

مروری بر مشخصات فنی موتور خودروی پژو ۲۰۰۸



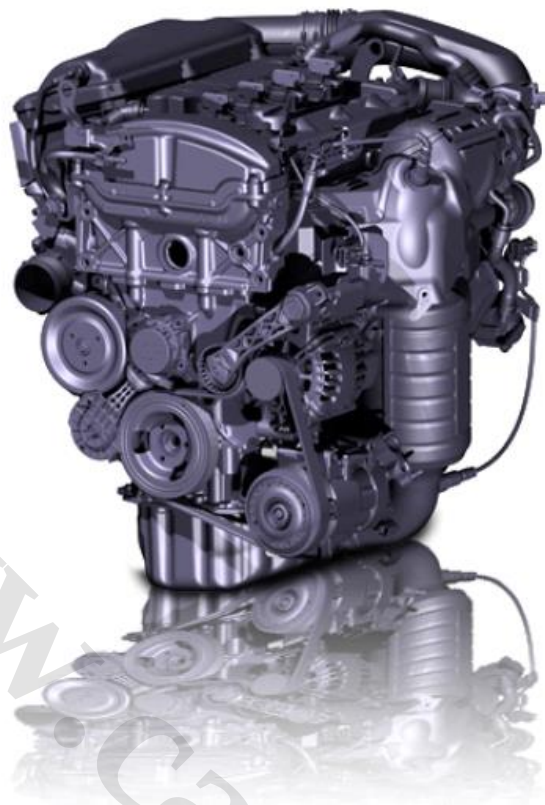
دکتر علیرضا حاجی علی محمدی - نایب رئیس انجمن علمی موتور ایران

ahajiali2005@yahoo.com

مقدمه و معرفی موتور:

با توجه به اینکه در سال ۱۳۹۰ الگوبرداری موتور EP6 در مرکز تحقیقات موتور ایران خودرو (ایپکو) انجام گرفته بود و با توجه به حضور بنده در تیم الگوبرداری، بر آن شدم که به صورت خلاصه در این گزارش مشخصات فنی و فناوری های مهم بکار رفته در این موتور را معرفی نمایم.

خودروی ۲۰۰۸ شاید اولین ثمره آشتی خودروسازی دنیا با ایران پس از برجام باشد. موتور پرینس یا همان EP6 موتوری است که قرار است بر روی خودروی ۲۰۰۸ به بازار عرضه شود. موتور EP6 محصول طراحی مشترک شرکت های پژو و BMW است که می توان آن را نمادی از خلاقیت در طراحی موتور دانست، برای پی بردن به میزان نوآوری به کار رفته در طراحی آن همین بس که این موتور هشت سال (در فاصله سالهای ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۴) به عنوان بهترین موتور سال (International Engine of the Year) در رده موتورهای حجم ۱،۴ تا ۱،۸ لیتر (از جهت شاخص های عملکردی) شناخته شد. البته این مقام از سال ۲۰۱۵ تا کنون در اختیار موتور سه استوانه شاخص BMW با نام B38 قرار گرفته است، همان موتوری که اولین موتور دارای محفظه توربین پرخوران (توربوشاژ) آلومینیومی در دنیا است. ذکر این نکته اینجا ضروری است که موتور پرینس هم روی خودروهای زیر مجموعه BMW (خودروی مینی) و هم بر روی خودروهای پژو از جمله ۲۰۷، ۲۰۰۸، ۵۰۸، ۳۰۰۸، ۵۰۸، ستیروئن C5 و خودروهای دیگر تاکنون نصب شده است.



شکل ۱- موتور پرینس (EP 6)

از نظر عملکردی این موتور ۱٫۶ لیتری دارای توان ۱۲۰ کیلووات (۱۶۵ اسب بخار) است، اگرچه این موتور به نسبت موتورهای است قدیمی (طراحی مربوط به سال ۲۰۰۷)، ولی توان لیتری ۷۵ کیلووات به ازای هر لیتر حجم موتور با موتورهای روز دنیا هم قابل مقایسه است و هنوز هم جزء بهترین‌های دنیاست. به لحاظ گشتاور هم این موتور با داشتن گشتاور ۲۴۰ نیوتن متر و گشتاور دور پایین (Low End Torque) ۱۵۰ نیوتن متر و منحنی گشتاور تقریباً تخت در محدوده دور وسیع ۱۵۰۰ تا ۴۰۰۰ دور بر دقیقه، شرایط بسیار خوبی دارد. مشخصات اصلی فنی موتور این موتور با موتور خودروهای رقیب در بازار ایران (جدول ۱) هم این گفته را تایید میکند. از نظر گشتاور (قدرت) و توان لیتری، این موتور در جدول مقایسه ای ارائه شده بهترین است.

جدول ۱: مقایسه مشخصات عملکردی خودروهای هم رده

خودرو	پژو ۲۰۰۸	تیوولی ۲۰۱۷	جک S5	داستر 2017	رنو کپچر ۲۰۱۷
مشخصه / کد موتور	EP6	XGI160	-	F4R	TCE 120
حجم موتور (لیتر)	۱٫۶	۱٫۶	۲٫۰	۲٫۰	۱٫۲
توان (کیلووات)	۱۲۰	۹۵	۱۱۰	۱۰۰	۸۹٫۵
گشتاور (نیوتن متر)	۲۴۰	۱۶۰	۲۳۵	۱۹۵	۱۹۰
توان لیتری (کیلووات بر لیتر)	۷۵	۵۹٫۴	۵۵	۵۰	۷۴٫۶

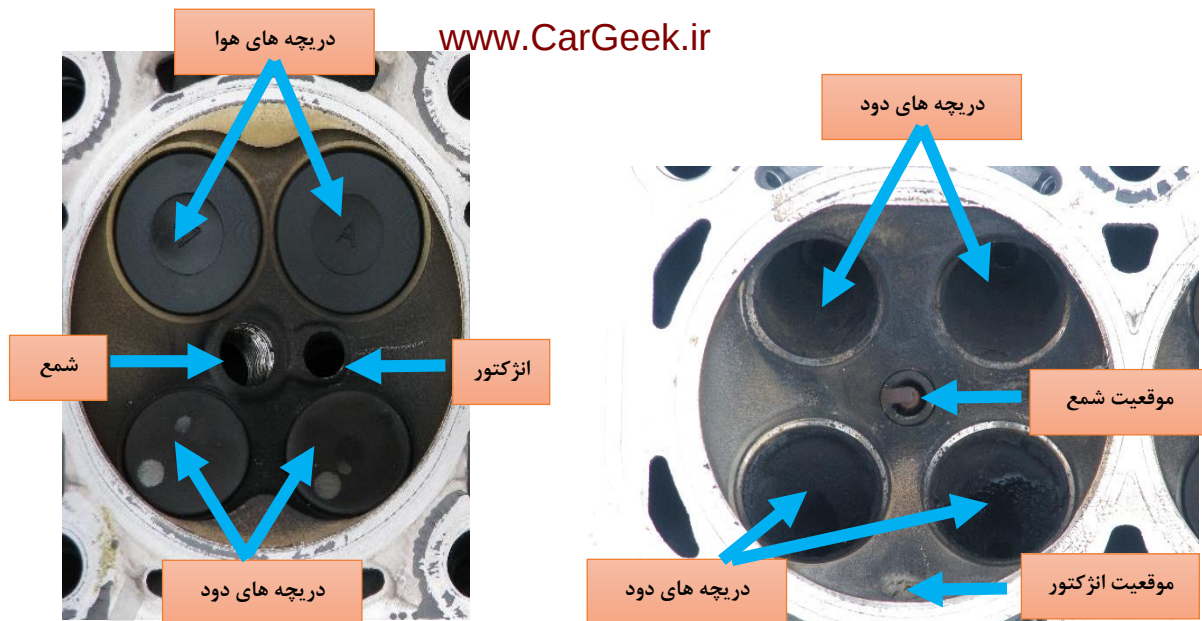
تلمبه روغن متغیر ترموستات برقی تزریق مستقیم پرخوران (توربوشاژر) تلمبه روغن متغیر	تلمبه روغن متغیر ترموستات برقی تزریق مستقیم پرخوران (توربوشاژر) تلمبه روغن متغیر	چندراهه (منیفولد) هوای متغیر	پرخوران (توربوشاژر)	-	تزریق مستقیم پرخوران (توربوشاژر) تلمبه روغن متغیر
مصرف سوخت (لیتر بر ۱۰۰ کیلومتر) (سیکل ترکیبی)	۶,۷	۷,۲	۷,۸	۸,۲	۵,۹

موتور EP6 در سه نوع مختلف EP6CDT، EP6CDTX و EP6FDTM روی محصولات مختلف پژو نصب می شود که موتور مربوط به خودروی ۲۰۰۸ در بازار ایران EP6FDTM می باشد. این سه نوع موتور گشتاور و حجم یکسانی دارند ولی توان آن ها به ترتیب ۱۱۵، ۱۴۷ و ۱۲۱ کیلووات است.

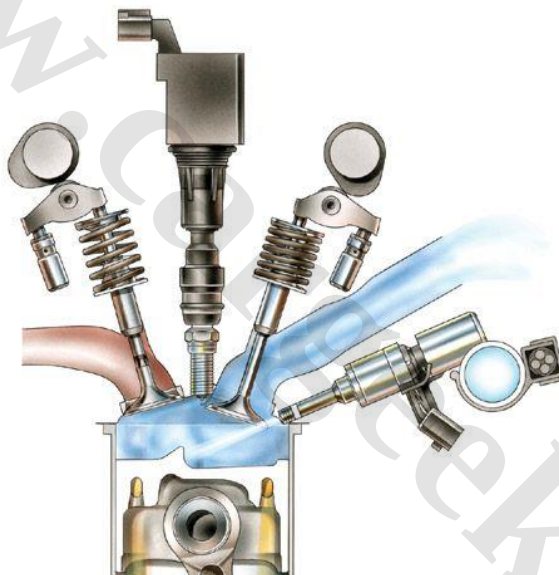
فناوری های شاخص:

تزریق مستقیم

مهمترین فناوری بکار رفته در موتور EP6 فناوری تزریق مستقیم است. در موتورهای تزریق مستقیم سوخت مستقیماً داخل سیلندر (استوانه) موتور تزریق میشود در حالی که در موتورهای تزریق غیر مستقیم سوخت در چندراهه (منیفولد) هوا تزریق می شود. تزریق مستقیم سوخت این مزیت را دارد که به هوای بیشتری اجازه می دهد که وارد فضای موتور شود و در نتیجه امکان ایجاد مخلوط سوخت و هوای با وزن بیشتری فراهم است و این به معنای گرفتن توان بیشتر از حجم ثابت موتور است. همانطور که در شکل ۲ نشان داده شده است دو نوع فناوری اصلی تجاری تزریق مستقیم (هدایت دیواره و هدایت اسپری) وجود دارد که در موتور EP6 از فناوری هدایت دیواره کمک گرفته شده است. در این موتور انژکتور در گوشه محفظه احتراق قرار گرفته است. یکی از معایب این موتور، استفاده از این نوع چیدمان تقریباً منسوخ شده است. امروزه بیشتر موتورهای جدید تزریق مستقیم دنیا (نظیر موتورهای EB2TC، EcoBoost و B38) از فناوری هدایت اسپری بهره می برند که در آن ها انژکتور در مرکز محفظه احتراق نصب شده است و بهترین قابلیت را برای احتراق رقیق (Stratified Combustion) و کاهش قابل توجه مصرف سوخت دارد. در شکل ۳ چیدمان قطعات مختلف تاثیرگذار در احتراق در موتور EP6 نشان داده شده است.



شکل ۲- محفظه احتراق یک موتور تزریق مستقیم هدایت دیواره (سمت راست) و یک موتور هدایت اسپری (سمت چپ)

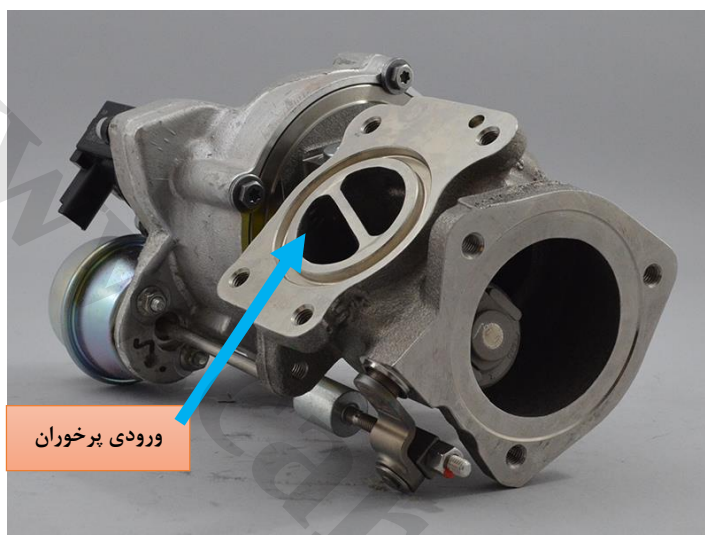


شکل ۳- چیدمان انژکتور، شمع و دریچه ها (سوپاپ ها) در موتور EP6

در موتورهای تزریق مستقیم به دلیل فشار زیاد تزریق سوخت (بین ۱۵۰ تا ۲۰۰ بار) و نیاز به تبدیل سوخت به قطرات بسیار ریز برای احتراق، قطر سوراخهای انژکتور بسیار ریز خواهد بود (۰,۳۸ میلی متر برای موتور EP6) [۱] این موضوع، چیدمان انژکتور و شمع و وابستگی شدید عملکرد این نوع موتورها به کیفیت سوخت باعث می شود که دوده در نقاط مختلف محفظه احتراق از جمله نوک انژکتور جمع شود [۲] و مشکلاتی برای عملکرد موتور ایجاد کند، نمونه این مشکلات قبلاً در خودروهای تزریق BMW (موتور N54) بازار داخل مشاهده شده است و برای موتور EP6 هم احتمال آن می رود که مصرف کنندگان با چنین مشکلاتی مواجه شوند [۳]. ذکر این نکته هم ضروری است که سامانه سوخت رسانی این موتور ساخت شرکت بوش آلمان می باشد.

[پرخوران با ورودی مجزا \(Twin Scroll Turbocharger\)](#)

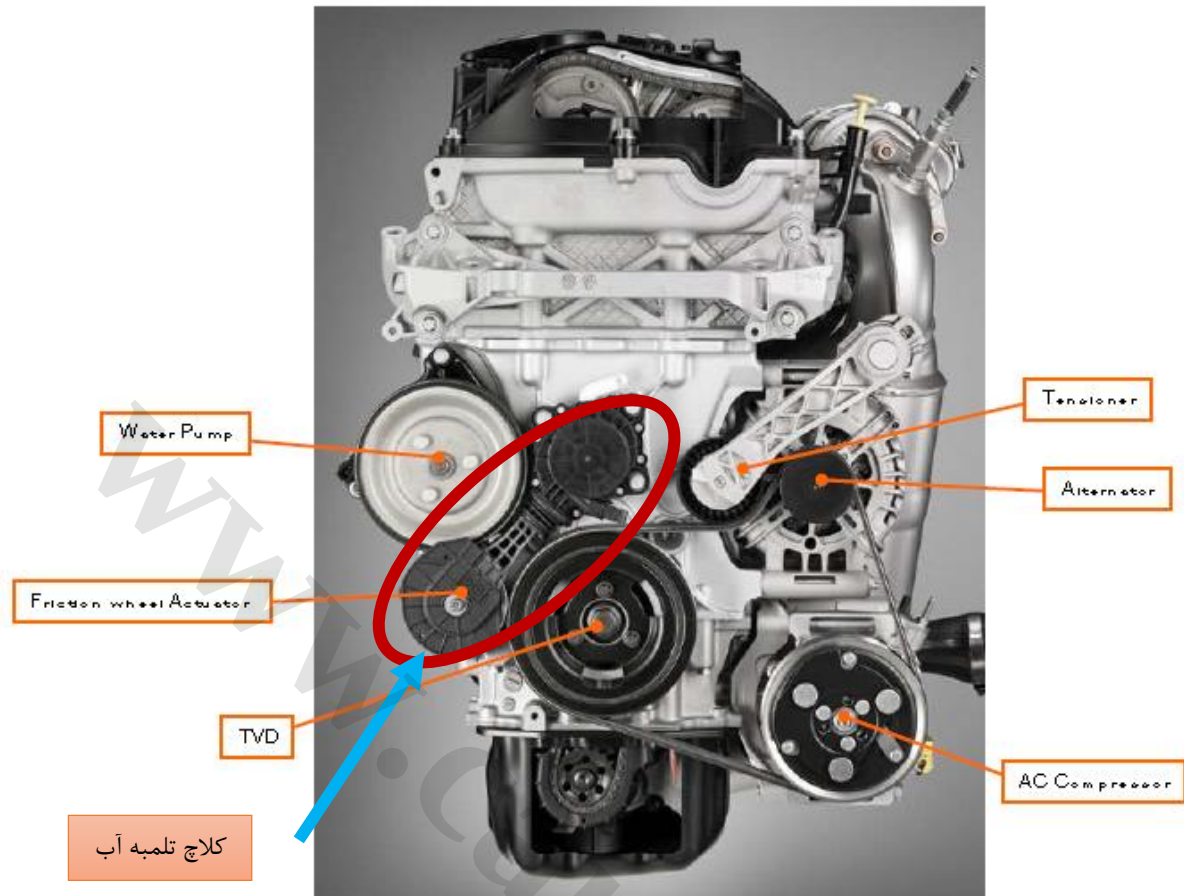
یکی دیگر از فناوری های بکار رفته در این موتور استفاده از فناوری پرخورانی است. پرخوران (توربوشاژر) قطعه است که از یک توربین و کمپرسور به هم چسبیده با یک شفت (محور) مشترک تشکیل شده است. با چرخش شفت توربین که در اثر برخورد دود خروجی از چندراهه (منیفولد) دود ایجاد می شود، محور مشترک با سرعت بسیار زیاد (حدود ۱۸۰ هزار دور بر دقیقه) به چرخش در می آید و از طرف دیگر کمپرسور هوای ورودی به موتور را فشرده کرده و در نتیجه جرم آن افزایش خواهد یافت و منجر به افزایش توان و گشتاور موتور (خصوصاً گشتاور در دورهای کند (Low End Torque)) خواهد شد. در این موتور از فناوری پرخوران با دو ورودی مجزا استفاده شده است که با جدا کردن مسیرهای ورود دود از سیلندرهاى مختلف به داخل توربین پرخوران، باعث افزایش کارایی پرخوران خواهد شد. در حالت معمولی با یک ورودی به توربین، تداخل دود خروجی از سیلندرهاى مختلف موتور (به دلیل توالی احتراق) باعث کاهش انرژی جنبشی دود و کاهش بازدهی پرخوران می شود. در شکل ۴ پرخوران این موتور نشان داده شده است. پرخوران این موتور محصول شرکت بورگ وارنر (BorgWarner) می باشد.



شکل ۴- پرخوران با دو ورودی مربوط به موتور EP6

تلمبه آب (water Pump) قابل تنظیم:

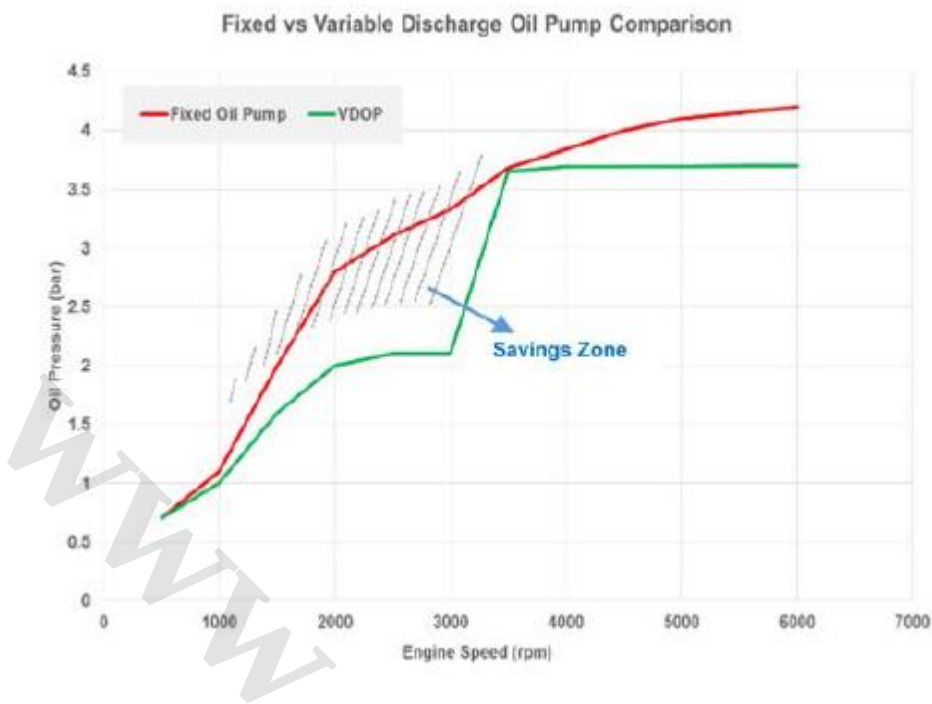
یکی از طراحی های خلاقانه ای که در موتورهای محدودی در دنیا مورد استفاده قرار می گیرد استفاده از تلمبه آب قابل تنظیم است. در این طرح با استفاده از کلاچ اصطکاکی که در شکل ۵ نشان داده شده است، در برخی مواقع از زمانهای کارکرد موتور، مثلاً زمان راه اندازی در هوای سرد (Cold Start) این کلاچ با پولی تلمبه آب درگیر شده و آنرا متوقف می کند، این مساله باعث می شود موتور زودتر گرم شود که در زمستان ها مزیت بسیار خوبی برای مشتری است از طرفی با کنترل عملکرد تلمبه آب، ۱ درصد کاهش مصرف سوخت با استفاده از این مفهوم در موتور EP6 حاصل شده است.



شکل ۵- سازوکار عملکرد کلاچ تلمبه آب [۳]

تلمبه روغن متغیر

به مانند تلمبه آب عملکرد تلمبه روغن را نیز می توان به نحوی بهینه کرد که در هر دوری فقط به میزان نیاز موتور فشار و دبی روغن تامین نماید و در نتیجه از افزایش فشار روغن به میزان بیش از حد نیاز موتور در دورهای پایین عملکرد موتور جلوگیری شود. این موضوع باعث بهبود عملکرد موتور، کاهش اتلافات و کاهش مصرف سوخت می شود. در شکل ۶ نمودار مربوط به فشار مورد نیاز برای روغنکاری قطعات مختلف موتور (از جمله انگشتی های سازوکار دریچه ها که در دورترین فاصله از تلمبه روغن قرار دارند) در دورهای مختلف برای تلمبه روغن متغیر و معمولی نشان داده شده است. نتایج آزمایشگاهی نشان داده است که استفاده از این نوع تلمبه متغیر روغن می تواند تا ۲,۵ درصد مصرف سوخت ویژه موتور (bsfc) را کاهش دهد [۴]. تلمبه روغن موتور EP6 از نوع متغیر مکانیکی است و جای بهتر شدن دارد. تلمبه های روغن امروزی به عنوان نمونه در موتور EcoBoost به صورت پره ای هستند و الکترونیکی کنترل می شوند. تلمبه روغن موتور EP6 در شکل ۷ نشان داده شده است.



شکل ۶- فشار برای روغنکاری در دورهای مختلف برای تلمبه روغن معمولی و متغیر [۴]



شکل ۷- تلمبه روغن موتور EP6 [۳]

علاوه بر مشخصه های اصلی که برای موتور EP6 بدان اشاره شد این موتور دارای سامانه زمان بندی متغیر دریچه ها (سوپاپ ها) (CVVT) برای میل بادامک هوا نیز می باشد. از این جهت این موتور به موتور ملی (EF7) شباهت دارد. نوع سامانه زمان بندی متغیر پره ای به مانند موتور EF7 در این موتور مورد استفاده قرار گرفته است. دمايان (ترموستات) این موتور هم برقی کنترل می شود که خود در کاهش مصرف سوخت بسیار تاثیرگذار است.

نتیجه گیری

در بین موتورهای نصب شده بر روی خودروهای هم اندازه (هم کلاس) خودروی پژو ۲۰۰۸ در بازار ایران، که در این گزارش از جهت مشخصات موتوری مقایسه شدند، موتور EP6 که بر روی خودروی ۲۰۰۸ نصب شده است شرایط بسیار خوبی دارد و بهترین موتور محسوب می شود، اگرچه طراحی آن مربوط به سال ۲۰۰۷ است اما هنوز هم حرف های زیادی برای گفتن دارد. در این موتور فناوری های شاخص متعددی از قبیل پرخوران با ورودی مجزا، تزریق مستقیم، تلمبه آب و روغن متغیر، دما بان برقی و سامانه زمان بندی متغیر دریچه ها (CVVT) به صورت همزمان مورد استفاده قرار گرفته است که از این حیث این موتور را بین رقبایش شاخص می کند. البته نسبت به موتورهای روز دنیا معایبی نظیر مشکلات دوده در انژکتورها که مختص موتورهای تزریق مستقیم است، عدم استفاده از مفهوم تزریق هدایت اسپری و عدم استفاده از تلمبه روغن متغیر برقی را دارا میباشد. ذکر این نکته اینجا ضروری است که برخی از فناوری های روز مورد استفاده در موتور EP6 نظیر زمان بندی متغیر دریچه ها (CVVT) و پرخورانی (توربوشارژر) در موتور ساخت داخل EF7، مورد استفاده قرار گرفته است و با توجه به برنامه ریزی خوبی که در حوزه تحقیقات و محصولات جدید در صنعت موتورسازی انجام شده است، برای موتورهایی که در آینده نه چندان دور بر روی خودروهای ملی نصب خواهند شد نیز شاهد استفاده از این فناوری های شاخص روز دنیا خواهیم بود.

مراجع:

[1] Hajjalimohammadi A, Honnery D, Abdullah A, Mirsalim MA. "Time resolved characteristics of gaseous jet injected by a group-hole nozzle". Fuel 2013;113:497–505.

[2] Parsinejad F, Biggs W, "Direct Injection Spark Ignition Engine Deposit Analysis: Combustion Chamber and Intake Valve Deposits", SAE Technical Paper 2011-01-2110

[۳] گزارش الگو برداری موتور پرینس (EP6)، مرکز تحقیقات موتور ایران خودرو (ایپکو)، ۱۳۸۹ پ

[2] Kandavalli P, Karthi R, Suresh Kumar S, and Anand M, "Benefits of Variable Discharge Oil Pump on Performance of 3 Cylinder SI Engine," SAE Technical Paper 2017-26-0051