ارزیابی ارتعاش موتور دیزل ۶ سیلندر با استفاده از سوخت مغناطیس شده

سبا درویشی[۱] ،سیدرضا حسن‌بیگی[۲] ، برات قبادیان[۳] میثم عباسی‌نیا[۴]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی فنی‌کشاورزی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران،

s.darvishi@ut.ac.ir

۲- دانشیار گروه مهندسی فنی‌کشاورزی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

چکیده

یکی از روش‌هایی که اخیرا برای کاهش آلایندگی و مصرف سوخت موتورهای احتراق داخلی مورد توجه قرار گرفته است، مغناطیس کردن سوخت ورودی به موتور با استفاده از یک میدان مغناطیسی خارجی است. یکی از پیش‌شرط‌های استفاده از سوخت مغناطیس شده در موتورهای احتراقی، بررسی رفتار ارتعاشی این موتورها در اثر تغییر سوخت است. در این تحقیق سوخت دیزل در شدت میدان‌های 1000 تا 4000 گاوس قرار داده شد و سپس سیگنال‌های ارتعاشی موتور دیزل 6 سیلندر (تراکتور MF-399) در 5 سطح سرعت موتور و در سه جهت طولی، عمودی و جانبی اندازه‌گیری و ثبت شد. مقادیر RMS شتاب ارتعاش ثبت شده در راستای جانبی بیشترین (با میانگین 75.78 متر بر مجذور ثانیه) و در راستای طولی کمترین (با میانگین 44.59 متر بر مجذور ثانیه) بود. همچنین مشخص گردید که با اعمال میدان مغناطیسی مقادیر RMS شتاب ارتعاش متناسب با افزایش شدت میدان مغناطیس، کاهش می‌یابد، بطوریکه بیشترین مقدار این کاهش مربوط به شدت میدان مغناطیسی 4000 گاوس بود.

واژه های کلیدی: ارتعاش ، دیزل ، سوخت مغناطیس ، هیدروکربن ، RMS شتاب

مقدمه

کاهش آلاینده‌های خروجی موتورهای احتراق داخلی امروزه یکی از مهمترین نگرانی‌های زیست محیطی است. نتیجه آزمایش‌های انجام گرفته توسط سازمان توسعه محیط زیست، با همکاری سازمان حفظ هوای پاک آمریکا، کاهش آلاینده‌ها و مصرف سوخت موتور فورد را در نتیجه استفاده از سوخت مغناطیس شده نشان می‌دهد. در ادامه این تحقیق در کشورهای آسیایی نظیر تایلند و چین بر روی موتورسیکلت صورت گرفت و کاهش آلاینده‌های CO و CO_2 و کاهش مصرف سوخت گزارش شد. براساس این گزارش میزان ویسکوزیته و کشش سطحی سوخت‌های دیزلی و بنزینی تحت اثر میدان مغناطیسی کاهش می‌یابد (Rand, 2007).

در تحقیقی دیگر سوخت‌های بنزین و دیزل و همچنین نفت خام در میدان مغناطیسی با شدت و زمان‌های مختلف قرار گرفت، آزمایش‌ها کاهش ویسکوزیته بنزین در حدود ۱۰ درصد و همچنین کاهش ویسکوزیته سوخت دیزل خالص در حدود ۴ درصد را تایید کرد (Tao and Xu , 2005). در تحقیق دیگری از میدان مغناطیسی در مسیر خط سوخت یک موتور دو زمانه استفاده شد؛ نتایج نشان دهنده کاهش مصرف سوخت بین ۹–۱۴ درصد و همچنین مقدار آلاینده‌های HC و CO به ترتیب ۳۰ و ۴۰ درصد بود (Faris *et al.*, 2012). با استفاده از میدان مغناطیسی می‌توان انرژی داخلی سوخت را افزایش داد که این عمل باعث تغییراتی در سطح مولکولی سوخت خواهد شد که منجر به افزایش انرژی داخلی سوخت، جداسازی مولکول‌های آن، واکنش پذیری بیشتر با اکسیژن و نهایتاً، بهبود احتراق خواهد شد (Govindasamy and Dhandapani, 2007). همچنین مشخص گردید که مولکول-های هیدروکربن تحت تاثیر یک میدان مغناطیسی نسبتا قوی به حالت غیر خوشه‌ای یا de-cluster و با فرم کوچک‌تر در می‌آیند که باعث می‌شود سطح تماس ویژه بیشتری برای واکنش با اکسیژن نفوذی ایجاد شود که این پدیده می‌تواند موجب احتراق کامل-تر و در نتیجه افزایش قدرت موتور و نیز کاهش مصرف سوخت شود (Hricak, 1994)؛ اما آنچه که تاکنون در زمینه مغناطیس کردن سوخت مورد توجه قرار نگرفته است، تاثیر سوخت مغناطیس شده بر ارتعاش موتور است. امروزه تراکتورها از مهمترین منابع توان مکانیکی در مزارع هستند؛ کاهش زمان فعالیت‌های زراعی و افزایش ظرفیت‌های تولیدی، استفاده بیشتر و بهینه‌تر از ماشین-های کشاورزی را در مزرعه مطرح می‌سازد. از طرف دیگر ورود ماشین‌های کشاورزی به مزرعه مشکلات عدیده‌ای را در ارتباط با ایمنی و سلامت شغلی کاربران آنها به وجود آورده است. آسایش، ایمنی و سلامت کاربران یکی از مواردی است که باید در طراحی، ساخت و استفاده از ماشین‌ها در نظر گرفته شود. ارتعاش یکی از عواملی است که باعث عدم آسایش و بروز بیماری و ناراحتی جسمانی در رانندگان وسایل نقلیه و ماشین‌های کشاورزی می‌شود. انسان به طور روزمره به علت استفاده از وسایل و دستگاه‌های مختلف در معرض ارتعاشات قرار می‌گیرد؛ استفاده طولانی مدت و مداوم از این ماشین‌ها می‌تواند به او آسیب‌های جدی وارد کند. کاربران تراکتورها در معرض سطوح بالایی از سر و صدا و ارتعاش قرار داشته و کار طولانی مدت با آن‌ها باعث بروز اختلالات حرکتی، آسیب رسیدن به اعضای مختلف بدن از جمله سنگینی گوش، اختلالات در ستون فقرات و دستگاه گوارش و بیماری‌های عصبی می‌شود (Tewari *et al*.، 2009). در تحقیقی ارتعاش تراکتور دوچرخ در حالت حمل‌ونقل مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که با افزایش سرعت دورانی موتور میانگین RMS شتاب ارتعاش به طور کلی در همه دنده‌ها و موقعیت‌ها افزایش داشت و بیشینه میزان افزایش در مقدار RMS شتاب در دنده‌های ۲ سبک، ۳ سبک، ۲ سنگین و ۳ سنگین به ترتیب برابر با ۱/۴، ۱/۰۲، ۱/۱۴ و ۱/۷۵ متر بر مجذور ثانیه بود (Ahmadian *et al.*, 2012). همچنین در آزمایش دیگری ارتعاش موتور دیزل 6 سیلندر با استفاده از سوخت دیزل خالص و 5 ترکیب سوختی دیزل، بیودیزل و بیواتانول اندازه‌گیری شد و مشخص گردید که کمترین مقدار RMS شتاب ارتعاش مربوط به سوخت $D_{93}B_5E_2$ و بیشترین آن برای سوخت $D_{65}B_{25}E_{10}$ است (Hassan-Beygi *et al.*, 2012). هدف از تحقیق حاضر بررسی اثر سوخت مغناطیس شده بر رفتار ارتعاشی موتور دیزل تراکتور MF-399 می‌باشد.

مواد و روش‌ها

دستگاه مغناطیس کننده سوخت

برای مغناطیس کردن سوخت دیزل از دستگاه تولید میدان مغناطیسی متناوب با ظرفیت حداکثر 5000 گاوس؛ ساخته شده در گروه فنی و کشاورزی پردیس ابوریحان-دانشگاه تهران، استفاده گردید. همانطورکه در شکل (1) نشان داده شده است، به طور کلی این دستگاه شامل قسمت‌های اصلی زیر می‌باشد:

شاسی دستگاه

مسیر چرخش سوخت در داخل میدان مغناطیسی

منبع تغذیه و تنظیم کننده چگالی میدان مغناطیسی

دبی‌سنج برای محاسبه حجم سوخت جابجا شده

سیستم خنک‌کننده سیم‌پیچ‌ها

شکل ۱. دستگاه مغناطیس کننده سوخت

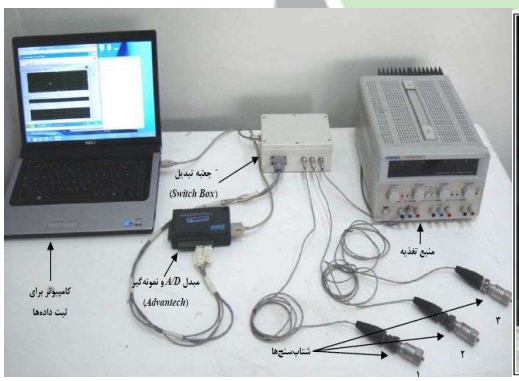
دستگاه اندازه‌گیری و ثبت ارتعاش

در این تحقیق ارتعاش موتور تراکتور MF-399 در حالت ایستگاهی و تحت بار کامل بر روی سطح آسفالت و در فضای باز اندازه-گیری شد. محل انجام تحقیق در آزمایشگاه انرژی‌های تجدیدپذیر دانشگاه تربیت‌مدرس بود. آزمایش‌ها در پنج سطح مختلف سوخت و پنج سطح مختلف دور موتور صورت گرفت. تعداد کل آزمایش‌ها در ذیل آورده شده است:

تعدادآزمایش= سوخت×۵ دور موتور×۵ محل ×۱ تکرار ×۳ = ۷۵

لازم به ذکر است که در هر آزمایش سه سیگنال از شتاب‌سنج‌های نصب شده در جهات طولی، عرضی و عمودی اندازه‌گیری و ضبط شد که در مجموع تعداد سیگنالهای شتاب ارتعاش اخذ شده ۲۲۵ عدد می‌باشد. با توجه به این که از شرایط ایستگاهی به عنوان مبنای سنجش می‌توان برای مقایسه ارتعاش در شرایط دیگر استفاده نمود در این تحقیق نیز بررسی ارتعاش موتور تراکتور در حالت ایستگاهی صورت پذیرفت. برای اندازه‌گیری ارتعاش و ثبت شتاب‌های مورد نظر از شتاب‌سنج مدل CTC AC102 استفاده گردید که مشخصات آن در جدول (۱) ذکر شده است. داده‌های خروجی از شتاب‌سنج‌ها توسط یک مدار الکترونیکی ثبت می‌گردید و پس از انجام آزمایش، داده‌های ذخیره شده در حوزه زمانی مشخص به رایانه انتقال داده شد. در شکل (2) شتاب سنج‌ها و در شکل (3) کل سیستم ثبت ارتعاش نشان داده شده است.

شکل ۲. نحوه اتصال شتاب سنج در قسمت جلوی موتور



شکل ۳. سیستم استفاده شده برای اندازه گیری ارتعاش

جدول۱. مشخصات شتاب‌سنج مدل AC102 ساخت شرکت CTC (USA).

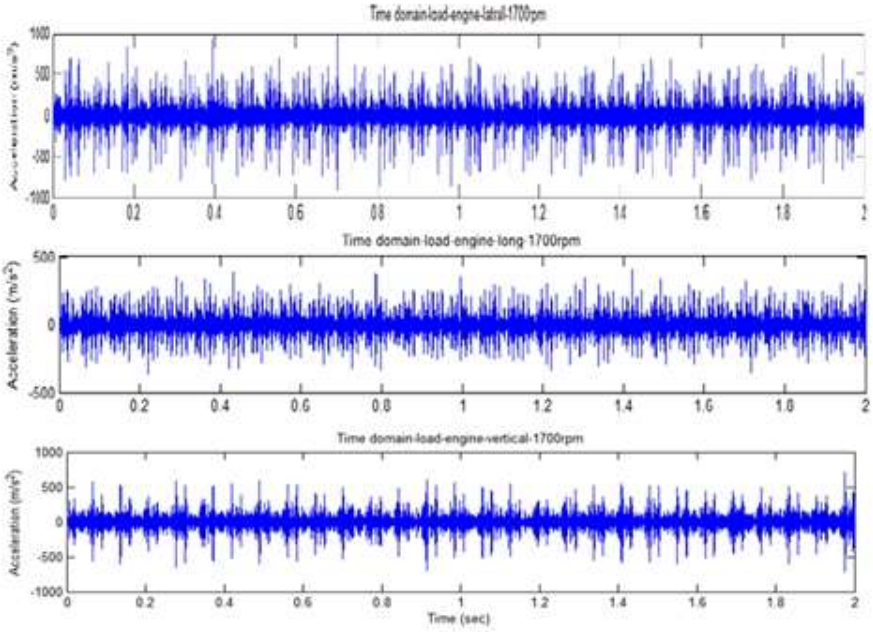
محدوده	مشخصه

Characteristic	Range
حساسیت(±۱۰٪) Sensitivity	100 mV/g
پاسخ فرکانسی (±3 dB) ، (±10%) Frequency Response	(0.4 -14000 Hz) ، (1- 9000 Hz)
محدوده دینامیکی Dynamic Range	±50g, peak
ولتاژ تغذیه Supply voltage	18-30 VDC
محدوده دمایی Temperature range	-50 to 120°C
فرکانس تشدید طبیعی The natural resonant frequency	26000 Hz

نتایج و بحث

سیگنال‌های ذخیره شده در حوزه زمان

شکل (4) میزان شتاب ارتعاش در سه جهت جانبی، طولی و عمودی برای سرعت 1700 دور بر دقیقه و سوخت دیزل خالص را برای موقعیت موتور تحت بار کامل، نشان می‌دهد. همان‌گونه که در این شکل پیداست میزان شتاب ارتعاش در راستای جانبی بیشتر از عمودی و عمودی بیشتر از طولی است. علت بیشتر بودن شتاب در راستای جانبی تعادل خوب موتور شش سیلندر است که موجب می‌شود ارتعاش در راستای عمودی نسبت به راستای جانبی کاهش یابد. با توجه به‌اینکه موتور حاضر۶ سیلندر و از نوع خطی میباشد و نیز با توجه به محل قرار گیری چرخ فلایویل، ارتعاش موتور در جهت طولی کمتر است.

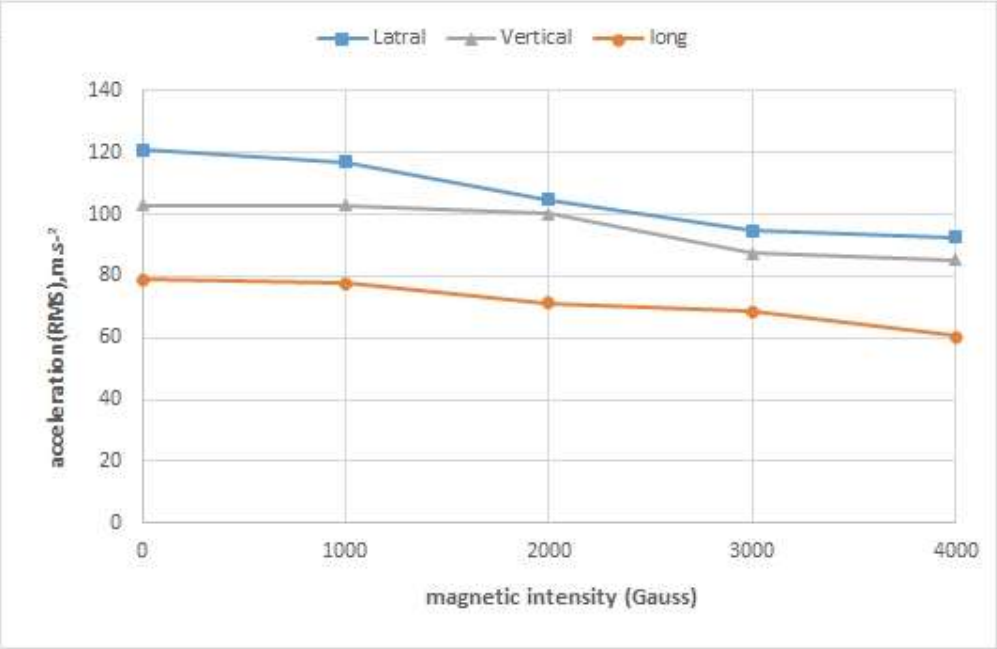


شکل۴. سیگنال‌های شتاب ارتعاش در حوزه زمان در سرعت 1700 دور بر دقیقه و در جهات جانبی، طولی وعمودی

ارزیابی سیگنال‌های RMS شتاب ارتعاش

شکل (5) تغییرات مقادیر RMS شتاب موتور تراکتور در جهت‌های طولی (X)، جانبی (Y) و عمودی (Z) با استفاده از سوخت‌های مختلف را نشان می‌دهد. همان‌گونه که از این شکل پیداست در تمامی سطوح سوخت مقادیر RMS شتاب در جهت جانبی به طور معنی‌داری بیشتر از عمودی و عمودی بیشتر از طولی می‌باشد. در جهت جانبی مقادیر RMS شتاب سوخت‌های 0G و 1000G، به طور معنی‌داری بیشتر و RMS شتاب سوخت‌های 4000G ,3000G,2000G به طور معنی‌داری کمتر از سایر سوخت‌ها است. این کاهش در میزان شتاب ارتعاش احتمالا بدین سبب است که با افزایش میدان مغناطیسی به تدریج نیروی لازم جهت غلبه بر خوشه‌های هیدروکربنی ساختار گازوییل فراهم آمده و با شکستن این خوشه‌ها امکان نفوذ بیشتر اکسیژن به قسمت داخلی خوشه‌ها و پیوند بیشتر با کربن‌های میانی فراهم شده است (Hricak, 1994). در نتیجه فرآیند احتراق یکنواخت‌تر شده و در نهایت ارتعاش کمتری در قسمت‌های داخلی موتور تولید می‌گردد. در جهت طولی بین مقادیر RMS شتاب سوخت‌های مختلف به جز سوخت دیزل خالص (0G) اختلاف معنی‌داری وجود ندارند و پس از مغناطیس کردن RMS شتاب این سوخت‌ها اندکی کاهش یافته است. در جهت عمودی نیز بین مقادیر RMS شتاب سوخت‌های دیزل خالص و 1000G اختلاف معنی‌داری مشاهده نمی-شود؛ اما سوخت 2000G نسبت به سایر سوخت‌ها کاهش معنی‌داری داشته است و این سوخت در جهت عمودی کمترین مقدار RMSشتاب را به خود اختصاص داده است. بیشترین مقدار RMS شتاب در سوخت‌های 1000G, 0G، در جهت جانبی بوده و

کمترین مقدار در سوخت 4000G و در جهت طولی می‌باشد. بطور کلی مقادیر RMS شتاب ارتعاش ثبت شده در راستای جانبی بیشترین (با میانگین 75.78 متر بر مجذور ثانیه) و در راستای طولی کمترین (با میانگین 44.59 متر بر مجذور ثانیه) بود.

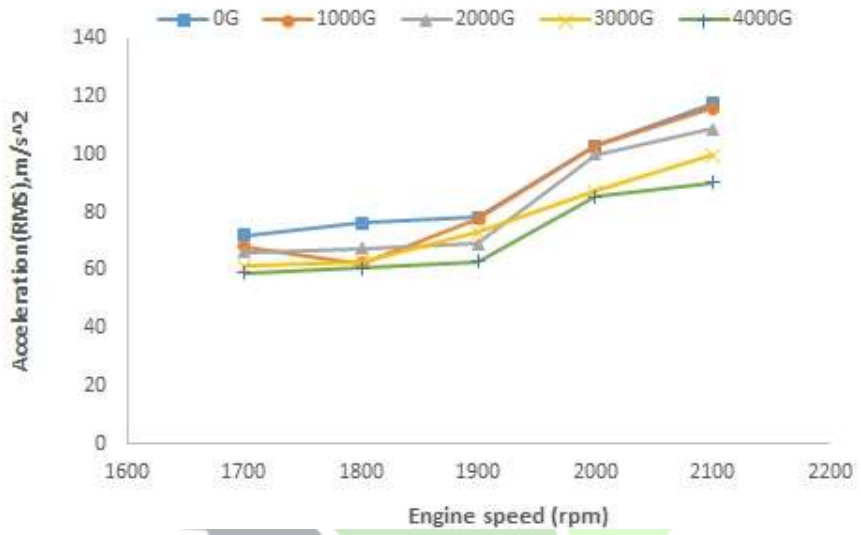


شکل۵. اثر تغییرات سوخت مغناطیس شده با شدت‌های مختلف بر میزان RMS شتاب ارتعاش در حوزه زمان ارتعاش برای جهات مختلف در دور ۲۱۰۰ rpm

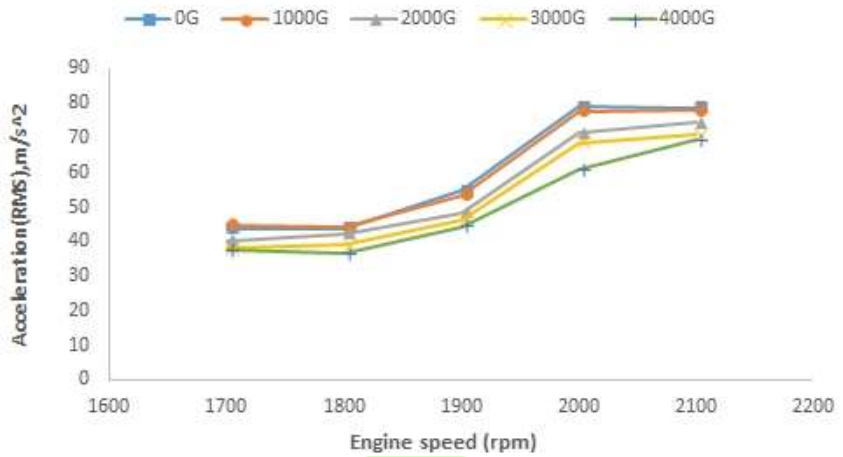
۳-۳ تحلیل سیگنال‌های شتاب ارتعاش در جهات طولی، جانبی و عمودی، در سوخت‌ها و سرعت‌های مختلف

تغییرات مقادیر RMS شتاب موتور تراکتور در سرعت‌های مختلف موتور برای مخلوطهای سوخت مختلف در شکل‌های (6) (7)و(8) نشان داده شده است. همانگونه که این شکل‌ها نشان می‌دهند با افزایش سرعت موتور از 1700 تا 2100 دور بر دقیقه، میانگین RMS شتاب ارتعاش به طور کلی در همه سوخت‌ها افزایش داشته است. بیشینه میزان افزایش در مقدار RMS شتاب درسوخت‌های 0G، 1000G، 2000G, 3000G، 4000G به ترتیب برابر با 38.52، 32.58، 25.37، 23.45 و 20.01 متر بر مجذور ثانیه بوده است که کمترین افزایش در سوخت 4000G و بیشترین افزایش در سوخت 0G بوده است. مقادیر RMS شتاب ارتعاش همه سوخت‌ها از 1700 تا 2100 دور بر دقیقه به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد؛ همچنین بطورکلی با افزایش سرعت از 1700 تا 1900 دور بر دقیقه مقادیر شتاب ارتعاشی افزایش یافته است. در سرعت‌های 1700و 1800 با افزایش شدت میدان مغناطیسی به

1000G اختلاف معنی‌داری در میزان شتاب ارتعاش مشاهده نشد اما رفته رفته با افزایش شدت میدان مغناطیسی تا 4000G از میزان شتاب ارتعاش کاسته شده و این اختلاف کاملا معنی‌دار و مشهود است. دلیل این کاهش در میزان شتاب ارتعاش احتمالا بدین سبب است که با افزایش میدان مغناطیسی به تدریج نیروی لازم جهت غلبه بر خوشه‌های هیدروکربنی ساختار گازوییل فراهم آمده و با شکستن این خوشه‌ها امکان نفوذ بیشتر اکسیژن به قسمت داخلی خوشه‌ها و پیوند بیشتر با کربن‌های میانی فراهم شده است (Hricak, 1994). در نتیجه فرآیند احتراق یکنواخت‌تر شده و در نهایت ارتعاش کمتری در قسمت‌های داخلی موتور تولید می‌گردد.

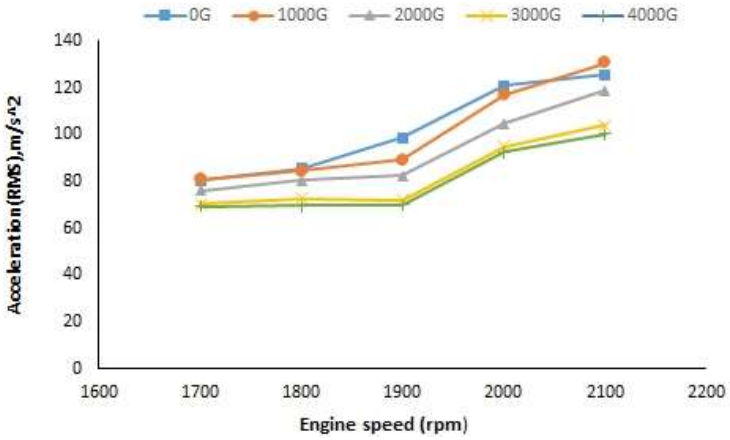


شکل۶. اثر تغییرات سرعت دورانی موتور بر میزان RMS شتاب در حوزه زمان ارتعاش، در جهت عمودی برای سوخت-های مختلف



شکل۷. اثر تغییرات سرعت دورانی موتور بر میزان RMS شتاب در حوزه زمان ارتعاش،در جهت طولی برای سوخت-های مختلف

Fig.7. Effects of variation in engine speed on the RMS values of vibration acceleration at longitudinal direction for the different fuels



شکل۸. اثر تغییرات سرعت دورانی موتور بر میزان RMS شتاب در حوزه زمان ارتعاش،در جهت جانبی و برای سوخت‌های مختلف

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به مباحث گفته شده می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش سرعت دورانی موتور از ۱۷۰۰ تا ۲۱۰۰ دور بر دقیقه، میانگین RMS شتاب ارتعاش به طور کلی در همه سوخت‌ها و جهت‌ها افزایش داشت و این تحقیق مشخص ساخت که با اعمال میدان مغناطیسی بر سوخت دیزل و در صورتی که چگالی میدان‌مغناطیسی به اندازه کافی باشد، میزان ارتعاش موتور تراکتور MF399 به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد.

منابع

[1] Ahmadian, H., S.R. Hassan-Beygi. 2012. Ergonomic characteristics of a power tiller Vibration in transportation. 2th International Conference on Acoustic and Vibration (ISAV). Sharif University of Technology, Tehran, Iran.

[2] Faris, A .and Raed Isse, Mezher Abed, Zainab Fouad, Akeel Kazim, Hazim Mohammad A.S., and S.K. Al-Naseri. 2012. Effect of Magnetic Field on Fuel Consumption and Exhaust Emission in Two-Stroke Engine. Transactions of the Institution of Chemical Engineers. Energy Procedia, Vol. 18, Pp 327-338

[3] Govindasamy, P., and S. Dhandapani. 2007. Experimental Investigation of Cyclic Variation of Combustion Parameters in Catalytically activated and Magnetically Energized two-stroke SI Engine. Journal of Energy & Environment, Vol. 6, pp 46-50.

[4] Hassan-Beygi, S.R. 2012. Evaluation of Vibration in Six-Cylinder Engine with of D-series fuel blend. 7th National Congress on Agricultural Machinery Engineering and Mechanization, Shiraz Univ. Shiraz (In Farsi).

[5] Hricak, R.Z. 1994. Air fuel magnetizer. U.S. Patent No.5,331,807.

[6] RAND Corporation. 2007. An Approach to Assessing the Technical Feasibility and Market Potential of a New Automotive Device, technical report, RAND Zero Emission Fuel Saver Study Team USA.

[7] Tao, R., and X. Xu. 2005. Viscosity Reduction in Liquid Suspensions by Electric or Magnetic Fields. International Journal of Modern Physics, Vol. 19, pp 7-9.

[8] Tewari, V. K., and K.N. Dewangan. 2009. Effect of vibration isolators in reduction of work stress during field operation of hand tractor. *Biosystems Engineering* 3:146 – 158.

Evaluation of Vibration in Six- Cylinder Engine with Magnetic Diesel Fuel

Abstract:

In recent years, many approaches have been proposed to reduce fuel consumption and exhaust emissions of internal combustion engines. One of these methods is using magnetize fuel obtained from an external magnetic field. One of the preconditions using the magnetic fuel in combustion engine is studying about vibration fuel behaviors. To evaluate the effects magnetic fuel on engine parameters such as engine vibration, some experiments were conducted in this research. Effects of magnetic fields with different intensities (1000, 2000, 3000 and 4000 Gauss) were studied on vibration signals of a six cylinder internal combustion engines. Vibrations signals in the longitudinal, vertical and lateral with 5-levels of engine speed were measured. Maximum and minimum values of Root Mean Square (RMS) for vibration acceleration recorded at the lateral and longitudinal directions (75.78 m/s^2 and 44.59 m/s^2), respectively. Experimental results showed that the RMS values of vibration acceleration decreases by increasing the magnetic field intensity. Therefore, the lowest value of RMS was obtained using 4000 Gauss field intensity.

Key Words: Vibration, Diesel, Magnetic Fuel, Hydrocarbons, RMS