Archive of SID

فصلنامهٔ علمی- پژوهشی تحقیقات موتور

تارنمای فصلنامه: www.engineresearch.ir

بررسی رفتار ارسال اولیهٔ روغن در موتور EF7 با استفاده از تلمبهٔ روغن ژیروتوری

حسین فلاح[۱]، سید وحید حسینی[۲*]، عبدالرضا صادقی[۳]

[۱] کارشناسی فنی قوای محرکه دینا، تهران، ایران، H_fallah@dinamotors.com

[۲] عضو هیئت علمی دانشکده مهندسی مکانیک و مکاترونیک، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران، V_hosseini@shahroodut.ac.ir

[۳] مسئول نظارت بر خدمات آزمایشگاهی، شرکت ساپکو، تهران، ایران، Sadeghi@sapco.com

[*] نویسندهٔ مسئول

چکیده

تأخیر زمانی در افزایش فشار روغن در موتور در لحظهٔ شروع می‌تواند عواقب نامطلوبی را برای موتور بوجود آورد. این تحقیق اثر دو نمونه تلمبهٔ روغن ژیروتوری را بر رفتار ارسال اولیهٔ روغن بررسی می‌کند. در این راستا حسگر فشار روغن با پاسخ بسامدی تُند، یکبار در مسیر اصلی روغن و بار دیگر در بستار موتور نصب شده است تا بتوان در حالات مختلف شروع موتور، رفتار فشار روغن در لحظه روشن شدن موتور را مطالعه کرد. مطالعات نشان می‌دهد که بیشترین زمان تأخیر افزایش فشار روغن مربوط به زمان تعویض روغن و صافی موتور است که در محدودهٔ ۲,۵ ثانیه است. استفاده از تلمبهٔ روغن شماره ۲ در صورتی که موتور EF7 بیش از ۱۲ ساعت خاموش باشد، کمترین زمان مورد نیاز برای رسیدن به فشار ۱۰۰ کیلوپاسکال را از ۱,۹۳ ثانیه به ۱,۲۴ ثانیه می‌رساند. از آنجایی که این موتور دارای استکانی روغنی است، تأخیر در افزایش فشار روغن بستار علاوه بر افزایش نرخ سایش قطعات موتور، عمر کارکرد این قطعه را نیز کاهش می‌یابد. بر اساس محاسبات انجام گرفته، استفاده از تلمبهٔ روغن شماره ۲ باعث می‌شود که تعداد دورهای موتور در شرایط بحرانی روانکاری برای حالات تعویض روغن و صافی، شروع سرد موتور و شروع گرم موتور از ۵۸، ۴۵ و ۱۸ دور به ۳۲، ۱۹ و ۱۱ دور کاهش یابد.

اطلاعات مقاله

تاریخچهٔ مقاله:

دریافت: ۲۵ آذر ۱۳۹۸

پذیرش: ۲۹ بهمن ۱۳۹۸

کلیدواژه‌ها:

ارسال اولیهٔ روغن

تلمبهٔ روغن ژیروتوری

حسگر فشار روغن

پاسخ سریع

موتور احتراق داخلی

تمامی حقوق برای انجمن علمی موتور ایران محفوظ است.

Downloaded from engineresearch.ir at 13:24 +0430 on Wednesday June 10th 2020

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from engineresearch.ir at 13:24 +0430 on Wednesday June 10th 2020

۱- مقدمه

سامانهٔ روانکاری موتور خودرو شامل روغن، لوله مکش روغن، تلمبه، صافی، حسگر فشار و راهگاه‌های عبور روغن است. تلمبهٔ روغن در موتور باید با غلبه بر گرانروی روغن، نیروی ثقلی و همچنین اصطکاک جداره داخل راهگاه‌های روغن، روغن را از پایین‌ترین سطوح که همان مخزن روغن است، به بالاترین قسمت از موتور که شامل بستار و تشت روغن و مجموعه میل بادامک است برساند تا با روانکاری مناسب، از تماس فلز با فلز جلوگیری کند.

روانکاری بعضی از قسمت های موتور به قدری مهم است که ضعف در سامانهٔ روانکاری حتی در یک ثانیه از کارکردشان باعث آسیب بسیار جدی به آن قسمت ها می‌شود. عموماً سایش در این نواحی زمانی است که مدار روغن تحت فشار نباشد. مطالعات نشان می‌دهد ۹۰ درصد سایش یاتاقان های میل‌لنگ در شروع موتور اتفاق افتاده و این چیزی معادل ۸۰۰ کیلومتر از عمر طبیعی وسیله نقلیه است.

روغن موتور در موتورهای احتراق داخلی وظیفه کاهش اصطکاک، سایش، کمک به مدیریت حرارت موتور و محافظت از خوردگی را بر عهده دارد. فشار روغن تابعی از دو شاخص گرانروی و شار روغن تولید شده توسط تلمبهٔ روغن است. شار حجمی روغن وابسته به هندسه راه گاه اصلی روغن و سرعت موتور بوده، چرا که عامل محرک تلمبهٔ روغن، میل‌لنگ موتور است. این بدان معنی است که مقدار فشار روغن وابسته به سرعت چرخش موتور بوده و گردش روغن درون موتور با خاموشی موتور قطع خواهد شد.

از آنجایی که گرانروی روغن حساسیت زیادی نسبت به دمای روغن دارد، در شرایط کارکرد سرد روغن امکان رسیدن روغن کافی و سریع به مجموعه‌های تحت سایش کاهش می‌یابد و سایش قطعات افزایش خواهد یافت. از طرفی گرانروی خیلی کم باعث تبدیل روانکاری روغنی به روانکاری مرزی و در نتیجه افزایش نرخ سایش خواهد شد. به طور معمول ضرورت فشار و یا روانکاری زمانی است که سرعت موتور کم باشد، این امر به ساخت تلمبه‌هایی با ابعاد بزرگ نیازمند بوده که حجم جابجایی زیاد با وجود چرخش کم داشته باشد. از سوی دیگر در سرعت های زیاد حجم جابجایی بزرگ مشکل ساز می‌شود و منجر به تشکیل حباب، کاهش عمر مفید روغن و اتلاف بخش قابل توجهی از توان موتور شده، که با استفاده از شیر کاهنده جریان، شیرمهار فشار ۱و غیره می‌توان اثرات کاهش توان را بهبود داده و فشار روغن یکنواخت تری ایجاد نماید.

ریبیرو و همکاران در سال ۲۰۰۵ کاربرد تلمبه‌های روغن برقی را بر روی سیستم خودرو مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند تلمبه‌های برقی به دلیل مستقل بودن از دور موتور، می‌توانند با چرخش سریعتر شار روغن زیادی در دورهای پایین موتور ایجاد کنند. آنها همچنین موتورهای مجهز به پُرخوران را بررسی کردند که مشخص شد در مدار روانکاری گردا، جهت کاهش حرارت مجموعه، به خنک کاری و روانکاری بیشتری حتی پس از خاموش شدن موتور نیاز است. با استفاده از تلمبهٔ روغن برقی علاوه بر تأمین روغن کاری یاتاقان های پُرخوران بعد از خاموشی موتور، همزمان ترمز روغنی ایجاد شده چرخش گردا را متوقف کرده و از سوختن روغن و تشکیل رسوبات روی محور وسط گردا جلوگیری شده است [۱].

هان و همکاران در سال ۲۰۰۶، اندازه گیری گرانروی روغن بر اساس فشار روغن را مورد بررسی قرار دادند. آنها آزمایش‌های خود را بر روی نمونه روغن 5W30 با کارکردی حدود ۲۴۰۰ کیلومتر و با گذشت یک ماه مورد ارزیابی قرار دادند. آنها با استفاده از معادلات، تغییرات گرانروی را با تغییرات فشار روغن معادل سازی کرده که نتایج آنها در نمونه روغن مورد آزمایش بدین صورت بوده که به ازای ۱۰ درصد افزایش گرانروی، فشار روغن ۳۴٫۵ کیلو پاسکال افزایش خواهد داشت. ارزیابی آنها چنین بوده که در وسایل نقلیه با رساندن دمای روغن به محدوده کافی (بیشتر از ۸۰ درجهٔ سلسیوس) و سپس کارکرد موتور در دور آرام، گرانروی روغن را با فشار روغن تخمین زده و در صورت قرار گرفتن روغن در آستانه تعویض، پیام هشدار به راننده ارسال شود. انجام آزمایش در دمای ۸۰ تا ۱۲۰ درجهٔ سلسیوس که گرانروی روغن به طور خطی با افزایش دما کاهش می‌یابد انجام شده و معادلات آن تصحیح شده است [۲].

سورشکمار و همکاران تاثیر گرانروی پایین روغن بر عملکرد تلمبهٔ روغن را به صورت آنالیز عددی و تجربی مورد بررسی قرار دادند. آنها در این تحقیق دو نمونه روغن SAE 0W20 وSAE 5W30 را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج تجربی آنها نشان می‌دهد که با کاهش گرانروی روغن، شار و فشار روغن کاهش می‌یابد. آنها با کاهش لقی در روتور تلمبهٔ روغن توانستند با استفاده از روغن با گرانروی کمتر، ۱۰ درصد افزایش فشار بیشتری را بوجود آورند که باعث کاهش زمان priming موتور در دمای سرد خواهد شد. همچنین توان مصرفی تلمبه، ۵ درصد کاهش یافته که منجر به کاهش تولید گاز کربن دی اکسید خواهد شد [۳].

کوکبیل و بنت تاثیر گرانروی روغن بر اصطکاک موتور در دماهای سرد را بررسی کردند. آنها شش نوع روغن مختلف را در شرایط دمایی ۲۰- ، ۲۵- و ۳۰- درجهٔ سلسیوس مورد ارزیابی قرار دادند. آنها دریافتند استفاده از روغن با گرانروی کمتر در شرایط آب و هوایی سرد مزایای بهتری داشته که از آن جمله می‌توان به کاهش اصطکاک موتور، بهبود توانایی شروع سرد موتور، سریعتر بودن رسیدن فشار روغن به مقدار مورد نیاز و در نتیجه سایش کمتر یاتاقان ها اشاره کرد [۴].

تویودا و همکاران توسعه تلمبهٔ روغن تخلیه متغیر را بررسی کردند. آنها تلاش کردند با کاهش فشار روغن در محدودهٔ وسیعی از سرعت میانی موتور، با حفظ فشار روغن در نواحی مورد نیاز، اصطکاک تلمبهٔ روغن

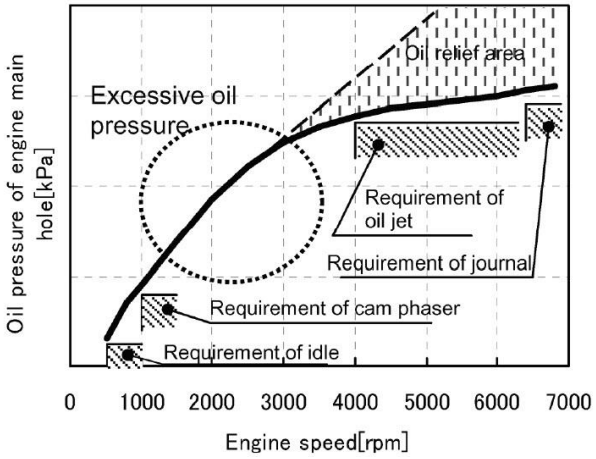
[1] Relief Valve

www.SID.ir

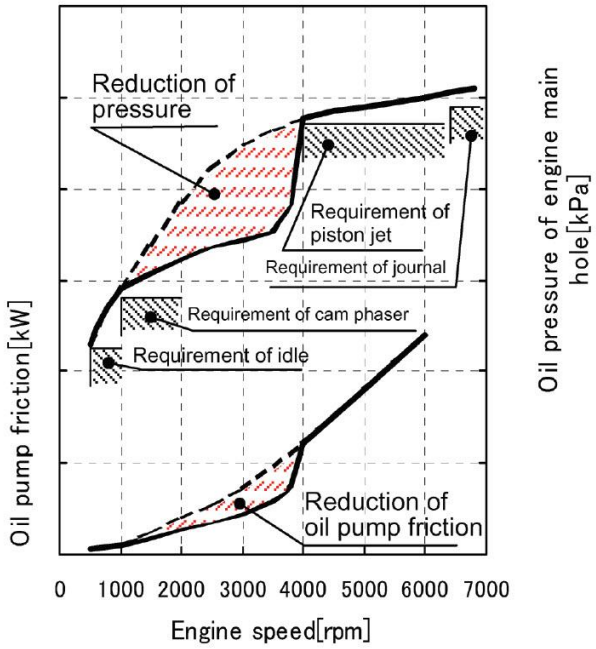
Archive of SID

Downloaded from engineresearch.ir at 13:24 +0430 on Wednesday June 10th 2020

را کاهش دهند (شکل۱). در تحقیق آنها مشخص شد تلمبهٔ روغن تخلیه متغییر حدود ۳۳ درصد نسبت به تلمبهٔ روغن معمولی کاهش اصطکاک خواهد داشت. از آنجا که گفته می‌شود تلمبهٔ روغن ۱۰٪ از اصطکاک کلی موتور را شامل می‌شود، درنتیجه حدود ۰٫۶٪ صرفه اقتصادی سوخت خواهد داشت [۵].



الف) نمودار فشار روغن و نقاط حساس به روانکاری برحسب دور موتور



ب) نمودار کاهش اصطکاک تلمبهٔ روغن

شکل ۱: فشار روغن و مشخصات اصطکاک موتور با استفاده از تلمبهٔ روغن تخلیه متغیر [۵]

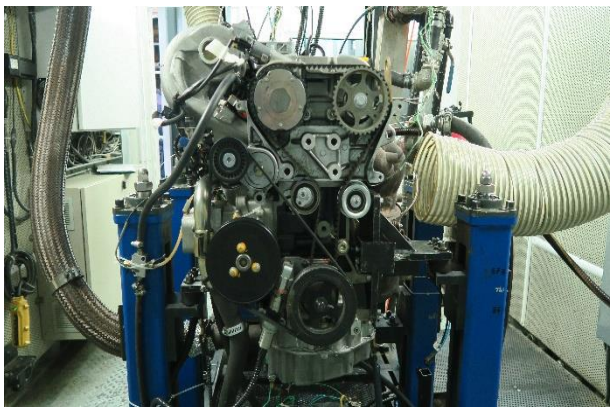
با توجه به این مسئله که کارکرد قطعات مکانیکی در لحظات اولیه چرخش میل‌لنگ، بدون فشار روغن انجام می‌پذیرد، این زمان باید تا حد امکان کاهش یافته تا از سایش قطعات موتور جلوگیری شود. در این راستا این پژوهش به بررسی عملکرد تلمبهٔ روغن ژیروتوری در رفتار ارسال اولیهٔ روغن در شرایط مختلف شروع موتور می‌پردازد.

۲- روش تحقیق

در این پژوهش برخی از شرایط خاصی را که وقوع آن در شرایط کاری موتور اجتناب ناپذیر بوده و احتمال سایش قطعات موتور بیشتر است مورد مطالعه قرار می‌گیرد. در این راستا، رفتار دور موتور تُند و فشار روغن در لحظهٔ شروع موتور با بسامد داده برداری ۱۶ کیلوهرتز بصورت همزمان ثبت می‌شود تا مدت زمان مورد نیاز جهت افزایش فشار روغن در مسیر اصلی بدنهٔ موتور و در بستار موتور اندازه گیری شود. مطالعه مورد نظر بر روی موتور EF7 NA که مشخصات آن در جدول۱ ارائه شده است، انجام می‌پذیرد. شکل ۲ نمایی از شرایط کارکرد موتور را نشان می‌دهد.

جدول ۱: مشخصات موتور

EF7 NA CHARACTERISTIC TABLE	
Parameter Name	Value
Charging Method	Natural Aspirated
Cylinder Number	4 Inline
Bore× Stroke	78.6mm×85mm
Speed & Max. Power	6000rpm & 70.62kW
Speed & Max. Torque	4500 rpm &150 Nm
Idle Speed	750 rpm
Oil Type	10W40-SL
Oil Lubrication Circuit	Piston cooling jet, Hydraulic Tappet, Oil cooler



شکل ۲: نمایی از موتور مورد تحقیق

مطالعه رفتار ارسال اولیهٔ روغن در چهار حالت انجام پذیرفته است. در حالت اول (Cold) عملکرد تلمبهٔ روغن در حالت سرد موتور مورد ارزیابی قرار گرفته است. در این حالت موتور ۱۲ ساعت پس از خاموشی شروع خورده است. در حالت دوم (Draining) عملکرد تلمبهٔ روغن در حالت تعویض روغن و صافی انجام گرفته است.

در این حالت پس از اینکه دمای روغن به ۹۰ درجهٔ سلسیوس رسیده است، روغن و صافی تعویض شده است. پس از گذشت یک ساعت از خاموشی موتور، موتور مجدداً شروع خورده و رفتار سامانهٔ روانکاری ثبت

www.SID.ir

Archive of SID

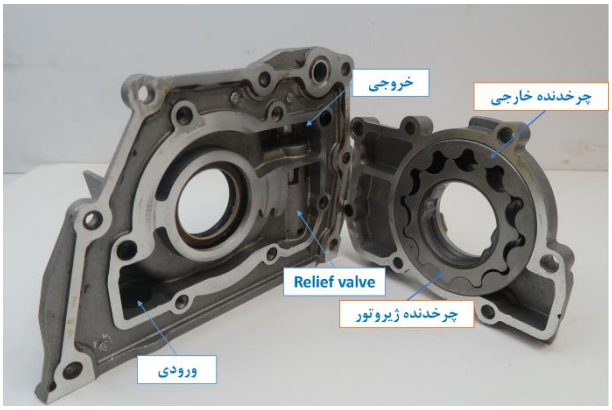
Downloaded from engineresearch.ir at 13:24 +0430 on Wednesday June 10th 2020

شده است. در حالت سوم (۸۰°C) و چهارم (۱۰۰°C) حالت کارکرد توقف خودرو به صورت موقت مورد ارزیابی قرار گرفته است.
در این حالت پس از اینکه به ترتیب دمای روغن به ۸۰ و ۱۰۰ درجهٔ سلسیوس رسیده است، موتور یک ساعت خاموش شده و سپس موتور شروع خورده است و داده برداری از مدار روانکاری انجام پذیرفته است. این آزمون ها بر روی دو نمونه تلمبهٔ روغن، با روغن مصرفی 10W40 انجام گرفته است. مشخصات تلمبهٔ روغن مطابق با جدول ۲ است.

جدول ۲: مشخصات تلمبهٔ روغن با روغن موتور 10W40 در دمای ۱۰۰ درجهٔ سلسیوس

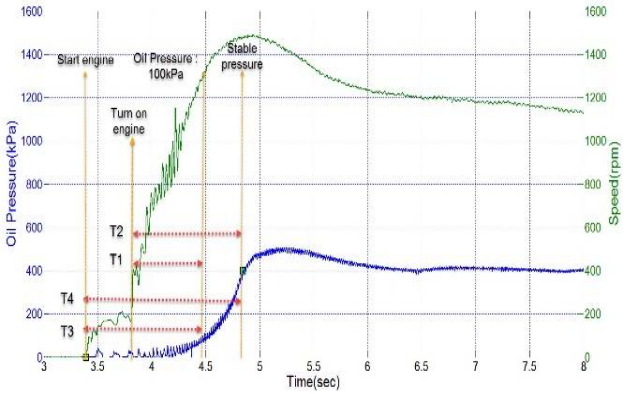
سرعت دورانی (د.د.د.)	فشار (بار)	شار (لیتر بر دقیقه)
۱۰۰	۳ ± ۰,۲	۸,۴
۲۰۰۰	۳	۱۸-۲۰
۳۰۰۰	۳	۲۹-۳۱
۴۰۰۰	۳	۳۹-۴۱

تلمبهٔ روغن ژیروتوری استفاده شده مطابق شکل۳ از نوع جابجایی مثبت بوده و پارامتر های ذاتی آن از جمله تعداد دندانه، پروفیل دندانه، قطر خارجی، ضخامت ژیروتور و لقی موجود بر بازده حجمی آن اثر گذار است.



شکل ۳: نمای داخلی از تلمبهٔ روغن مورد بررسی

شیر مهار فشار تعبیه شده در آن به منظور محدود کردن فشار روغن بوده تا در حین کارکرد موتور سطح فشار در محدودهٔ ایمنی باقی بماند. در زمان سرد بودن موتور به دلیل گرانروی قوی روغن، ارسال روغن به مسیر اصلی روغن مشکل بوده و موجب افزایش فشار در تلمبهٔ روغن شده، در این زمان شیر مهار فشار عمل کرده و ضمن جلوگیری از آسیب به صافی روغن و اجزای مورد روانکاری، امکان چرخش راحت تر میل‌لنگ را فراهم می‌سازد.
عضو ژیروتور توسط محرک خارجی به گردش در آمده و موجب چرخش روتور چرخدنده ای درگیر با خود می‌شود. در نتیجه عملکرد این سازوکار، آب بندی مورد نیاز بین نواحی ارسال تأمین می‌شود. چرخدنده داخلی دارای یک دندانه کمتر از روتور چرخ دنده خارجی است. بر این اساس، حجم دندانه کاسته شده ضربدر تعداد دندانهٔ چرخدندهٔ محرک، حجم سیال تلمبه شده بازاء هر دور چرخش محور را مشخص می‌نماید. به منظور بررسی تأخیر زمانی رسیدن فشار روغن به مقدار تعیین شده، در ابتدا حسگر فشار درست بعد از خروجی تلمبهٔ روغن و قبل از ورود به راهگاه اصلی روغن نصب شده و شرایط آزمون در بازه‌های زمانی مذکور مطابق شکل ۴ پیاده سازی و عملیاتی شده است.



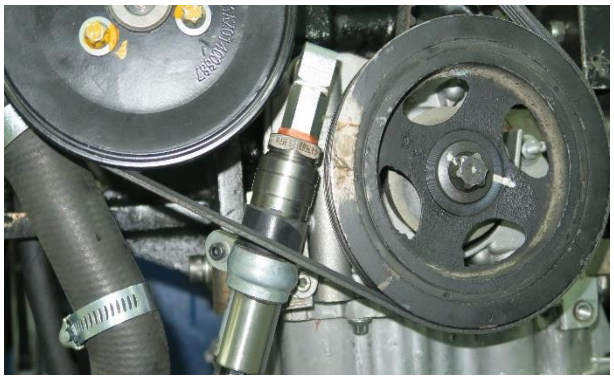
شکل۴ : شماتیکی از زمان های اندازه گیری شده

مطابق شکل ۴، t1 زمان بین روشن شدن موتور تا رسیدن فشار روغن به مقدار ۱۰۰ کیلو پاسکال است بوده و t2 ،زمان بین روشن شدن موتور تا رسیدن فشار روغن به اولین نقطهٔ میانگین پایداری روغن در دور آرام است. t3، زمان بین شروع موتور تا رسیدن فشار روغن به مقدار ۱۰۰ کیلو پاسکال بوده و t4 زمان بین شروع موتور تا رسیدن فشار روغن به اولین نقطهٔ میانگین پایداری روغن در دور آرام است.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- بررسی نتایج در مسیر اصلی موتور

شکل ۵ موقعیت نصب حسگر فشار روغن را در خروجی تلمبهٔ روغن نشان می‌دهد.



شکل۵ : نصب حسگر فشار بعد از خروجی تلمبهٔ روغن

نتایج نمونه اولیه تلمبهٔ روغن در جدول (۳) و نتایج مربوط به نمونه دوم تلمبهٔ روغن در جدول (۴) نشان داده شده است. در نمونه تلمبهٔ روغن شماره (۱)، ۱۲ ساعت بعد از خاموشی موتور، روغن در دمای ۱۸ درجهٔ

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from engineresearch.ir at 13:24 +0430 on Wednesday June 10th 2020

سلسیوس بوده و ۴٫۲۳ ثانیه زمان نیاز بوده تا فشار روغن به مقدار پایدار خود در دور آرام ۱ دست یابد. در شرایط تخلیه برای تلمبهٔ روغن نمونه اول نیز که دمای محفظه روغن ۳۸ درجهٔ سلسیوس و از صافی خالی روغن استفاده گردیده است، ۳٫۷۳ ثانیه زمان نیاز بوده تا فشار روغن به مقدار پایدار خود در دور آرام دست یابد.

زمان های فوق در این نمونه تلمبهٔ روغن برای شرایط تخلیه در دمای ۸۰ و ۱۰۰ درجهٔ سلسیوس کاملاً متفاوت بوده و بیانگر تاثیر دمای روغن و تعویض صافی در تأخیر اولیه رسیدن فشار روغن به مقدار تعیین شده است. به همین خاطر توصیه می‌شود صافی روغن جدید قبل از نصب بر روی موتور از روغن موتور پرشده و سپس نصب گردد.

جدول ۳: اندازه گیری فشار روغن در خروجی تلمبهٔ روغن شماره ۱

	T1 Sec))	T2 Sec))	T3 Sec))	T4 Sec))	Oil Temp °C))
سرد	۱٫۲۴	۳٫۶۶	۱٫۸۱	۴٫۲۳	۱۸
تخلیه	۲٫۵۵	۳٫۱۲	۳٫۱۶	۳٫۷۳	۳۸
۸۰ °C	۰٫۵۸	۱٫۰۵	۱٫۰۲	۱٫۴۹	۳۸
۱۰۰ °C	۰٫۴۲	۰٫۸۵	۱٫۰۲	۱٫۴۶	۴۴

در تلمبهٔ روغن نمونه دوم وضعیت مشابه بوده اما تأخیر زمانی کمتری در ارسال روغن به مقدار پایدار تعیین شده در دور آرام موتور دیده می‌شود، که اهمیت نوع تلمبهٔ روغن استفاده شده را تایید می‌کند.

جدول ۴: اندازه گیری فشار روغن در خروجی تلمبهٔ روغن شماره ۲

	T1 Sec))	T2 Sec))	T3 Sec))	T4 Sec))	Oil Temp °C))
سرد	۰٫۳۵	۱٫۲۹	۰٫۸۵	۱٫۷۹	۱۷
تخلیه	۰٫۴	۱٫۱۹	۰٫۹۴	۱٫۷۳	–
۸۰ °C	۰٫۳۵	۰٫۷۳	۰٫۹۵	۱٫۳۴	۴۹
۱۰۰ °C	۰٫۴۳	۰٫۹۶	۰٫۹۵	۱٫۴۹	۵۸

۳-۲- بررسی نتایج در بستار موتور

موقعیت نصب حسگر فشار روغن بر روی بستار، در شکل ۶ نشان داده شده است. در نمونه تلمبهٔ روغن شماره (۱)، ۱۲ ساعت بعد از خاموشی موتور، روغن در دمای ۱۲ درجهٔ سلسیوس رسیده و ۲٫۶۹ ثانیه زمان نیاز بوده تا فشار روغن به مقدار پایدار خود در دور آرام دست یابد. در شرایط تخلیه برای تلمبهٔ روغن نمونه اول، دمای محفظه روغن ۳۶ درجهٔ سلسیوس بوده و از صافی خالی روغن استفاده شده، ۳٫۳۳ ثانیه زمان نیاز بوده تا فشار روغن به مقدار پایدار خود در دور آرام دست یابد.

شکل ۶: نصب حسگر فشار سنج بر روی بستار

نتایج فشار روغن در قسمت بستار برای نمونه اولیه تلمبهٔ روغن در جدول (۵) و نتایج مربوط به نمونه دوم تلمبهٔ روغن در جدول (۶) نشان داده شده است.

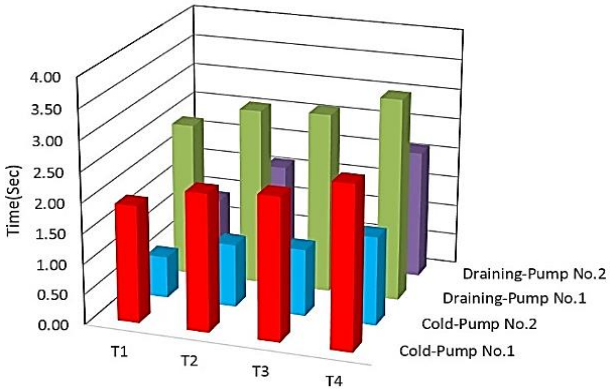
جدول ۵ : اندازه گیری فشار روغن در بستار (تلمبهٔ روغن شماره ۱)

	T1 (Sec)	T2 (Sec)	T3 (Sec)	T4 (Sec)	Oil Temp (C^{o})
سرد	۱٫۹۳	۲٫۲۷	۲٫۳۶	۲٫۶۹	۱۲
تخلیه	۲٫۵۴	۲٫۹۱	۲٫۹۶	۳٫۳۳	۳۶
۸۰ °C	۰٫۸۶	۱٫۲۹	۱٫۳۲	۱٫۸۵	۴۵
۱۰۰ °C	۰٫۸۷	۱٫۱۶	۱٫۳۲	۱٫۶	۵۲

جدول ۶ : اندازه گیری فشار روغن در بستار (تلمبهٔ روغن شماره ۲)

	T1 Sec))	T2 Sec))	T3 Sec))	T4 Sec))	Oil Temp °C))
سرد	۱٫۲۴	۳٫۶۶	۱٫۸۱	۴٫۲۳	۱۸
تخلیه	۲٫۵۵	۳٫۱۲	۳٫۱۶	۳٫۷۳	۳۸
۸۰ °C	۰٫۵۸	۱٫۰۵	۱٫۰۲	۱٫۴۹	۳۸
۱۰۰ °C	۰٫۴۲	۰٫۸۵	۱٫۰۲	۱٫۴۶	۴۴

در شکل۷ نتایج زمانی اندازه گیری شده در سر استوانه برای حالت سرد[2] و تخلیه[3] در دو نوع تلمبهٔ روغن مورد قیاس قرار گرفته است.



شکل ۷: مقایسه زمانی تلمبه‌های روغن در شرایط سرد و تخلیه

[1] Idle speed
[2] Cold
[3] Draining

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from engineresearch.ir at 13:24 +0430 on Wednesday June 10th 2020

بر اساس نتایج، در تمامی حالات تلمبهٔ روغن شماره ۲ عملکرد بهتری را نشان می‌دهد. بنحوی که بطور متوسط ۲۵٪ زمان کمتری برای رسیدن به شرایط روانکاری مطلوب صرف شده است. نتایج محاسبهٔ زمان و فشار روغن در آزمون‌ها بصورت همزمان داده برداری شده اند و نتایج با استفاده از نرم افزار MATLAB محاسبه شده اند.

۳-۳- محاسبهٔ تعداد گردش میل‌لنگ در شرایط نامطلوب فشار روغن

به منظور محاسبهٔ چرخش میل‌لنگ در شرایطی که نرخ سایش زیاد است، سطح زیر نمودار سرعت زاویه ای-زمان به روش انتگرال گیری محاسبه شده است. بازه انتگرال از لحظهٔ شروع موتور تا لحظه رسیدن فشار روغن به مقدار پایدار بوده و معادلات آن به فرم زیر است:

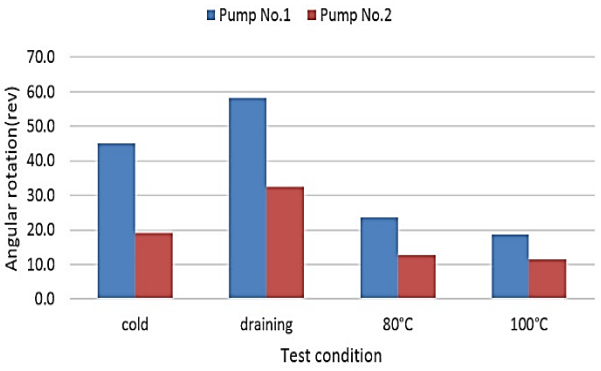
$$[Rev] = \int_{ts}^{tp} \omega(t)dt \qquad (۱)$$

که ts لحظهٔ شروع موتور و tp لحظه رسیدن روغن به مقدار پایدار است. نتایج چرخش زاویه ای میل‌لنگ در آزمایش های صورت گرفته برای هر دو نمونه تلمبهٔ روغن در جدول ۷ ارائه شده است.

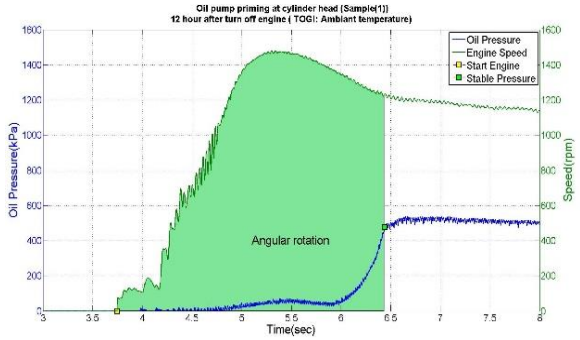
جدول ۷: محاسبهٔ تعداد گردش میل‌لنگ در شرایط نامناسب

CONDITION TEST	PUMP NO.1		PUMP NO.2	
	Period Of Start Engine Sec))	Angular Rotation Rev))	Period Of Start Engine Sec))	Angular Rotation Rev))
سرد	۰,۴۳	۴۵,۲	۰,۴۲	۱۹
تخلیه	۰,۴۲	۵۸,۲	۰,۵	۳۲,۵
۸۰ °C	۰,۴۶	۲۳,۶	۰,۳۸	۱۲,۸
۱۰۰ °C	۰,۴۵	۱۸,۶	۰,۳۹	۱۱,۴

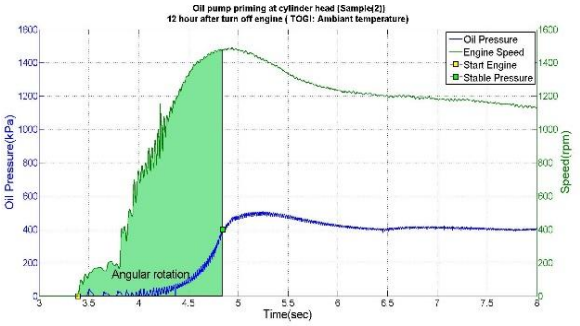
شکل ۸ مقایسه چرخش میل‌لنگ موتور را در وضعیت های مختلف شروع موتور، در زمان اندازه گیری فشار روغن در بستار برای هر دو نمونه تلمبهٔ روغن نشان می‌دهد. شکل ۹ فشار روغن و دور موتور در آزمون سرد در بستار موتور را برای دو نوع تلمبهٔ روغن مقایسه می‌کند.



شکل ۸ : مقایسه چرخش میل‌لنگ در هر دو نمونه تلمبهٔ روغن



الف) تست سرد بر روی تلمبهٔ روغن شماره (۱)



ب) تست سرد بر روی تلمبهٔ روغن شماره (۲)

شکل۹ : فشار روغن و دور موتور در آزمون سرد در بستار موتور

بر اساس نتایج بدست آمده از محاسبهٔ سطح زیر نمودار دور موتور، در صورتی که خودرو برای مدتی استفاده نشود (بیش از ۱۲ ساعت)، استفاده از تلمبهٔ روغن شماره ۱ باعث می‌شود که یاتاقانهای بستار به مقدار ۴۵ دور میل‌لنگ (معادل ۲۳۸ رادیان) با شرایط ناپایدار روانکاری کار کنند. این در حالی است که استفاده از تلمبهٔ روغن شماره ۲ می‌تواند این تعداد دور را به ۱۹ دور میل‌لنگ (معادل ۱۱۹ رادیان) کاهش دهد که به مراتب در کاهش سایش موتور بخصوص در اجزا بستار که در انتهای مسیر روانکاری هستند، تاثیرگذار است.

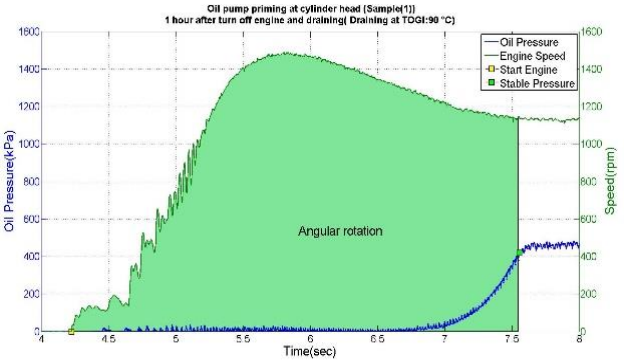
شکل ۱۰ رفتار فشار روغن و دور موتور در بستار را در آزمون تخلیه روغن و تعویض صافی برای دو نوع تلمبهٔ روغن مقایسه می‌کند.

شکل۱۰- الف، تأخیر زمانی قابل توجه در رسیدن فشار روغن به مقدار پایدار در دور آرام موتور را در آزمایش تخلیه بر روی نمونه اول تلمبهٔ روغن نشان می‌دهد. سطح زیر نمودار به دست آمده بیانگر چرخش زاویه ای میل‌لنگ بوده و برابر با ۳۶۵,۹ رادیان معادل با ۵۸,۲ دور چرخش میل‌لنگ و ۲۹,۱ دور چرخش میل بادامک است. شکل۱۰- ب، نیز نشان می‌دهد که در آزمایش بر روی نمونه دوم تلمبهٔ روغن بعد از تعویض صافی روغن، در طی زمان رسیدن فشار روغن به مقدار پایدار در دور آرام موتور، میل‌لنگ ۲۰۴,۴ رادیان معادل ۳۲,۵ دور چرخش خواهد داشت. وجود زمان زیاد برای پر شدن مجاری روغن در موتور، امکان آسیب و سایش در قطعات را افزایش می‌دهد که طراحی تلمبهٔ روغن می‌تواند در کاهش این مقدار سایش تاثیرگذار باشد.

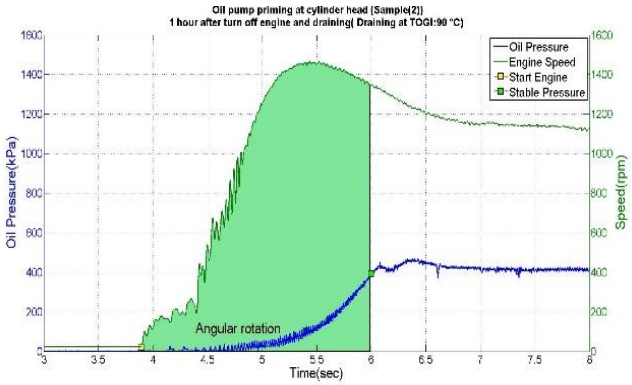
www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from engineresearch.ir at 13:24 +0430 on Wednesday June 10th 2020



الف) تست تخلیه بر روی تلمبهٔ روغن شماره (۱)

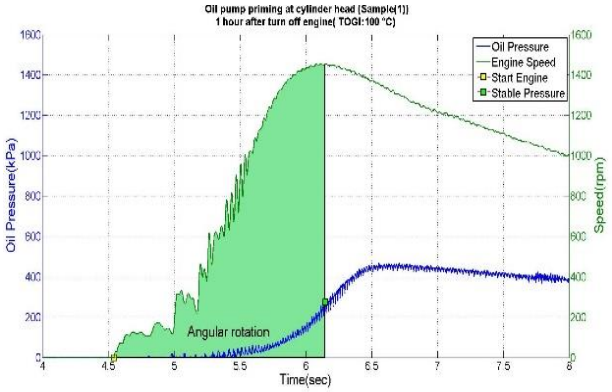


ب) تست تخلیه بر روی تلمبهٔ روغن شماره (۲)

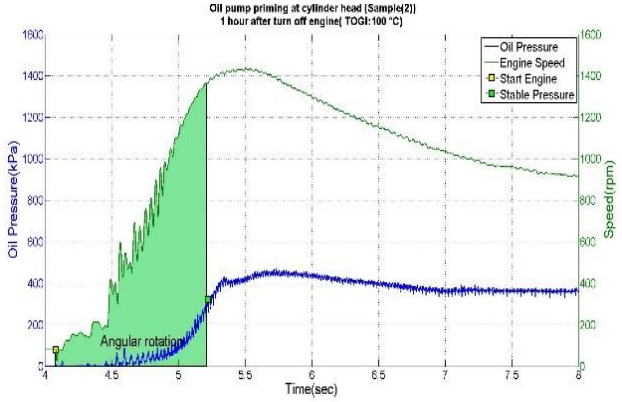
شکل۱۰: فشار روغن و دور موتور در آزمون تخلیه در بستار موتور

شکل۱۱ فشار روغن و دور موتور در آزمون دمای ۱۰۰ درجهٔ سلسیوس در بستار موتور را برای دو نوع تلمبهٔ روغن مقایسه می‌کند.

بر اساس شکل ۱۱ در صورتی که موتور پس از استفاده به مقدار یک ساعت خاموش باشد، پس از روشن کردن مجدد برای تلمبهٔ روغنهای شماره ۱ و ۲ بترتیب نیاز به ۱۸ و ۱۱ دور چرخش در شرایط مرزی روانکاری دارد تا بتواند به شرایط پایدار برسد. تلمبهٔ روغن شماره ۲ با چرخش کمتری نسبت به تلمبهٔ روغن شماره۱ به فشار پایدار دست یافته به نحوی برای رسیدن به شرایط پایدار فشار روغن در شروع اولیه موتور و در دمای مذکور، ۷ دور کمتر نسبت به تلمبهٔ روغن شماره۱ چرخش داشته است و شرایط را برای کاهش نرخ سایش در موتور فراهم می‌کند.



الف) تست دمای ۱۰۰ بر روی تلمبهٔ روغن شماره (۱)



ب) تست دمای ۱۰۰ بر روی تلمبهٔ روغن شماره (۲)

شکل۱۱: فشار روغن و دور موتور در آزمون دمای ۱۰۰ درجه در بستار موتور

٤- نتیجه گیری

در این تحقیق بررسی رفتار ارسال اولیهٔ روغن در صورت استفاده از تلمبه‌های روغن ژیروتوری متفاوت مطالعه شد. نتایج به دست آمده اهمیت استفاده تلمبهٔ روغن مناسب در سامانهٔ روانکاری موتور و جلوگیری از سایش آغازین موتور را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج، بیشترین زمان طول کشیدن افزایش فشار روغن مربوط به زمان تعویض روغن و صافی موتور است که در محدودهٔ ۲,۵ ثانیه است.

در صورتی که موتور بیش از ۱۲ ساعت خاموش باشد، استفاده از تلمبهٔ روغن شماره ۲ می‌تواند بطور متوسط باعث کاهش زمان پایداری روانکاری به مقدار ۲۵٪ شود. حداقل زمان مورد نیاز برای رسیدن به فشار ۱۰۰ کیلوپاسکال، از ۱,۹۳ ثانیه (تلمبهٔ روغن شماره ۱) به ۱,۲۴ ثانیه (تلمبهٔ روغن شماره ۲) رسیده است. از آنجایی که موتور مورد تحقیق دارای استکانی روغنی است، در صورت طولانی شدن زمان کارکرد در فشار پایین، علاوه بر سایش شدید در کلیه قطعات موتور، عمر کارکرد این قطعه نیز کاهش می‌یابد.

بر اساس محاسبات انجام گرفته، استفاده از تلمبهٔ روغن شماره ۲ باعث می‌شود که تعداد دورهای موتور در شرایط بحرانی روانکاری برای حالات تعویض روغن و صافی، شروع سرد موتور و شروع گرم موتور از ۵۸، ۴۵ و ۱۸ دور به ۳۲، ۱۹ و ۱۱ دور کاهش یابد.

تشکر و قدردانی

از آزمایشگاه دیناموتور برای در اختیار قرار دادن تجهیزات و کمک‌های علمی و همچنین مالی کمال تشکر و قدردانی را داریم.

www.SID.ir

Archive of SID

مراجع و منابع

[1] E. G. Ribeiro, W. B. Melo, A. P. A. Filho, Application of electric oil pumps on automotive systems, 14th Congresso e Exposição Internacionais , São Paulo, Brasil, 2005.

[2] T. Han, S. Wang and M. K. Krag, Engine Oil Viscometer Based on Oil Pressure Sensor, 2006 World Congress, Detroit, Michigan, 2006.

[3] J. Sureshkumar, K. Vijayakumar, R. Elayaraja, Numerical and Experimental Investigation of the Effect of Low Viscous Oil on Oil Pump Performance to meet BS IV Regulations, SAE Technical Paper, 2016.

[4] B. Cockbill, J. Bennett, The Effects of Crankcase Oil Viscosity on Engine Friction at Low Temperatures, International Spring Fuels & Lubricants, Paris, France, 2000.

[5] F. Toyoda, Y. Kobayashi, Y. Miura, Y. Koga, Development of Variable Discharge Oil Pump, 2008 World Congress, Detroit, Michigan, 2008.

Downloaded from engineresearch.ir at 13:24 +0430 on Wednesday June 10th 2020

www.SID.ir

Archive of SID

The Journal of Engine Research

Journal Homepage: www.engineresearch.ir

Investigation of EF7 Engine Oil Priming Behavior using Gyrator Oil Pump

H. Fallah[1], S. V. Hosseini[2*], A. Sadeghi[3]

[1] *Test Engineer, Dinamotors Company, Tehran, Iran, H_fallah@dinamotors.com*
[2] *Assistance Professor, Faculty of Mechanical and Mechatronics Engineering, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran, V_hosseni@shahroodut.ac.ir*
[3] *Responsible for the Graduate Examination Inspection Service, SAPCO Company, Tehran, Iran, Sadeghi@sapco.com*
[*] *Corresponding Author*

ARTICLE INFO

Article history:
Received: 16 December 2019
Accepted: 18 February 2020

Keywords:
Oil Priming
Gyrator Oil Pump
Oil Pressure Sensor
Fast Response
Internal Combustion Engines

ABSTRACT

Delay of oil pressure increasing at the engine starting can effect on wear rate in the internal combustion engine. This paper investigates oil priming behavior of spark ignition engine using two types of gyrator oil pump. So, oil pressure in main gallery and cylinder head is measured with high response oil pressure sensor that synchronized with engine speed in different status of engine starting. Results shows the maximum delay of oil priming is about 2.5 second that is occurred in oil/oil filter changing. Using oil pump No. 2 after 12 hours, can decrease delay of oil priming from 1.93 second to 1.24 second in EF7 engine. Due to using hydraulic tappet technology in this engine, delay of oil priming effect on the engine wear rate and also hydraulic tappet life time. Results show that engine oil pump No. 2 can decrease crank shaft rotation in oil/oil filter changing, cold starting and warm staring status from 58, 45 and 18 revolution to 32, 19 and 11 revolution.

© Iranian Society of Engine (ISE), all rights reserved.

Downloaded from engineresearch.ir at 13:24 +0430 on Wednesday June 10th 2020

www.SID.ir