-۱-۱ میزان‌کردن PID..... ۵۷
۴-۱-۱-۱ روش پاسخ پله Ziegler – Nichols..... ۵۷
۴-۱-۱-۲ روش پاسخ فرکانسی Ziegler-Nichols..... ۵۸
۴-۱-۱-۳ روش Chein – Hrones – Reswick..... ۵۹
۴-۲ معرفی کنترل کننده فازی..... ۵۹
۴-۲-۱ پیش پردازنده..... ۶۰
۴-۲-۲ پایگاه قواعد..... ۶۱
۴-۲-۳ فازی ساز..... ۶۴
۴-۲-۴ مکانیزم استنتاج..... ۶۴
۴-۲-۵ غیر فازی ساز..... ۶۵
۴-۲-۶ پس پردازنده..... ۶۶
۴-۳ اعمال کنترلر PID..... ۶۶
۴-۴ اعمال کنترلر فازی..... ۶۹
۴-۵ ساختار شبکه های فازی وعصبی والگوریتم یادگیری در آنها..... ۸۵
نتیجه گیری و پیشنهادات..... ۹۰
منابع و مراجع..... ۹۳
پیوست الف..... ۹۸
الف-۱روابط حاکم بر مواد پیزوالکتریک..... ۹۸

پیوست ب..... ۱۰۲
ب-۱مدلسازی سازه با استفاده ازنرم افزار ANSYS..... ۱۰۲
پیوست پ..... ۱۱۰
پ-۱ معرفی کنترل کننده فازی- یادگیر مدل مبنا(FMRLC) ۱۱۰

فهرست اشکال

شکل (۱-۱)- نمونه ای از استفاده از سازه های هوشمند پیزوالکتریک در صنایع هوافضا..... ۲

شکل(۲-۱) - منابع ارتعاشات پایه..... ۱۵

شکل(۲-۲)-استهلاک انفعالی ارتعاشات..... ۱۵

شکل (۲-۳)-انتقالپذیری سیستم تعلیق بر حسب فرکانس نرمالایز شده..... ۱۷

شکل(۲-۴)-اجزای حلقه فیدبک..... ۲۴

شکل(۲-۵)-سیستم کنترل فیدفروارد دستوری وارتعاشی..... ۲۶

شکل(۳-۱)- باردار شدن خازن دارای دی الکتریک..... ۳۱

شکل(۳-۲) -لایه کامپوزیتی همراه با پچ پیزوالکتریک روی آن..... ۳۶

شکل(۳-۳)- نیروهای برآیندی (Kirchhoff) ۳۸

شکل(۳-۴)- ساختار و پارامترهای مواد چند لایه..... ۳۸

شکل(۳-۵)- دو نمونه از رایج ترین تحریک کننده های پیزوالکتریک..... ۴۱

شکل(۳-۶)- تحریک برشی (Shear) ۴۳

شکل(۳-۷)- تحریک کننده بای مورف..... ۴۴

شکل(۳-۸)- نحوه قرارگیری فیلم پیزوالکتریک بر روی تیر..... ۴۷

شکل(۳-۹)- تحریک کننده لایه ای پیزوالکتریک..... ۴۸

شکل(۳-۱۰)- اتصال لایه پیزوالکتریک به عنوان حسگر..... ۴۹

شکل (۴-۱)-کنترلر PID ۵۷

شکل(۴-۲)-پاسخ سیستم همراه با PID..... ۵۷

شکل (۴-۳)-کنترل کننده فازی..... ۶۰

شکل (۴-۴)- تابع عضویت برای متغیر کلامی..... ۶۲

شکل (۴-۵)- نمایش توابع عضویت ورودیها و خروجیها..... ۶۳
شکل (۴-۶)- بلوک دیاگرام سیستم همراه با کنترلر PID ۶۶
شکل (۴-۷)- تیر یکسرگیردار با لایه های پیزوالکتریک..... ۶۶
شکل (۴-۸)-مدل اجزا محدودتیر یکسرگیردار با لایه های پیزوالکتریک..... ۶۷
شکل (۴-۹)- پاسخ زمانی سرآزاد تیربه تحریک رندم اعمال شده در نود پنجم تیر..... ۶۸
شکل (۴-۱۰)- پاسخ سیستم حلقه بسته به اغتشاشات ترکیب سه مد اول..... ۶۸
شکل (۴-۱۱)- پاسخ زمانی نقطه میانی تیربه تحریک رندم اعمال شده در سرآزاد تیر..... ۶۹
شکل (۴-۱۲)- پاسخ سیستم حلقه بسته در ارتعاشات آزاد..... ۶۹
شکل (۴-۱۳)- کنترل حلقه بسته سیستم در حضور کنترلر فازی..... ۶۹
شکل (۴-۱۴)- پاسخ حلقه بسته سیستم در سرآزادتیر به تحریک رندم اعمال شده در نود پنجم تیر..... ۷۰
شکل (۴-۱۵)- پاسخ حلقه بسته سیستم(باکنترلرفازی) به تحریک رندم اعمال شده در نود پنجم تیر..... ۷۱
شکل(۴-۱۶)- پاسخ تیر در نود هشتم(با وبدون کنترلرفازی) به تحریک رندم اعمال شده در نود پنجم تیر..... ۷۱
شکل(۴-۱۷)-پاسخ حلقه بسته سیستم نود هشتم تیر به تحریک رندم اعمال شده در نود پنجم تیر..... ۷۱
شکل(۴-۱۸)-پاسخ حلقه بسته سیستم(باکنترلرفازی) به تحریک رندم اعمال شده در نود پنجم تیر..... ۷۲
شکل(۴-۱۹)-پاسخ تیر در نود ششم(با وبدون کنترلرفازی) به تحریک رندم اعمال شده در نود پنجم تیر..... ۷۲
شکل(۴-۲۰)-پاسخ حلقه بسته سیستم در نود پنجم به تحریک رندم اعمال شده در نود پنجم تیر..... ۷۲
شکل(۴-۲۱)- پاسخ حلقه بسته سیستم در نود پنجم به تحریک رندم اعمال شده در نود پنجم تیر..... ۷۳
شکل(۴-۲۲)-پاسخ حلقه بسته سیستم درنود چهارم به تحریک رندم اعمال شده درنود پنجم تیر..... ۷۳
شکل(۴-۲۳)- پاسخ حلقه بسته سیستم درنود چهارم به تحریک رندم اعمال شده درنود پنجم تیر..... ۷۳
شکل(۴-۲۴)- پاسخ سیستم حلقه بسته در سرآزاد تیر همراه با کنترلر فازی در ارتعاشات آزاد..... ۷۴
شکل (۴-۲۵)- پاسخ حلقه بسته سیستم در نود هفتم به تحریک رندم اعمال شده در نود پنجم تیر..... ۷۴
شکل(۴-۲۶)- پاسخ تیر در مرجع [۱۳] به تحریک هارمونیک در حالت پایداربدون کنترل..... ۷۶

شکل(۴-۲۷)- پاسخ تیر در مرجع [۱۳] به تحریک هارمونیک در حالت پایداربا کنترل تناسبی فیدبک کرنش.....۷۶
شکل(۴-۲۸)- پاسخ تیر در مرجع [۱۳] به تحریک هارمونیک در حالت پایداربا کنترل تناسبی فیدبک جابجایی.....۷۶
شکل(۴-۲۹)- پاسخ تیراستفاده شده در مرجع [۱۳] به تحریک هارمونیک در حالت پایدار.....۷۶
شکل(۴-۳۰)- پاسخ سیستم حلقه بسته در انتهای آزاد تیر همراه با کنترلر فازی در ورودی پله.....۷۷
شکل(۴-۳۱)- پاسخ سیستم حلقه بسته در نود پنجم تیر همراه با کنترلر فازی در ورودی پله.....۷۷
شکل(۴-۳۲)- مدل اجزا محدودتیر یکسرگیردار با سطح مقطع متغیر.....۷۸
شکل(۴-۳۳)-پاسخ حلقه بسته تیر سطح مقطع متغیر در نود سوم به تحریک رندم اعمال شده در نود پنجم تیر.....۷۸
شکل(۴-۳۴)- پاسخ حلقه بسته تیر سطح مقطع متغیر در نود سوم به تحریک رندم اعمال شده در نود پنجم تیر.....۷۸
شکل(۴-۳۵)- پاسخ حلقه بسته تیر سطح مقطع متغیردر نودچهارم به تحریک رندم اعمال شده در نود پنجم تیر.....۷۹
شکل(۴-۳۶)- پاسخ حلقه بسته تیر سطح مقطع متغیردر نودچهارم به تحریک رندم اعمال شده در نود پنجم تیر.....۷۹
شکل(۴-۳۷)- پاسخ حلقه بسته تیر سطح مقطع متغیر در نودپنجم به تحریک رندم اعمال شده در نود پنجم تیر.....۷۹
شکل(۴-۳۸)- پاسخ حلقه بسته تیر سطح مقطع متغیر در نودپنجم به تحریک رندم اعمال شده در نود پنجم تیر.....۸۰
شکل(۴-۳۹)- پاسخ حلقه بسته تیر سطح مقطع متغیر در نودششم به تحریک رندم اعمال شده در نود پنجم تیر.....۸۰
شکل(۴-۴۰)- پاسخ حلقه بسته تیر سطح مقطع متغیر در نودششم به تحریک رندم اعمال شده در نود پنجم تیر.....۸۰
شکل(۴-۴۱)- پاسخ حلقه بسته تیر سطح مقطع متغیر در نودهفتم به تحریک رندم اعمال شده در نود پنجم تیر.....۸۱
شکل(۴-۴۲)- پاسخ حلقه بسته تیر سطح مقطع متغیر در نودهفتم به تحریک رندم اعمال شده در نود پنجم تیر.....۸۱
شکل(۴-۴۳)- پاسخ حلقه بسته تیر سطح مقطع متغیر در نود نهم به تحریک رندم اعمال شده در نود پنجم تیر.....۸۲
شکل(۴-۴۴)- پاسخ حلقه بسته تیر سطح مقطع متغیر در نود نهم به تحریک رندم اعمال شده در نود پنجم تیر.....۸۲
شکل(۴-۴۵)- پاسخ حلقه بسته تیر سطح مقطع متغیر درسرآزاد به تحریک رندم اعمال شده در نود پنجم تیر.....۸۲
شکل(۴-۴۶)- پاسخ حلقه بسته تیر سطح مقطع متغیر درسرآزاد به تحریک رندم اعمال شده در نود پنجم تیر.....۸۳
شکل(۴-۴۷)- پاسخ حلقه بسته تیر سطح مقطع متغیر درسرآزاد به تحریک پله اعمال شده در نود پنجم تیر.....۸۴
شکل(۴-۴۸)- پاسخ تیردر نقطه میانی(باکنترلرفازی اولیه) به تحریک رندم اعمال شده در سرآزاد تیر.....۸۴

شکل(۴-۴۹)- پاسخ تیردر نقطه میانی(باکنترلرفازی اولیه) به تحریک رندم اعمال شده درنودنهم تیر.....۸۴
شکل(۴-۵۰)- پاسخ حلقه بسته سیستم به تحریک رندم اعمال شده در نودپنجم تیرو اغتشاش وارده در نود نهم.....۸۴
شکل(۴-۵۱)-ساختار یک شبکه تطبیقی.....۵۷
شکل(۴-۵۲)-ساختمان ANFIS.....۸۷
شکل(۴-۵۳)- توابع عضویت در ANFIS.....۸۷
شکل(۴-۵۴)- قوانین فازی.....۸۸
شکل(۴-۵۵)- نتیجه اعمال کنترلر تطبیقی فازی-عصبی درنقطه میانی تیردر حالت تحریک رندم در سرآزادتیر.....۸۸
شکل(۴-۵۶)- نتیجه اعمال کنترلر تطبیقی فازی-عصبی در سرآزاد تیر، در حالت تحریک رندم در سرآزاد تیر.....۸۹
شکل(۴-۵۷)- نتیجه اعمال کنترلر فازی اولیه در سرآزادتیر، در حالت تحریک رندم در سرآزاد تیر.....۸۹
شکل(الف -۱)-المان در نظرگرفته شده در تحلیل اجزا محدود.....۱۰۱
شکل(الف -۲)- توابع درونیابی المان.....۱۰۱
شکل(ب-۱)-المان Solid۵.....۱۰۳
شکل (ب-۲)-مدل اجزا محدود تیر در نرم افزار.....۱۰۴
شکل (ب-۳)-شکل مد اول تیر.....۱۰۵
شکل (ب-۴)-شکل مد دوم تیر.....۱۰۵
شکل (ب-۵)-شکل مد سوم تیر.....۱۰۵
شکل(ب-۶)- کرنش سر آزاد تیر در تحلیل هارمونیک.....۱۰۵
شکل(ب-۷)- تنش سر آزاد تیر در تحلیل گذرا با تحریک ثابت تحریک ثابت (f=۱N در سر آزاد تیر)، با v=۱۰.....۱۰۶
شکل(ب-۸)- کرنش نقطه میانی تیر در تحلیل گذرا با تحریک ثابت (f=۱N در سر آزاد تیر)، باv=۱۰.....۱۰۶
شکل(ب-۹)- کرنش سرآزاد تیردر تحلیل گذرا با تحریک ثابت (f=۱N در سر آزاد تیر)، باv=۱۰.....۱۰۶
شکل(ب-۱۰)- کرنش سرآزاد تیردر تحلیل گذرا با تحریک ثابت (f=۱N در سر آزاد تیر)، باv=۲۰.....۱۰۷
شکل (ب-۱۱)- کرنش سرآزاد تیردر تحلیل گذرا با تحریک ثابت (f=۱N در سر آزاد تیر)، باv=۵۰.....۱۰۷

شکل(ب-۱۲)- کرنش نقطه میانی تیردر تحلیل گذرا با شرایط اولیه جابجایی در سرآزاد، با۱۰=v.....۱۰۷
شکل(ب-۱۳)- کرنش نقطه میانی تیردر تحلیل گذرا با شرایط اولیه جابجایی در سرآزاد، با۵۰=v.....۱۰۸
شکل(ب-۱۴)- کرنش نقطه میانی تیردر تحلیل گذرا با شرایط اولیه جابجایی در سرآزاد، با۱۰۰=v.....۱۰۸
شکل(ب-۱۵)-بلوک دیاگرام کنترل فعال.....۱۰۸
شکل(ب-۱۶)- ارتعاشات آزاد تیردر تحلیل گذرا ، با۱۰۰=v.....۱۰۹
شکل(ب-۱۷)- ارتعاشات آزاد تیردر تحلیل گذرا ، با۱۰۰=v ۱۰۹
شکل(ب-۱۸)- ارتعاشات آزاد تیردر تحلیل گذرا ، با۱۰۰=v با ضرایب مختلف کنترلر.....۱۰۹
شکل(پ-۱)- کنترل فازی یادگیر مدل مبنا.....۱۱۱
شکل(پ-۲)-پاسخ حلقه بسته سیستم(با کنترلر یادگیرمدل مبنا) به تحریک رندم اعمال شده در نود نهم تیر.....۱۱۴

فهرست جداول

جدول(۱-۱)- پارامترهای المان اجزامحدود پیزوالکتریک..... ۳

جدول (۳-۱)- نوتاسیون ماتریسی ۳۴

جدول (۳-۲)- خواص PZT و PVDF ۴۳

جدول(۳-۳)- مقایسه بین انواع تحریک کننده های پیزوالکتریک..... ۴۴

جدول(۴-۱) ضرایب کنترلر PID به روش روش پاسخ پله ۵۸

جدول (۴-۲) - ضرایب کنترلر PID به روش پاسخ فرکانسی ۵۸

جدول (۴-۳)- ضرایب کنترلر PID به روش Chein – Hrones – Reswick..... ۵۹

جدول(۴-۴)- مجموعه قواعد فازی..... ۶۲

جدول (۴-۵)-مشخصات تیر..... ۶۷

جدول (۴-۶)-مشخصات لایه های پیزوالکتریک..... ۶۷

جدول(۴-۷)- فرکانسهای طبیعی تیر..... ۶۷

جدول (۴-۸)- مقایسه RMS سیگنال خروجی کنترلرهای فازی و کنترلر PID..... ۷۵

جدول(۴-۹)- مشخصات تیر مرجع[۱۳] ۷۵

جدول(۴-۱۰)- روند الگوریتم ترکیبی در شبکه های فازی-عصبی..... ۸۶

جدول(ب-۱)- المانهای مورد استفاده در مدلسازی مواد پیزوالکتریک..... ۱۰۳

جدول(ب-۲)-مشخصات مکانیکی پیزوالکتریک و معرفی خواص آن در نرم افزار ANSYS..... ۱۰۴

فهرست علائم و اختصارات

علائم

چگالی ..... ρ

جرم ..... m

سختی فنر ..... k

ضریب میرایی دمپر ..... b

فرکانس طبیعی ..... ω

میدان الکتریکی ..... $\{E\}$

بردار تنش ..... $\{T\}$

بردار کرنش ..... $\{S\}$

بردارجابجایی الکتریکی ..... $\{D\}$

ثابت صلبیت ماده (مدول یانگ) C

ضریب کوپلینگ پیزوالکتریک ..... d

قابلیت نفوذپذیری الکتریکی ..... ε

ضریب پواسون ..... ν

نیرو ..... f

ولتاژ v

انحنا ..... κ

خطا ..... $e(t)$

مشتق خطا ..... $de(t)/dt$

درجه عضویت ..... μ

مرکز تابع عضویت قاعده a ام ..... x^a

اختصارات

PID……..Proportional-Integro-Differential

LQR……..Linear Quadratic Regulator

LQG…… Linear Quadratic Gausian

PPF…… Positive Position Feedback

SRF……Strain Rate Feedback

FRF…….. Frequency Response Function

RMS……Root Mean Square

ANFIS…….. Adaptive Neuro Fuzzy Inference System

APDL…… Ansys Programming Design Language

Min……..Minimum

Max……..Maximum

FMRLC……..Fuzzy Model Reference Learning Algorithm

چکیده

در سال های اخیر استفاده از کنترل فعال ارتعاشات به منظور رفع ارتعاشات ناخواسته در سازه های مهندسی بطور چشمگیری گسترش یافته است. ارتعاشات همواره فاکتور مهم و تعیین کننده ای در طراحی سیستم ها می باشد و همواره هدف از طراحی حذف و یا کاهش ارتعاشات و در نتیجه حداقل نمودن خسارات و افزایش عمر و کارکرد سازه می باشد. در این میان سازه های هوشمند پیزوالکتریک به علت مزایای متعدد کاربرد روزافزونی یافته اند. هدف اصلی این رساله بررسی مسئله کنترل فعال ارتعاشات در سازه های هوشمند می باشد. برای این منظور یک تیریکسرگیردار با سطح مقطع ثابت و متغیر همراه با سنسور و محرک پیزوالکتریک که روی سطوح فوقانی و تحتانی تیر نصب شده اند در نظر گرفته شده است. مدل اجزا محدود تیر همراه با لایه های پیزوالکتریک، بدست آمده و تحلیل مدال روی تیر برای یافتن فرکانسهای طبیعی و شکل مدهای تیر هوشمند انجام شده است. سپس پاسخ زمانی و پاسخ فرکانسی این مدل استخراج شده است. برای تکمیل حلقه کنترل فعال و به منظور افزایش میرایی و کاهش دامنه نوسانات تیر در حالت بدون تحریک وهمچنین در حضور اغتشاشات و تحریکات خارجی، در ابتدا کنترلر کلاسیک PID برای سیستم طراحی شده است. سپس برای افزایش کارایی کنترل از کنترلر فازی برای کنترل ارتعاشات سیستم فوق استفاده شده است و کنترلر فازی مناسب طراحی گردیده است. در ادامه برای برطرف نمودن مشکل عدم قابلیت انطباق و قابلیت یادگیری کنترلرهای فازی از تلفیق شبکه های هوشمند فازی-عصبی به منظور آموزش کنترلر فازی استفاده شده است و کنترلر تطبیقی فازی-عصبی طراحی گردیده است، همچنین کنترلرتطبیقی فازی یادگیر مدل مبنا نیز برای سیستم طراحی شده است. بدین صورت کارایی کنترلر در حضور اغتشاشات ناخواسته و یا هرگونه نامعینی های سیستم تضمین شده است. علاوه بر این، مدل اجزامحدود تیر توسط نرم افزار ANSYS بدست آمده و پاسخ حالت گذرای سیستم به تحریکات خارجی و به شرایط اولیه اعمال شده بر آن در حالت حلقه بسته و حلقه باز بررسی گردیده است.

کلمات کلیدی: کنترل فعال، سازه هوشمند، پیزوالکتریک، تحلیل اجزا محدود، کنترلر PID، کنترلر فازی، کنترلر تطبیقی فازی-عصبی.

فصل اول: مقدمه

۱-۱)اهمیت موضوع

هدف از طراحی بسیاری از سازه های سبک و انعطاف پذیر تحمل بارهای زیاد در سرعت های بالاست. در اینصورت ارتعاشات نقش تعیین کننده ای در طراحی سازه خواهد داشت و همواره باید به عنوان یکی از معیارهای طراحی مدنظر قرار گیرد. عدم توجه به این پارامتر مهم ممکن است خسارات جبران ناپذیری به سیستم اعمال کند و یا باعث ازکارافتادگی آن گردد بنابراین کنترل دامنه ارتعاشات و کاهش آن تا حد امکان، یکی از مسائل مهم و کاربردی می باشد. کنترل فعال ارتعاشات در بسیاری از زمینه ها کاربرد دارد، برای مثال در صنایع اتومبیل سازی [۱و۲و۳و۴]، صنایع هوانوردی [۵و۶]، در زمینه هوا فضا [۷و۸]، ایمنی ساختمانها در مقابل زلزله [۹و۱۰و۱۱]. برای مثال از سازه های هوشمند و کنترل فعال در ساخت باله های موشک، پره های روتور هلیکوپتر، بال هواپیما و اجزای ماشین و...استفاده می شود[۱۲].

شکل (۱-۱)- نمونه ای از استفاده از سازه های هوشمند پیزوالکتریک در کنترل ارتعاشات در صنایع هوافضا[۱۲]

۱-۲) مدل اجزا محدود

روش اجزا محدود بطور قابل توجهی در بررسی پاسخ سازه هایی که دارای تعامل مشترک الکترومکانیکی هستند کاربرد یافته است. حتی توابع و معادلات مربوط به سنسور و محرک در سازه های هوشمند با تکنیک اجزا محدود قابل شبیه سازی است.

بررسی جامع و کامل در زمینه بکارگیری روش اجزا محدود در سازه های هوشمند توسط Mackerle در سال ۲۰۰۳ ارائه شد. مقالاتی که در این زمینه ارائه شده اند در چند بخش قابل تقسیم بندی است: مواد هوشمند، اجزا و سازه های هوشمند، سنسورها و محرک های هوشمند، تکنولوژی کنترل ارتعاشات. پیشرفت عمده در زمینه مدل اجزا محدود سازه های تلفیقی در سال ۲۰۰۰ توسط Benjeddou ایجاد شد. اطلاعات مفیدی در زمینه پارامترهای مختلف اجزا محدود استفاده شده در مواد هوشمند مانند شکل المان، متغیرها، درجات آزادی المان و ... برای سازه های مختلف مانند تیر، صفحه، پوسته و... در جدول (۱-۱) گردآوری شده است[۱۳].