

دیزل از بدو تولید تا فناوری های نوین

عباس بیک وردی

مقدمه

متعاقب بحران های انرژی و زیست محیطی به وجود آمده در ارتباط با آلودگی خودروها، بیشتر کشورهای دنیا بویژه در اروپا و امریکا، با هدف وضع قوانین سختگیرانه مصرف سوخت و کاهش آلودگی هوا خودروسازان را در زمینه طراحی موتورهای مناسب مجبور به تکاپو کرده اند. این تلاش ها در مسیرهای زیر پررنگ بوده است:

الف- بهینه سازی موتورهای فعلی از لحاظ سوخت و بهسوزی

ب- استفاده از سوخت های جایگزین (هیدروژن، گاز طبیعی، الکل و ...)

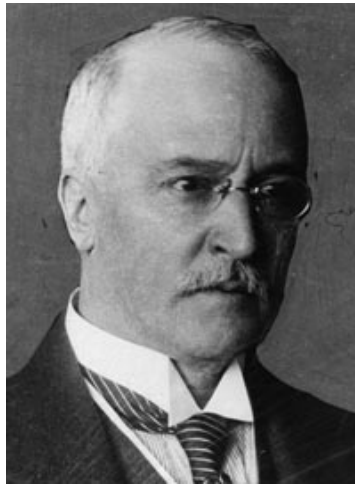
پ- ارتقای موتورهایی که مورد استقبال کمی قرار گرفته اند (موتورهای دیزل).

ت- طراحی و ساخت موتورهای هیبریدی و ارتقای آنها

یکی از عمده مواردی که خودروسازان، فعالیت های زیادی در ارتباط با آن انجام داده اند، تولید خودروهای دیزل است.

موتورهای دیزلی و بنزینی عمده ترین انواع موتورهای درونسوز بوده و در سطحی وسیع مورد استفاده قرار می گیرند. امروزه موتورهای دیزل که از آنها به عنوان خودروهای سبز یاد می شود، پیشرفت فراوانی کرده اند. به طوری که این نوع خودروها افزون بر ۵۰ درصد از خودروهای اروپا را دربرمی گیرند.

ردلف دیزل ایده موتور های دیزل را توسعه داد و در سال ۱۸۹۲ حق ثبت اختراع آلمان را بدست آورد. هدف او بوجود آوردن موتوری با بازده بالا بود. موتور های بنزینی در سال ۱۸۷۶ اختراع شد، که خصوصاً در آن موقع بازده بالایی نداشتند.



رذلف دیزل مخترع موتور های دیزل

تفاوت خودرو های بنزینی و دیزل

موتورهای چهار زمانه درونسوز اعم از موتور بنزینی و دیزلی، چهار مرحله را در هر چرخه پشت سر می گذارند که عبارتند از:

۱. مکش (Intake): به داخل کشیدن هوا یا مخلوطی قابل احتراق در سیلندر

۲. تراکم (Compression): متراکم ساختن مخلوط وارده به سیلندر توسط پیستون

۳. احتراق یا انفجار (Power): شعله ور ساختن مخلوط متراکم شده، انبساط گازهای سوخته شده و تولید قدرت

۴. تخلیه (Exhaust): خروج پسماند احتراق

تفاوت موتور بنزینی و دیزل از لحاظ مراحل چهارگانه بالا، در مرحله احتراق است. در موتور بنزینی، سیستم تغذیه و تنظیم سوخت، مخلوط هوا و ماده سوختنی را فراهم می کند و به داخل محفظه سیلندر می فرستد. این کار بر اثر ایجاد خلأ در سیلندر به واسطه پایین رفتن پیستون انجام می شود. پس از ورود مخلوط، پیستون آن را فشرده می کند. این مخلوط در لحظه ای مناسب به وسیله جرقه ای

الکتریکی مشتعل می‌شود. این امر، باعث آزاد شدن انرژی و راندن پیستون به سمت پایین می‌شود. به همین دلیل، موتور بنزینی، موتور احتراق جرقه‌ای (engine Spark ignition) نیز نامیده می‌شود.

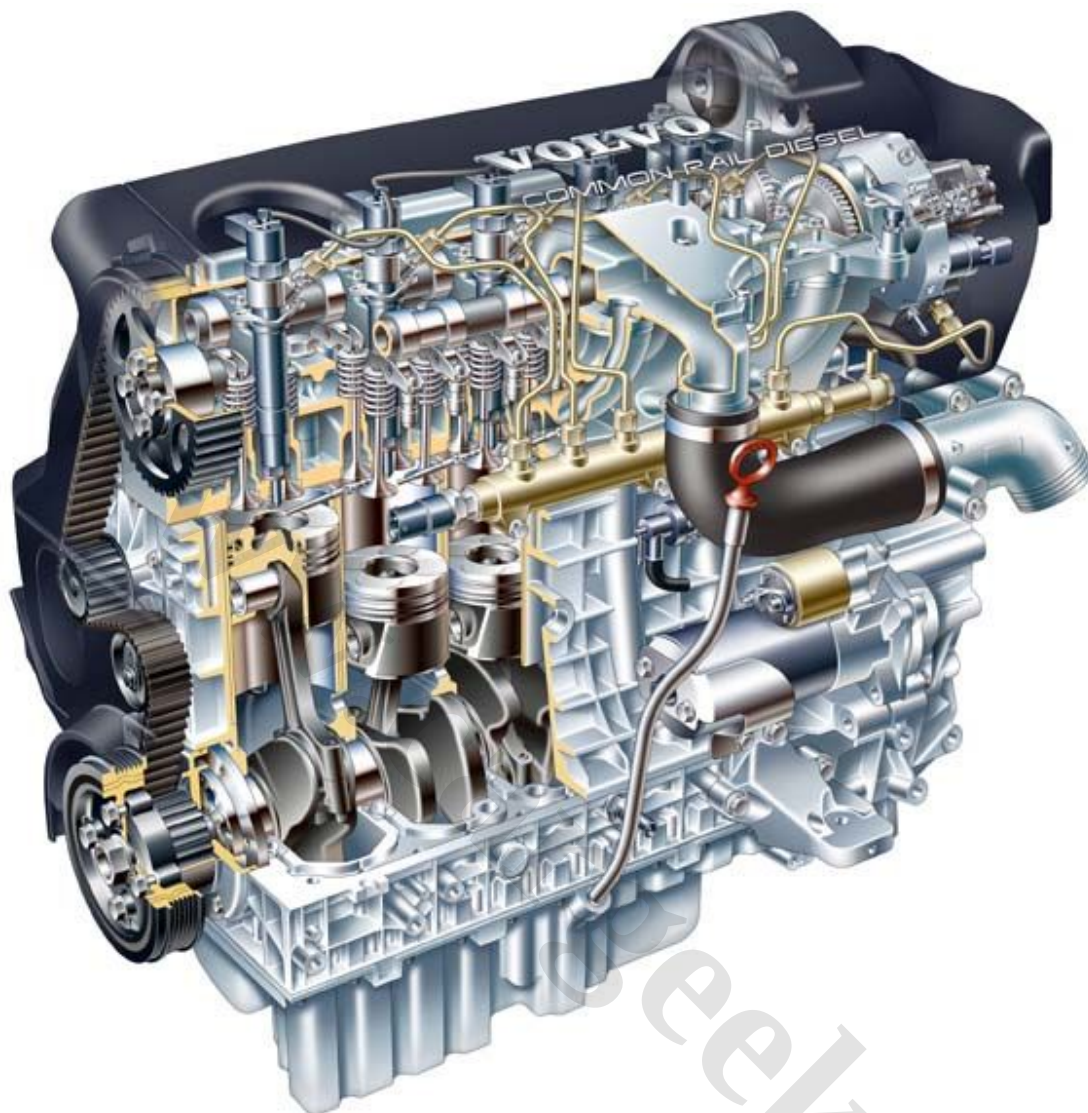
در موتور دیزل، هوای خالص در سیلندر موتور متراکم می‌شود. سپس به منظور جلوگیری از اشتعال پیش‌رس، سوخت به داخل هوای متراکم تزریق می‌شود. زمانی که سوخت تزریق می‌شود، به دلیل فشار و دمای بالا، خودبه‌خود محترق می‌شود. تا زمانی که پاشش سوخت ادامه می‌یابد عمل احتراق نیز ادامه دارد. به همین دلیل، موتور دیزل، موتور احتراق تحت فشار (Compression ignition engine) نیز نامیده می‌شود.

بطور کلی می‌توان تفاوت اصلی بین موتورهای دیزلی و بنزینی را به صورت زیر دسته‌بندی کرد:

- یک موتور بنزینی مخلوط هوا و گاز را مکش می‌کند و آنرا متراکم می‌کند و بعد مخلوط را با جرقه مشتعل می‌کند. یک موتور دیزلی فقط هوا را می‌گیرد و آنرا متراکم می‌کند و بعداً سوخت را به داخل هوای متراکم تزریق می‌کند. گرمای حاصل از متراکم شدن هوا موجب مشتعل شدن خود به خودی سوخت می‌شود.
- نسبت تراکم موتورهای بنزینی ۸:۱ تا ۱۲:۱ است، در حالیکه نسبت تراکم موتورهای دیزلی ۱۴:۱ به بالا مثلاً ۲۵:۱ است. نسبت تراکم بالای موتورهای دیزلی منجر به بهتر شدن بازده می‌شود.
- موتورهای بنزینی معمولاً از کاربراتور استفاده می‌کنند که هوا و سوخت را قبل از ورود به داخل سیلندر مخلوط می‌کند یا دریچه تزریق سوخت دارند که فقط سوخت را پیش از مرحله مکش می‌پاشد (بیرون سیلندر). موتورهای دیزل از تزریق سوخت مستقیم استفاده می‌کنند یعنی سوخت را مستقیماً به داخل سیلندر می‌پاشند.

اجزای اصلی تشکیل دهنده موتورهای دیزل

موتورهای دیزلی در ظاهر شبیه به موتورهای بنزینی بوده و تفاوت آنها فقط در مقاوم تر بودن اجزا و متعلقات و اندازه بزرگتر قطعات آنها می‌باشد، مثلاً پیستون‌های قدرتمند - میل لنگ‌های سخت کاری شده و آهنگری پرسی شده - شاتون‌های فورجینگ قوی و ... می‌باشد.



همانطور که گفته شد تفاوت اصلی این موتورها با موتورهای بنزینی در نحوه سوخت رسانی و اشتعال سوخت است؛ در موتورهای بنزینی سوخت در کاربراتور با هوا مخلوط شده و یا توسط انژکتور به هوا اضافه می شود ولی در موتورهای دیزلی هوای خالص وارد سیلندر شده و به حدی متراکم می گردد که با پاشش سوخت درون محفظه آتشین سیلندر احتراق خود به خود آغاز می شود .

به همین دلیل در موتورهای بنزینی نیاز به تشکیلات جرعه زنی از قبیل کوئل - دلكو - وایر های فشار قوی - شمع - مگنت - یا سیستم های جدیدتر سنسور های الکترونیکی جهت تعیین زمان جرعه می باشد ولی در دیزل احتراق خود به خود بوده و نیاز به موارد

فوق نمی باشد ، (در موتورهای جدید دیزل برای بهبود کیفیت احتراق در کنار انژکتور درون سیلندر یک شمع هم جهت ایجاد به موقع جرقه تعبیه شده است) .

ایجاد فشار در موتور دیزل

همانطور که گفته شد در موتور دیزل سوخت با فشار زیاد درون محفظه سیلندر پاشیده می شود، ما به ابتدای مسیر سوخت در باک میرویم تا سرنوشت آن را از باک تا انژکتور (درون سیلندر) بررسی کنیم.

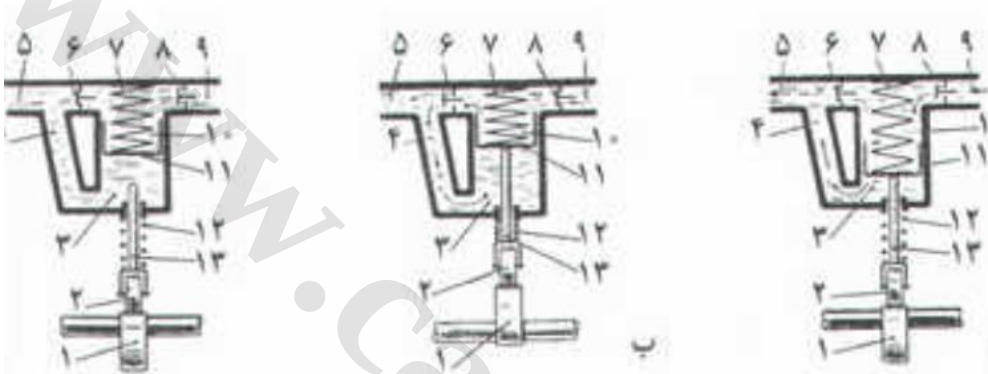
پمپ اولیه

سوخت از باک توسط پمپ اولیه (سه گوش) مکیده می شود، درون پمپ سه گوش یک پیستون کوچک متصل به دسته پیستون، فنر، غلطک که انرژی خود را از بادامک خارج از مرکز می گیرد، سوپاپ ورودی و خروجی می باشد .



وقتی بادامک از زیر غلطک خارج می شود پیستون تحت اثر نیروی فنر به سمت پایین رانده می شود و به علت حرکت سریع آن و ازدیاد حجم در فضای بالای آن سوخت وارد آن فضا می شود، در کورس دوم با بالا آمدن پیستون فشار افزایش یافته و سوپاپ خروجی باز می شود و سوخت به فیلتر ها می رود.

نحوه عملکرد پمپ اولیه موتور دیزل :



فیلترها

سوخت بر اساس نوع مصرف به طرق مختلفی تصفیه می شود که انواع : موازی - سری موجود است . فیلتر ها معمولا دارای جنس های کاغذی - نمدی - کتانی هستند که در این میان نوع کاغذی بالا ترین قدرت تصفیه را داشته و در موتورهای کاترپیلار - پرکینز - و که نیاز به دقت تصفیه بالا دارند مورد استعمال دارند .

پمپ انژکتور

این پمپ به تعداد سیلندر های موتور دارای محفظه هایی به نام بارل می باشد که قطعه ای فولادی به نام پلانجر درون آن حرکت می کند ، با حرکت پلانجر به سمت پایین ، حجم بالای آن زیاد شده و سوخت آن فضا را پر می کند ، و با حرکت پلانجر به سمت بالا تولید فشار آغاز گشته و زمانی که فشار به حد لازم رسید سوپاپ فشار از محل خود بلند شده و اجازه ارسال سوخت را به انژکتور می دهد .

انواع بارل و پلانجر :



پمپ انژکتور بوش (RQ) :



با رسیدن شیار مارپیچ پلانجر به سوراخ ورودی بارل فشار به یک باره افت کرده و سوخت قطع می شود .

لوله های فشار قوی

رابط های بین پمپ انژکتور و انژکتور هستند که از جنس فولاد بدون درز (مانسمان) بوده و در این موتورها دارای شرایط خاصی می- باشند. از جمله آنکه نباید در پیچها زاویه ای مناسب باشند و همچنین از لحاظ تجهیزات آب بندی و ثابت کننده لوله شرایط مطلوبی داشته باشند که این مهم فقط با اعمال بست های قوی امکان پذیر است.

انژکتور

ایستگاه پایانی بوده و سوخت پس از ورود به آن وارد مجاری آن شده و با فشار خود مخروطی را محل خود بلند کرده و به شکل کاملاً گرد در محفظه پاشیده می شوند. انواع آن: سوراخ دار، لبه دار می باشد .

تزریق سوخت موتور های دیزل

انژکتور در موتورهای دیزل از اجزای بسیار پیچیده ای تشکیل شده است و موضوع بسیاری از آزمایشات بزرگ بوده است. ممکن است در هر موتور خاصی در یک مکان مختلف جای گرفته باشد. انژکتور بایستی قادر باشد تا دما و فشار داخلی سیلندر را تحمل کرده و سوخت را به قطرات ریز تبدیل کند. گردابی کردن قطرات در داخل سیلندر که باعث پخش متناسب آنها می شود، نیز یک چالش است . بنابراین بعضی موتورهای دیزلی سوپاپ مکش مخصوصی قبل از محفظه احتراق به کار می گیرند یا از وسایل دیگری برای گردابی (چرخشی) کردن هوا در داخل محفظه احتراق استفاده می کنند و یا در غیر این صورت جرعه زنی و فرآیند احتراق بهبود می دهند . یکی از تفاوت های بزرگ بین موتور های دیزلی و بنزینی در فرآیند تزریق سوخت است . اکثر موتور خودرو ها از دریچه تزریق (انژکتور) یا یک کاربراتور استفاده می کنند که نسبت به تزریق مستقیم ترجیح دارد . بنابراین در یک موتور خودرو ، همه سوخت در داخل سیلندر در طی مرحله مکش بارگذاری شده و سپس متراکم می شود. مقدار تراکم مخلوط سوخت و هوا محدود به نسبت تراکم موتور است. اگر موتور هوا را بیش از اندازه متراکم کند، مخلوط سوخت و هوا به طور خود به خودی مشتعل می شود و سبب ضربه زدن می شود. موتور های دیزل تنها هوا را متراکم می کنند، بنابراین نسبت تراکم می تواند خیلی بالا باشد. نسبت تراکم بالا، قدرت بیشتری تولید می کند .

بعضی موتور های دیزل شامل یک شمع گرمکن از انواع آن است. موقعی که یک موتور دیزل سرد است، مرحله کمپرس ممکن است دمای هوا را به اندازه کافی برای مشتعل کردن سوخت بالا نبرد . شمع گرمکن (glow plug) یک سیم گرمکن الکتریکی است (مانند سیم

های داغی که شما در یک برشته کن می بینید) که محفظه احتراق را گرم می کند و دمای هوا را موقعی که موتور سرد کار می کند را افزایش می دهد بنابراین موتور می تواند روشن شود .

همه وظایف در موتور های جدید توسط ارتباط ECM با مجموعه از سنسور های پیچیده ای که هر چیزی را از دور موتور تا دمای روغن و مایع خنک کننده را اندازه گیری می کنند ، حتی وضعیت موتور (i.e. T.D.C.) کنترل می شود . امروزه گرمکن ها به ندرت در موتور های بزرگ استفاده می شود . ECM دمای هوای محفظه را حس می کند و تایمینگ موتور را در هوای سرد ریتارد می کند ، بنابراین انژکتور سوخت را دیرتر تزریق می کند. هوا در داخل سیلندر بیشتر متراکم می شود در نتیجه گرمای زیاد ایجاد شده، که به روشن شدن موتور کمک می کند .

موتور های کوچک و موتورهای که کنترل کامپیوتری پیشرفته ندارند از گرمکن برای حل این مشکل (روشن شدن در هوای سرد) استفاده می کنند .



نمونه از موتور دیزل شش سیلندر آتگو

البته تنها تفاوت بین موتور های دیزلی و موتور های بنزینی دلایل مکانیکی نیست ، بلکه از لحاظ سوخت مصرفی شان نیز دارای تفاوت هستند .

سوخت دیزل

اگر بنا باشد سوخت دیزل (گازوئیل) را با بنزین مقایسه کنید، می دانید که آنها متفاوت هستند. آنها مطمئناً بوی متفاوتی دارند. سوخت دیزل (گازوئیل) سنگین تر و روغنی تر است. گازوئیل نسبت به بنزین دیرتر تبخیر می شود، در واقع نقطه جوش آن نسبت به آب بالاتر است. معمولاً وقتی صحبت از سوخت دیزل می شود تمام توجهات معطوف به گازوئیل می شود .



یک نمونه از سوخت دیزل



Mercedes-Benz Conecto H with six-cylinder OM ۴۵۷ hLA Euro ۳ diesel engine

سوخت دیزل (گازوئیل) آرام تر تبخیر می شود ، زیرا سنگین تر است. این سوخت شامل اتم های کربن در زنجیره طولانی نسبت به بنزین است (نمونه فرمولی از بنزین به صورت C_9H_{20} در حالیکه نمونه ای از سوخت گازوئیل به صورت $C_{14}H_{30}$ است). سوخت دیزل (گازوئیل) با کمی پالایش بدست می آید، به همین دلیل است که معمولاً گازوئیل نسبت به بنزین ارزان تر است.

سوخت دیزل (گازوئیل) چگالی انرژی بالاتری نسبت به بنزین دارد. به طور متوسط، یک گالن (۳.۸ L) گازوئیل تقریباً 155×10^6 J انرژی دارد، در حالیکه یک گالن بنزین ($125,000$ BTU) 132×10^6 J انرژی دارد. این (انرژی بالای گازوئیل) با بازده بالای موتور دیزل تلفیق می شود و این دلیل برتری موتور های دیزل بر موتور های بنزینی است.

اصول ترمودینامیکى

چرخه‌هاى قدرت استاندارد هوا، شامل چرخه برایتون (توربین گاز)، چرخه اتو (موتور بنزینى)، چرخه دیزل (موتور دیزل) و چرخه استرلینگ (مشابه اتو) است. از چرخه‌هاى دیزل و اتو در خودروهاى دیزل و بنزینى استفاده مى‌شود.

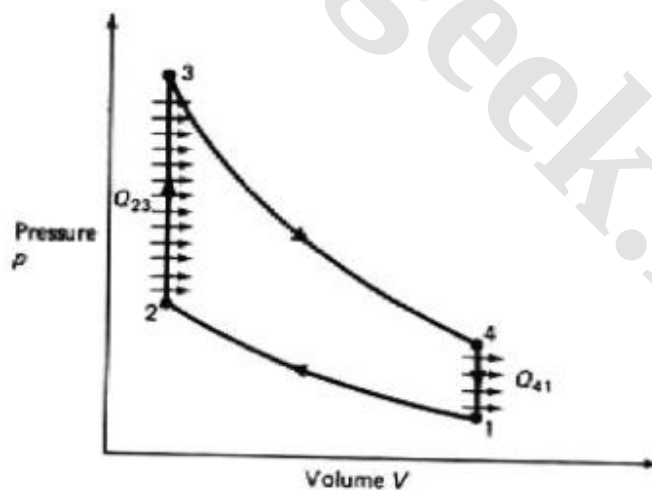
چرخه‌هاى ترمودینامیکى ایده‌ال

در چرخه اتو، هوا در فشار اولیه P_1 و دمای T_1 طی فرایند آیزنتروپیک (آنتروپى ثابت) متراکم مى‌شود تا پیستون به نقطه مرگ بالا (TDC) برسد. در نمودارى که در زیر آورده شده این نقطه با شماره ۲ نمایش داده شده است.

عمل احتراق طی فرایند حجم ثابت، از نقطه ۲ به ۳ صورت مى‌گیرد و انرژی حرارتى، برای انجام کار به سیستم منتقل مى‌شود.

در مرحله انبساط (۳ به ۴) هوا طی فرایند آنتروپى ثابت، منبسط شده و پیستون به سمت نقطه مرگ پایین (BDC) حرکت مى‌کند. در این مرحله، پیستون کار انجام مى‌دهد.

در مرحله تخلیه که همان مرحله ۴ به ۱ است، اتلاف حرارتى صورت مى‌گیرد.



چرخه ترمودینامیکى اتو

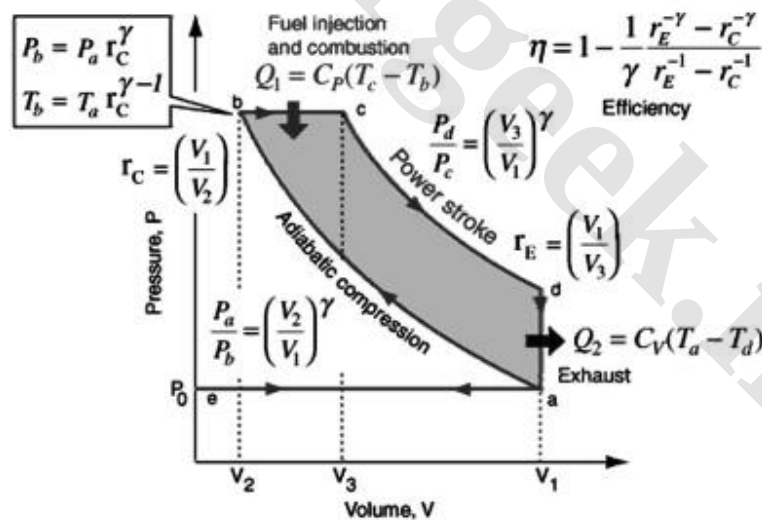
این چرخه، دارای بازدهی است که به صورت نسبت کار انجام شده به حرارت دریافت شده توسط سیستم تعریف می‌شود و از رابطه زیر به دست می‌آید:

که در آن: W کار انجام شده، T دما، γ نسبت گرمای ویژه ($\gamma = C_p/C_v$) و

$$\eta_o = \frac{W}{Q_{2 \rightarrow 3}} = 1 + \frac{T_1 - T_4}{T_3 - T_2} = 1 - r_c^{1-\gamma}$$

r_c نسبت تراکم (نسبت حجم سیلندر زمانی که پیستون در نقطه مرگ بالاست به حجم آن زمانی که پیستون در نقطه مرگ پایین می‌باشد)

چرخه دیزل مشابه چرخه اتو است با این تفاوت که در مرحله احتراق، مطابق شکل ۱ (نقطه b به c) فرایند فشار ثابت است. در شکل ذیل، روابط ترمودینامیکی حاکم بر فرایندها، نوشته شده و قابل استفاده برای محاسبه بازده است.



چرخه ترمودینامیکی دیزل

در چرخه دیزل، بازده از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\eta_D = \frac{W}{Q_{b \rightarrow c}} = 1 + \frac{T_a - T_d}{\gamma(T_c - T_b)} = 1 - f(\beta, \gamma) r_c^{1-\gamma}$$

$$f(\beta, \gamma) = \frac{\beta^\gamma - 1}{\gamma(\beta - 1)}$$

که در آن:

β نسبت حجم بین پایین و شروع احتراق است.

در مقایسه چرخه‌های اتو و دیزل، می‌توان گفت که روابط فوق نشان می‌دهند با توجه به اینکه

β بزرگتر از یک است، برای نسبت تراکم یکسان بازده چرخه دیزل کمتر از چرخه اتو بوده، اما برای کار خروجی و فشار ماکزیمم یکسان، بازده چرخه دیزل بیشتر است.

ناگفته نماند که روابط و بازده به دست آمده از روابط فوق، تخمینی بسیار خوش‌بینانه و نسبتاً دور از واقعیت است. دلایل این امر عبارتند از:

الف- در این روابط برخلاف شرایط واقعی از حرارت تلف‌شده در مرحله تراکم و انبساط صرف نظر شده است.

ب- سیال چرخه‌های فوق، هوای خالص است، در صورتی‌که در شرایط واقعی، سیال مخلوطی از هوا و سوخت بوده و گرمای ویژه آن تابعی از فشار سیلندر، دما، نسبت هوا به سوخت و دیگر عوامل است.

پ- در شرایط واقعی، به‌رغم چرخه ایده‌آل، احتراق در فشار ثابت (چرخه دیزل) یا حجم ثابت (چرخه اتو) اتفاق نمی‌افتد.

ت- در موتور واقعی، تغییر مخلوط سوخت و هوا به محصولات شیمیایی متفاوت، توان خروجی را کاهش می‌دهد و فرایند دریافت حرارت در حجم ثابت صورت نمی‌گیرد.

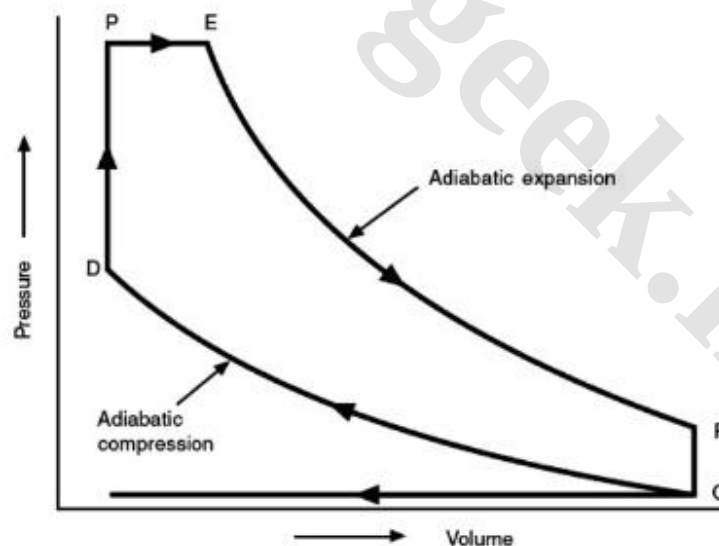
ث- در چرخه‌های ایده‌آل موتورهای چهارزمانه، کار تلف شده هنگام مکش سیال به داخل سیلندر و راندن دود به خارج آن، مدنظر قرار نمی‌گیرد.

ج- در حالت واقعی چرخه اتو، احتراق به صورت لحظه‌ای رخ نمی‌دهد.

چ- در روابط فوق، هیچ اثری از تلفات اصطکاکی مشاهده نمی‌شود.

با وجود این خطاها، استفاده از روابط یاد شده برای تخمین‌های کلی و مقایسه دو چرخه، کاری مناسب است.

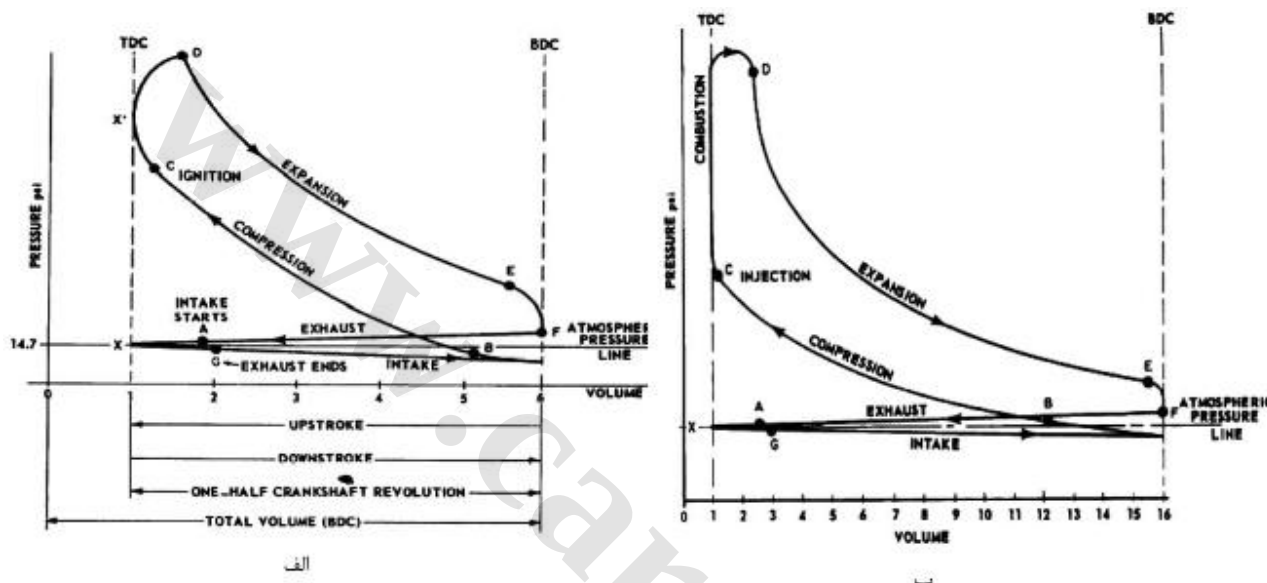
چرخه واقعی موتور بنزینی، مشابه چرخه اتو بوده، اما چرخه موتور واقعی دیزل را نمی‌توان کاملاً با چرخه دیزل (احتراق فشار ثابت) مشابه‌سازی کرد. چرخه دیزل بیشتر مشابه چرخه احتراق دوگانه (Dual combustion) یا چرخه ترکیبی (Composite cycle) است. نمودار فشار-حجم این چرخه که ترکیبی از چرخه‌های اتو و دیزل است، به صورت شماتیک در نمودار زیر نشان داده شده است.



نمودار فشار-حجم چرخه دوگانه یا ترکیبی استاندارد هوا

چرخه‌های ترمودینامیکی واقعی

در نمودار پائین، دیاگرام چرخه‌های واقعی موتور بنزینی و دیزل نشان داده شده است. براساس این نمودار، نسبت تراکم موتور بنزینی از موتور دیزل کمتر است. این نمودارها را می‌توان با چرخه‌های ایده‌آل استاندارد هوا، مقایسه کرد.



دیاگرام فشار-حجم نمونه‌ای از موتورهای واقعی بنزینی: (الف) و دیزل (ب)

احتراق در موتور دیزل، یکی از فرایندهای اساسی بوده و عامل اصلی تفاوت آن با موتور بنزینی است. به همین علت نیازمند شرحی دقیق‌تر در زمینه فرایندهای چرخه موتور دیزل و بویژه فرایند احتراق در آن خواهیم بود.

مطابق نمودار بالا، فرایند احتراق به صورت اسمی از نقطه C یعنی زمان پاشش سوخت به داخل سیلندر شروع شده و تا نقطه D ادامه می‌یابد. سوخت، پس از پاشیده شدن در محفظه احتراق، به علت دمای بالای سیلندر، خودبه‌خود مشتعل شده و عمل احتراق انجام می‌شود. برای احتراق کاملتر، سوخت به صورت ذره‌ای تزریق می‌شود. یعنی تمامی سوخت در یک لحظه به سیلندر پاشیده نمی‌شود. به‌علاوه، زمانی نیز برای عملیات اختلاط سوخت با هوا، تبخیر و شروع به احتراق، صرف می‌شود. بنابراین، عمل سوختن در مدتی طولانی ادامه دارد، به‌طوری که به پایین رفتن پیستون و ازدیاد حجم، از فشار احتراق کاسته نمی‌شود. به بیانی دیگر، ادامه احتراق در زمان

طولانى تر بزرگ شدن حجم را جبران مى كند. لذا از نظر تئورى، موتور ديزل را موتور فشار ثابت مى گويند. به علت تداوم تزريق سوخت، فشار زمان قدرت تقريبا ثابت بوده و پيستون تا مدت بيشترى تحت تاثير فشار احتراق باقى مى ماند. اين حالت در نمودار ۳ از نقطه مرگ بالا تا نقطه D ادامه دارد. از آنجا كه در موتور ديزل، احتراق به صورت خودبه خودى يعنى بدون جرقه شمع يا منبعى ديگر انجام مى شود، سيستم سوخت رسانى بايد داراى شرايط زير باشد:

الف- سوخت، به مقدار كاملا دقيق نسبت به بار موتور، ارسال شود.

ب- شروع تزريق، كاملا صحيح تنظيم شود

پ- مدت تزريق، كاملا حساب شده باشد

ت- سوخت به شكل كاملا ذره اى يا به صورت گرد تزريق شود

ث- ذرات سوخت در تمام فضاى اتاق احتراق پخش شوند

ج- كيفيت سوخت و احتراق به گونه اى تنظيم گردد كه بازده حرارتى، حداكثر شود. يعنى دود خروجى از اگزوز داراى حداقل هيدروكربور نسوخته باشد.

چ- مقدار تزريق سوخت با توجه به مدت پاشش و نحوه احتراق، به گونه اى هماهنگى داشته باشد كه زمان احتراق نسبتا طولانى بوده و با ازدياد حجم موتور به هنگام پايين رفتن پيستون، فشار ثابت بماند.

احتراق و پاشش سوخت در موتور ديزل، داراى سه مرحله ذيل است:

۱. مرحله تاخير احتراق (Ignition delay): در اين زمان، سوخت به صورت بخار درآمده و با هوا مخلوط مى شود. ميل لنگ در

شروع پاشش، حدود ۲۲ تا ۳۰ درجه قبل از نقطه مرگ بالاست. البته در موارد جديدتر، اين مقدار به حدود ۱۵ درجه کاهش يافته است.

۲. مرحله شروع احتراق: به علت وجود نقاط گرم محترق کننده، بخار سوخت مخلوط شده با هوا به سرعت می سوزد. احتراق، اندکی قبل از نقطه مرگ بالا شروع می شود (حدود ۵ درجه زاویه میل لنگ نسبت به نقطه مرگ بالا) و وقتی پیستون به نقطه مرگ بالا می رسد، احتراق اولیه کامل شده و فشار سیلندر به حداکثر مقدار خود می رسد.

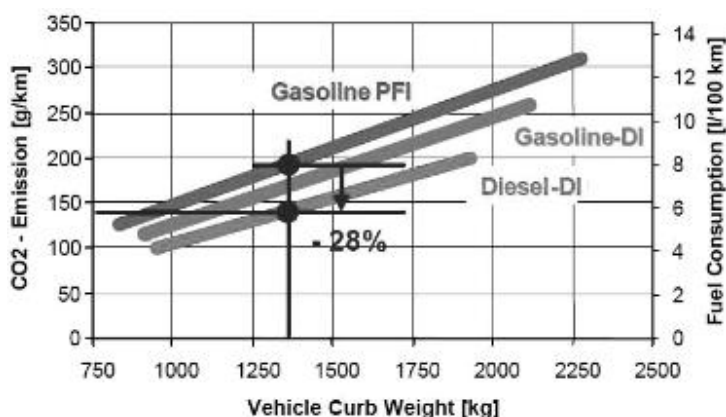
مرحله ادامه احتراق: سوخت هایی که دیرتر تزریق می شود، با ذرات سوختی که هنوز کاملاً نسوخته و نیز اکسیژن هوا مخلوط شده و عمل احتراق را تا مدتی طولانی ادامه می دهند

برتری های موتور دیزل به موتور بنزینی

امروزه، خودروهای سواری دیزلی بر خودروهای بنزینی پیشی گرفته اند. این موضوع ناشی از مزایای قابل توجه این نوع موتورهاست که برخی از آنها عبارتند از:

۱. در موتور دیزل، به علت متراکم شدن هوا، احتراق به صورت خودبه خودی صورت می گیرد، اما در موتور بنزینی، به علت متراکم شدن مخلوط سوخت و هوا، افزایش فشار سیلندر در مرحله تراکم با محدودیت مواجه است.
۲. موتور دیزل، با مصرف سوخت و آلودگی کمتر، توان و گشتاور بیشتری تولید می کند.

همان طور که در نمودار زیر دیده می شود، خودروهای سواری دیزلی با وزن حدود ۱۳۰۰ کیلوگرم، در مقایسه با خودروهای بنزینی حدود ۲۸ درصد کاهش مصرف و آلودگی دی اکسید کربن دارند. هر چه وزن خودروها بیشتر شود، این اختلاف چشمگیرتر است.



مقایسه مصرف سوخت و انتشار CO₂ خودروهای بنزینی و دیزل براساس وزن آنها

در شکل پائین، مقایسه‌ای بین دو نوع خودروی مرسدس بنز مشابه با مدل‌های E۲۴۰ (بنزینی) و E۲۷۰ CDI (دیزل) انجام شده است. در نمودار میله‌ای این شکل، قسمت‌های تیره‌تر مربوط به خودروی دیزل و قسمت‌های روشن‌تر مربوط به خودروهای بنزینی است. شکل ظاهری این دو خودرو، تقریباً یکسان است. همان‌طور که در نمودار شکل دیده می‌شود، با توان یکسان، خودروی دیزلی گشتاور بیشتری تولید می‌کند. همچنین میزان مصرف سوخت و آلایندگی در خودروی دیزلی برتری قابل توجهی دارد. تنها سرعت حداکثر و شتاب‌گیری موتور بنزینی، بهتر است که البته میزان این اختلاف بسیار اندک است.

در موتور دیزل، نیازی به شمع برای ایجاد جرقه نیست.



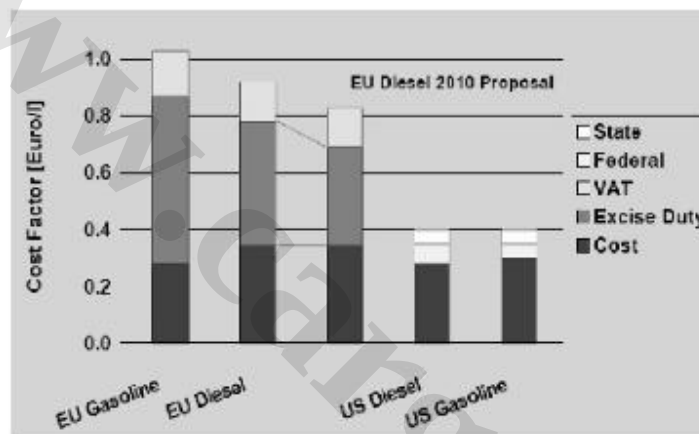
Power [kW]	130	M-B E240
	130	M-B E270 CDI
Torque[N·m]	240	
	400	
Vmax [km/h]	236	
	230	
0-100km/h [s]	8.9	
	9.0	
City [l/100km]	15.8	
	9.1	
Hwy [l/100km]	7.9	
	6.1	
Comb [l/100km]	10.7	
	6.6	
CO2 [g/km]	207	
	172	

مقایسه فنی خودروی بنز با مدل‌های E۲۴۰ (بنزینی) و E۲۷۰ CDI (دیزل)

۳. موتور دیزل، قابلیت تطابق با سوخت‌های بیشتری را دارد. از جمله این موارد، Biomass است که نمونه‌ای از آن روغن‌های خوراکی مصرف شده است.

۴. سوخت دیزل به علت سنگین بودن، با نسبت سوخت به هوای بسیار کم (حدود ۰/۰۴) نیز احتراق کامل صورت می‌گیرد.

۵. دیزل، ارزان‌تر از بنزین است. در کشور ما این موضوع به وضوح مشهود بوده و در کشورهای اروپایی نیز مورد توجه است. نمودار زیر، مقایسه قیمت بنزین و سوخت دیزل را نشان می‌دهد.



مقایسه قیمت سوخت دیزل و بنزین در اروپا و آمریکا

امروزه مفهوم استفاده از موتورهای دیزل آن‌طور که باید جا نیفتاده است. نه تنها مزایای موتور دیزل زیاد است بلکه دقت ساخت این نوع موتورها نیز بسیار بالاست. از سوی دیگر، نگهداری از موتورهای دیزل مشکل بوده و در صورت صدمه دیدن اجزای موتور، هزینه‌های تعمیر آن زیاد می‌باشد. این موارد، قیمت اولیه موتور را بالا می‌برد. به‌رغم اذعان استفاده‌کنندگان موتور دیزل که از کارکرد موتور، مصرف کم و هزینه‌های اندک آن بسیار راضی هستند، این موضوع به‌طور چشمگیری بر دیدگاه مشتریان برای ترجیح در خرید خودروی دیزلی یا بنزینی، تأثیر می‌گذارد.

در این زمینه به جای موضوع فوق، چند موضوع زیر را باید در دیدگاه مشتریان پررنگ تر کرد:

الف- قیمت اولیه موتور دیزل، بیشتر از موتور بنزینی است.

ب- مزایای استفاده از سوخت دیزل در مقایسه با بنزین در راستای منافع اقتصادی کشور، قابل توجه است.

پ- قیمت سوخت دیزل بسیار کمتر از بنزین است.

ت- با سوخت دیزل مسافت بیشتری را می توان با خودرو طی نمود.

ث- موتور دیزل، پتانسیل بیشتری برای استفاده از سوخت های تجدیدپذیر نظیر Biomass دارد.

تمامی موارد فوق نشان می دهند که به رغم تعبیر اولیه مشتریان از قیمت بالای خودروهای دیزلی، این نوع خودروها اقتصادی تر هستند. مثال زیر نیز این موضوع را به خوبی نشان می دهد. برای دو مدل مقایسه شده در شکل ۲ مقایسه ای قیمتی نیز انجام شده است.

خودروی دیزل مرسدس بنز E۲۷۰ CDI حدود ۷۰۰ یورو گران تر از خودروی بنزینی مرسدس بنز E۲۴۰ است. مصرف سوخت مدل دیزلی ۶/۵ لیتر در ۱۰۰ کیلومتر بوده، اما مصرف سوخت مدل بنزینی ۱۰/۷ لیتر در ۱۰۰ کیلومتر است. قیمت سوخت در اروپا به ازای هر لیتر برای سوخت دیزل ۰/۸۹ یورو و برای بنزین ۱/۰۳ یورو است. با فرض این که این دو خودرو در سال ۱۵ هزار کیلومتر مسافت طی کنند. مبلغ ۷۰۰ یورو پس از یک سال جبران شده و از سال دوم، خودروی دیزل به صرفه تر خواهد بود.

بکارگیری موتور دیزل در ایران

پیشتران خودروی دیزل، اروپا، آمریکای شمالی و ژاپن هستند و استفاده از این خودرو با توجه به مزایای آن با سرعت چشمگیری رو به افزایش است. در کشور ما نیز حرکت به سمت استفاده از تکنولوژی دیزل آغاز شده است. در ایران، گازوئیل به عنوان سوخت دیزل مرغوبیت بالایی ندارد. بالا بودن میزان سولفور در گازوئیل، باعث استهلاک زودرس موتور و بوی نامطبوع خروجی آن است. این موارد باعث می شوند تا خودروی دیزل پس از مدتی برتری های خود را در مقایسه با خودروی بنزینی از دست داده و عملکرد بدی پیدا کند. بنابراین، برای استفاده از خودروهای دیزل در ایران، لازم بود زیرساخت هایی فراهم شود تا گازوئیل با سولفور بسیار پایین و مطابق با استانداردهای روز جهان (یورو ۴ و در برخی کشورها یورو ۵) تولید شود.

در این راستا محققان پژوهشگاه صنعت نفت موفق به ارائه دانش فنی و طراحی نخستین واحد صنعتی گوگرد زدایی عمیق از گازوئیل با فن آوری UDHDS شدند. پژوهشگاه از حدود پنج سال قبل تحقیق و پژوهش در مورد این تکنولوژی را شروع کرد و در حال حاضر صاحب این فن آوری بوده و آن را ثبت کرده و قرار است اولین واحد صنعتی حاصل از این تکنولوژی در پالایشگاه شهریار در شهر تبریز احداث شود.

از دیدگاهی دیگر، در کنار عملیات صنعتی، بخش تحقیقات دانشگاه و صنعت نیز باید شروع به فعالیت کرده و از عملیات اجرایی صنعتی پیشی بگیرند.

با تولید خودروهایی با سوخت گازوئیل، تنوع در تولید خودرو از لحاظ سوخت ایجاد می شود و سوخت منحصراً به بنزین اختصاص نمی یابد و می توان در کنار بنزین، گاز و گازوئیل را نیز در سبد مصرفی سوخت قرار داد.

از طرف دیگر، چون خودروهای دیزل با سوخت CNG نیز همخوانی دارند، استفاده از موتورهای دیزل با دیگر مسائل جاری، تقابلی ایجاد نمی کند.

تولید انبوه موتور ملی دیزل تا سه سال آینده

بررسی های جامع در مورد طراحی و تولید موتور دیزل، از اواسط سال گذشته در مرکز تحقیقات موتور ایران خودرو آغاز شد و به موازات اجرای برنامه های وزارت نفت برای عرضه سوخت مناسب، به اجرا در آمده است و تا سال ۱۳۹۰ به تولید انبوه خواهد رسید.

به دلیل اینکه در زمان رسیدن به تولید انبوه، استاندارد کشورهای پیشرفته یورو ۵ خواهد بود مبنا استاندارد تولید این موتور نیز یورو در نظر گرفته شده است.

موتور دیزل ایران خودرو بر پایه موتور ملی و در همان خانواده، طراحی و عرضه می شود.

حجم این موتور بین یک و نیم تا ۱/۶ لیتر است که مجهز به پرخوران ضمن برخورداری از گشتاور بیش از ۲۳۰ نیوتن متر، قابل رقابت با موتورهای روز جهان خواهد بود.

مشاورین خارجی در پروژه موتور دیزل سهم کمی خواهد داشت و عمده فعالیت‌ها با استفاده از توان داخلی انجام می‌شود.

یکی از ویژگی‌های طرح موتور دیزل، استفاده از حداکثر قطعات مشترک با موتور ملی پایه گاز سوز بوده که حجم این قطعات، بعد از اتمام مرحله طراحی مفهومی مشخص خواهد شد، اما با توجه به این که تجهیزات سوخت‌رسانی دیزل و مجموعه کاهش آلاینده‌گی مانند کاتالیست، با مجموعه بنزینی متفاوت است، این بخش‌ها طراحی و به موتور اضافه می‌شود.

پروژه موتور دیزل همانند گاز سوز کردن خودروها، برای حمایت از سیاست‌های دولت در مدیریت انرژی و سبب سوختی کشور در ایران خودرو اجرا می‌شود.

فناوری های نوین در دیزل:

سیستم کنترل خودکار دیزل (EDC):

پیشرفت دیزل:

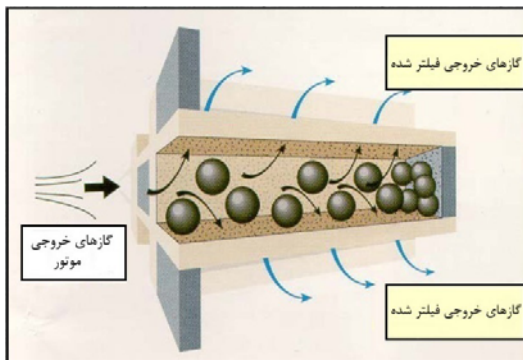


در سال های اخیر دیزل در دو زمینه پیشرفت کرده است :

۱. بهبود موتور
۲. اصلاح گازهای خروجی

شرایط موتورهای دیزل برای دریافت استاندارد انتشار LEVII, Tier2:

- کاهش سطح انتشار HC, CO
 - با تأثیر کاتالیزور اکسیداسیون
 - کاهش انتشار PM و NO_x از طریق:
 - بهبود فرآیند احتراق ، توسط موتورهای کاهش دهنده انتشارات
 - بازگرداندن دوباره NO_x و ذرات خاص (PM) بعد از خروج از موتور
- برای استفاده مجدد





تحول در دیزل با فناوری BlueTec شرکت مرسدس:

این فناوری که توسط شرکت مرسدس بنز ارائه شده عنوان پاکترین موتور دیزل در سال ۲۰۰۶ را به خود اختصاص داد. در این سال شرکت مرسدس اولین سری خودروهای مجهز به این سیستم را در آمریکا عرضه کرد. این موتورها همچنان به آمریکایی ها اجازه می داد با وجود افزایش بهای سوخت همچنان از خودروهای بزرگ و پر قدرت استفاده کنند. شرکت مرسدس اعلام کرده است که در سال ۲۰۰۹ مدل های جدیدی از خودروهایی با موتور دیزل پاک راعرضه خواهد کرد که تمام این مدل ها از موتور ۲۱۰ اسب بخار با ظرفیت ۳.۲ لیتر V-۶ استفاده می کنند.

مرسدس تخمین زده است که مدل GL۳۲۰ BlueTec رکورد ۲۴ مایل با یک گالن سوخت را ثبت کند که حدود ۲۰-۴۰٪

از موتورهای بنزینی بهتر خواهد بود و این امکان را می دهد که ۶۰۰ محدود مایل را با یک باک طی کند.

این فناوری نه تنها پاک ترین خودروی دیزل را در جهان تولید کرد ، حتی پا از قوانین سختگیرانه انتشار گازهای آلاینده هم فراتر نهاده است.

BlueTec اسم اختصاصی یک تکنولوژیست برای مجموعه از فناوری های بکار برده شده در موتور ، فیلتر ، و کاتالیزور که منتج به انتشار کم آلاینده های سوختی و بازده اقتصادی مناسب از سوخت می شود.

این فناوری با پیشرا نه ریل مشترک با فشار بالا برای تزریق مستقیم سوخت در موتور آغاز می شود.

ریل مشترک به روشی برای تزریق به مقدار کافی سوخت بطور مستقیم در هر سیلندر برای گشتاور مناسب اشاره دارد.

در این فناوری توربو شارژر باعث افزایش نیروی موتور می شود که سیستم چرخش مجدد گازهای خروجی نیروی آنرا تأمین می کند تا سوخت های مشتعل نشده بطور کامل مصرف شوند.

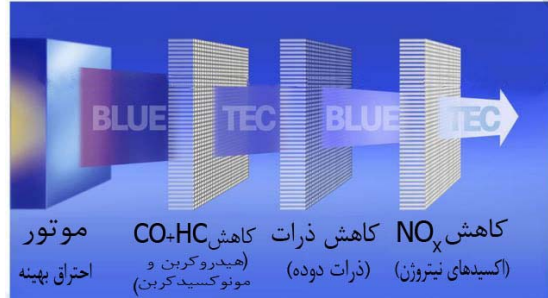
سیستم کنترل خودکار دیزل (EDC) بطور کلی به مدیریت باز و بسته شدن کنترل گردش گازها در موتور و مدیریت پاشش سوخت اشاره دارد. اساس عملکرد کنترل پاشش سوخت دو مورد زیر است:

- کیفیت سوخت تزریق شده

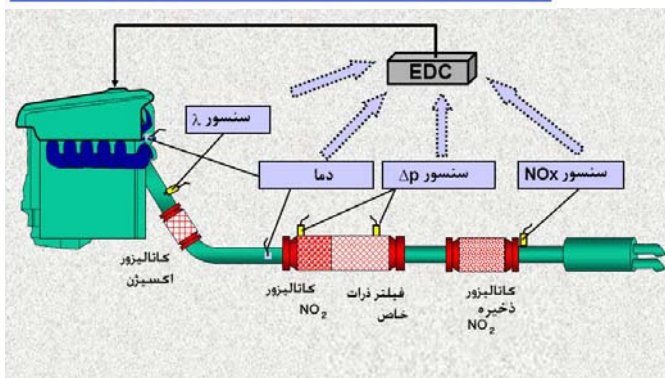
- شروع تزریق سوخت

سابقاً این عملیات بطور مکانیکی کنترل می شد. با پیشرفت EDC، امکان نوآوری بیشتری فراهم گردید. این فناوری راحتی و اطمینان بیشتری را برای مشتری ایجاد کرده است. عملکرد پویا، صرفه اقتصادی سوخت، و انتشار کم از آن جمله اند. زمانی که گازهای خروجی از موتور خارج می شوند فاز چندگانه عملیات در این فناوری آغاز می شود.

بر اساس خصلت طبیعی، دیزل تمایل به تولید حجم زیادی از مونواکسید نیتروژن که معمولاً بصورت NO_x شناخته می شود و از ذرات خاص که دوده شناخته می شوند دارد.



کاتالیزورهای اکسیژن مقدار مونواکسید کربن را کم می کنند و علاوه هیدروکربن های مشتعل نشده را کاهش می دهند. سپس یک فیلتر



نگهدارنده ذرات آزاد یا دوده گیر مقدار دوده را تقریباً به صفر کاهش می دهد.

BlueTec فقط زمانی می تواند به بازدهی کامل خود برسد که مقدار سولفور موجود در سوخت دیزل استفاده شده ی آنها حداکثر ۱۵ppm باشد.

مرسدس بنز از دو استراتژی برای برخورد با NO_x استفاده می کند. اولی برای همه ی خودروها و دیگری برای خودروهای سنگین.

در خودروهای سبک با NO_x توسط یک کاتالیزور ذخیره شده در اگزوز و یک کاتالیزور دوم به نام SRC (کاهش کاتالیزور انتخابی) مقابله می شود.

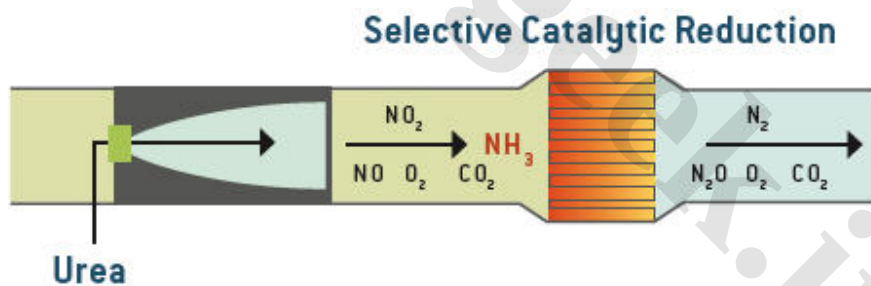
بطور دوره ای موتور به مدت کوتاهی فعالتر می شود تا کاتالیزور ذخیره شده را از NO_x جذب شده در این کاتالیزور پاک کند.

برای خودروهای سنگین مانند ون ها مرسدس با سیستم تزریق پیشاب اوره تجهیز شده است که AdBlue نامیده می شود. دلیل این کار این است که در تکنولوژی تله ی NO_x ، کاتالیزور استفاده شده در خودروها نیاز دارد بارها و بارها پاک شود و بنابراین بازده اقتصادی سوخت کاهش پیدا می کند.

سیستم Ad Blue از کاتالیزور SRC و یک مخزن مایع پیشاب اوره استفاده می کند که بصورت بخار خروجی ، تبخیر می شود.

زمانی که پیشاب با گازهای داغ اگزوز تماس پیدا می کند بصورت آمونیاک آزاد می شود که با NO_x واکنش داده و نیتروژن بی خطر و آب پدیدار تولید می شود.

پیشاب اوره موجود در مخزن برای ۱۰۰۰۰ مایل مناسب است و برای بیش از این مسافت فقط نیاز است که این مخزن کاتالیزور را در نمایندگی های شرکت مجدداً پر کنید . سیستم AdBlue انتشار NO_x را تا ۸۰٪ کاهش می دهد



موتور دیزل جدید شرکت آئودی:

خوردروی جدیدی که شرکت آئودی با همکاری شرکت خودرو سازی فولکس واگن VW قرار است زمستان آینده در آمریکاعرضه کند، مجهز به یک موتور دیزل پاشش مستقیم توربوشارژ شده (TDI) است. شرکت آئودی این محصول را به عنوان پاکترین دیزل می داند. این شرکت تولید موتورهای TDI را از ۱۹ سال پیش آغاز کرده است و تا کنون حدود ۴۵ میلیون خودرو را با این موتورها فروخته است ولی این محصول جدید با حجم موتور ۳ لیتر، با سیستم فوق العاده کاهش آلودگی و انتشار تجهیز شده است.

در این TDI گردش مجدد گازها نه تنها باعث توربو شارژ کردن بهینه می شود بلکه انتشار گازهای آلاینده موتور را هم کاهش می دهد. در واقع این موتور انتشار مونوکسید نیتروژن را بیش از ۹۰٪ کاهش داده است.

ضمن اینکه این موتور با توربو شارژ ۳ لیتری، نسبت به برادران بنزینی رایج خود بازده سوختی بالاتری دارد برای مثال اتومبیلی که با موتور TDI، V-۶ تجهیز شده در بزرگراه مسافت ۲۵ مایل را با یک گالن سوخت (۲۵MPG) طی می کند. در واقع برد حدود ۶۰۰ مایل را با یک باک پر که حدود ۲۶ گالن ظرفیت دارد، را فراهم می کند. در مقابل موتور ۳.۶ لیتری V-۶ بنزینی در ازای یک گالن سوخت ۲۰ مایل را طی می کند که برای یک باک پر به ظرفیت مشابه مثال قبل مسافت طی شده ۵۲۰ مایل خواهد بود.

این موتور دیزل ۳ لیتری ۲۲۱ اسب بخار نیرو تولید می کند که در مقایسه با موتور بنزینی ۳.۶ لیتری که ۲۸۰ اسب بخار نیرو تولید می کند بازده سوختی بیشتری دارد البته این را هم باید مد نظر قرار دهیم که گشتاور تولید شده توسط موتور دیزلی ۴۰۶ $\frac{P}{F}$ است در حالی که موتور بنزینی گشتاور بسیار کم ۲۶۶ $\frac{P}{F}$ را ایجاد می کند.

اگرچه قدرت اسب بخار کمی دارد ولی شتاب ۰ تا ۶۰ مایل در ساعت آن ۸.۴ ثانیه است که تنها ۰.۲ ثانیه کندتر از موتور بنزینی است.

بنابراین این موتور ۳ لیتری TDI مزایای گشتاور مضاعف، انتشار کم، و بازده سوختی عالی را یکجا در بر دارد.

منابع :

NAMVECC Conference Stuart Johnson, Volkswagen of America November ۵, ۲۰۰۳

<http://rb-kwin.bosch.com>

<http://www.gizmag.com>

Diesel Technology Forum March ۲۰, ۲۰۰۸

<http://www.nafttimes.com>

<http://abrarnews.com>

<http://www.parsikhodro.com>