



دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده مهندسی مکانیک

پایان نامه کارشناسی ارشد گرایش سازه و بدنه خودرو

کنترل فعال نگهدارنده های موتور در یک خودرو سواری

استاد راهنما:

جناب آقای دکتر شهرام آزادی

نگارش:

فرشاد سلیمی ننه کران

زمستان ۱۳۹۰



این پایان نامه را، به پاس زحمات بی‌حد و حصرشان، به پدر و مادر بسیار عزیزم، با نهایت خضوع و بندگی تقدیم می‌نمایم پدر و مادری که از خودگذشتگی را به معنای واقعی کلمه در حق فرزندانشان ادا کرده اند و والدینی که تنها خدغه زندگی‌شان فرزندانشان می‌باشد از فداکاری‌های بی‌آنان به هیچ عنوان نمی‌توان در قالب کلمات و جملات تقدیر نمود، ولی آرزو دارم که بتوانم پاسخگوی بخش بسیار کوچکی از ایثارشان باشم امیدوارم که اولادی صالح برایشان بوده و مایه سربلندی‌شان باشم و در نهایت، امیدوارم که خلا وجودشان اینچ گاه در زندگی تجربه نمایم، چرا که دنیای خالی از مهر پدر و مادر، همنمی‌میش نخواهد بود



دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده مکانیک

تاییدیه هیات داوران

هیات داوران پس از مطالعه پایان نامه و شرکت در جلسه دفاع از پایان نامه تهیه شده تحت عنوان: کنترل فعال نگهدارنده های موتور در یک خودرو سواری توسط آقای فرشاد سلیمی ننه کران صحت و کفایت تحقیق انجام شده را برای اخذ درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی مکانیک گرایش سازه و بدنه خودرو با رتبه مورد تایید قرار می دهند.

- | | | |
|---------------|---------------------------|---------------------------|
| امضا | آقای دکتر شهرام آزادی | ۱- استاد راهنما |
| امضا | آقای دکتر امیر حسین شامخی | ۲- ممتحن داخلی |
| امضا | آقای دکتر رضا کاظمی | ۳- ممتحن داخلی |
| امضا .. | آقای دکتر امیر حسین شامخی | ۴- نماینده تحصیلات تکمیلی |

اظهار نامه دانشجو

موضوع پایان نامه: کنترل فعال نگهدارنده های موتور در یک خودرو سواری

استاد راهنما: دکتر شهرام آزادی

نام دانشجو: فرشاد سلیمی ننه کران

شماره دانشجویی: ۸۸۰۲۰۱۴

اینجانب فرشاد سلیمی ننه کران دانشجوی دوره کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک گرایش سازه و بدنه خودرو دانشکده مکانیک دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی گواهی می نمایم که تحقیقات ارائه شده در این پایان نامه توسط شخص اینجانب انجام شده و صحت و اصالت مطالب نگارش شده مورد تایید می باشد و در موارد استفاده از کار دیگران محققان به مرجع مورد استفاده اشاره شده است. به علاوه، گواهی می نمایم که مطالب مندرج در پایان نامه تا کنون برای دریافت هیچ نوع مدرک علمی امتیازی توسط اینجانب یا هر فرد دیگری در هیچ جا ارائه نشده است و در تدوین متن پایان نامه چارچوب (فرمت) مصوب دانشگاه را به طور کامل رعایت کرده ام.

امضا دانشجو:

تاریخ:

فرم حق طبع و نشر و مالکیت نتایج

۱- حق چاپ و تکثیر این پایان نامه متعلق به نویسنده آن می باشد. هر گونه کپی برداری به صورت کل پایان نامه بی بخشی از آن تنها با موافقت نویسنده بی کتابخانه دانشکده مکانیک دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی مجاز می باشد.

ضمناً متن این صفحه نیز باید در نسخه تکثیر شده وجود داشته باشد.

۲- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی می باشد و بدون اجازه دانشگاه به شخص ثالث قابل واگذاری نیست.

همچنین استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در این پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

تقدیر و تشکر

بر خود لازم می‌دانم که از تمامی زحمات استاد ارجمندم جناب آقای دکتر شهرام آزادی، که بارها بهمانی‌های پرثمر خودشان اینجانب برادر
اتمام رساندن این تحقیق یاری کردند نهایت تشکر و قدردانی را به لقم آورم. امیدوارم که روزی بتوانم گوشه‌ای از الطاف مزید ایشان را
جبران نمایم. نیاز به ادای این مطلب نیست که افتخار نگارگری ایشان تا بد باعث دلگرمی اینجانب خواهد بود است که در طول این مدت
توانسته باشم حسن نظر ایشان را جلب کرده باشم

در ادامه از بیماری دوستان بسیار عزیزم، آقایان مهندس مهرداد افشاری و مهندس جلال سرآبادانی، که با بهمدلی خود تحمل بار سنگین بلامت
رساندن این تحقیق را بر ایمن سهل نمودند از مصمم قلب سپاسگذاری می‌کنم ز بهکاری‌های جناب آقای مهندس یثیم امیرزاده که با کثافت و بی
وصف ناشدنی خود اینجانب را یاری نمودند کمال تشکر را دارم از دوستان صمیمی ام، آقایان حبیب‌الله باقمان، علیچ و رحیم فتوره‌چی که از بهان
بدو ورود به تهران زمینه راحتی اینجانب را با مهربانی‌های خود و خانواده‌هایشان محیا کردند خالصانه تشکر از پسر عموی بزرگوارم، جناب آقای
رامتین سلیمی‌ننه کران، که در همه لحظه‌های سخت زندگی در تهران در کنارم بوده و از این جانب حمایت کرده اند بی‌نهایت قدر دانی می‌م
نهایتاً، از دو خواهر مهربانم، که همیشه مایه دلگرمی ام بوده اند و با حرم وجودشان زندگی ام طراوت خاصی بخشیده اند و همسرانشان که برایم حکم
برادر را دارند با نهایت وجود تشکر می‌نمایم

چکیده

در دنیای امروز، اتومبیل ها نه تنها به عنوان یک وسیله نقلیه، بلکه به عنوان بخشی از زندگی مدرن محسوب می شوند. مخصوصاً خودرو های سواری که امروزه بخشی از زندگی هر فرد را تشکیل می دهند، از لحاظ راحتی از اهمیت بالایی برخوردارند. بنابر این بررسی خواص NVH در طراحی خودرو های کنونی بسیار با اهمیت می باشد. در نقطه نظر مقابل، نیاز شدیدی برای طراحی خودرو هایی می باشد که از نظر مصرف سوخت مقرون به صرفه و پاک باشند. زیرا از یک طرف مشتریان تمایل به خرید خودرو هایی با مصرف سوخت پایین دارند و از طرف دیگر دولت مردان خواهان کنترل آلودگی هستند. برای دستیابی به این دو هدف، اولاً طراحان، موتور ها را از نظر عملکرد بهینه می کنند و از طرف دیگر سعی در کاهش وزن خودرو دارند. ولی در حالت کلی کاهش وزن برای خواص NVH مضر می باشد. به همین خاطر، شیوه های فعال کنترل ارتعاشات و نویز برای بهبود خواص NVH به کار گرفته می شوند.

موتور به عنوان یکی از مهمترین عوامل ایجاد نویز و ارتعاش در خودرو ها می باشد، پس ایزولاسیون ارتعاشات موتور یکی از نکات مهم در بهبود خواص NVH اتومبیل می باشد. دسته موتور ها باید دو وظیفه متضاد را در خودرو ها به انجام برسانند: اولاً باید نقطه اتکای محکم و سختی برای موتور باشند و از طرف دیگر باید ارتعاشات موتور را به بدنه منتقل نکنند. یکی از ابتدایی ترین روش ها برای حذف مسیر نویز از موتور به بدنه استفاده از سفتی و میرایی کم است. این در حالی است که دسته موتور ها باید جابجایی موتور ناشی از ناصافی های خشن جاده و سایر علل ارتعاش را نیز کنترل کنند. این نیازهای متضاد مربوط به یک دسته موتور خودروسازان بزرگ جهان را به طفتن روش های جدید برای طراحی دسته موتور ها تشویق می کند.

دسته موتور های هیدرولیکی به عنوان جایگزینی مناسب برای دسته موتور های لاستیکی متداول می باشند چرا که توانایی ایجاد خواص ارتعاشی وابسته به فرکانس و دامنه تحریک را دارند. ولی این نوع دسته موتور ها به

دلیل داشتن خواص از پیش تعیین شده، دارای محدودیت هایی می باشند. به همین خاطر نسل جدیدی از

دسته موتور های هیدرولیکی تحت عنوان دسته موتور های هیدرولیکی فعال پا به عرصه صنعت خودرو سازی نهادند.

در این تحقیق، ابتدا به بررسی یک دسته موتور غیر فعال پرداخته و مدل ریاضی آن ارائه می شود. سپس یک دسته موتور فعال معرفی شده و مدل ریاضی آن استخراج می شود. در ادامه به شبیه سازی و مقایسه این دو مدل در شرایط یکسان پرداخته و مزیت مدل فعال نسبت به مدل غیر فعال مشخص خواهد شد. به علاوه، مدل ارتعاشی شش درجه آزادی یک موتور استخراج شده و شبیه سازی می شود. در نهایت این موتور شبیه سازی شده بر روی دسته موتور های غیرفعال و فعال قرار داده می شود تا بار دیگر مزیت نوع فعال نسبت به نوع غیر فعال نشان داده شود.

واژه های کلیدی: دسته موتور، جداسازی ارتعاشات، کنترل فعال نویز، مدل سازی، شبیه سازی، NVH

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول: کلیات.....
۱	۱-۱ مقدمه و تاریخچه.....
۱	۲-۱ عملکرد دسته موتور.....
۲	۳-۱ دسته موتورها.....
۳	۴-۱ عوامل مهم در ارتعاشات موتور.....
۳	۱-۴-۱ احتراق.....
۴	۲-۴-۱ نیروهای اینرسی و گشتاورهای اینرسی.....
۴	۳-۴-۱ تورک متغیر موتور.....
۴	۵-۱ بررسی خصوصیات مطلوب یک دسته موتور.....
۴	۱-۵-۱ تحریکات جاده.....
۶	۲-۵-۱ نامیزانی های موتور.....
۹	۶-۱ انواع دسته موتورها.....
۹	۱-۶-۱ دسته موتورهای ارتجاعی.....
۱۲	۲-۶-۱ دسته موتورهای هیدرولیکی غیرفعال.....
۱۵	۳-۶-۱ دسته موتورهای نیمه فعال موتور.....

۱۶	.....	۴-۶-۱ دسته موتورهای فعال موتور.....
۱۷	.....	۷-۱ محدودیت های انتخاب سیستم نگهدارنده موتور.....
۱۹	.....	فصل دوم: شبیه سازی.....
۱۹	.....	۱-۲ دسته موتورهای هیدرولیکی.....
۱۹	.....	۲-۲ تاریخچه.....
۲۲	.....	۳-۲ ساختار داخلی دسته موتورهای هیدرولیکی.....
۲۵	.....	۴-۲ شیار اینرسی.....
۲۵	.....	۵-۲ دی کاپلر.....
۲۷	.....	۶-۲ شبیه سازی دینامیکی دسته موتورهای هیدرولیکی.....
۲۷	.....	۱-۶-۲ مقدمه.....
۲۷	.....	۲-۶-۲ دسته موتورهای هیدرولیکی غیرفعال.....
۲۸	.....	۱-۲-۶-۲ معرفی پارامترهای سیستم.....
۳۱	.....	۳-۶-۲ دسته موتورهای هیدرولیکی فعال.....
۳۲	.....	۱-۳-۶-۲ محفظه بالایی.....
۳۳	.....	۲-۳-۶-۲ شیار اینرسی.....
۳۳	.....	۳-۳-۶-۲ دی کاپلر.....
۳۸	.....	فصل سوم: طراحی کنترلر.....
۵۸	.....	۲-۳ کنترل بهینه.....

۳۹	.....Linear Quadratic Regulator ۳-۳
۴۱	..... طراحی کنترلر..... ۴-۳
۴۲	..... معادلات فضای حالت سیستم..... ۱-۴-۳
۴۴	..... فصل چهارم: شبیه سازی دسته موتورها..... ۴-۳
۴۴	..... شبیه سازی..... ۱-۴
۴۴	..... ۲-۴ آوری از فصول گذشته..... ۴-۳
۴۴	..... ۱-۲-۴ معادلات مربوط به نیروی منتقل شده به شاسی در دسته موتور های غیر فعال..... ۴-۳
۴۵	..... ۲-۲-۴ معادلات مربوط به نیروی منتقل شده به شاسی در دسته موتور های فعال..... ۴-۳
۴۵	..... ۳-۴ نتایج شبیه سازی..... ۴-۳
۵۰	..... ۴-۴ بررسی نیروی منتقل شده بر حسب فرکانس..... ۴-۳
۵۲	..... ۱-۴-۴ سیستم های غیرفعال..... ۴-۳
۵۳	..... ۲-۴-۴ سیستم های فعال..... ۴-۳
۵۴	..... فصل پنجم : موتور..... ۴-۳
۵۴	..... ۱-۵ دینامیک و ارتعاشات موتور..... ۴-۳
۵۴	..... ۲-۵ تحلیل دینامیکی در حالت کلی..... ۴-۳
۵۴	..... ۱-۲-۵ نیروهای گلز..... ۴-۳
۵۵	..... ۲-۲-۵ نیروهای لختی..... ۴-۳
۵۵	..... ۳-۵ مدل سازی موتور..... ۴-۳

۶۲	۴-۵ نیروهای لختی.....
۶۲	۱-۴-۵ جرم معادل.....
۶۴	۲-۴-۵ محاسبه نیروهای لختی.....
۶۸	فصل ششم : شبیه سازی سیستم موتور و مجموعه دسته موتورها.....
۶۸	۱-۶ مقدمه.....
۶۹	۲-۶ دسته موتورهای غیرفعال.....
۶۹	۱-۲-۶ فرکانس ۹۰ رادیان بر ثانیه.....
۷۱	۲-۲-۶ فرکانس ۳۶۰ رادیان بر ثانیه.....
۷۳	۳-۲-۶ فرکانس ۵۲۰ رادیان بر ثانیه.....
۷۵	۳-۶ دسته موتورهای فعال.....
۷۵	۱-۳-۶ فرکانس ۹۰ رادیان بر ثانیه.....
۷۷	۲-۳-۶ فرکانس ۳۶۰ رادیان بر ثانیه.....
۷۹	۳-۳-۶ فرکانس ۵۲۰ رادیان بر ثانیه.....
۸۱	۴-۶ مقایسه عملکرد دسته موتورهای غیرفعال و فعال.....
۸۲	۱-۴-۶ فرکانس ۹۰ رادیان بر ثانیه.....
۸۵	۲-۴-۶ فرکانس ۳۶۰ رادیان بر ثانیه.....
۸۸	۳-۴-۶ فرکانس ۵۲۰ رادیان بر ثانیه.....
۹۱	۵-۶ نتیجه گیری.....

۶-۶-۶-ارایه پیشنهاد برای تحقیقات آتی..... ۹۲

منابع و مراجع..... ۹۳

فهرست شکل ها

- شکل ۱-۱ تحریکات جادمه..... ۵
- شکل ۲-۱ قابلیت جابجایی نسبی..... ۶
- شکل ۳-۱ مدل تحریکات نامیزانی های موتور..... ۷
- شکل ۴-۱ قابلیت انتقال نیرو..... ۸
- شکل ۵-۱ دسته موتور های ارتجاعی..... ۱۰
- شکل ۶-۱ مدل مکانیکی دسته موتورهای ارتجاعی..... ۱۱
- شکل ۷-۱ سختی دسته موتورهای ارتجاعی..... ۱۱
- شکل ۸-۱ دسته موتور هیدرولیکی غیر فعال..... ۱۲
- شکل ۹-۱ دسته موتور هیدرولیکی غیر فعال در حضور دی کاپلر..... ۱۳
- شکل ۱۰-۱ مدل مکانیکی دسته موتور هیدرولیکی..... ۱۴
- شکل ۱۱-۱ سختی یک HEM بدون حضور دی کاپلر..... ۱۴
- شکل ۱۲-۱ سختی یک HEM در حضور دی کاپلر..... ۱۵
- شکل ۱۳-۱ مدل مکانیکی یک دسته موتور نیمه فعال..... ۱۶
- شکل ۱۴-۱ مدار کنترلی یک سیستم نیمه فعال..... ۱۶
- شکل ۱-۲ سطح مقطع یک دسته موتور هیدرولیکی..... ۲۲
- شکل ۲-۲ اجزای دی کاپلر..... ۲۳
- شکل ۳-۲ شمای دی کاپلر..... ۲۴

- شکل ۲-۴ جریان دی کاپلر..... ۲۶
- شکل ۲-۵ نحوه اسمبل دی کاپلر و شیار اینرسی..... ۲۶
- شکل ۲-۶ شمای دسته موتور هیدرولیکی غیر فعال..... ۲۷
- شکل ۲-۷ نحوه جایگیری دی کاپلر در فرکانسهای بالا و دامنه های کوچک..... ۲۸
- شکل ۲-۸ محفظه بالایی..... ۲۸
- شکل ۲-۹ شمای دسته موتور هیدرولیکی فعال..... ۳۱
- شکل ۲-۱۰ مدل مکانیکی دسته موتور هیدرولیکی فعال..... ۳۲
- شکل ۵-۱ محل قرار گرفتن دسته موتورها..... ۵۶
- شکل ۵-۲ یافتن جرم های معادل..... ۶۲
- شکل ۵-۳ محاسبه شتاب پیستون..... ۶۵

فهرست جدول ها

جدول ۱-۲ تحقیقات انجام شده در زمینه دسته موتور های هیدرولیکی فعال..... ۲۱

جدول ۲-۲ مقادیر مربوط به دسته موتور هیدرولیکی فعال..... ۳۷

فهرست علائم اختصاری

- k_r سختی لاستیک دسته موتور
- k_E سختی محفظه پایینی
- A_e مساحت میانگین محفظه بالایی
- A_t مساحت شیار اینرسی
- A_d مساحت سطح دی کاپلر
- C انعطاف پذیری
- P_1 فشار محفظه بالایی
- P_2 فشار محفظه پایینی
- F_t نیروی کل منتقل شده به شاسی
- C میرایی مربوط به شیار اینرسی
- k_b سختی مربوط به خاصیت تحدبی

فصل اول : کلیات

۱-۱- مقدمه و تاریخچه

در صورتی که موتور وسیله نقلیه به صورت صلب به شاسی خودرو متصل شود، مشکلات مختلفی همچون : پدیده خستگی در بدنه موتور و اجزای متحرک آن، انتقال نویز ایجاد شده به سرنشینان خودرو، انتقال ارتعاشات اعمالی از حرکت ناگهانی موتور خودرو به بدنه خودرو و محل اتصال بدنه و موتور و همچنین اعمال جابجایی های نا مطلوب از ورودی جاده به بدنه صلب موتور به وجود می آیند.

این مسایل باعث روی آوردن طراحان خودرو از دهه ۱۹۲۰ میلادی به استفاده از وسایل واسطی بین موتور و بدنه خودرو شده است. این وسایل در اصطلاح دسته موتور ^۱ نامیده می شوند که وظیفه اصلی آن ها جداسازی ارتعاشات ^۲ ناشی از نیرو های مزاحم و اغتشاشات ^۳ اعمالی ناشی از نا بالانسی های موجود در موتور خودرو و همچنین احتراق، از بدنه وسیله نقلیه می باشد.

۱-۲ عملکرد دسته موتور [۱و۲]

به طور کلی تمامی دسته موتورها وظایف و عملکردهای زیر را دارند:

۱. تحمل وزن موتور وسیله نقلیه

۲. جلوگیری از شکست خستگی موتور و جعبه دنده و نقاط اتکای موتور

¹ - Engine Mount

² - Vibration Isolation

³ - Disturbance

۳. جداسازی اغتشاشات ناشی از نابالانسی موتور و احتراق از بدنه خودرو

۴. کاهش دامنه ارتعاشات انتقالی از موتور خودرو به بدنه

۵. کاهش سطح نویز ایجاد شده توسط عملکرد موتور و جلوگیری از انتقال مستقیم آن به بدنه خودرو

۶. جلوگیری از انتقال حرکت جاده-چرخ ناشی از حرکت حرکت خودرو بر روی جاده های ناهموار به موتور خودرو

۷. جلوگیری از جابجایی و حرکت موتور نسبت به بدنه خودرو در پی نیروهای عکس العمل ناشی از گشتاور موتور که مخصوصا در دنده های سنگین اتفاق می افتد که ممکن است جابجایی ها و کرنش هایی را در اجزای مرتبط با موتور از قبیل لوله اگزوز و سیستم خفه کننده صدای اگزوز بوجود آورد.

۸. محدود نمودن حرکت موتور بر اثر نیروی اینرسی آن در اثر شتاب های معکوس ایجاد شده در حین ترمز ناگهانی و طی شتاب ناگهانی خودرو

۱-۳ دسته موتورها [۴]

همانطور که اشاره شد، استفاده از دسته موتورها از دهه ۱۹۲۰ در صنعت خودروسازی رونق گرفت. به طور کلی دسته موتور ها را می توان به چهار گروه ارتجاعی^۱، غیر فعال^۲، نیمه فعال^۳ و فعال^۴ تقسیم بندی نمود.

استفاده از دسته موتورهای ارتجاعی کشسان از دهه ۱۹۳۰ آغاز شد. این دسته موتور ها مدتی طولانی بازار صنعت خودروسازی را به خود اختصاص دادند که هم اکنون نیز در برخی از شرکت های خودروسازی مورد استفاده قرار می گیرند. این نوع دسته موتورها تنها به عنوان گزینه تامین کننده میرایی محدود ارتعاشات در صنعت اتومبیل سازی مطرح می باشند که توانایی جلوگیری از تغییر مکان استاتیکی موتور را نیز دارند.

¹ - Elastometric Mount

² - Passive

³ - Semi-Active

⁴ - Active