بررسی اثر مقدار اینرسی سر شفت گیربکس بر اغتشاشات اولیه شروع به کار خودروی سواری با استفاده از روش دینامیک چند جرمی

حمیدرضا خدامی[۱]، علیرضا ارغوان [۲*]، کاظم رضاکاشی‌زاده [۳]

۱- گروه مهندسی مکانیک، واحد سمنان، **دانشگاه آزاد اسلامی** ، سمنان، ایران

۲-عضو هیآت علمی ، گروه مهندسی مکانیک، واحد سمنان، **دانشگاه آزاد اسلامی** ، سمنان، ایران

۳- مدرس دانشگاه جامع علمی کاربردی صنایع و معادن استان قم

* سمنان،صندوق پستی: ۱۷۹-۳۵۱۴۱، Alireza_Arghavan @yahoo.com

چکیده

یکی از مشکلات بزرگ کوپلینگ‌ها ایجاد لرزش و انتقال آن به سیستم‌های محرک و متحرک است که بسته به نوع کوپلینگ، این لرزش‌ها در شروع حرکت و یا در کل مسیر حرکت محرک به آن تحمیل می‌گردد. در این راستا کلاچ یکی از پرکاربردترین کوپلینگ مورد استفاده در صنعت خودرو می‌باشد که دارای معضلات و مشکلات زیادی در زمینه لرزش و ارتعاشات، هم از طرف موتور و هم از سمت گیربکس است. دراین مقاله به بررسی تأثیر اینرسی شفت ورودی گیربکس به رفتار ارتعاشی کلاچ بالاخص در ارتعاشات اولیه و لحظات ابتدایی شروع به حرکت یک خودروی سواری پرداخته شده است. در ابتدا عوامل تأثیرگذار بر ارتعاشات کلاچ خشک تک صفحه‌ای در ابتدای حرکت خودرو مورد بررسی قرار گرفته و در نهایت میزان اثر انحراف مقدار اینرسی شفت متصل به کلاچ از سمت گیربکس از مقدار واقعی و ایده‌آل خود بر لرزش کلاچ مورد مطالعه قرار گرفته است و در ادامه راهکارهای کاربردی به منظور بهبود این ضعف ارائه شده است.

کلیدواژگان

کلاچ خشک تک صفحه‌ای، اثر اینرسی گیربکس، ارتعاشات کلاچ، دینامیک چند جرمی

Study of the effect of inertia of gearbox's shaft on the initial working vibration of a passenger car by Utilizing Multi-Body Dynamic Method

Hamid-Reza Khodami[1], Alireza Arghavan[1*], Kazem Reza Kashyzadeh[2]

1- Department of Mechanical Engineering, Semnan Branch, **Islamic Azad University**, Semnan, Iran

2-Department of Mechanics and Elevator, Industries and Mines Branch, University of Applied Sciences, Qom-Iran

* P.O.B. 35141-179, Semnan, Iran, Alireza_Arghavan @yahoo.com

Abstract

One of the major problems that caused by couplings is sudden vibration and transmit it to the moving systems. Depending on the types of couplings, this vibration has been imposed to the actuator at the start or in during the motion. However, the clutch is one of the most applications coupling that is used in the automotive industry. The clutch has some problems and difficulties about vibration on the engine and gearbox. In the present paper, study the effect of inertia of gearbox's shaft on the initial working of passenger car. At the first, has been studied the effect of influence parameter on the vibration of plate dry clutch at the start of vehicle. Finally, effect of the inertia gearbox's shaft deviation of actual and ideal value on the vibration transmission is studied and practical approaches have been proposed to improve this weakness.

Keywords

plate dry clutch, effect of inertia gearbox's shaft, clutch's vibration, multi-body-dynamic method

۱- مقدمه

از زمانی که تکنولوژی در زندگی انسان پا به عرصه ظهور گذاشته است، بشر در پی راحتی بیش از پیش در کارهای روزمره خود بوده است. یکی از مهم‌ترین موارد در راستای این هدف، پارامتر حمل و نقل بوده است که در طی سال‌ها تلاش منجر به اختراع و ساخت خودروهای شخصی شده است. این صنعت از ابتدای پیدایش تا کنون تغییرات بسیاری را در دامنه‌های بسیار وسیع و متفاوت موضوعی به خود دیده است.

پیشرفت موتور خودروها بیشتر در مسیر افزایش توان آن‌ها می‌باشد، که این امر منجر به افزایش سرعت وسایل نقلیه گردیده است و در پی آن مشکلات زیادی از جمله ارتعاشات و لرزش‌ها در سرعت‌های بالا و حتی به هنگام شروع به حرکت خودروها به وجود آمده است.

یکی از مسائل بسیار مهم در خودروهای امروزی، نوع سیستم انتقال قدرت است که طراحی و ساخت آن بر اساس کاربری مورد نظر می‌باشد. و از جمله مواردی که همیشه بر سر راه طراحان در این صنعت وجود داشته است، راحتی سرنشینان بالاخص راننده بوده است. یکی از پارامترها با اثر منفی در سیستم کلاچ خشک تک صفحه‌ای که در بسیاری از خودروهای سواری سبک و کم مصرف استفاده می‌شوند، سفتی پدال زیر پا و لرزش هنگام شروع به حرکت خودرو است [۱].

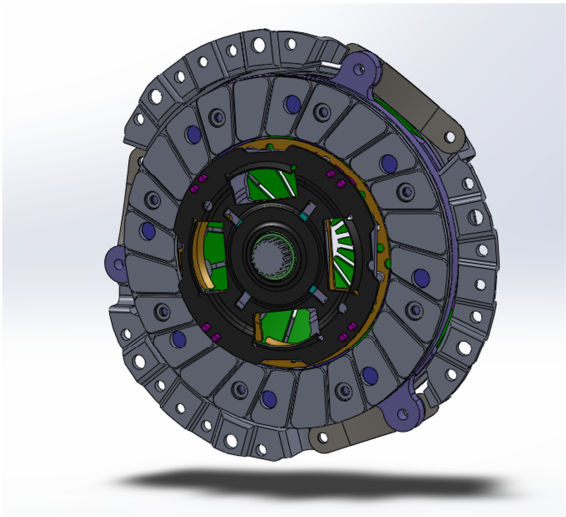
در این مقاله به بررسی یکی از عوامل تأثیرگذار بر ارتعاشات شروع حرکت خودرو در گیربکس‌های دستی و کلاچ‌های تک صفحه‌ای خشک پرداخته شده است.

از جمله کارهایی که از ابتدا تا کنون برای جلوگیری از این گونه لرزش در خودرو انجام شده است، نصب بست‌های انعطاف‌پذیر در موتور بوده است که تا حد زیادی از انتقال ارتعاشات شدید موتور به بدنه خودرو جلوگیری خواهد کرد. پس از نصب این بست‌ها، لرزش کلاچ تبدیل به مشکل اصلی گردید، بدین ترتیب که هنگامی که کلاچ بر روی چنین موتوری تحت عمل آزادسازی قرار می‌گیرد، موتور تا جایی که بست‌های آن اجازه می‌دهد به سمت جلو کشیده خواهد شد. پس از گذشت زمان، بست‌های انعطاف‌پذیر پیشرفته موتور طراحی شدند که اجازه جابجایی کمی را به موتور حول میل-لنگ داده و جابجایی موتور به سمت عقب و جلو را به حداقل می‌رساند، اما قادر به حذف آن نیست [۲].

پس از رفع مشکل لرزش موتور و انتقال آن به بدنه توسط بست‌های انعطاف پذیر در موتور، لرزش کلاچ در شروع حرکت بیش از پیش به چشم می‌آمد. برای حل این مشکل نیز به راهکارهایی از جمله طراحی بهینه مواد اصطکاکی لنت صفحه و طراحی بهینه بالشتک‌های فنری در صفحه کلاچ می‌توان اشاره نمود [۳-۴]. اما موارد دیگری نیز در لرزش کلاچ و عملکرد آن تأثیرگذار می‌باشند. در ادامه به بررسی تأثیر اینرسی سر شفت خروجی از کلاچ به گیربکس پرداخته و در این راستا آنالیزهای حساسیت پارامترها و مولفه‌های یک کلاچ تحت شرایط مختلف اعمال شده بر شفت ورودی گیربکس انجام شده است و تأثیرات آن بر روی لرزش کلاچ در ابتدای حرکت (کارکرد موتور در حالت کار درجا) گزارش گردیده است.

۲- توصیف هندسی مدل

در ابتدا کلاچ یک خودروی سواری تهیه شده و تمام قطعات آن شامل دیسک کلاچ، کفشک‌ها، فنرها و ... با استفاده از دستگاه اسکنر سه بعدی CMMفایل اپتیک شامل تمام نقاط سطح خارجی قطعات بدست آمده و در ادامه در نرم‌افزار مدل‌سازی کتیا مدل هندسی قطعات متشکل از سطوح مختلف مدل شده است. سپس تمام مولفه‌های هندسی کلاچ در نرم افزار سالیدورک به منظور دستیابی به مدل کامل کلاچ، مطابق شکل-۱ مونتاژ شده است.



شکل۱ مدل مونتاژ شده کلاچ خشک تک صفحه‌ای

در این مدل‌سازی، فرض‌هایی نیز به منظور ساده سازی مدل و نیز گاهاً پیچیدگی‌های خاص آن در نظر گرفته شده است از جمله موارد زیر:

۱- صاف بودن بالشتک‌ها و خروج از حالت موج‌دار
۲- خارج شدن فنرهای صفحه کلاچ از طول اولیه خود

در این مدل به منظور جلوگیری از خطاهای ناشی از بکار بردن قیود متعدد، ساده سازی‌هایی اعم از تقسیم مجموعه کلاچ به دو قسمت متحرک و محرک صورت گرفته است [۵]. بدین ترتیب که:

۱- قسمت محرک: قسمت‌های متصل به فلایویل و پرچ شده به آن که شامل : پوسته، فنر خورشیدی، رینگ‌های فلزی، صفحه فشار، تسمه فنری‌ها، لنت‌های صفحه کلاچ، بالشتک‌های صفحه کلاچ و صفحه متصل به بالشتک است.
۲- قسمت متحرک: قسمت‌های دیگر از جمله هاب فلانج، توپی هزارخار، واشر پری-دمپر، شفت خروجی از کلاچ را گویند.

همچنین اینرسی مربوط به شفت ورودی به گیربکس و چرخدنده‌های متصل به شفت اصلی و شفت دوم گیربکس محاسبه گردیده و در قالب یک هندسه به مجموعه متصل گردیده است تا اثرات اینرسی چرخدنده‌ها و شفت-های گیربکس نیز در شبیه‌سازی منظور گردد.

۳- شبیه‌سازی به روش دینامیک چند جرمی

۳-۱ فرضیات استفاده شده در مدلسازی

مجموعه کلاچ مورد نظر کاملاً به صورت ایده‌آل در نظر گرفته شده است. به این صورت که صفحه کلاچ بدون سایش بوده و کاملاً در تماس با صفحه فشار دیسک کلاچ می‌باشد.

ورودی‌های موتور به قسمت محرک وارد می‌شود و خروجی‌های ارتعاشاتی سیستم از قسمت متحرک گرفته شده است.

فنرهای اصلی موجود بر روی صفحه و همچنین فنرهای پری-دمپر واسط بین قسمت متحرک و محرک می‌باشند. انتقال سرعت زاویه‌ای ورودی موتور از طریق فنرهای اصلی به هاب فلانج (صفحه بینابین موجود بر روی صفحه کلاچ) و سپس از طریق هاب فلانج و صفحه‌های اصطکاکی به فنر پری-دمپر و سپس به شفت خروجی از کلاچ منتقل می‌گردد.

۳-۲ اطلاعات جنس مواد

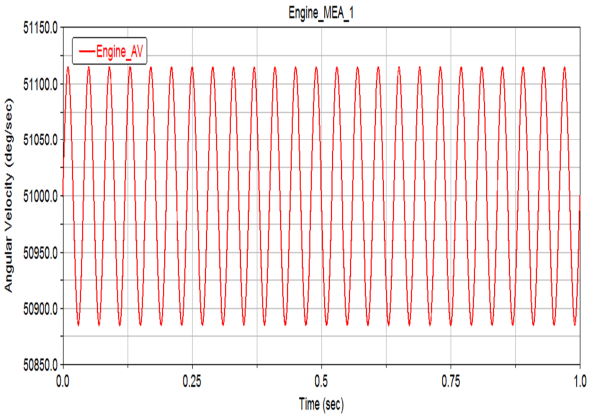
به منظور شبیه‌سازی کامل مدل کلاچ، اطلاعات و استانداردهای مربوط به جنس قطعات آن تهیه شده و در قسمت مدیریت مواد در نرم‌افزار با در نظر گرفتن مشخصات مکانیکی آن‌ها وارد شده است. جنس قطعات بکار رفته در مدل ارائه شده را می‌توان در جدول-۱ مشاهده نمود.

جدول۱ جنس قطعات کلاچ خشک تک صفحه‌ای [۶]

نام قطعه	جنس قطعات
پوسته کلاچ	St12,St13,Stw22,Stw24
رینگ‌های سیمی	CK30-60
فنر خورشیدی	50CrV4
تسمه فنری	CK75,Ck85
صفحه فشار	CG25,CG30
لنت صفحه کلاچ	RayBestos: B8805, B1675
بالشتک‌های فنری	CK75,CK85
صفحه‌های بیرونی-میانی-خارجی	St12,St13
فنرهای کلاچ	TDSiCr,67SiCr5
صفحه‌های اصطکاکی	PA6.6
توپی هزارخار	Powder Metallurgy

۳-۳ اطلاعات بارگذاری و قیدگذاری

به منظور شبیه‌سازی حرکت قسمت محرک، موتوری شبیه‌سازی شده بر روی مدل سوار گردیده است که حرکتی شبه سینوسی داشته و مربوط به موتور یک خودروی سواری ۱۸۰۰ سی‌سی ۴سیلندر ۸ سوپاپ می‌باشد. سرعت زاویه‌ای در نظر گرفته شده برای موتور مذکور، دور درجای آن به طور ایده‌آل ۸۵۰ دور بر دقیقه در نظر گرفته شده است. در شکل-۲ می‌توان نمودار سرعت زاویه‌ای شبیه‌سازی شده برای این موتور را مشاهده نمود.



شکل۲ نمودار شبه سینوسی حرکت شبیه‌سازی شده موتور ۱۸۰۰ سی‌سی ۴ سیلندر ۸ سوپاپ بصورت کاردرجا ۸۵۰ دور بر دقیقه [۶]

فنرهای استفاده شده در صفحه کلاچ در نرم‌افزار تحلیل‌گر دینامیکی آدمز به‌صورت نیروهایی مقید شبیه‌سازی شده است که مشخصات هر دو نوع فنرها که فنرهای اصلی بر روی دیسک و فنرهای پری-دمپر می‌باشند، در جدول-۲ گزارش شده است.

جدول۲ مشخصات فنرهای اصلی و فنرهای پری-دمپر استفاده شده در شبیه-سازی کلاچ خشک تک صفحه‌ای خودرو [۶]

مشخصات	فنرهای اصلی	فنرهای پری-دمپر
ضریب سختی(K) (newton/mm)	۲۰۵	۱۴,۱۱
ضریب دمپینگ(C) (newton-sec/mm)	۰,۱	۰,۱
طول اولیه (mm)	۴۰,۵	۱۴
پیش بار (newton)	۹۰۰	۷۰
طول در پیش بار (mm)	۳۶,۴	۹,۳

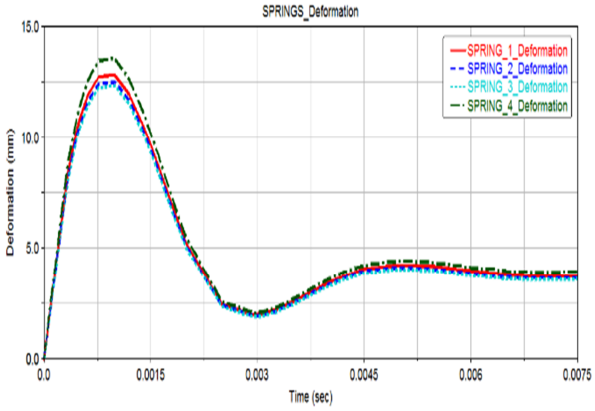
۴- تحلیل‌های نرم‌افزاری

در این مقاله به منظور انجام آنالیزها از نرم‌افزار تحلیل‌گر دینامیک چند جرمی آدمز استفاده است. به این معنی که تمامی قطعات، صلب فرض شده‌اند و از تغییر شکل احتمالی آنان در قبال نیروهای اعمالی صرف نظر شده است. یک موتور شبیه‌سازی شده با حرکت شبه سینوسی روی قسمت محرک کلاچ نصب گردیده است و پاسخ قسمت‌های متحرک کلاچ در قبال این حرکت با وجود شرایط کاری مختلف گزارش شده است.

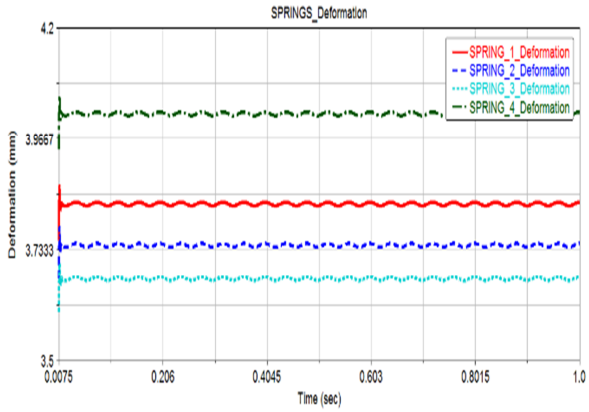
۴-۱ پاسخ ارتعاشی فنرها به ورودی مرتعش

۴-۱-۱ ارتعاشات فنرهای پیچشی بزرگ

فنرهای پیچشی بزرگ که مستقر در صفحه کلاچ و بین هاب فلانج و دو صفحه دیگر قرار دارند، وظیفه کاهش دامنه ارتعاشات ورودی از ناحیه موتور را بر عهده دارند. از آنجایی که این فنرها در مقایسه با فنرهای پری-دمپر دارای ضریب سختی بسیار بزرگتری هستند، لذا در هنگام تعویض دنده و ارتعاشات ناشی از ضربات وارده به کلاچ توسط اصطکاک لنت‌ها بر روی صفحه فشار نقش مؤثرتری را نیز بر عهده خواهند داشت. اما همین فنرها در حالت کار درجای موتور، وظیفه انتقال سرعت، گشتاور، شتاب و نیرو را از قسمت محرک کلاچ به قسمت متحرک را دارند. به منظور دستیابی به این هدف، تغییر شکل آن‌ها پدیده‌ای بسیار طبیعی می‌باشد، زیرا که توسط همین تغییر شکل‌ها، سرعت و دیگر پارامترهای قابل انتقال توسط قسمت محرک به متحرک انتقال می‌یابد. از این رو، به بررسی تغییر شکل و مقدار نیروی وارده به این فنرها پرداخته شده است. نمودارهای تغییر شکل فنرهای پیچشی بزرگ در شکل-۳ و شکل-۴ آورده شده است.



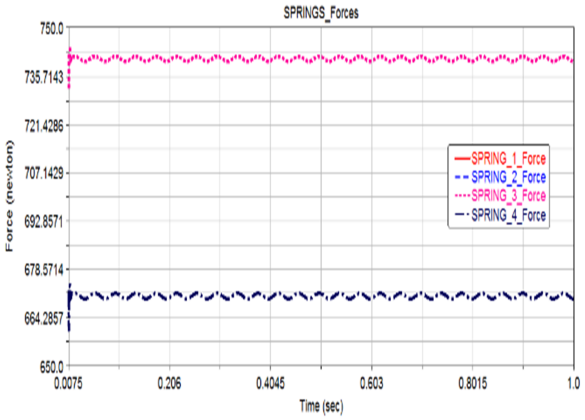
شکل۳ نمودار تغییر شکل فنرهای پیچشی بزرگ در اغتشاشات اولیه در پاسخ به ورودی مرتعش



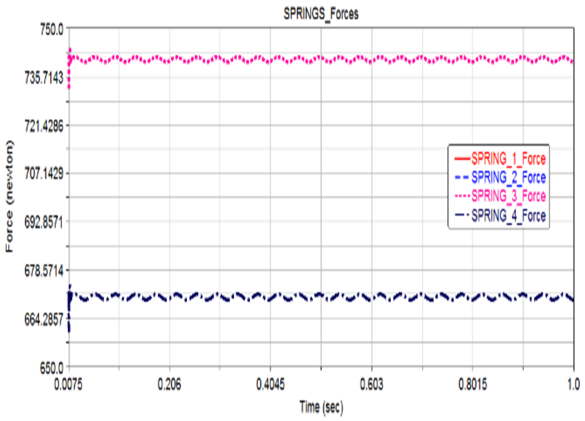
شکل۴ نمودار تغییر شکل فنرهای پیچشی بزرگ پس از اغتشاشات اولیه در پاسخ به ورودی مرتعش

ناحیه پس از اغتشاشات اولیه بصورت جداگانه برای زوج فنرهایی با نیروی مثبت (کشیده شدن فنر) و منفی (فشرده شدن فنر) در شکل-۵ و شکل-۶ نشان داده شده است. فنرهای ۱ و ۲ بصورت عمودی موازی می-

باشند و فنرهای ۳ و ۴ نیز بصورت افقی موازی با یکدیگر می‌باشند. به وضوح مشخص است که نیروهای این ۴ فنر نیز با یکدیگر برابر نمی‌باشند و حتی فنرهای موازی نیز مقدار نیروی متفاوتی را تجربه خواهند کرد که این مقدار تغییرات جزئی نیز به دلیل فرضیات انجام شده در شبیه‌سازی مدل در نرم-افزار نسبت به وضعیت تجربی آن‌ها می‌باشد که به دلیل اختلاف ناچیز آن‌ها، می‌توان به خوبی از آن صرف نظر کرد.



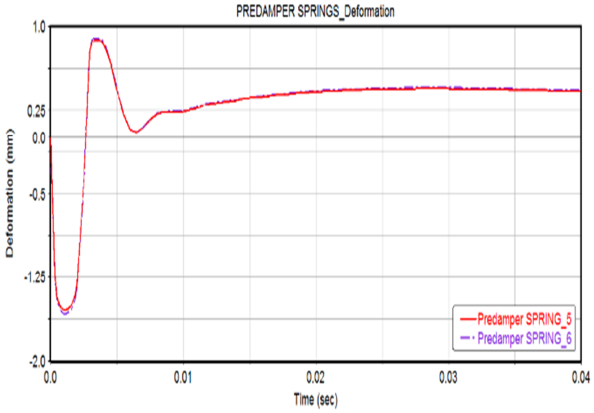
شکل۵ نمودار مقایسه‌ای نیروی فنرهای پیچشی بزرگ۳ و ۴ پس از شروع حرکت در پاسخ به ورودی مرتعش



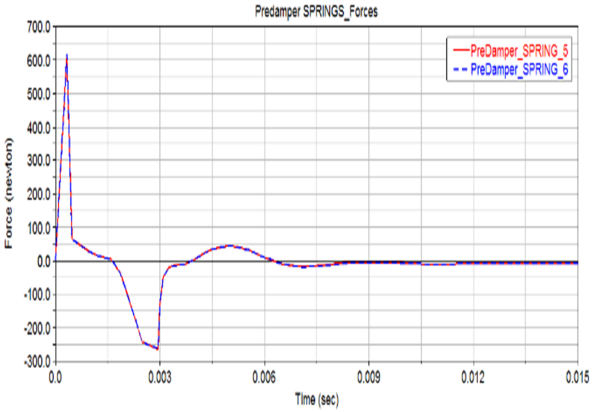
شکل۶ نمودار مقایسه‌ای نیروی فنرهای پیچشی بزرگ ۱ و ۲ پس از شروع حرکت در پاسخ به ورودی مرتعش

۴-۱-۲ ارتعاشات فنرهای پری-دمپر

در این بخش از تحقیق، رفتار فنرهای پری-دمپر بررسی شده و نشان داده شده است که چگونه این نوع فنرها با میزان ضریب دمپینگی که می‌تواند به عنوان یک پارامتر بهینه‌سازی مورد توجه قرار گیرد، ارتعاشات موتور را در حالت کار درجا خودرو کاهش داده و باعث کاهش نویز و ارتعاشات ورودی به گیربکس می‌شود. به منظور دستیابی به این هدف، مشابه بخش قبلی به بررسی نمودارهای تغییر شکل این فنرها و نیروهای اعمال شده به آن‌ها و همچنین مقایسه این نمودارها با یکدیگر پرداخته شده است. باید اشاره نمود که برای نامگذاری این فنرها، فنرهای ۵ و ۶ که مربوط به فنرهای پری-دمپر می‌باشند، استفاده شده است.



شکل۷ نمودار مقایسه‌ای تغییرشکل فنرهای پری دمپردر اغتشاشات اولیه در پاسخ به ورودی مرتعش

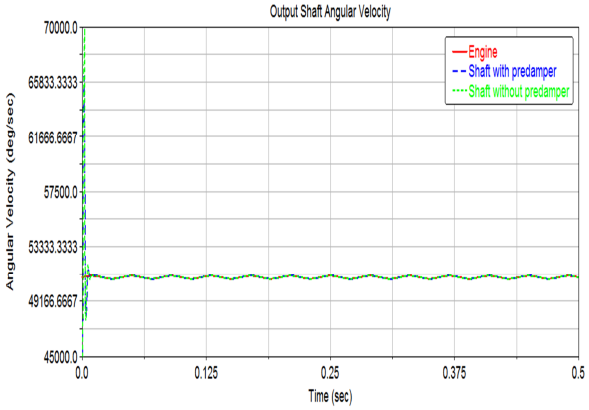


شکل۸ نمودار مقایسه‌ای نیروی اعمالی به فنرهای پری دمپردر اغتشاشات اولیه در پاسخ به ورودی مرتعش

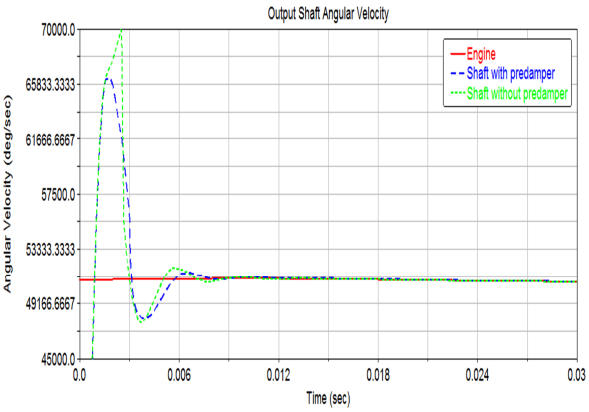
در شکل‌های ۷-۸، نمودار نیروی اعمالی به فنرهای پری دمپر ۵ و ۶ و نیز تغییرات آن‌ها نشان داده شده است. به وضوح مشخص است که تغییرات نیرو و نیروهای اعمالی به این فنرها نیز بسیار شبیه یکدیگر می‌باشند. علاوه بر این مشاهده می‌گردد که نیروهای اعمالی به این فنرها بسیار کمتر از فنر-های پیچشی بزرگ می‌باشد که این نشانگر تفاوت سختی این دو نوع فنر و نیروی لازم برای جمع و یا باز کردن آن‌ها است. در ضمن ناحیه تغییرات نیروی این فنرها در ناحیه منفی می‌باشد که نشانگر فشرده شدن این فنرها بوده و طرز عملکرد آن‌ها را نشان می‌دهد.

۴-۲ بررسی میزان اثر پارامترهای خروجی سیستم نسبت به وجود فنر پری دمپر

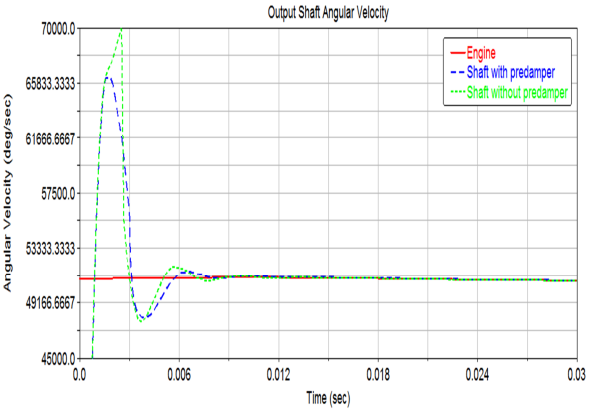
در این مرحله به بررسی میزان حساسیت پارامترهای خروجی از جمله سرعت زاویه‌ای و شتاب زاویه‌ای در قبال وجود و یا عدم وجود فنر پری دمپر در کلاچ خشک تک صفحه‌ای خودرو پژو ۴۰۵ پرداخته شده و نتایج حاصل از آن در شکل-۹ و شکل-۱۱ نشان داده شده است. به منظور درک بهتر از شکل-۹، قسمت ابتدایی آن بصورت مجزا در شکل-۱۰ آورده شده است.



شکل۹ نمودار آنالیز حساسیت سرعت زاویه‌ای شفت خروجی نسبت به وجود و یا عدم وجود فنر پری دمپر در پاسخ به ورودی مرتعش



شکل۱۰ نمودار آنالیز حساسیت سرعت زاویه‌ای شفت خروجی نسبت به وجود و یا عدم وجود فنر پری دمپر در اغتشاشات اولیه در پاسخ به ورودی مرتعش



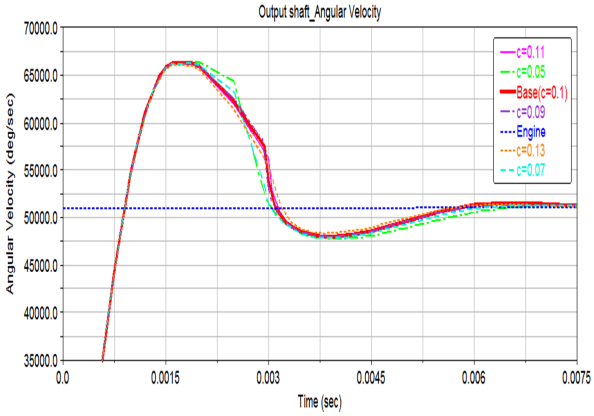
شکل۱۱ نمودار آنالیز حساسیت سرعت زاویه‌ای شفت خروجی نسبت به وجود و یا عدم وجود پری دمپر پس از اغتشاشات اولیه در پاسخ به ورودی مرتعش

در شکل‌های ۹-۱۱، میزان حساسیت سرعت زاویه‌ای شفت خروجی به وجود و یا عدم وجود فنرهای پری دمپر نشان داده شده است. به وضوح مشخص است که وجود فنرهای پری-دمپر بیشتر باعث جذب ارتعاشات ناگهانی و ضربات ناگهانی به کلاچ در همان شروع به حرکت یا نقطه آغازین حرکت (ضربه اولیه موجود در نتایج استخراج شده از تحلیل‌های پژوهش حاضر) می‌گردند [۷] و در ادامه حرکت در ارتعاشات منظم سینوسی موتور تغییری را اعمال نخواهد کرد و نمودارهای وجود و عدم وجود فنر پری-دمپر همگرا با سرعت زاویه‌ای موتور خواهند شد. لذا می‌توان چنین بیان نمود که علت اصلی استفاده از فنرهای پری-دمپر در سیستم کلاچ، کاهش و جذب ارتعاش ناگهانی و به اصطلاح لگد اولیه خودرو در هنگام شروع به حرکت خود است.

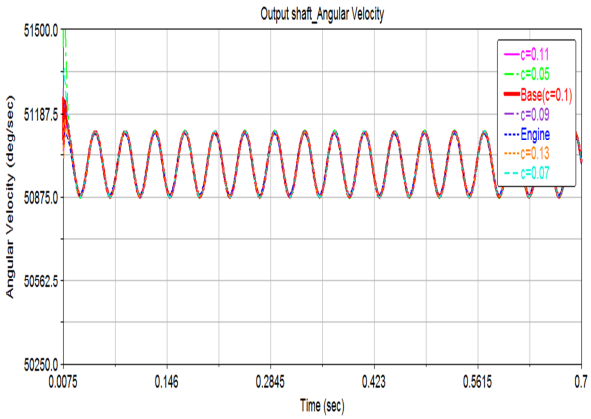
۴-۳ بررسی میزان اثر پارامترهای خروجی نسبت به ضریب دمپینگ فنر پری دمپر

در این مرحله به بررسی حساسیت پارامترهای خروجی در قبال ضریب-های دمپینگ متفاوت پرداخته شده است تا بهترین و کارآمدترین ضریب دمپینگ را برای کلاچ خشک تک صفحه‌ای خودرو پژو ۴۰۵ استخراج گردد. در بخش قبلی ضرورت وجود فنر پری-دمپر به منظور کاهش میزان ارتعاش ناگهانی در هنگام شروع به حرکت خودرو نشان داده شد. لازم است تا در ادامه ضریب دمپینگ نیز به عنوان یک پارامتر تأثیرگذار بصورت مقداری بهینه بدست آمده و در صنعت مورد استفاده قرار گیرد.

منحنی تأثیرات ضریب دمپینگ بر سرعت زاویه‌ای شفت خروجی با در نظر گرفتن ۷ مقدار برای آن در اغتشاشات اولیه را در شکل-۱۲ و نیز این منحنی برای پس از اغتشاشات اولیه در شکل-۱۳ آورده شده است.



شکل۱۲ نمودار آنالیز حساسیت تاثیرات ضریب دمپینگ فنر پری دمپر بر سرعت زاویه‌ای شفت خروجی با ورودی مرتعش



شکل۱۳ نمودار آنالیز حساسیت تأثیرات ضریب دمپینگ فنر پری دمپر بر سرعت زاویه‌ای شفت خروجی پس از اغتشاشات اولیه در پاسخ به ورودی مرتعش

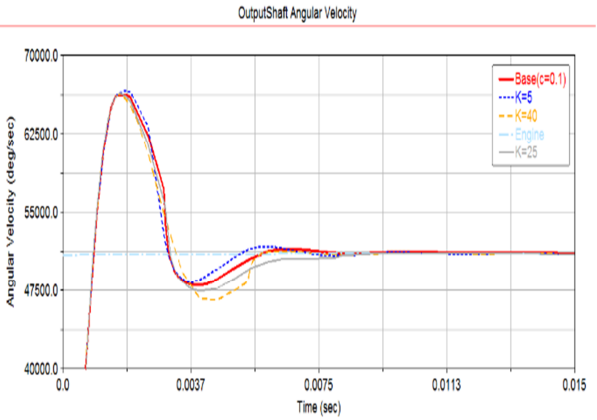
همانطور که از نتایج بدست آمده در این قسمت قابل استنتاج می‌باشد، این است که در هر چقدر مقدار ضریب دمپینگ فنرهای پری-دمپر افزایش یابد، در کاهش و جذب ارتعاشات ناگهانی اغتشاشات اولیه مفید بوده است. ولی در ادامه حرکت خودرو (پس از اغتشاشات اولیه) تمامی مقادیر برای

ضریب دمپینگ این فنرها همگرا می‌شوند و تأثیر یکسانی را بر روی سیستم خواهند داشت.

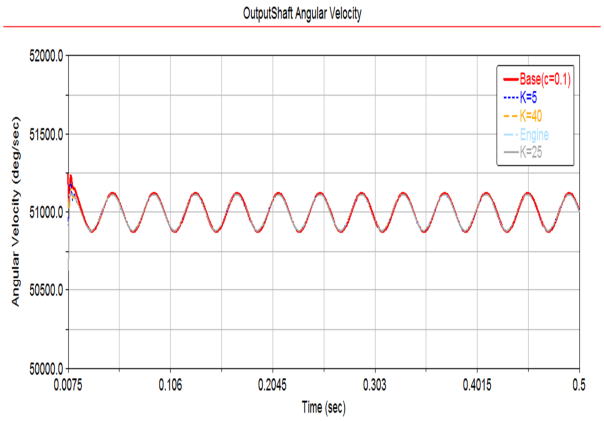
۴-۴ بررسی میزان اثر پارامترهای خروجی به ضریب سختی فنر پری دمپر

در این مرحله به بررسی حساسیت پارامترهای خروجی در قبال ضریب-های سختی متفاوت در فنر پری-دمپر پرداخته شده است تا بهترین و کارآمدترین ضریب سختی را برای کلاچ خشک تک صفحه‌ای خودرو پژو ۴۰۵ استخراج گردیده و بتوان در صنعت از آن بهره کافی جست.

منحنی تأثیرات ضریب سختی بر سرعت زاویه‌ای شفت خروجی با در نظر گرفتن ۴ مقدار متفاوت برای آن در اغتشاشات اولیه را در شکل-۱۴ و نیز این منحنی برای پس از اغتشاشات اولیه در شکل-۱۵ نشان داده شده است.



شکل ۱۴ مودار آنالیز حساسیت سرعت زاویه‌ای شفت خروجی نسبت به ضریب سختی فنر پری دمپر در اغتشاشات اولیه در پاسخ به ورودی مرتعش



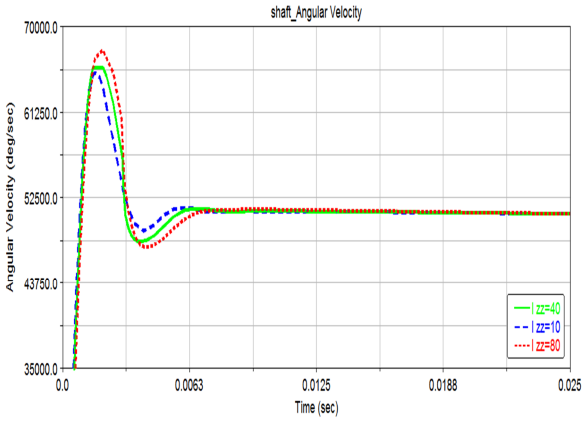
شکل ۱۵ نمودار آنالیز حساسیت سرعت زاویه‌ای شفت خروجی نسبت به ضریب سختی فنر پری دمپر پس از اغتشاشات اولیه در پاسخ به ورودی مرتعش

همانطور که در شکل‌های ۱۴-۱۵ مشاهده می‌گردد، با افزایش ضریب سختی فنر تا ۴۰ نیوتن بر میلی‌متر و کاهش آن تا ۵ نیوتن بر میلی‌متر تغییرات کاملاً منطقی می‌باشد و در پیک‌های سرعت زاویه‌ای در اغتشاشات اولیه که ناشی از ضربه شروع حرکت موتور می‌باشد، با افزایش دمپینگ تا مقدار ۲۵ نیوتن بر میلی‌متر با کاهش قله‌ها و در نتیجه نرم‌تر و بهتر گشتن ارتعاشات شفت روبرو خواهید شد. در صورتیکه با کاهش آن تا مقدار ۵ نیوتن بر میلی‌متر، شاهد افزایش مقادیر قله‌های سرعت زاویه‌ای و تعداد قله‌ها خواهند شد که نشانگر ارتعاشات بیشتر بوده که پدیده مطلوبی محسوب نخواهد شد. با افزایش ضریب سختی بیش از ۲۵ نیوتن بر میلی‌متر، تأثیر نسبتاً چشم‌گیری در سیستم بوجود نخواهد آمد. لذا می‌توان مقدار ضریب سختی ۲۵ را برای فنر پری-دمپر به عنوان یک مقدار بهینه گزارش نمود.

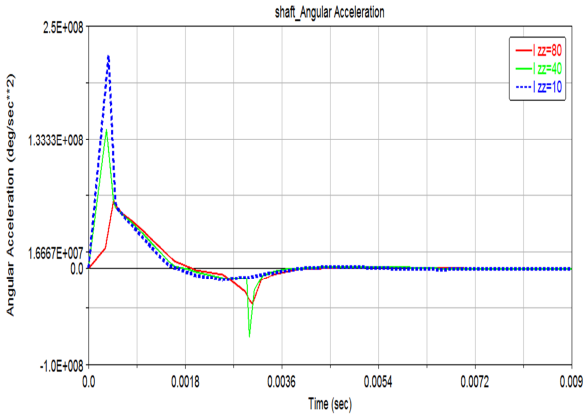
۵- بررسی میزان اثر انحراف اینرسی نصب شده بر سر شفت گیربکس نسبت به حالت اولیه خود بر پارامترهای خروجی

در این قسمت، به بررسی میزان اثر پارامترهای خروجی کلاچ نسبت به اینرسی نصب شده بر سر شفت گیربکس پرداخته شده است. اینرسی نصب شده بر سر شفت ورودی گیربکس، نوعی شبیه‌سازی اینرسی‌های موجود در چرخ‌دنده‌های گیربکس است. این پارامتر به عنوان یک عامل مهم در ضربات و تغییرات آنی سرعت زاویه‌ای و شتاب زاویه‌ای عمل می‌کند و تأثیرات افزایش و کاهش آن بر روی سیستم در شکل‌های ۱۶-۱۷ نشان داده شده است.

به وضوح قابل استنتاج است که با کاهش اینرسی چرخ دنده‌های گیربکس و شفت‌های گیربکس و به نوعی کاهش وزن آن‌ها می‌توان از اثرات مخرب ضربات ناشی از تعویض دنده‌ها و فرآیند شروع حرکت موتور و دیگر فرآیندهایی که باعث نوعی تغییر شتاب زاویه‌ای و یا سرعت زاویه‌ای به صورت محسوس می‌گردند، جلوگیری نموده و عمر قطعات بکار رفته در این مجموعه و مجموعه‌های متصل به آن را افزایش داد. به عبارت دیگر، هر چقدر که بتوان مقدار میزان انحراف اینرسی نصب شده سر شفت نسبت حالت اولیه خود آن را به صفر میل داد، آنگاه یک سیستم ایده‌آل خواهیم داشت که دارای طول عمر ماکزیمم بوده و نیز هیچ‌گونه اغتشاشی در سیستم از این طریق اعمال نخواهد شد. ولی با وجود این مقدار انحراف، درصدی از ارتعاشات ناخواسته (اغتشاشات) بوجود آمده در کلاچ خودرو، سهم ارتعاشات گیربکس خودرو می‌باشد، که به کلاچ منتقل می‌گردد.



شکل ۱۶ نمودار سرعت زاویه‌ای شفت خروجی با اینرسی‌های مختلف نصب شده بر سر شفت ورودی گیربکس



شکل۱۷ نمودار شتاب زاویه‌ای شفت خروجی با اینرسی‌های مختلف نصب شده بر سر شفت گیربکس

۶- نتیجه‌گیری

در این تحقیق به بررسی میزان حساسیت پارامترهای خروجی سیستم کلاچ خشک تک صفحه‌ای خودرو پژو ۴۰۵ با موتور ۱۸۰۰ سی‌سی ۴ سیلندر ۸ سوپاپ در حالت کار درجا موتور معادل ۸۵۰ دور بر دقیقه بر روی وجود فنرهای پری-دمپر و نیز تعیین مقادیر بهینه برای خواص فنرها پرداخته شده است و در نهایت نیز اثر میزان انحراف اینرسی و انتقال ارتعاشات ناگهانی از سر شفت گیربکس به کلاچ مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است. از دستآوردهای این تحقیق می‌توان به موارد زیر اشاره داشت:

۱-بهبود شرایط ارتعاشات، از جمله میزان تغییرات سرعت زاویه‌ای در ضربه‌های آنی و تغییرات ناگهانی سرعت زاویه‌ای و در نتیجه انتقال نرم‌تر این ضربات و تغییرات آنی به گیربکس، برای کلاچ‌های مجهز به فنر پری-دمپر و همگرا شدن ارتعاشات پس از اغتشاشات اولیه. در نتیجه فنر پری‌دمپر پس از ضربات و تغییرات سرعت و شتاب زاویه‌ای اولیه که در اثر فرآیند شروع به حرکت موتور می‌باشد، ارتعاشات منظم موتور را به صورت کامل انتقال خواهد داد و تأثیر چندانی در ناحیه پس از اغتشاشات اولیه نخواهد داشت.

۲-بهبود شرایط در قله‌های سرعت و شتاب زاویه‌ای(در ضربات ابتدایی اغتشاشات اولیه) با افزایش مقدار ضریب دمپینگ فنر پری-دمپر. این تغییرات گرچه در محدوده بسیار کوچکی اندازه‌گیری شده است، اما حساسیت سرعت زاویه‌ای شفت خروجی به این پارامتر مشخص شده است. لذا با قرار دادن قطعات اصطکاکی و دمپرهای نرم در کلاچ می‌توان در ضریب دمپینگ کلی کلاچ تغییرات مطلوب و بهینه را اعمال و نتایج بهتری دریافت نمود.

۳-با افزایش ضریب سختی فنر پری-دمپر از ۵ تا ۴۰ نیوتن بر میلی‌متر می‌توان جاذب بیشتری برای دامنه اغتشاشات اولیه سیستم داشت. مقدار بهینه برای پارامتر ضریب سختی فنر پری-دمپر مقدار ۲۵ نیوتن بر میلی‌متر گزارش شده است. بطوریکه با افزایش ضریب سختی به مقداری بیش از مقدار بهینه، تأثیر چندانی در سیستم نخواهد داشت.

۴-با افزایش یافتن اینرسی حول محور خروجی از شفت نیز مشاهده گردید که ضربات اعمالی در هنگام تغییرات آنی و ناگهانی سرعت زاویه‌ای شدیدتر می‌گردد. لذا کاهش اینرسی موثر بر شفت ورودی گیربکس به منظور کاهش ضربه و ارتعاشات مخرب مطلوب می‌باشد.

۷- مراجع

[1] R. N. Jazar, “Vehicle Dynamics: Theory and Apllication”, springer, 2008
[2] C. L. Gaillard, R. Singh, “Dynamic analysis of automotive clutch dampers”, Applied Acoustics, Vol60, 2000
[3] R. Shaver, “Manual transmission clutch systems-AE17”, SAE, 1997
[4] Laihang Li, Rajendra Singh, “Analysis of speed dependent vibration amplification in a nonlinear driveline system using hilbert transform”, SAE, 2013
[5] T. D. Gillespie, “Fundamentals of vehicle dynamics”, SAE, 2002
[6] H. R. Khodami, A. Arghavan, K. Reza Kashyzadeh, “Improvement of Stiffness Coefficient of a Passenger Car Pre-Damper Clutch’s Spring by Utilizing Multi-Body Dynamic Method”, International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, Vol. 4, Issue. 7, 2014
[7] N.Tsujiuchi, T.Koizumi, N.Hara, Y.Yamakaji, K.Yamashita “The effects of clutch damper in idling driveline rattle” , EXEDY Corporation, Department of Mechanical Engineering, Doshisha University, 2012