



طراحی، ساخت و ارزیابی سامانه فراصوتی پایش گرانروی روغن موتور

سید محسن ثمره طاهری نسب^{۱*}، محسن شمسی^۲، روح الله عبدالشاهی^۳

۱- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه شهید باهنر کرمان

۳- استادیار گروه اصلاح و نباتات دانشگاه شهید باهنر کرمان

ایمیل مکاتبه کننده: mohsen.s.taheri@gmail.com

چکیده

همواره تعیین عمر مفید روغن‌ها و زمان تعویض آن‌ها، در انواع موتورها و ماشین‌های کشاورزی، مورد بحث بوده است. تعویض به موقع روغن باعث افزایش عمر موتور، سلامت محیط زیست و استفاده بهینه از منابع می‌شود. تشخیص زمان مناسب تعویض روغن، برای راننده خودروها و تراکتورها ضروری است. هدف این تحقیق، ساخت سامانه فراصوتی است که کاهش بیش از حد گرانروی روغن موتور را تشخیص دهد. این سامانه ساخته شده و مورد ارزیابی قرار گرفته است. سرعت انتشار امواج فراصوت در روغن‌های مورد آزمایش، از حدود ۱۱۲۷ تا ۱۴۴۱ m/s بود. آزمایشات نشان داد گرانروی نوعی روغن و سرعت عبور امواج فراصوتی از آن، رابطه مستقیمی با $R^2=0/997$ دارد. روابطی برای اندازه‌گیری گرانروی دو نوع روغن مشخص تعیین گردید، که با استفاده از آن‌ها می‌توان گرانروی روغن‌های کارکرده از این دو نوع را در دمای ۲۰°C تا ۱۰۰°C به دست آورد. مشخص شد که فقط ۱۲/۵ درصد از روغن‌های کارکرده گرانرویشان از محدوده استاندارد خارج شده و نیاز به تعویض داشتند. با نصب سامانه فراصوت بر روی موتور می‌توان سیستم هوشمندی در تراکتور قرار داد که با از دست رفتن خاصیت گرانروی، راننده را جهت تعویض روغن آگاه سازد.

واژه‌های کلیدی: فراصوت، گرانروی، روغن موتور، تعویض روغن، کیفیت روغن

مقدمه

کارخانه تولید کننده روغن موتور با توجه به کیفیت روغن پایه استفاده شده، مواد افزودنی و محل به کارگیری آن، زمان تعویض روغن را در قالب مدت زمان کارکرد برای ماشین‌آلات و تراکتورها و مسافت طی شده برای خودروها مشخص می‌کند.



از طرفی زمان تعویض روغن موتور علاوه بر میزان ساعت کارکرد و مسافت طی شده خودرو، به مدت زمان ماندن روغن در داخل موتور نیز بستگی دارد. بنابراین تغییرات خواص روغن موتور به میزان کارکرد موتور، شرایط کارکرد موتور و مدت زمانی که روغن در موتور مانده است، بستگی دارد (Kuo-Ting Wu, 2011).

در یک موتور، با عملکرد در شرایط بارگذاری زیاد، در جا کار کردن، آب و هوای نامناسب و میزان استهلاک قطعات و... عمر مفید روغن کاهش می‌یابد (Lansdown, 2004).

تعویض دیر هنگام روغن باعث از دست رفتن خواص آن می‌شود و روغن توانایی انجام وظایف اصلی خود (روانکاری، آب بندی، پاک‌کنندگی، خنک‌کاری قطعات و...) را از دست می‌دهد. که نتیجه این اتفاق آسیب دیدن و استهلاک سریع تر قطعات، افزایش مصرف سوخت و آلودگی محیط زیست می‌باشد. از سوی دیگر تعویض زود هنگام روغن نیز اتلاف منابع و اعمال هزینه مازاد را در پی دارد. بنابراین تعیین زمان بهینه برای تعویض روغن بسیار مهم می‌باشد. بهترین روش برای تعیین زمان تعویض روغن، آنالیز روغن است که معمولاً در آزمایشگاه‌ها انجام می‌گردد. با آنالیز روغن و تعیین خواص شیمیایی و فیزیکی آن امکان تشخیص کیفیت روغن و زمان تعویض آن فراهم می‌شود. ولی آنالیز روغن در آزمایشگاه به دلیل هزینه‌های بالا و عدم سهولت انجام آن، بین کاربران ماشین‌آلات، به روش متداولی جهت تعیین کیفیت روغن موتور تبدیل نشده است. از میان شاخصه‌های کیفی روغن، گرانی و شاخص گرانی روغن‌ها مهمترین پارامترهایی هستند که باید برای ارزیابی عملکرد روغن و زمان تعویض آن مورد بررسی قرار گیرند (Al-Ghouti et al., 2010).

مادامی که گرانی و خواص روغن کاری مرزی یک روغن در حد رضایت بخش باشد، روغن می‌تواند به کار خود ادامه دهد. ولی ویژگی‌های یک روغن نمی‌تواند به صورت نامحدود، بدون تغییر باقی بماند. در فرمولاسیون روغن‌ها نیز هدف این است که خصوصیات مورد نیاز از روغن برای مدت زمان خاصی باقی بماند (Kuo-Ting Wu, 2011).

گرانی یک سیال این چنین تعریف می‌گردد: مقاومت سیال در برابر جاری شدن یا به عبارت دیگر مقاومت سیال در برابر تنش برشی را گرانی سیال می‌گویند. در شرایط ثابت، یک مایع با گرانی کمتر (رقیق‌تر)، سریع‌تر از یک مایع با گرانی بیشتر (غلظت‌تر) جاری می‌شود.

گرانی یک روانکار سیال، اساسی‌ترین شاخصه آن در تعیین کیفیت روانکاری آن می‌باشد. بنابراین در اغلب روش‌های پایش کیفیت روغن کارکرده به تغییرات گرانی روغن توجه می‌شود زیرا اولین نشانه‌های تغییرات روغن در تغییر گرانی آن نمایان می‌شود (Kuo-Ting Wu, 2011).

گرانی استاندارد روغن‌های معدنی مورد استفاده در موتورها در جداول استاندارد SAE-J357 قرار گرفته است. در این استاندارد حد بالا و پایین گرانی برای هر روغن تعیین گردیده است بنابراین گذر گرانی روغن از این حدود باعث دی‌گری شدن آن می‌شود (SAE J357, 1999).



به دلیل عدم امکان انجام آنالیز روغن توسط کاربران ماشین‌های کشاورزی و خودروها، وجود تست‌هایی سریع جهت سنجش برخی خواص کیفی روغن از جمله گرانیروی آن، با دقت بالا و سهولت در انجام این کار جهت آگاهی از شرایط روغن، می‌تواند بسیار مفید واقع شود. استفاده از آزمون‌های غیر مخرب می‌تواند برای سنجش گرانیروی روغن گزینه مناسبی باشد.

آزمون‌هایی غیر مخرب هستند که اثرات مخرب فتوفیزیکی، حرارتی، شیمیایی، مکانیکی و فتوشیمیایی بر روی نمونه نداشته باشند (نیکبخت و همکاران، ۱۳۸۷).

یکی از متداول‌ترین آزمون‌های غیر مخرب، آزمون فراصوتی می‌باشد. محدوده آکوستیک یا محدوده شنوایی انسان، فرکانسی بین ۲۰ هرتز تا ۲۰ کیلوهرتز دارد و امواج صوتی تولید شده در این محدوده فرکانسی، توسط گوش انسان قابل دریافت می‌باشند (کیانی، ۱۳۸۴).

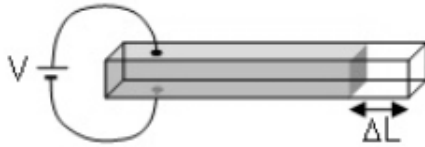
امواج فراصوت امواج مکانیکی هستند که فرکانس بیش از ۲۰ کیلوهرتز دارند. این امواج قابل درک برای انسان نمی‌باشند (Saggin, 2001).

در به کارگیری امواج فراصوت برای اهداف متفاوت، دو روش وجود دارد. روش انعکاسی که با یک مبدل فراصوتی هم قابل به کارگیری است و روش عبوری که نیاز به دو مبدل فراصوتی دارد. در روش عبوری شاخص‌هایی متفاوتی از این امواج را مورد بررسی قرار می‌دهند. که این شاخص‌ها عبارتند از: ضریب انعکاس، ضریب شکست، میزان تضعیف (میرایی)، سرعت امواج، زمان پرواز موج، جابه‌جایی فرکانس و غیره (کاشی‌آلاشتی و همکاران، ۱۳۸۹).

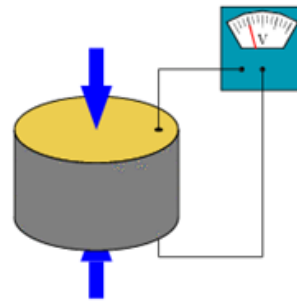
امواج فراصوت را معمولاً توسط مبدل‌های پیزوالکتریک تولید می‌کنند.

تأثیر متقابل فشار مکانیکی و نیروی الکترونیکی را در یک محیط اثر پیزوالکتریسته می‌گویند. پدیده‌ی پیزوالکتریک که باعث تولید امواج فراصوت می‌شود، در سال ۱۸۸۰ توسط جکوز و پاپیر کشف شد (Xu, 1991).

اثر پیزوالکتریک یعنی اینکه یک کریستال که تحت لرزش مکانیکی قرار گرفته انرژی الکتریکی تولید کند (شکل ۱). اثر عکس پیزوالکتریک یعنی اینکه یک کریستال که تحت تحریک جریان الکتریکی قرار گرفته است شروع به لرزیدن کند (شکل ۲).



شکل ۲- نمای ساده خاصیت پیزوالکتریک

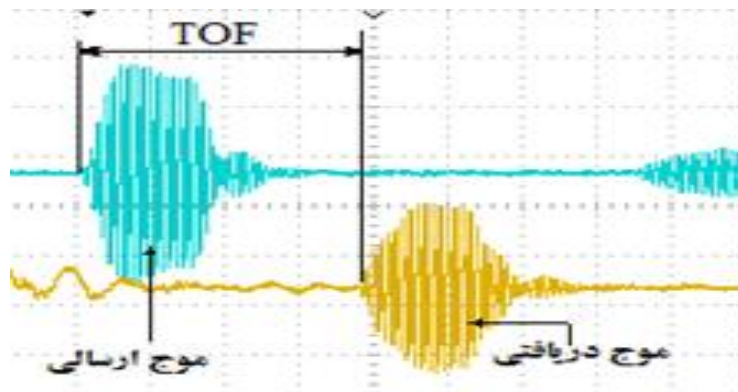


شکل ۱- نمای ساده خاصیت عکس پیزوالکتریک

در این تحقیق برای اندازه‌گیری سرعت طولی امواج فراصوتی در روغن‌های موتور، از روش زمان عبور یا زمان پرواز موج استفاده شده است.

زمان پرواز به صورت زمان سپری شده از لحظه ارسال یک پالس (یک موج سینوسی در مدت زمان کوتاه که می‌تواند تکرار هم شود) فراصوت، تا زمان آشکار سازی پالس دریافتی در یک محیط مادی، تعریف می‌شود. به عبارت دیگر زمان بین ارسال امواج تا دریافت امواج را زمان پرواز فراصوت گویند (Gueuning et al., 1996).

در شکل ۳ نحوه محاسبه زمان پرواز موج را از روی موج ارسال و دریافتی مشخص است. TOF زمان پرواز موج است.

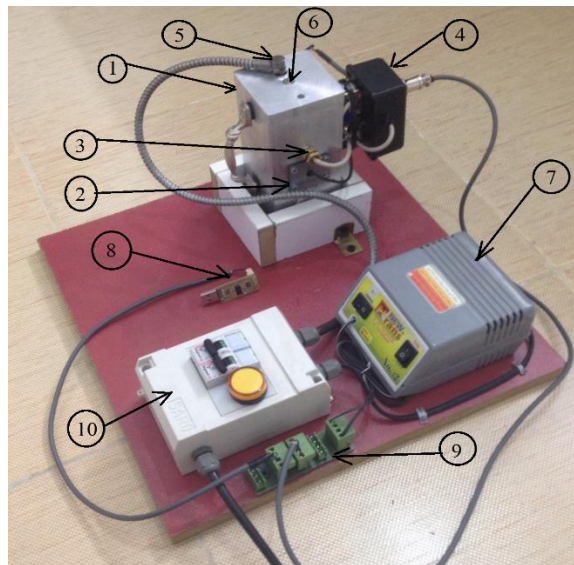


شکل ۳- نحوه محاسبه زمان پرواز موج

مواد و روش‌ها

۱- طراحی سامانه فراصوتی

جهت اندازه‌گیری سرعت طولی امواج فراصوتی سامانه‌ای متشکل از اجزاء زیر طراحی و ساخته شد.



شکل ۴- اجزای سامانه طراحی شده

در شکل ۴ اجزای کلی سامانه مشخص گردیده اند که در جدول ۱ به معرفی اجزاء تشکیل دهنده پرداختیم.

جدول ۱- اجزای کلی سامانه فراصوت

شماره	نام اجزاء	شماره	نام اجزاء
۱	ظرف تست	۶	همزن
۲	سنسور فراصوت	۷	منبع تغذیه
۳	سنسور دما	۸	مبدل RS485 به USB
۴	واحد الکترونیکی	۹	برد تقسیم شبکه
۵	هیتر الکتریکی	۱۰	رایانه

۱-۱- ظرف تست: ظرف تست از جنس آلومینیوم ۷۰۰۰ ساخته شد. دلیل این انتخاب قابلیت تراشکاری، فرس کاری و بالا بودن ضریب انتقال حرارت آن نسبت به دیگر فلزات، مقاومت در برابر اکسید شدن، مقاومت زیاد در مقابل خوردگی های شیمیایی، سبک بودن از خواص آن می باشد. حجم ظرف تست ۲۰۰ml است و روی درب آن جهت قرار گرفتن هیتر و هم زن تعبیه شده است.



۱-۲- سنسورهای فراصوت: از سنسورهای فراصوتی ۱ مگاهرتز که قابلیت تحمل دما تا ۱۰۰ درجه سانتی گراد و همچنین در مقابل سیالات پوشش مقاومی دارند، استفاده شد. این قابلیت‌ها به ما کمک کرد تا سنسور مستقیماً و بدون هیچ واسطه‌ای در تماس با سیال باشد. در تماس با سیال بودن سنسور و عدم وجود واسطه، دقت اندازه‌گیری را به حداکثر می‌رساند. در این دستگاه از دو عدد سنسور فرستنده و گیرنده امواج فراصوت با برند Cosson استفاده شده است.

۱-۳- سنسور دما: سنسور دمای به کار رفته در این دستگاه از نوع Pt1000 با برند Jumo و کلاس دقت A می‌باشد.

۱-۴- واحد برد الکترونیکی: برای جمع‌آوری داده‌های خام سنسور ها، پردازش و ارتباط با رایانه برای نمایش اطلاعات پردازش شده، یک برد الکترونیکی طراحی و ساخته شده است. این واحد از پنج قسمت تشکیل شده است. الف) مدار پردازش اولیه داده‌ها (ب) مدار پردازش مرکزی (ج) واحد ارتباطی (د) قاب و جعبه مدار (ه) پورت اسیلوسکوپ

۱-۵- هیتر الکتریکی: برای گرمایش و بالا بردن دمای ظرف آزمایش و سیال مورد آزمایش، از یک هیتر الکتریکی با توان ۵۰۰ وات استفاده شده است که مستقیماً در داخل سیال قرار می‌گیرد.

۱-۶- همزن: برای اینکه انتقال حرارت از هیتر به صورت یکنواخت به کل سیال انجام شود از یک همزن دستی که بر روی درب ظرف آزمایش نصب می‌شود استفاده شده است.

۱-۷- منبع تغذیه: در این دستگاه برای تامین برق مورد نیاز مدارات الکترونیکی از یک منبع تغذیه DC ترانس دار با دو ولتاژ کاری ۶ و ۱۲ ولت و ماکزیمم جریان ۲ آمپر استفاده شده است که نیاز این دستگاه را به طور کامل تامین می‌نماید.

۱-۸- مبدل RS485 به USB: برای اتصال کابل خروجی واحد الکترونیکی به رایانه نیاز به یک مبدل برای تبدیل شبکه RS485 به پورت USB می‌باشد که بتوان به راحتی این دستگاه را به هر رایانه‌ای اعم از قابل حمل یا رومیزی متصل نمود.

۱-۹- نرم افزار کامپیوتری: برای نمایش اطلاعات و همچنین انجام برخی تنظیمات ضروری، بایستی از یک نرم افزار رایانه‌ای استفاده نمود. به این منظور نرم افزاری توسط برنامه Lab view نوشته شده است که علاوه بر امکان ایجاد ارتباط با دستگاه تست، قابلیت تنظیم و نمایش اطلاعات اندازه‌گیری شده توسط دستگاه و سنسورهای آن در اختیار کاربر قرار می‌دهد.

۱-۱۰- روش انجام آزمایش با سامانه فراصوت



مقدار ۲۰۰ ml از روغن را درون ظرف تست ریخته و با روشن کردن هیتر گرمایی دمای آن را افزایش می‌دهیم و همزمان از همزن جهت انتقال دمای یکنواخت در روغن استفاده می‌کنیم. دمای روغن را به 100°C می‌رسانیم. در نرم افزار دمای خوانده شده توسط سنسورهای دما در حال نمایش است. سپس اجازه می‌دهیم روغن از طریق ظرف آلومینیومی دمای خود را به محیط انتقال دهد. در فواصل 5°C ، زمان پرواز موج را که نرم افزار با دقت نانوثانیه نمایش می‌دهد برداشت می‌کنیم.

با توجه به اینکه فاصله سنسورهای فراصوت از هم ۵۲mm است و سرعت فراصوت یکنواخت است، امکان اندازه گیری سرعت فراصوت توسط رابطه ی سرعت یکنواخت وجود دارد. با قرار دادن زمان های اندازه گیری شده در رابطه (۱) سرعت موج عبوری را اندازه می‌گیریم.

$$V_{\theta} = 10^3 \times \frac{52}{t} \quad (1)$$

V_{θ} سرعت امواج فراصوت در دمای θ بر حسب (ms-1)، زمان پرواز موج از سنسور فراصوت ارسال کننده به سنسور فراصوت گیرنده بر حسب (s) می باشد.

۲- انتخاب روغن ها

برای انجام آزمایش نمونه روغن هایی انتخاب گردید که از لحاظ درجه گرانی متفاوت باشند. بنابراین دو نوع روغن A و B که مشخصات آن ها در جدول ۲ قرار گرفته است، در نظر گرفته شد.

جدول ۲- روغن های انتخاب شده برای آزمایش

درجه گرانی	نام روغن	نوع روغن
SAE20W50 SJ	بهران پيشتاز	A
SAE10W40 SL	ایرانول	B

از هرکدام از روغن های نوع A و B دو نمونه روغن تازه و هشت نمونه روغن کارکرده به طور تصادفی از دو اتوسرویس مختلف جمع آوری شد.

هر بیست نمونه جمع آوری شده مورد آزمایش اندازه گیری سرعت امواج عبوری فراصوت قرار گرفتند. مشخص است که با تغییرات دما گرانی روغن تغییر می کند. در محدوده دمایی این آزمایش، گرانی روغن با دما به صورت خطی تغییر می کند (SAE J357, 1999).



در تمامی نمونه‌ها سرعت امواج فراصوت از دمای 20°C تا 100°C ، با فواصل 5°C توسط این دستگاه اندازه‌گیری شده است.

از مقادیر سرعتی که در هر دما، برای دو تکرار روغن تازه نوع A اندازه‌گیری شده بود میانگین گرفته شد. بنابراین در تمامی دماهای 20°C ، 25°C ، ...، 100°C سرعت صوتی که میانگین دو تکرار است به دست آمد. به همین شکل سرعت‌های صوت در این محدوده دمایی برای روغن تازه نوع B نیز اندازه‌گیری شده است.

برای ارتباط این سرعت فراصوت‌ها به گرانشی روغن‌ها، اطلاع از گرانشی روغن‌ها در همین دماهای مورد اندازه‌گیری ضروری است. اینکه اندازه‌گیری سرعت فراصوت توسط این سامانه با دقت نانو ثانیه انجام می‌شود که دقت بسیار بالایی است. بنابراین اگر بخواهیم میزان گرانشی روغن را با ویسکومترهای متداول در هر دما به دست آوریم، با توجه به خطای زیاد این ویسکومترها گرانشی به دست آمده دقیق نبوده و در محاسبات ایجاد اختلال می‌کند. از سوی دیگر ویسکومترهای متداول گردش گرانشی دینامیک را تعیین می‌کنند. برای تبدیل گرانشی دینامیک به سینماتیک نیاز به دانسیته روغن در همان دما می‌باشد. که اندازه‌گیری دانسیته خود عامل خطای دیگری می‌باشد. بنابراین با این شرایط مدل دقیق و مناسبی برای پیش‌بینی گرانشی ایجاد نمی‌کند.

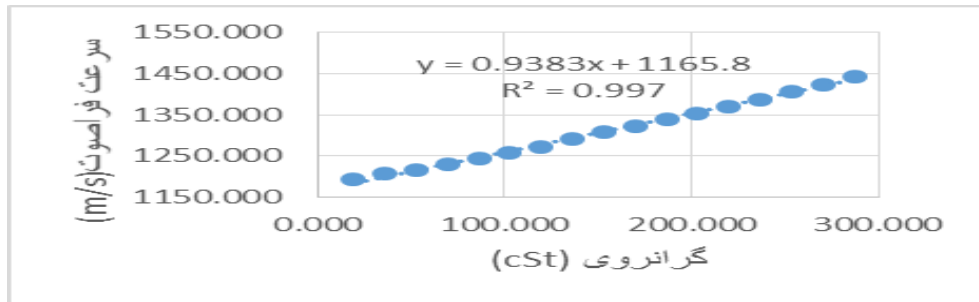
برای رفع این مشکل از جدول SAE-J357 مقادیر استاندارد در هر دما برای روغن‌های مورد نظر استخراج شد. مقادیر گرانشی روغن تازه بر مبنای استاندارد منطبق گردید. در این استاندارد حد بالا و پایین گرانشی هر روغن در تمامی دماها تعیین شده است.

سرعت فراصوت‌های مورد اندازه‌گیری در هر دما با توجه به گرانشی روغن در همان دما روی یک نمودار سرعت فراصوت-گرانشی قرار گرفت و رابطه گرانشی روغن با سرعت فراصوت به دست آمد.

نتایج و بحث

با رسم نمودار گرانشی-سرعت فراصوت، امکان تعیین رابطه گرانشی هر روغن با سرعت امواج فراصوت عبوری از آن فراهم می‌شود.

در شکل ۵ نمودار گرانشی-سرعت فراصوت روغن نوع A مشخص شده است.



شکل ۵- نمودار گرانروی-سرعت فراصوت روغن نوع A

همانگونه که از نمودار شکل ۵ مشخص است رابطه گرانروی با سرعت فراصوت عبوری از روغن با $R^2=0.997$ خطی می باشد.

این مقادیر گرانروی و سرعت فراصوت توسط نرم افزار SAS مورد آنالیز رگرسیون قرار گرفتند و براساس جدول نتایج آنالیز رگرسیون (جدول ۳) مشخص است که این رگرسیون در سطح ۱٪ معنی دار است.

جدول ۳- آنالیز رگرسیون روغن A

F	MS	SS	Dof	منابع تغییر
۴۹۵۴/۵۱*	۱۰۰۶۷۰	۱۰۰۶۷۰	۱	رگرسیون
	۲۰/۳۲	۳۰۴/۷۸	۱۵	خطا
		۱۰۰۹۷۵	۱۶	کل

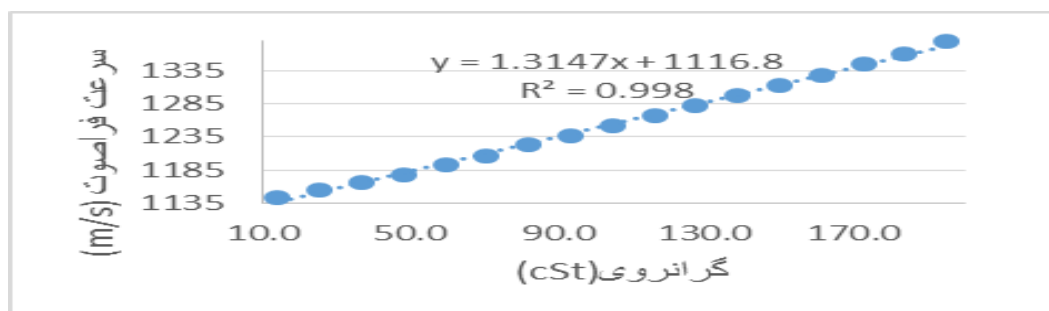
براساس نمودار شکل ۵ می توان روابط زیر را برای روغن نوع A نوشت.

$$V_A = 0.9383 \mu_A + 1165.8 \quad (2)$$

$$\mu_A = (V_A - 1165.8) / 0.9383 \quad (3)$$

V_A سرعت فراصوت در روغن A، بر حسب (ms^{-1}) و μ_A گرانروی روغن A، بر حسب (cSt)

در شکل ۶ نمودار گرانروی-سرعت فراصوت روغن نوع B مشخص شده است.



شکل ۶- نمودار گرانروی-سرعت فراصوت روغن نوع B



همانگونه که از نمودار شکل ۶ مشخص است رابطه گرانیوی با سرعت فراصوت عبوری از روغن با $R^2=0/998$ خطی می باشد.

این مقادیر گرانیوی و سرعت فراصوت توسط نرم افزار SAS مورد آنالیز رگرسیون قرار گرفتند و براساس جدول نتایج آنالیز رگرسیون (جدول ۴) مشخص است که این رگرسیون در سطح ۱٪ معنی دار است.

جدول ۴- آنالیز رگرسیون روغن B

منابع تغییر	Dof	SS	MS	F
رگرسیون	۱	۹۰۰۵۴	۹۰۰۵۴	۷۶۱۸/۲۴*
خطا	۱۵	۱۷۷/۳۱	۱۱/۸۲	
کل	۱۶	۹۰۲۳۱		

براساس نمودار شکل ۶ می توان روابط زیر را برای روغن نوع B نوشت.

$$V_B = 1.3147 * \mu_B + 1116.8 \quad (۴)$$

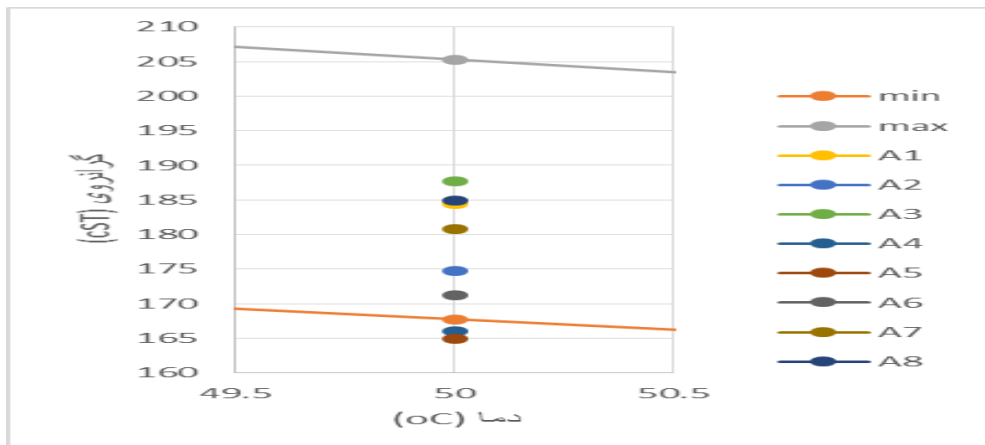
$$\mu_B = (V_B - 1116.8) / 1.3147 \quad (۵)$$

V_B سرعت فراصوت در روغن B، بر حسب (ms^{-1}) و μ_B گرانیوی روغن B، بر حسب (cSt)

با داشتن روابط (۳) و (۵) و اندازه گیری سرعت عبور امواج فراصوت در هر دمایی بین $20^{\circ}C$ تا $100^{\circ}C$ از هر نمونه روغن کارکرده دیگری از روغن های نوع A و B، می توان گرانیوی این روغن های کارکرده را محاسبه کرد.

۱- سنجش گرانیوی روغن های کارکرده نوع A

هشت نمونه روغن کارکرده از نوع A در دمای دلخواه (در اینجا $50^{\circ}C$)، مورد اندازه گیری سرعت فراصوت عبوری قرار گرفتند. با قرار دادن سرعت فراصوت عبوری این روغن های کارکرده در رابطه (۳) گرانیوی این روغن ها در دمای $50^{\circ}C$ به دست آمد. مقادیر گرانیوی این روغن های کارکرده روی نمودار شکل ۷ که در آن حد بالا و پایین گرانیوی استاندارد نیز مشخص شده است، نمایش داده شدند.

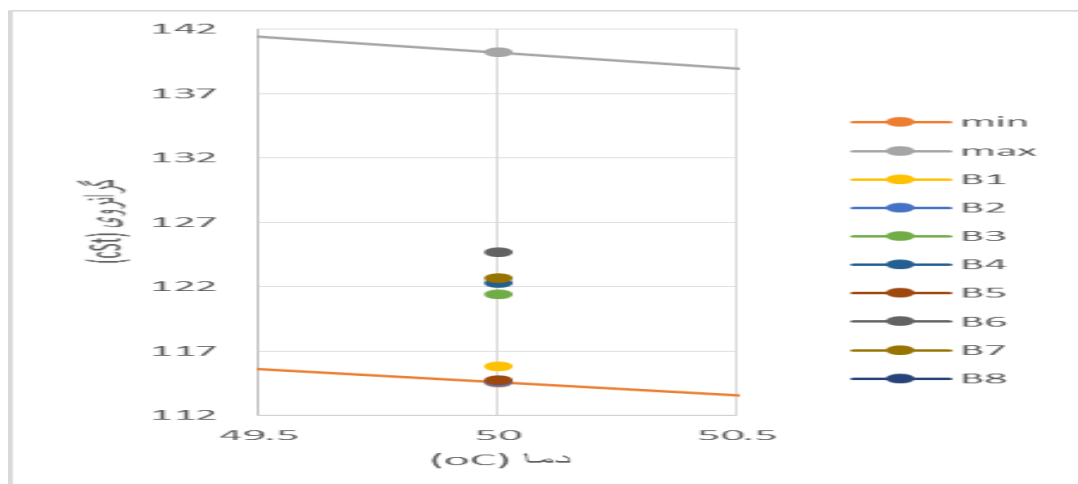


شکل ۷- گرانروی اندازه گیری شده روغن های کارکرده A توسط فراصوت، در دمای ۵۰ °C

در این نمودار نقاط A1 تا A8 گرانروی محاسبه شده با رابطه (۳) برای هشت روغن کارکرده نوع A است. خط بالا (max)، خط حداکثر گرانروی استاندارد این نوع روغن و خط پایین (min)، خط حداقل گرانروی این نوع روغن است. همانگونه که از شکل ۷ مشخص است دو روغن کارکرده A6 و A7 از حد پایین استاندارد گرانروی این نوع روغن گذشته اند و نیاز به تعویض دارند.

۲- سنجش گرانروی روغن های کارکرده نوع B

هشت نمونه روغن کارکرده از نوع B در دمای دلخواه (در اینجا ۵۰°C)، مورد اندازه گیری سرعت فراصوت عبوری قرار گرفتند. با قرار دادن سرعت فراصوت عبوری این روغن های کارکرده در رابطه (۵) گرانروی این روغن ها در دمای ۵۰°C به دست آمد. مقادیر گرانروی این روغن های کارکرده روی نمودار شکل ۸ که در آن حد بالا و پایین گرانروی استاندارد نیز مشخص شده است، نمایش داده شدند.



شکل ۸- گرانروی اندازه گیری شده روغن های کارکرده B توسط فراصوت، در دمای ۵۰ °C



در این نمودار نقاط B1 تا B8 گرانروی محاسبه شده با رابطه (۵) برای هشت روغن کارکرده نوع B است. خط بالا (max)، خط حداکثر گرانروی استاندارد این نوع روغن و خط پایین (min)، خط حداقل گرانروی این نوع روغن است. همانگونه که از شکل ۸ مشخص است هیچ کدام از نمونه روغن‌های کارکرده نوع B از حدود استاندارد نگذشته اند و هنوز احتیاج به تعویض ندارند.

از ۱۶ نمونه ای که از دو نوع روغن مورد آزمایش قرار گرفت، فقط ۲ روغن (۱۲/۵ درصد از روغن‌ها) حد گرانرویشان پایین تر از حد استاندارد بود و نیاز به تعویض داشتند. بنابراین در این نمونه کوچک ۸۷/۵ درصد از روغن‌ها نیاز به تعویض نداشتند و مشخص است که ۸۷/۵ درصد از منابع قابل استفاده با تعویض زود هنگام روغن هدر رفته اند.

نتیجه گیری

با اندازه گیری سرعت امواج فراصوت عبوری از روغن‌های تازه در هر دما و ایجاد ارتباط بین این سرعت‌ها و گرانروی همان روغن، می‌توان روابطی جهت اندازه گیری گرانروی با توجه به سرعت فراصوت عبوری برای هر روغن مشخص به دست آورد.

فقط ۱۲/۵ درصد از روغن‌های مورد آزمایش در این تحقیق، گرانروی استاندارد خود را از دست داده اند و باید تعویض می‌شدند. بدین معنی است که ۸۷/۵ درصد از منابع روغنی که با هزینه زیاد تولید شده اند، قبل از پایان عمر مفیدشان تعویض گردیدند.

منابع و مآخذ

۱. کاشی آلاشتی، م. اسحق بیگی، ع. منتظر، ع. ۱۳۸۹. طراحی و ساخت سامانه ارزیابی امواج فراصوتی گذرنده از خاک. ششمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون کرج
۲. کیانی، س. ۱۳۸۴. برهم زدن خاک سطحی با استفاده از امواج فراصوت. همایش ملی کشاورزی حفاظتی و توسعه پایدار
۳. نیکبخت، ع.م. توکلی هشتجین، ت. ملک فر، ر. قبادیان، ب. ۱۳۸۷. استفاده از طیف سنجی رامان برای بررسی غیر مخرب پارامترهای کیفی میوه گوجه فرنگی. پنجمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی

مشهد

4. Al-Ghouti, M.A. & Al-Degs, Y.S. & Amer, M. 2010. Application of chemometrics and FTIR for determination of viscosity index and base number of motor oils. Talanta
5. Gueuning, F. & Varla, M. & Eugene, S. & Dupuis, P. 1996. Accurate Distance Measurement by an Autonomous Ultrasonic System Combining Time-of Flight and Phase-Shift Methods. IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference Brussels. Belgium
6. Kuo-Ting Wu. 2011. Engine Oil Condition Monitoring Using High Temperature Integrated Ultrasonic Transducers. International Journal of Prognostics and Health Management



نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی

(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون

پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹۴ - کرج



7. Lansdown, A.R. 2004. Lubrication and lubricant selection: a practical guide. ASME Press
8. SAE J357. 1999. Physical and Chemical Properties of Engine Oil. Society of Automotive Engineers. Warrendale
9. Saggin, R. 2001. Oil Viscosity Measurement by Ultrasonic Reflectance. AOCS Press
10. Xu, Y. 1991. Ferroelectric Materials and Their Applications. Amsterdam: North Holland



نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی

(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون

پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹۴ - کرج



Design, Development and Evaluation of an Ultrasonic Engine Oil Viscosity Monitoring System

Abstract

In this paper determining the useful life of engine oils and when to replace them, in all of engines including agricultural machines has been discussed. On time replacement of oils increases engine life and the environment health and also causes efficient use of resources. It is necessary for all of car and tractor drivers to assess the appropriate time for changing oils. In this study, an ultrasonic system has been designed to identify the engine oil viscosity degradation. This system has been built and evaluated. The diffusion velocity of ultrasound waves in tested oils is from 1127 to 1441 m/s. Tests show that there is a Linear relationship with $R^2=0.997$ between the viscosity of a specified oil and diffusion velocity of ultrasound through it. Two formulas has been resulted to measure the oil viscosity of two specified types of oils in the temperature range of 20°C to 100°C. It was found that only 12.5 percent of the used oils had a degraded viscosity and should be changed. By installing the explained system on the engines it is possible to make an intelligent system in tractors that notifies the driver to change the oil when it's viscosity has been degraded.

Keywords: Ultrasonic, Viscosity, Engine Oil, Oil Change, Oil Quality