



جامعة جدة
جامعة جده

طرح فناوریانه انژکتور

معاونت پژوهشی سازمان

نام فایل سند	عنوان سند	صفحه	بازنگری
مطالعه فنی انژکتور	مطالعه فنی انژکتور	۱ از ۴۳	۳

باسمه تعالی

مطالعه فنی انژکتور

تیر ۱۴۰۱



جهاد دانشگاهی شریف

طرح فناوریانه انژکتور

معاونت پژوهشی سازمان

نام فایل سند	عنوان سند	صفحه	بازنگری
مطالعه فنی انژکتور	مطالعه فنی انژکتور	۲ از ۴۳	۳

چکیده

سیستم سوخت رسانی در خودروهای بنزینی شامل یک مجموعه الکترومکانیکی است که از پلتفرم الکترونیک خودرو تبعیت می نماید. مجموعه سیستم مدیریت موتور (EMS) که یکی از زیر مجموعه های پلتفرم الکترونیک خودرو می باشد وظیفه سوخت رسانی در شرایط متفاوت کارکرد موتور را بر عهده دارد. ماژول هایی همچون ECU، سنسور اکسیژن، سنسور NOx، دریچه گاز، پمپ بنزین و انژکتور از جمله اجزای سیستم EMS هستند. در موتورهای بنزینی، سوخت توسط یک پمپ مکانیکی یا برقی با فشار به داخل لوله های سوخت رسانی وارد می شود و از طریق انژکتورها که در واقع نوعی شیر برقی هستند به پشت سوپاپ هوا یا درون سیلندر به صورت پودر شده، پاشیده می شود و به این ترتیب مخلوطی از هوا و سوخت برای احتراق در موتور و تولید انرژی بدست می آید. اجزای سیستم سوخت رسانی انژکتوری شامل اجزای ذیل می باشند: سنسورها (فشار هوا، دمای هوا، میل بادامک، دمای آب، سرعت، دور موتور، اکسیژن، پتانسیومتر دریچه گاز و...)، پمپ، لوله های سوخت رسانی، فیلتر سوخت، انژکتورها، مانیفولد، واحد کنترل الکترونیکی و رگلاتور فشار. در این طرح در فاز ۱ که با حمایت سازمان برنامه و بودجه در قالب بودجه با مبلغ ۵۰ میلیارد ریال و طی یک سال انجام می گردد، به تدوین دانش فنی انژکتور منتخب مورد استفاده در موتورهای شرکت های خودروسازی داخلی با عمق داخلی سازی حدود ۵۰ درصد پرداخته خواهد شد. پس از آن و در فاز ۲ در صورت تصویب بودجه پیشنهادی ۱۱۰ میلیارد ریالی، ضمن داخلی سازی حدود ۸۰ درصدی دانش فنی تولید انژکتور، دانش فنی تولید انبوه این انژکتور استحصال و نسبت به اخذ تاییدیه تولید آن اقدام خواهد گردید.



جھارکھاندی ادبی اکادمی

طرح فناوریانه انژکتور

معاونت پژوهشی سازمان

بازنگری	صفحه	عنوان سند	نام فایل سند
۳	۳ از ۴۳	مطالعه فنی انژکتور	مطالعه فنی انژکتور

فهرست مطالب

فصل ۱: مقدمه	۵
۱-۱ سیستم سوخت رسانی کاربراتوری	۶
۲-۱ سیستم سوخت رسانی انژکتوری	۸
فصل ۲: سوخت رسانی انژکتوری	۱۱
۱-۲ انواع سیستم سوخت رسانی انژکتوری از لحاظ حالت پاشش	۱۳
۱-۱-۲ پاشش همزمان	۱۴
۲-۱-۲ پاشش گروهی	۱۴
۳-۱-۲ پاشش ترتیبی	۱۴
۲-۲ انواع سیستم سوخت رسانی انژکتوری از نظر سیستم پاشش	۱۵
۱-۲-۲ انژکتورهای پورتهی تک نقطه‌ای	۱۶
۲-۲-۲ انژکتورهای پورتهی چند نقطه‌ای	۱۷
۳-۲-۲ انژکتورهای پاشش مستقیم	۱۸
۴-۲-۲ مزایا و معایب استفاده از سیستم پاشش مستقیم	۲۱
۳-۲ سایر تکنولوژی‌ها	۲۱
۱-۳-۲ سیستم تزریق سوخت VFIS	۲۱
۲-۳-۲ انژکتورهای دوگانه (PDI)	۲۲
۳-۳-۲ تزریق مستقیم با هدایت اسپری	۲۵
۴-۳-۲ تزریق حالت دوگانه (DMI)	۲۶
۴-۲ انواع مختلف انژکتور	۲۷



جامعة جدة

طرح فناوریانه انژکتور

معاونت پژوهشی سازمان

نام فایل سند	عنوان سند	صفحه	بازنگری
مطالعه فنی انژکتور	مطالعه فنی انژکتور	۴ از ۴۳	۳

- ۲-۴-۱ سیستم انژکتوری مکانیکی ۲۷
- ۲-۴-۲ سیستم انژکتوری الکترونیکی ۲۷
- ۲-۴-۳ سیستم انژکتوری الکترومکانیکی ۲۷
- فصل ۳: انژکتور سولنوئیدی ۲۸
- ۳-۱ ساختار انژکتور سولنوئیدی ۲۹
- ۳-۲ اجزای انژکتور سولنوئیدی ۳۰
- ۳-۲-۱ ورودی و فیلتر سوخت ۳۰
- ۳-۲-۲ بدنه انژکتور ۳۱
- ۳-۲-۳ مجموعه سولنوئید و سوزن انژکتور ۳۱
- ۳-۲-۴ صفحه پاشش و نازل ها ۳۳
- ۳-۳ انواع انژکتور سولنوئیدی ۳۴
- ۳-۳-۱ انواع انژکتور از نظر نوع تغذیه ۳۴
- ۳-۳-۲ انواع انژکتور از نظر مقاومت الکتریکی ۳۶
- ۳-۳-۳ انواع انژکتور از نظر نوع سوزن انژکتور ۳۶
- ۳-۳-۴ انواع انژکتور از نظر تعداد روزنه ۴۰
- ۳-۳-۵ انواع انژکتور از نظر نوع بدنه ۴۱



جامعة جدة
جامعة جده

طرح فناوریانه انژکتور

معاونت پژوهشی سازمان

نام فایل سند	عنوان سند	صفحه	بازنگری
مطالعه فنی انژکتور	مطالعه فنی انژکتور	۵ از ۳	۳

فصل ۱: مقدمه



جهاد دانشگاهی صنعتی شریف

طرح فناوریانه انژکتور

معاونت پژوهشی سازمان

نام فایل سند	عنوان سند	صفحه	بازنگری
مطالعه فنی انژکتور	مطالعه فنی انژکتور	۴۳ از ۶	۳

در خودروهای بنزینی که مجهز به موتور احتراق داخلی هستند سیستم سوخت رسانی از حیاتی ترین بخش های فنی خودرو است. این موتورها برای فعالیت خود نیاز به سه عامل اصلی سوخت، هوا و الکتریسیته دارند. این عوامل لازمی ایجاد جرقه، رخ دادن احتراق و در پی آن، تولید نیرو هستند. کیفیت انفجار در درون سیلندرها، به طور مستقیم بر کیفیت عملکرد و بازده موتور خودرو تاثیر دارد. کیفیت انفجار نیز وابسته به تنظیم دقیق سه عامل اصلی یعنی میزان سوخت و فشار تزریق آن، میزان هوا و فشار ورود آن به سیلندر، و کیفیت جرقه زنی و تنظیم زمان بندی آن است و وظیفه سیستم سوخت رسانی، تنظیم فشار تزریق و میزان دقیق سوخت است. انواع سیستم های سوخت رسانی خودروهای بنزینی را می توان در دو نوع کاربراتوری و انژکتوری مطالعه نمود.

۱-۱ سیستم سوخت رسانی کاربراتوری

نحوه عملکرد کاربراتور به صورت شماتیک در شکل ۱-۱ نشان داده شده است. عامل اصلی کار کاربراتور ایجاد خلأ در روی مجرای خروج سوخت (ژیگلور^۱) و در نتیجه تهیه مخلوط هوا و سوخت با نسبت مشخص در شرایط مختلف است. این کار توسط ونتوری^۲ که روی بدنه کاربراتور قرار دارد، انجام می شود. با باز شدن صفحه گاز^۳، هوا توسط سیلندر موتور مکیده شده و به داخل کاربراتور جریان می یابد. در هنگام عبور از ونتوری به علت کاهش مقطع عبور، سرعت هوا افزایش یافته و فشار محفظه ونتوری کاهش می یابد، و مکشی ایجاد می کند که به مراتب از سایر مقاطع کاربراتور بیشتر است. بنابراین چنانچه مجرای سوخت به این قسمت متصل شود، سوخت مکیده شده و پس از مخلوط شدن با هوا به داخل سیلندر وارد می شود.

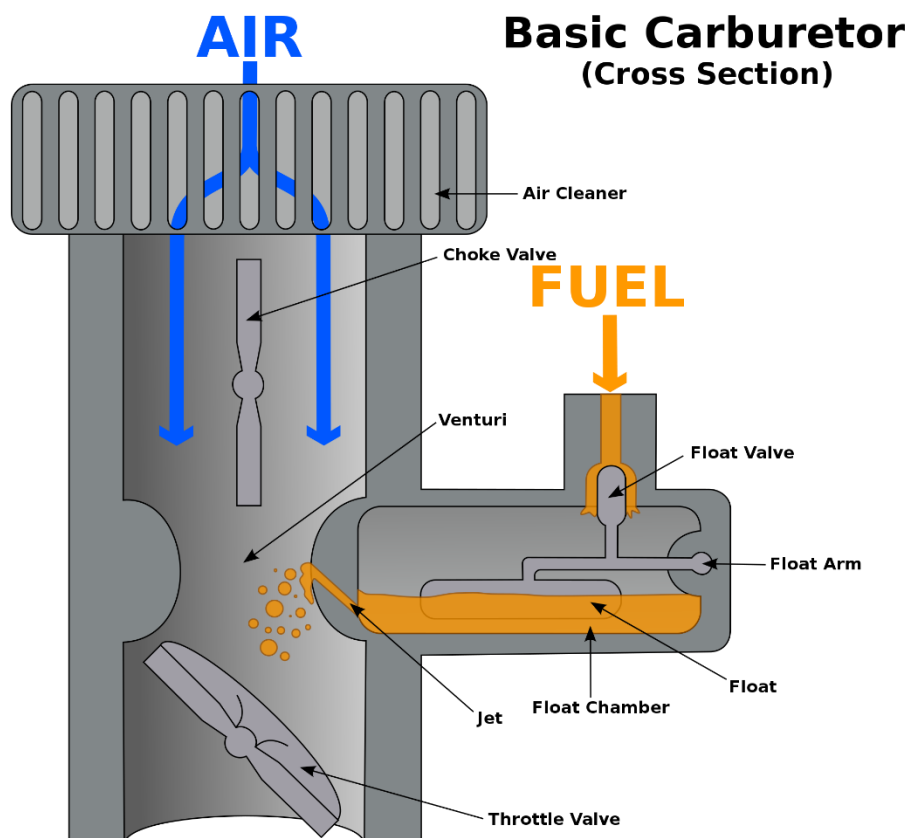
کاربراتورها دارای انواع گوناگونی هستند که می توان آنها را از جهات گوناگون اعم از جهت حرکت سوخت، نوع ونتوری و تعداد دهانه تقسیم بندی نمود. کاربراتورها از نظر جریان عبوری هوا به سه دسته جریان هوا از بالا به پایین، از پایین به بالا و افقی تقسیم می شوند.

¹ Zhiglor (Jet)

² Venturi

³ Throttle Valve

نام فایل سند	عنوان سند	صفحه	بازنگری
مطالعه فنی انژکتور	مطالعه فنی انژکتور	۷ از ۴۳	۳



شکل ۱-۱: تصویر شماتیک کاربراتور پایه

در کاربراتورهای با جریان هوا از بالا به پایین؛ نیروی جاذبه به جریان مخلوط سوخت و هوا به داخل موتور کمک می کند و در نتیجه تغذیه موتور بهتر انجام می شود. علاوه بر آن، دسترسی به کاربراتور از نظر فضای تعمیراتی نیز بهتر است. به همین دلیل این نوع کاربراتور بر روی اکثر خودروها به کار می رود که می توانند شامل کاربراتورهای یک مرحله ای یا دو مرحله ای باشند. کاربراتور موتورهای قدیمی خودروهای نیسان، پراید و پژو از این نوع هستند. کاربراتور با جریان هوا از پایین به بالا بیشتر در گذشته به کار گرفته می شد و علت آن جلوگیری از ورود سوخت به صورت مایع به موتور بود. بعدها با توجه به اینکه این کاربراتور از نظر فضای تعمیراتی از قابلیت دسترسی خوبی برخوردار نبود و علاوه بر این روشن شدن موتور در هوای سرد نیز به خوبی انجام نمی شد، منسوخ شد. کاربراتور خودروهای قدیمی دهه ۱۹۶۰ میلادی معمولاً از این نوع هستند. مزیت اصلی کاربراتور با جریان هوای افقی ارتفاع کمی است که در زیر درپوش موتور اشغال می کند. این نوع کاربراتور می تواند دارای ونتوری ثابت یا متغیر باشد. کاربراتور خودرو پیکان از نوع کاربراتور با جریان هوای افقی و با ونتوری متغیر بود.



جهاد دانشگاهی شریف

طرح فناوریانه انژکتور

معاونت پژوهشی سازمان

نام فایل سند	عنوان سند	صفحه	بازنگری
مطالعه فنی انژکتور	مطالعه فنی انژکتور	۸ از ۴۳	۳

ونتوری کاربراتورها نیز به دو شکل ثابت و متغیر ساخته می‌شود. در کاربراتور ونتوری ثابت جریان هوای عبوری از ونتوری؛ خلأ نسبی یا مکشی ایجاد می‌کند که سبب تخلیه سوخت از نازل می‌شود. تنوع این کاربراتور زیاد است و همگی بر اساس روش مشترکی کار می‌کنند. در مقابل، در ونتوری متغیر، با تغییر شرایط موتور، سطح مؤثر ونتوری نیز تغییر می‌کند.

کاربراتورها دارای تعداد دهانه‌های مختلفی ساخته می‌شوند. بیشتر موتورهای کوچک کاربراتور یک دهانه دارند اما استفاده از کاربراتور دو و چهار دهانه‌ای سبب افزایش راندمان حجمی موتور می‌شود که این افزایش راندمان حجمی در دورهای بالا از اهمیت زیادی برخوردار است. در کاربراتورهای چنددهانه ممکن است هر یک از دهانه‌ها به تعدادی از سیلندرها سوخت‌رسانی کند، یا در صورت افزایش میزان باز شدن دریچه گاز، دهانه دوم نیز برای افزایش میزان سوخت باز شود.

سیستم‌های کاربراتوری دارای معایب متعددی هستند که همین امر موجب منسوخ شدن بکارگیری آنها در خودروهای امروزی است. برخی از اعم معایب سیستم‌های سوخت‌رسانی کاربراتوری عبارتند از:

- عدم تناسب میزان مخلوط شدن هوا و سوخت
- وابستگی شدید کاربراتور به شرایط محیطی
- عدم توزیع یکسان سوخت به سیلندرها
- امکان خفگی کاربراتور
- وابستگی به نوع بنزین و عدد اکتان آن
- عدم وجود سیستم بازگشت سوخت
- قدرت کمتر نسبت به موتور انژکتوری
- آلاینده‌گی بیشتر نسبت به نمونه‌های انژکتوری
- ارتعاشات و ضربه‌های بیشتر در مقایسه با موتور انژکتوری
- تنظیم سخت سیستم جرقه‌زنی

۲-۱ سیستم سوخت‌رسانی انژکتوری

انژکتور، یک نازل برای تزریق سوخت، هوا و بخار آب تحت فشار می‌باشد. این وسیله اولین بار توسط یک شخص



جهاد دانشگاهی مستقیم شریف

طرح فناوریانه انژکتور

معاونت پژوهشی سازمان

نام فایل سند	عنوان سند	صفحه	بازنگری
مطالعه فنی انژکتور	مطالعه فنی انژکتور	۹ از ۴۳	۳

فرانسوی به نام آنری ژیفار در سال ۱۸۵۸ میلادی اختراع شد. انژکتور موتورهای بنزینی اغلب از انواع شیرهای سولنوئیدی^۴ هستند که عمل باز و بسته شدن مجرای خروجی انژکتور توسط فرمان صادره از واحد کنترل موتور (ECU)^۵ صورت می‌گیرد. برای این منظور، در انتهای سوزن انژکتور یک شیر سولنوئیدی وجود دارد که هنگام صدور فرمان از واحد کنترل، جریان ضعیفی از درون سیم پیچ آن عبور کرده و با ایجاد میدان مغناطیسی موجب به حرکت درآمدن سوزن انژکتور، که دارای خاصیت مغناطیسی است، می‌گردد.

سوخت‌رسانی بوسیله انژکتور کامل و بسیار دقیق تر از سوخت رسانی کاربراتوری است. به دلیل وجود سوراخ‌های بسیار ریز انتهایی انژکتور، در زمان پاشش سوخت به درون سیلندر خودرو، این سوخت کاملاً به ذرات بسیار ریز تبدیل شده که مخلوط بسیار خوبی از هوا و سوخت را ایجاد می‌کند، همچنین زمان و نحوه پاشش سوخت توسط انژکتورها به راحتی توسط واحد کنترل الکترونیکی تنظیم می‌شود. این تغییر نوع پاشش تاثیر بسزایی در کارکرد بهینه موتور در دورهای مختلف دارد. با کنترل زمان و میزان پاشش و نیز ایجاد مخلوط بسیار یکنواخت سوخت و هوا، امکان احتراق پاک افزایش می‌یابد که موجب کاهش آلاینده‌گی خودروها تا حد بسیار مطلوبی می‌شود.

مهم‌ترین برتری سیستم سوخت‌رسانی انژکتوری نسبت به سیستم کاربراتور، کاهش مصرف سوخت آن است. سیستم سوخت‌رسانی انژکتور موجب افزایش عمر موتور به دلیل افزایش عمر قطعات مکانیکی آن می‌شود. مورد دیگری از مزایای انژکتور، کاهش ارتفاع موتور و افزایش فضای داخل کاپوت خودرو به دلیل حذف کاربراتور است.

یکی از برتری‌های ملموس سیستم انژکتور که از اهمیت بالایی نیز برخوردار است بالا رفتن قدرت شتاب‌گیری خودرو است. از آنجایی که در این سیستم سوخت به صورت پودری در پشت سوپاپ قرار می‌گیرد، این موضوع از خودسوزی و احتراق پیش از موعد سوخت جلوگیری می‌کند و موتور به صورت منظم کار می‌کند. استفاده از این روش در سیستم سوخت‌رسانی انژکتور موجب می‌شود، خودرو استارت بهتری در هوای سرد داشته باشد، زیرا میزان و نحوه تزریق سوخت با توجه به درجه حرارت موتور و محیط صورت می‌گیرد، از این رو دارندگان خودرو نگرانی بابت روشن شدن خودرو در روزهای سرد سال نخواهند داشت.

بدلیل ماهیت کلی انتقال ذره‌ای سوخت به محفظه احتراق، میزان خام‌سوزی سوخت در این سیستم بسیار پایین است زیرا میزان سوخت با توجه به شرایط موتور کنترل و تزریق می‌شود و ذرات سوخت را به طور کامل مشتعل

⁴ Solenoid Valve

⁵ Engine Control Unit (ECU)



جهاد دانشگاهی مشهد

طرح فناوریانه انژکتور

معاونت پژوهشی سازمان

نام فایل سند	عنوان سند	صفحه	بازنگری
مطالعه فنی انژکتور	مطالعه فنی انژکتور	۱۰ از ۴۳	۳

می‌کند.

سیستم سوخت‌رسانی انژکتور با داشتن این مزایا نسبت به سیستم‌های کاربراتور، به سرعت پیشرفت کرده و فراگیر شد. به گونه‌ای که می‌توان از این سیستم سوخت‌رسانی پیشرفته به عنوان یکی از جهش‌های بزرگ صنعت خودروسازی جهان در طول تاریخ خود یاد کرد. به همین دلایل و نکات مثبت همراه با این سیستم، امروزه بسیاری از خودروهای تولیدی در سراسر جهان مجهز به سیستم سوخت‌رسانی انژکتوری هستند.

در ادامه این گزارش، به مطالعه سیستم‌های سوخت‌رسانی انژکتوری پرداخته شده است. در فصل دوم، انواع سیستم سوخت‌رسانی انژکتوری و مشخصه‌های عملکردی هر یک معرفی شده است. در ادامه، در فصل سوم، به طور خاص به بررسی انواع انژکتورهای سولنوئیدی به عنوان یکی از پرکاربردترین انواع انژکتور در خودروهای امروزی پرداخته شده است.



جہاد دانشگاہی شریف

طرح فناوریانه انژکتور

معاونت پژوهشی سازمان

نام فایل سند	عنوان سند	صفحه	بازنگری
مطالعه فنی انژکتور	مطالعه فنی انژکتور	۱۱ از ۴۳	۳

فصل ۲: سوخت رسانی انژکتوری

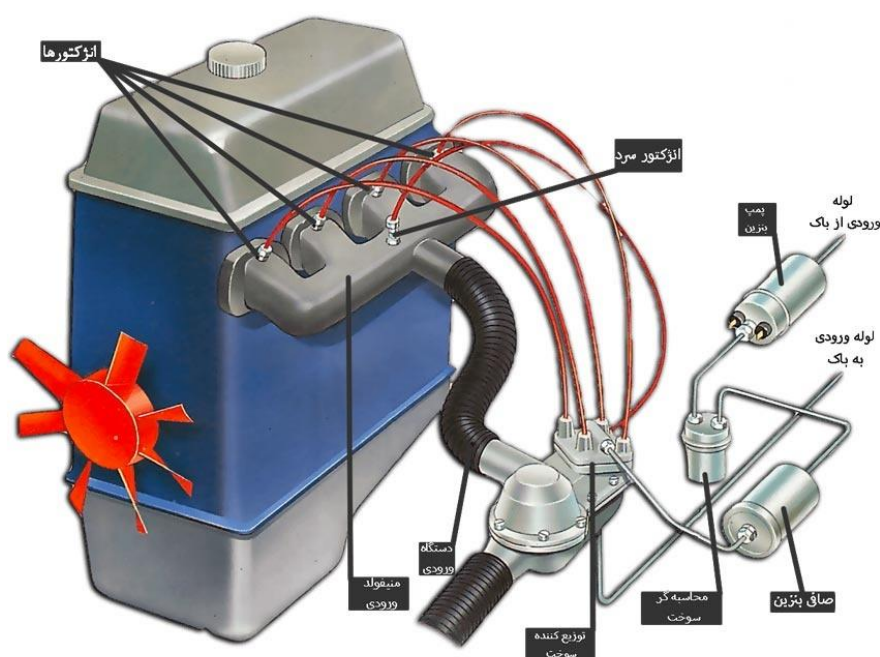
طرح فناوریانه انژکتور

معاونت پژوهشی سازمان

نام فایل سند	عنوان سند	صفحه	بازنگری
مطالعه فنی انژکتور	مطالعه فنی انژکتور	۴۳ از ۱۲	۳

هر خودروی بنزینی برای راهاندازی خودرو به سوخت نیاز دارد. کمیت، کیفیت و زمان مناسب سوخت تزریق شده به سیلندر موتور نقش حیاتی در عملکرد موتور دارد. هنگامی که یک موتور سرد راهاندازی می‌شود، سیستم سوخت‌رسان حجم قابل توجهی از سوخت را به داخل سیلندرها تزریق می‌نماید. پس از گرم شدن موتور، سیستم سوخت‌رسانی شروع به کار نموده و حجم سوخت کمتری را به موتور تزریق می‌کند. همزمان با سرعت و شتابگیری خودرو، می‌بایست میزان سوخت ورودی به موتور مجدداً افزایش یابد. اگر کیفیت و کمیت مخلوط سوخت و هوایی که به سیلندر موتور می‌رسد با دور موتور نامتناسب باشد، راندها و عملکرد موتور به طور قابل توجهی کاهش خواهد یافت.

همانطور که پیش از این اشاره شد، سیستم تزریق سوخت کاربراتوری قادر به تنظیم مقدار دقیق سوخت در زمان مناسب برای سیلندر نیست. از این رو انواع سیستم‌های سوخت‌رسانی انژکتوری جایگزین سیستم‌های کاربراتوری شدند. با این جایگزینی، می‌توان مقدار سوخت عرضه‌شده به هر سیلندر موتور چند سیلندر را که تحت شرایط کاری متفاوت کار می‌کند، به طور دقیق اندازه‌گیری و تنظیم نمود. در نتیجه موتور سریعتر گرم می‌شود، شتاب بیشتری دارد و در عین حال مصرف سوخت کمتری خواهد داشت.

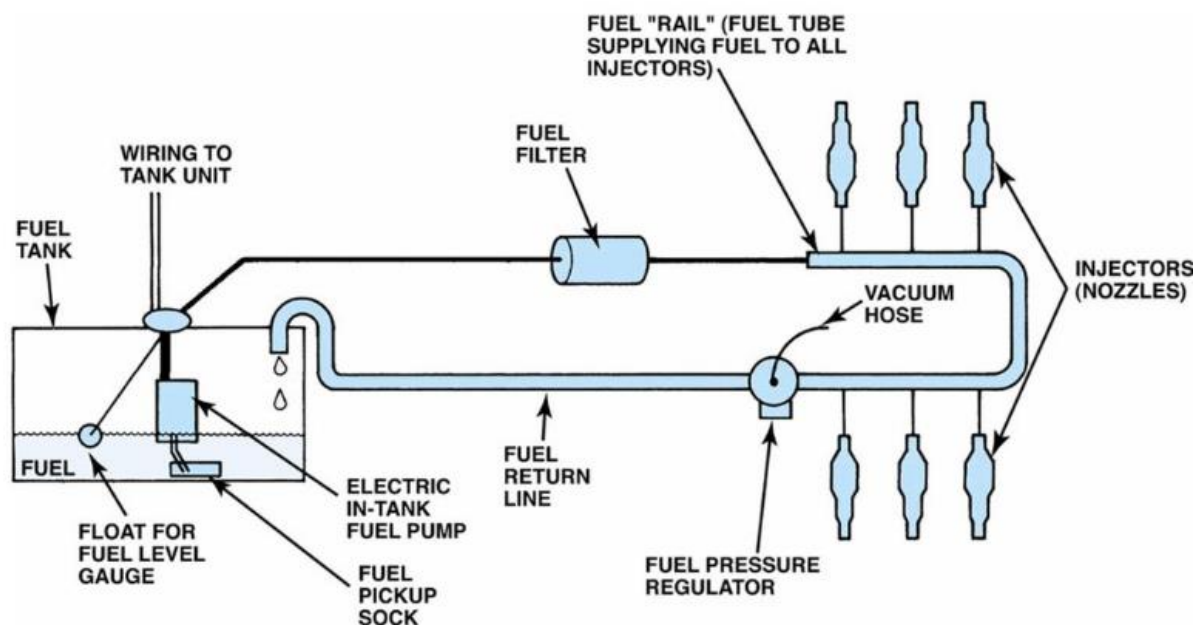


شکل ۱-۲: تصویر شماتیک سیستم سوخت‌رسانی انژکتوری

طرح فناوریانه انژکتور

معاونت پژوهشی سازمان

نام فایل سند	عنوان سند	صفحه	بازنگری
مطالعه فنی انژکتور	مطالعه فنی انژکتور	۱۳ از ۴۳	۳



شکل ۲-۲: دیاگرام سیستم سوخت رسانی انژکتوری

یک سیستم سوخت رسانی انژکتوری، همانطور که در شکل ۲-۱ و شکل ۲-۲ نشان داده شده است، از اجزاء مختلفی به شرح زیر تشکیل شده است.

- انژکتور
- ریل سوخت
- پمپ بنزین برقی
- ECU خودرو

این مجموعه در کنار هم وظیفه کنترل و انتقال سوخت به محفظه خودرو بر اساس شرایط کارکرد موتور را بر عهده دارند.

۲-۱ انواع سیستم سوخت رسانی انژکتوری از لحاظ حالت پاشش

حالت پاشش سوخت یکی از پارامترهای مهم در صرفه جویی مصرف سوخت و نیز کاهش گازهای آلاینده خروجی از موتور می باشد. در سیستمهای سوخت رسانی از سه حالت پاشش سوخت استفاده می شود که در شکل ۲-۳ نشان



جهاد دانشگاهی شریف

طرح فناوریانه انژکتور

معاونت پژوهشی سازمان

نام فایل سند	عنوان سند	صفحه	بازنگری
مطالعه فنی انژکتور	مطالعه فنی انژکتور	۱۴ از ۴۳	۳

داده شده است. انواع این حالت‌ها عبارتند از:

- پاشش همزمان
- پاشش گروهی
- پاشش ترتیبی

۲-۱-۱ پاشش همزمان

در این حالت پاشش، فرآیند پاشش سوخت یک مرتبه در هر دور گردش میل لنگ (دو مرتبه در هر سیکل کامل موتور و هر بار نیمی از بنزین مورد نیاز برای احتراق سیلندر) در یک زمان معین و در تمامی انژکتورها صورت می‌گیرد. به این حالت، پاشش استاتیک نیز گفته می‌شود. حالت پاشش خودروهای پژو پرسیا و سمند اولیه با ECU مدل MM8P بصورت همزمان می‌باشد.

۲-۱-۲ پاشش گروهی

در این حالت انژکتورها به دو گروه دسته‌بندی می‌شوند که هر گروه یکبار به ازای هر سیکل کاری موتور بطور جداگانه فعال می‌شوند. فاصله زمانی بین دو گروه فعال انژکتورها، برابر مدت زمان یک دور چرخش میل لنگ می‌باشند. حالت پاشش گروهی دقیق‌تر از پاشش همزمان بوده و همچنین از پاشش ناخواسته اسپری سوخت در حین باز بودن سوپاپ‌های ورودی جلوگیری بعمل می‌آورد. حالت پاشش خودروهای پژو ۴۰۵، سمند، پژو RD و پیکان با ECU مدل SL96 بصورت گروهی می‌باشد. در این حالت مصرف سوخت و میزان آلایندگی تولیدی موتور کمتر از پاشش همزمان می‌باشد.

۲-۱-۳ پاشش ترتیبی

پاشش ترتیبی، آزادی عمل بیشتری را برای هر یک از انژکتورها در پاشش سوخت فراهم می‌آورد. در این حالت، انژکتور هر سیلندر مستقل از دیگر سیلندرها قبل از باز شدن سوپاپ ورودی، پاشش سوخت برای سیلندر مربوطه را انجام می‌دهد. در خودروهای تولیدی شرکت ایران خودرو حالت پاشش خودروها با ECU مدل S2000، 4.4.7، BOSCH ME BOSCH، SIEMENS ME BOSCH و BOSCH MP 7.3، BOSCH ME 7.4.5 به صورت ترتیبی می‌باشد.

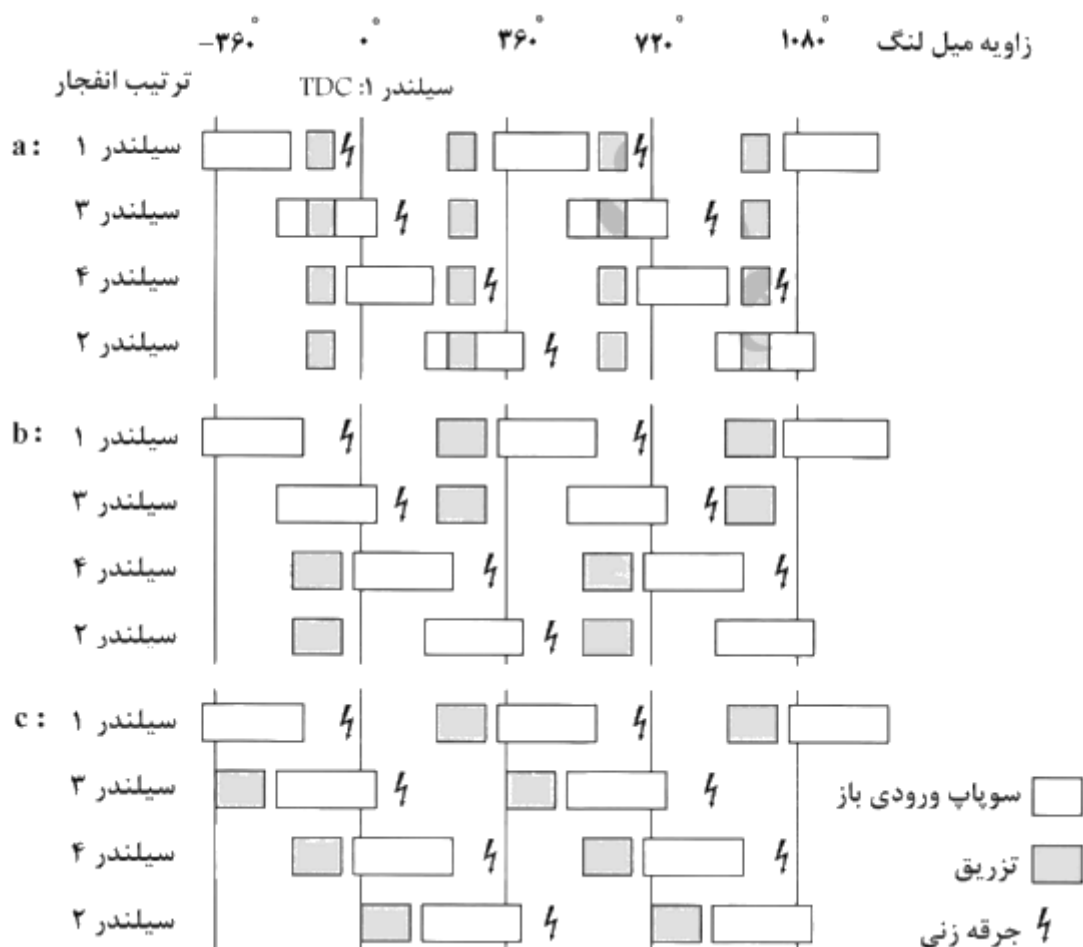
در این سیستم، انژکتورها سوخت را به صورت ترتیبی (۱۳۴۲) به پشت سوپاپ‌های هوا و حدود ۱۸۰ درجه قبل از مکش با دستور ECU تزریق می‌کنند. با توجه به اینکه این سیستم مزایای فراوانی از جمله: مصرف بهینه سوخت و کاهش الودگی هوا و کسب استانداردهای بالای زیست محیطی اروپایی و ... را نسبت به سیستم‌های دیگر دارد، در

طرح فناوریانه انژکتور

معاونت پژوهشی سازمان

نام فایل سند	عنوان سند	صفحه	بازنگری
مطالعه فنی انژکتور	مطالعه فنی انژکتور	۱۵ از ۴۳	۳

اکثر خودروهای انژکتوری جدید از این سیستم پاشش استفاده شده است. می‌توان گفت که در بین سیستم‌های پاشش سوخت، سیستم پاشش ترتیبی در حال حاضر بهترین نوع سیستم پاشش سوخت محسوب می‌شود.



شکل ۲-۳: مقایسه انواع حالت‌های پاشش سوخت (a): همزمان (b): گروهی (c): ترتیبی [5]

۲-۲ انواع سیستم سوخت‌رسانی انژکتوری از نظر سیستم پاشش

سیستم پاشش سوخت را می‌توان به گروه‌های زیر تقسیم کرد

- سیستم پاشش تک‌نقطه‌ای^۱ SPFI

¹ Single Point Fuel Injection



جهاد دانشگاهی شریف

طرح فناوریانه انژکتور

معاونت پژوهشی سازمان

نام فایل سند	عنوان سند	صفحه	بازنگری
مطالعه فنی انژکتور	مطالعه فنی انژکتور	۱۶ از ۴۳	۳

- سیستم پاشش چندنقطه‌ای^۱ MPFI

- سیستم پاشش مستقیم^۲ GDI

- سایر تکنولوژی‌ها.

۲-۲-۱ انژکتورهای پور تی تک نقطه‌ای

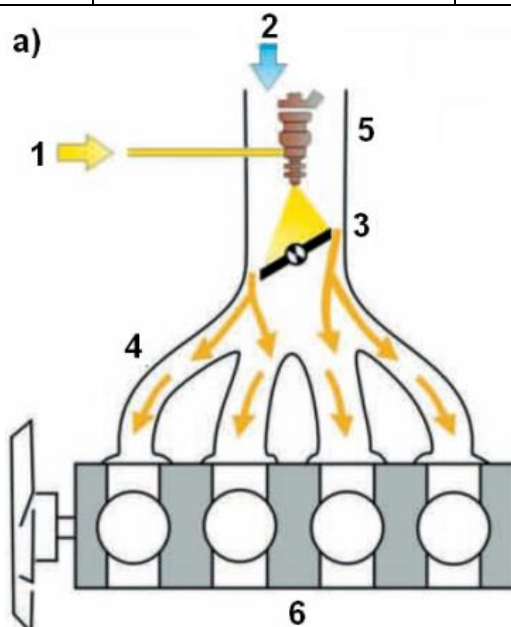
در این نوع سیستم، همان‌طور که در شکل ۲-۴ نشان داده شده است، تنها یک انژکتور هر چهار سیلندر موتور را تغذیه می‌کند. به این ترتیب که در این سیستم‌ها، انژکتور، سوخت مورد نیاز موتور را درون منیفولد سوخت می‌پاشد. کیفیت انتقال سوخت این سیستم‌ها مانند سیستم‌های کاربراتوری است اما حضور واحد کنترل الکترونیکی، شرایط مناسب‌تر و مطلوب‌تری را در محفظه احتراق فراهم می‌سازد. سیستم پاشش تک نقطه‌ای اولین نسل پاشش سوخت محسوب می‌شود و سرآغاز تحول در سیستم‌های انژکتوری می‌باشد. این سیستم که در خودروهای انژکتوری قدیمی به کار رفته است، به دلیل داشتن معایب زیاد از جمله: عدم توزیع یکسان سوخت در بین سیلندرها، احتمال تقطیر شدن سوخت، هدر رفتن سوخت و خام سوزی و ... در خودروهای انژکتوری جدید به کار برده نمی‌شود.

مکان قرارگیری و نحوه عملکرد سیستم پاشش تک نقطه‌ای به این صورت است که یک یا دو انژکتور در هوزینگ دریچه گاز قرار می‌گیرد و سوخت را به صورت پیوسته به پشت دریچه گاز تزریق می‌کند و سوخت و هوا از طریق منیفولد هوا به سیلندرها توزیع می‌شود. این نوع سیستم در حقیقت یک پله از سیستم سوخت‌رسانی کاربراتوری بهتر بوده و فقط سوخت را به صورت پودر شده تزریق می‌کند، اما اکثر معایب سیستم کاربراتور را دارا می‌باشد.

¹ Multi point fuel injection

² Gas direct injection

نام فایل سند	عنوان سند	صفحه	بازنگری
مطالعه فنی انژکتور	مطالعه فنی انژکتور	۱۷ از ۴۳	۳



شکل ۲-۴: سیستم سوخت رسانی انژکتوری تک نقطه‌ای [1]

۲-۲-۲ انژکتورهای پورتی چندنقطه‌ای^۱

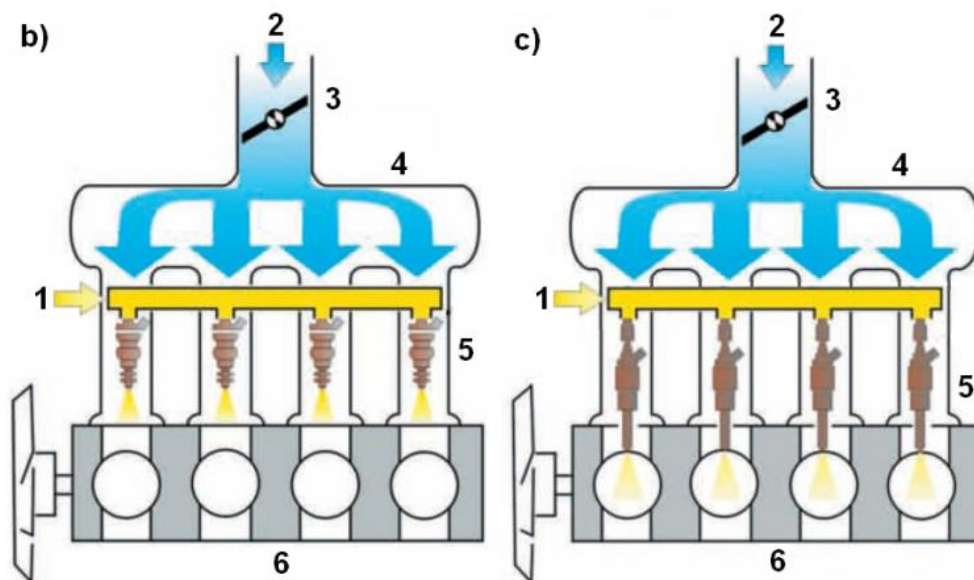
در این سیستم‌ها، همان‌طور که در شکل ۲-۵ نشان داده شده است، برای هر سیلندر یک انژکتور در نظر گرفته می‌شود. موقعیت قرارگیری انژکتور در شکل ۲-۶ مشاهده می‌شود. این انژکتورها که روی ریل سوخت سوار شده‌اند، سوخت مورد نیاز موتور را مستقیماً پشت سوپاپ‌های سوخت تزریق می‌کنند. در نتیجه سوخت پس از پاشش تا زمان احتراق، دچار تغییرات کمتری شده و با شرایط بهتری درون سیلندرها می‌ریزد. این سیستم‌ها، امروزه بیش از انواع دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرند. سیستم پاشش چند نقطه‌ای به دلیل برطرف کردن اکثر معایب سیستم پاشش تک نقطه‌ای امروزه بیشترین کاربرد را در خودروهای انژکتوری دارد. در اولین سری‌های سیستم پاشش چند نقطه‌ای علاوه بر اینکه به ازای هر سیلندر یک انژکتور به کار رفته بود، انژکتور دیگری به نام انژکتور استارت سرد (انژکتور پنجم) در پشت دریچه گاز به کار رفته بود که وظیفه داشت در مراحل اولیه کار موتور یا موقع استارت زدن چندین بار با دستور ECU سوخت را تزریق کنند تا موتور در موقع سرد بودن به راحتی روشن شود و بعد از مدتی توسط دستور ECU این انژکتور از مدار خارج می‌گردید. مدت زمان پاشش و تعداد دفعات قطع و وصل کردن این انژکتور به سرد بودن موتور یا دمای آب موتور و عوامل دیگر بستگی داشت.

¹ Multi point inhection (MPI)

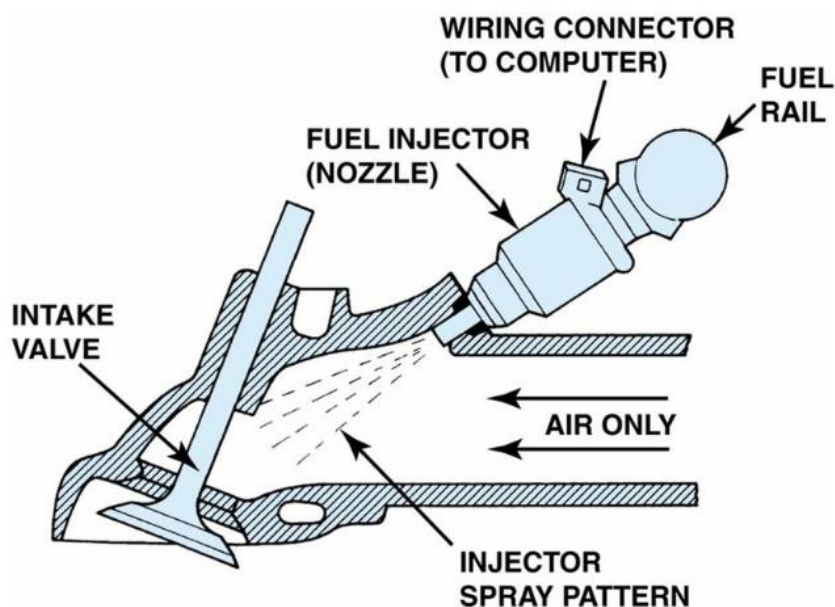
طرح فناوریانه انژکتور

معاونت پژوهشی سازمان

نام فایل سند	عنوان سند	صفحه	بازنگری
مطالعه فنی انژکتور	مطالعه فنی انژکتور	۴۳ از ۱۸	۳



شکل ۲-۵: سیستم سوخت‌رسانی انژکتوری چند نقطه‌ای [1]



شکل ۲-۶: موقعیت قرارگیری انژکتور پورتی

۲-۲-۳ انژکتورهای پاشش مستقیم

هدف از ابداع این نوع سیستم، رسیدن به حداقل تغییر در شرایط سوخت قبل از ورود به سیلندرها بود. به این ترتیب که انژکتورها سوخت مورد نیاز برای احتراق را بدون واسطه و به صورت مستقیم درون سیلندرها تزریق می‌کنند. این



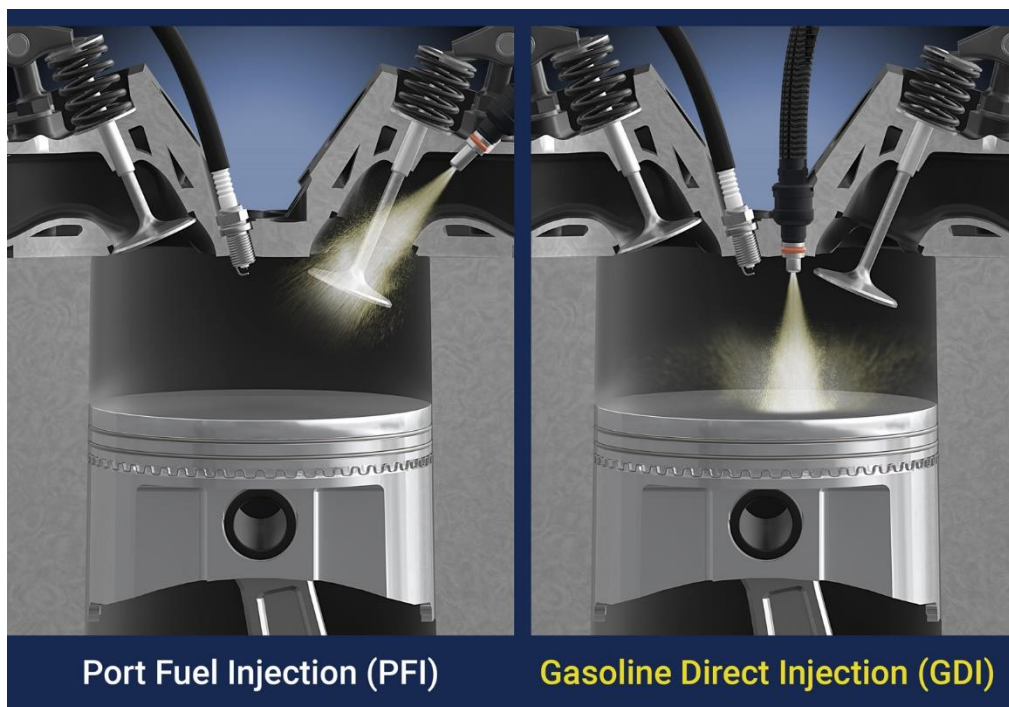
جهاد دانشگاهی

طرح فناوریانه انژکتور

معاونت پژوهشی سازمان

نام فایل سند	عنوان سند	صفحه	بازنگری
مطالعه فنی انژکتور	مطالعه فنی انژکتور	۱۹ از ۴۳	۳

قطعه توسط ECU کنترل می‌شود. در این نوع سیستم، سوزن انژکتور درون محفظه سیلندر و باتوجه به نوع پیستون در بالای سیلندر (مجاور شمع) یا در کنار سوپاپ‌ها قرار گرفته و دیگر مانند مدل قدیمی خود درون منیفولد پاشش صورت نمی‌گیرد که این تغییر، بازدهی سوخت را ۱۵ درصد افزایش و گازهای خروجی را ۲۵ درصد کاهش می‌دهد و موجب افزایش بازدهی موتور می‌شود. انژکتور استفاده شده در این نوع سیستم، باید دارای ظرافت بالا و مقاومت در برابر حرارت باشند. با این حال، قیمت آنها بالاتر است.



شکل ۲-۷: مقایسه موقعیت قرارگیری انژکتور در پاشش پورتی و مستقیم

در موتورهای GDI، سوخت با فشار بالاتری به داخل سیلندر تزریق می‌شود. با این فشار، سوخت به ذرات بسیار ریزتری نسبت به MPI تبدیل و بهتر با هوا مخلوط می‌شود. محل قرارگیری نازل انژکتور در موتورهای GDI بستگی به نوع پیستون دارد که به دو صورت ممکن است باشد، در مدل اول (Wall-Guided Gasoline Direct Injection)، که رایج‌تر است و نازل به علت انحنای روی سطح پیستون در کنار سوپاپ‌ها با زاویه نصب می‌شود و سوخت پس از اسپری شدن، توسط انحنای سطح پیستون به سمت هوا هدایت می‌شود. در مدل دوم (Spray-Guided Gasoline Direct Injection)، نازل با توجه به صاف بودن تقریبی مقطع پیستون، در کنار شمع قرار می‌گیرد، زیرا در این حالت بهترین اختلاط ممکن سوخت و هوا به دست می‌آید.



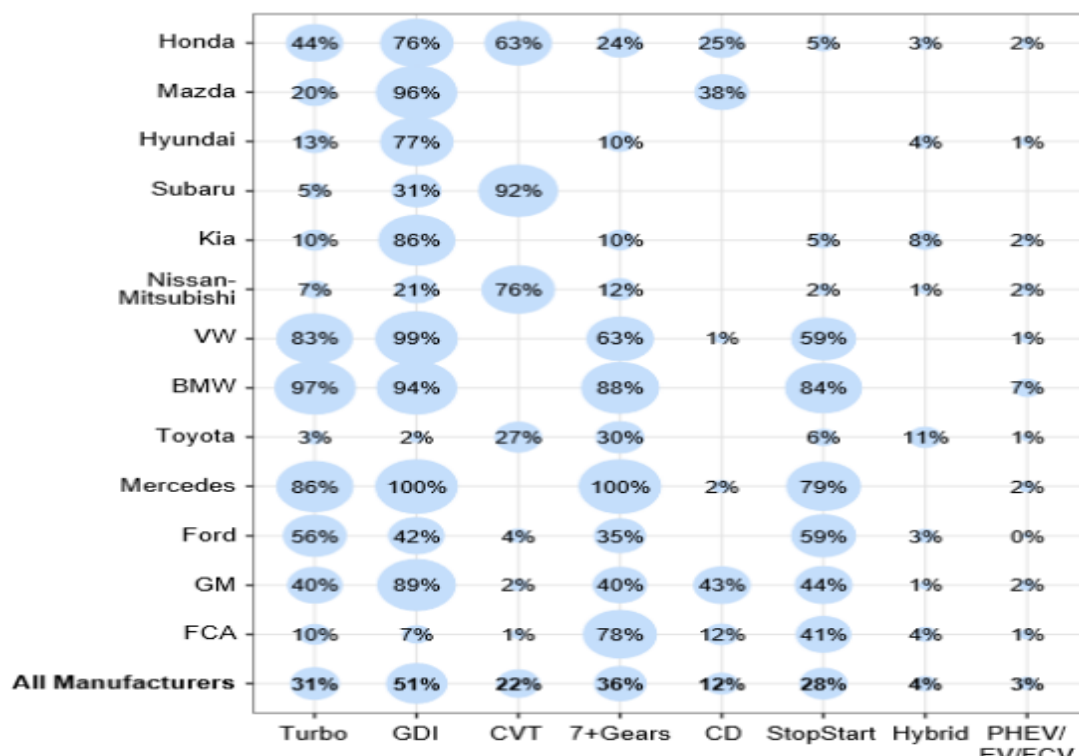
جهاد دانشگاهی

طرح فناوریانه انژکتور

معاونت پژوهشی سازمان

نام فایل سند	عنوان سند	صفحه	بازنگری
مطالعه فنی انژکتور	مطالعه فنی انژکتور	۴۳ از ۲۰	۳

Manufacturer Use of Emerging Technologies, Model Year 2018



شکل ۲-۸: استفاده از فناوری GDI در گزارش سال ۲۰۱۸ (Fuel Saving Technology, n.d.)

در سال ۲۰۱۹، تقریباً تمام خودروسازان مطرح دنیا موتورهای تزریق مستقیم را در برخی از خودروهای خود به کار گرفتند. آنها اغلب با توربوشارژرها جفت می‌شوند. طبق گزارش DOE¹ در سال ۲۰۱۹ نوشت: «از بین تمام فناوریهای نوظهور، تزریق مستقیم بنزین (GDI) بالاترین سطح پذیرش را در بین تولیدکنندگان داشته است و به ۵۱ درصد برای سال مدل ۲۰۱۸ رسیده است. هشت خودروساز بزرگ، از GDI در بیش از ۷۵ درصد از وسایل نقلیه خود استفاده نمودند. با این حال، معایب GDI، مشکلاتی را برای مقبولیت بیشتر به وجود آورده است. موتورهای GDI مستعد ایجاد رسوبات اضافی در سوپاپ‌های ورودی بودند. انژکتورها با فشار فوق العاده بالا اسپری می‌کنند که می‌تواند مقداری بنزین را از محفظه احتراق خارج کند. مسئله بزرگ دیگر ظهور پیش اشتعال با سرعت کم در موتورهای تزریق مستقیم توربوشارژر بوده است. این "سوپر ضربه" ناشی از فشار بیش از حد در سیلندر است که منجر به حوادث احتراق غیرعادی می‌شود.

شرکت‌های نفتی در حال تغییر فرمول‌ها و بسته‌های افزودنی برای کمک به حل مشکل رسوبات هستند. شرکت‌های

¹ Department of Energy



جهاد دانشگاهی مستقیم شریف

طرح فناوریانه انژکتور

معاونت پژوهشی سازمان

نام فایل سند	عنوان سند	صفحه	بازنگری
مطالعه فنی انژکتور	مطالعه فنی انژکتور	۴۳ از ۲۱	۳

مستقل افزودنی نیز در حال توسعه محصولات خود هستند. سازندگان موتورهای بنزینی نیز در حال ایجاد تغییراتی در طراحی موتورهای تولیدی خود هستند تا مدل‌های بعدی کمتر در معرض این مسائل قرار گیرند.

۲-۲-۴ مزایا و معایب استفاده از سیستم پاشش مستقیم

از جمله مزایای استفاده از GDI به شرح زیر می‌باشد:

- ۸-۲۲٪ بازدهی بیشتر
- توان و گشتاور بالاتر با امکان کوچک‌تر شدن موتور
- قابلیت تزریق سوخت در هر زمان در طول ۴ سیکل
- نسبت تراکم بزرگ‌تر
- سطح کمتر انتشار CO₂
- قطرات کوچک‌تر سوخت
- همچنین از معایب این سیستم میتوان به موارد زیر اشاره نمود:
- مستلزم تغییرات در سیستم سوخت‌رسانی کنترلی
- زمان تزریق بسیار کوتاه
- پس احتراق NO_x با الزام کنترل پیچیده‌تر
- افزایش توان الکتریکی موردنیاز برای انژکتورها
- تولید دوده بیشتر
- اهمیت نگهداری از موتور
- اجزای گران‌تر
- نیازمند آموزش تکنسین‌ها و استفاده از تجهیزات گران‌تر

۲-۳ سایر تکنولوژی‌ها

۲-۳-۱ سیستم تزریق سوخت VFIS¹

طبق مطالعات انجام شده، ۸۷٪ انرژی تولید شده در حین احتراق، به شکل انواع افت‌ها به هدر می‌رود، که ۶۲٪ این

¹ Vaporized fuel injection system



جهاد دانشگاهی شریف

طرح فناوریانه انژکتور

معاونت پژوهشی سازمان

نام فایل سند	عنوان سند	صفحه	بازنگری
مطالعه فنی انژکتور	مطالعه فنی انژکتور	۲۲ از ۴۳	۳

افتها به شکل اتلاف گرمایی ناشی از احتراق ناقص است. بنابراین دستیابی به سوخت کامل، از جمله اهداف واحدهای تحقیق و توسعه شرکتها قرار گرفته است. افزایش سطح مقطع تماس سوخت با اکسیژن، منجر به بهبود احتراق می گردد. به همین دلیل، اگر بتوان به جای اتمیزه کردن سوخت، آن را به شکل بخار تبدیل کرد، بازده بالاتر خواهد رفت.

سیستم تزریق سوخت با پیزوالکتریک مزیت بزرگ سیستمهای ریل مشترک در انژکتورهای پیزوالکتریک است. آنها نسبت به انژکتورهای فنردار، سولنوئیدی و یونیت انژکتورهای بادامکدار^۱، کنترل بهتری روی مقدار پاشش دارند. بر خلاف سیستمهای قدیمی، سیستمهای تزریق پیزوالکتریکی می توانند پاششهای مستقل و چندگانه ای داشته باشند. انژکتورهای پیزوالکتریک به جای سولنوئید از یک نوع کریستال پیزوالکتریک استفاده می کنند که با دادن ولتاژ الکتریکی منبسط می شود.

۲-۳-۲ انژکتورهای دوگانه^۲ (PDI)

طبق برخی پیش بینی ها، موتورهای آینده همگی طرحهای تزریق مستقیم خواهند بود، اما به نظر می رسد انژکتورهای دوگانه (PDI)، مصرف سوخت بهتری نسبت به تزریق مستقیم در موتورهای با جابجایی کم^۳ دارند. احتمالاً این تکنولوژی جایگاهی برای خود را در میان طراحی های موتور، پیدا نماید. در این روش، تعداد انژکتورها در هر سیلندر ۲ برابر می شود. بدین طریق، قطر قطرات کاهش پیدا می کند که این نیز منجر به احتراق نرم تر و پایدارتر می شود (Nissan Technology, n.d.). این طراحی شاید مقرون به صرفه ترین راه برای رسیدن به کارایی مشابه به GDI با حفظ ویژگی های مثبت PI، مانند انتشار کمتر ذرات معلق، هزینه کمتر و سادگی طراحی باشد (Dual Port Injection System, n.d.). در این طرح هدف این است که سوخت به شکل قطرات بسیار ریز وارد محفظه احتراق گردد. خودروسازان ژاپنی در چند سال گذشته از موتورهای انژکتوری دوگانه استفاده کرده اند. شرکت نیسان موتور^۴، این فناوری را در خودروی جوک^۵ در سال ۲۰۱۰ تجاری کرد، پس از آن خودروی سوئیف^۶ محصول شرکت سوزوکی

^۱ در سیستم یونیت انژکتور، برای هر سیلندر یک یونیت انژکتور جداگانه به طور مستقیم در سیلندر قرار می گیرد. میل بادامک موتور فشار مکانیکی لازم را تولید می کند.

^۲ Dual port injector (DPi)

^۳ Low displacement module

^۴ Nissan Motor Co., Ltd

^۵ Juke

^۶ Swift



جهاد دانشگاهی مستقیم شریف

طرح فناوریانه انژکتور

معاونت پژوهشی سازمان

نام فایل سند	عنوان سند	صفحه	بازنگری
مطالعه فنی انژکتور	مطالعه فنی انژکتور	۲۳ از ۴۳	۳

موتور^۱ در جولای ۲۰۱۳ و خودروی N-WGN از شرکت هوندا موتور^۲، در نوامبر ۲۰۱۳ عرضه شد.

هر سه شرکت به سرعت این فناوری را با مدل‌های دیگر تطبیق دادند. شرکت سوزوکی در نوامبر ۲۰۱۳ موتور با دوگانه انژکتوری خودروی سوئیت را با تغییرات جزئی به سولیو^۳ خود اضافه کرد و در دسامبر همان سال هوندا مدل‌های N-BOX و N-BOX+ را به موتورهای دوگانه انژکتوری تغییر داد. این تغییرات منجر به رشد عمده در تعداد وسایل نقلیه‌ای شد که از انژکتور دوگانه استفاده می‌کنند. در همین حال، نیشان موتوری مشابه جوک را در مدل‌های Cube و AD/AD Expert خود در بازار ژاپن نصب کرد. این شرکت همچنین انژکتورهای دوگانه را در خودروهای ۱.۵ لیتری Sunny و ۱.۶ L Tida در چین و ۱.۶ L Versa برای آمریکای شمالی قرار داده است. در کنار سایر پیشرفت‌ها، این تغییر باعث افزایش بهره‌وری و اقتصاد سوخت تا حدود ۴ درصد شد. هوندا N-BOX بهبود مصرف سوخت را در مدل JC08 از ۲۴.۲ کیلومتر در لیتر به ۲۵.۲ کیلومتر در لیتر نشان داد که تغییر ۴ درصدی را نشان می‌دهد. همچنین، میزان استفاده از مواد کمیاب در کاتالیست به دلیل کاهش میزان سوخت با احتراق ناقص، نصف می‌شود.

به نظر می‌رسد این فناوری جایگزین خوبی برای تزریق مستقیم برای بهبود مصرف سوخت باشد. با این حال، بیشتر در موتورهای با جابجایی کوچک، برای خودروهای شهری کوچک استفاده می‌شود که کاهش هزینه اولویت اول آنهاست. موتورهای انژکتور دوگانه ممکن است بسیار گرانتر از موتورهای تزریق غیر مستقیم فعلی باشند، بنابراین می‌توان گفت این فناوری مختص بازار ژاپن است زیرا مشوق‌های مصرف سوخت زیادی وجود دارد که افزایش هزینه را متعادل می‌کند. این می‌تواند دلیلی برای عدم ظهور این فناوری در اروپا باشد، (Dual Injrctor Improvement, n.d., Nissan Technology, n.d.)

¹ Suzuki Motor Corp.

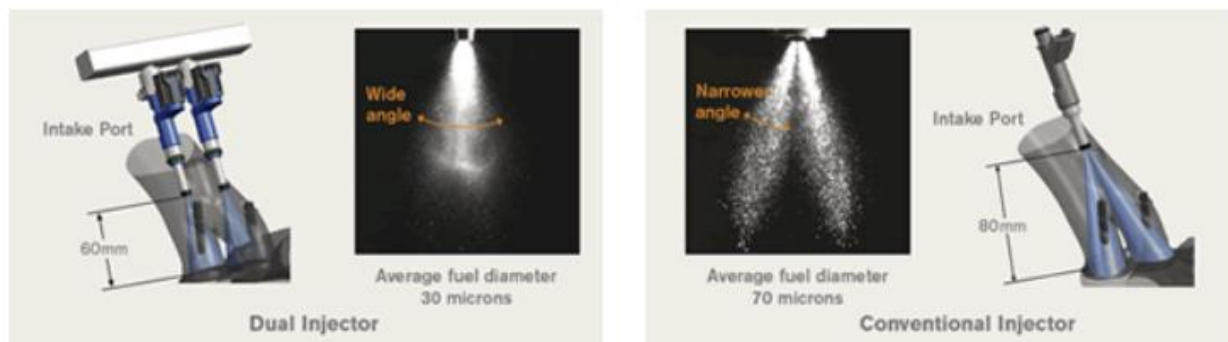
² Honda Motor Co., Ltd

³ Solio

طرح فناوریانه انژکتور

معاونت پژوهشی سازمان

نام فایل سند	عنوان سند	صفحه	بازنگری
مطالعه فنی انژکتور	مطالعه فنی انژکتور	۴۳ از ۲۴	۳



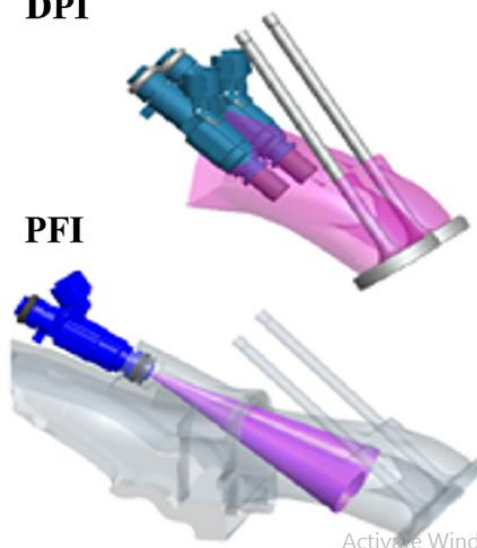
(ب)

(الف)

شکل ۹-۲: انژکتور سوخت (الف): انژکتور معمول (ب): انژکتور دوگانه (Nissan Technology, n.d.)

DPI

PFI



Activate Windows

شکل ۱۰-۲: تفاوت مفهومی انژکتور دوگانه و انژکتور پورتی (Dual Port Injection System, n.d.)



شکل ۱۱-۲: نحوه کارکرد انژکتور دوگانه (Autozine, n.d.)

طرح فناوریانه انژکتور

معاونت پژوهشی سازمان

نام فایل سند	عنوان سند	صفحه	بازنگری
مطالعه فنی انژکتور	مطالعه فنی انژکتور	۴۳ از ۲۵	۳

همان طور که تصویر فوق مشاهده می شود، در انژکتور دوگانه، انژکتور در فاصله نزدیک تری نسبت به پورت ورودی قرار می گیرد و اندازه قطرات سوخت بسیار کوچک تر بوده و امکان تراکم بالایی را جهت دستیابی به خروجی بهبود یافته و کاهش مصرف سوخت، می دهد (Autozine, n.d.).

۲-۳- تزریق مستقیم با هدایت اسپری^۱

در سال ۲۰۰۶، مرسدس بنز، نوع جدیدی از فناوری تزریق مستقیم بنزین را در CLS350 CGI خود معرفی کرد. در تکنولوژی های "تزریق مستقیم با هدایت اسپری"، اسپری سوخت توسط جریان هوای ورودی و پیستون هدایت می شد تا در مجاورت شمع متمرکز شود. در مقابل، مرسدس CGI برای هدایت اسپری سوخت نیازی به جریان هوا یا پیستون ندارد. اسپری در واقع توسط انژکتور پیزو شکل می گیرد. همانطور که در تصویر زیر مشاهده می کنید، یک انژکتور پیزو که در مرکز نصب شده است، قادر به تولید مخروط توخالی از اسپری سوخت است. این ابر سوخت تا لحظه احتراق پایدار می ماند. مکان اسپری تنها چند میلی متر با شمع فاصله دارد، بنابراین احتراق موفقیت آمیز به راحتی حاصل می شود (Autozine, n.d.).



شکل ۲-۱۲: تکنولوژی تزریق مستقیم با هدایت اسپری توسط انژکتور پیزوالکتریک

¹ Spray-guided Direct Injection



جهاد دانشگاهی شریف

طرح فناوریانه انژکتور

معاونت پژوهشی سازمان

نام فایل سند	عنوان سند	صفحه	بازنگری
مطالعه فنی انژکتور	مطالعه فنی انژکتور	۴۳ از ۲۶	۳

انژکتور پیزو بخش کلیدی این فناوری است، اگرچه پیشتر نیز در موتورهای دیزلی پیشرفته استفاده شده است. در این تکنولوژی، از کریستال‌های پیزوالکتریک استفاده می‌شود که تحت ولتاژ الکتریکی منبسط شده تا ولو نازل را به سمت بیرون حرکت می‌دهند. در مقایسه با انژکتورهای معمولی، انژکتورهای پیزو دقیق تر هستند و برای اتمام تزریق فقط ۰.۰۸ میلی ثانیه زمان نیاز دارند. همچنین قادر به کنترل دقیق میزان سوخت از ۱ تا ۱۵۰ میلی گرم در هر شات است. بنابراین، امکان تزریق بیشتر در طول هر چرخه احتراق (تا ۸ بار در لحظه) و کنترل دقیق تر اسپری سوخت را فراهم می‌کند.

۲-۳-۴ تزریق حالت دوگانه^۱ (DMI)

تزریق مستقیم (GDI) از بسیاری جهات بر تزریق چندگانه پورت (MPI) برتری دارد، اما تحت برخی شرایط MPI ممکن است بهتر عمل کند. بنابراین برخی از سازندگان ترجیح می‌دهند هر دو را بر روی موتورهای خود تجهیز کنند. تویوتا D-4S (تزریق مستقیم، ۴ زمانه، سوپریور) اولین نمونه از این طرح می‌باشد.



شکل ۲-۱۳: نمونه‌ای از طرح DMI (Autozine, n.d.)

یکی از شرایطی که DI چندان خوب کار نمی‌کند ترکیب دور کم و بار زیاد است، به عنوان مثال، شتاب گیری از سرعت کم. برای تولید نیروی بیشتر، موتور باید به حالت شارژ همگن تغییر کند، یعنی با مخلوط غنی و یکنواخت

¹ Dual-mode Injection (Direct + Port) (DMI)



جهاد دانشگاهی

طرح فناوریانه انژکتور

معاونت پژوهشی سازمان

نام فایل سند	عنوان سند	صفحه	بازنگری
مطالعه فنی انژکتور	مطالعه فنی انژکتور	۲۷ از ۴۳	۳

هوا و سوخت. از آنجایی که سوخت مستقیماً به سیلندر تزریق می‌شود، زمان کمی برای تبخیر شدن آن وجود دارد. در دوره‌های پایین که جریان هوای ورودی کند است، مشکل شدیدتر شده و منجر به احتراق ناپایدار و نوسان گشتاور می‌شود. بنابراین، می‌توان از انژکتور MPI استفاده نمود. بنابراین، در دور موتور پایین و بار زیاد، ۷۰ درصد سوخت توسط تزریق پورت تزریق می‌شود، در حالی که ۳۰ درصد از تزریق مستقیم به دست می‌آید. با افزایش دور یا کاهش بار، سهم تزریق مستقیم بیشتر می‌شود و در دوره‌های بیش از ۲۶۰۰ دور در دقیقه، موتور فقط با تزریق مستقیم تغذیه می‌شود.

۲-۴ انواع مختلف انژکتور

سیستم‌های انژکتوری انواع مختلفی دارند که در خودروهای متفاوت از نظر نوع و نیاز و عملکرد موتور مورد استفاده قرار می‌گیرند. این انواع در نحوه عملکرد خود تفاوت‌هایی دارند و به صورت مستقیم در بازده موتور نیز تاثیر می‌گذارند. سیستم‌های مختلف انژکتوری عبارتند از:

۲-۴-۱ سیستم انژکتوری مکانیکی

این سیستم‌ها سوخت را به صورت مستمر درون سیلندر می‌پاشند و قابلیت تنظیم میزان و زمان پاشش را ندارند.

۲-۴-۲ سیستم انژکتوری الکترونیکی

این سیستم‌ها به کمک اجزای الکترومغناطیسی، فرآیند پاشش سوخت را انجام می‌دهند.

۲-۴-۳ سیستم انژکتوری الکترومکانیکی

این سیستم‌ها مجهز به سنسورها و کنترلرهای متعدد هستند که با کمک اطلاعات دریافتی از آن‌ها و پردازش این سیگنال‌ها عملکرد بهتر و دقیق‌تری را نشان می‌دهند.

 جامعة جدة طرح فناوریانه انژکتور معاونت پژوهشی سازمان			
نام فایل سند	عنوان سند	صفحه	بازنگری
مطالعه فنی انژکتور	مطالعه فنی انژکتور	۲۸ از ۴۳	۳

فصل ۳: انژکتور سولنوئیدی

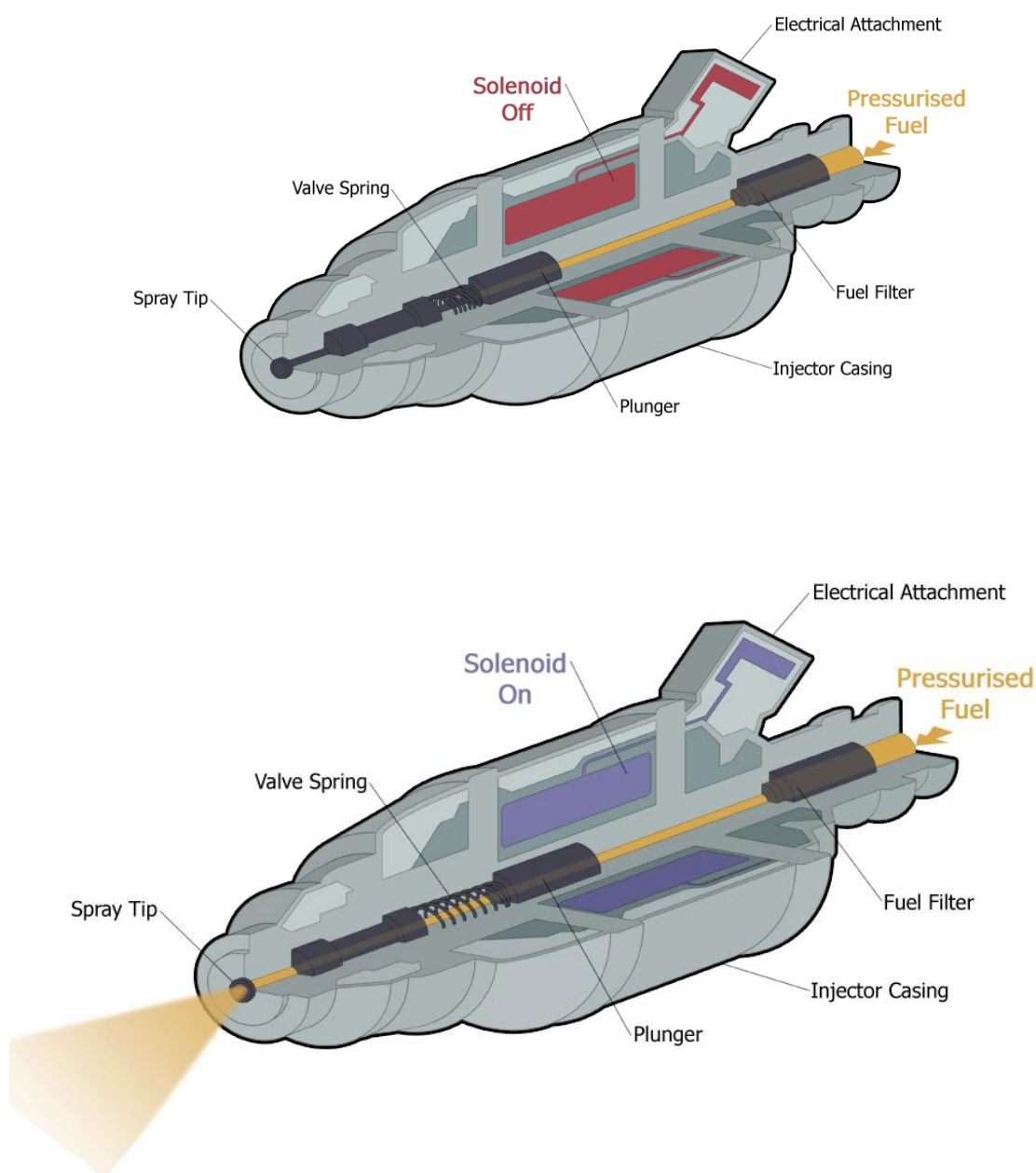
طرح فناوریانه انژکتور

معاونت پژوهشی سازمان

نام فایل سند	عنوان سند	صفحه	بازنگری
مطالعه فنی انژکتور	مطالعه فنی انژکتور	۴۳ از ۲۹	۳

۱-۳ ساختار انژکتور سولنوئیدی

ساختار کلی و اجزاء تشکیل دهنده یک نمونه انژکتور سولنوئیدی در دو حالت فعال و غیرفعال به صورت شماتیک در شکل ۱-۳ نشان داده شده است.



شکل ۱-۳: ساختار کلی و نحوه عملکرد انژکتور سولنوئیدی



جهاد دانشگاهی

طرح فناوریانه انژکتور

معاونت پژوهشی سازمان

بازنگری	صفحه	عنوان سند	نام فایل سند
۳	۳۰ از ۴۳	مطالعه فنی انژکتور	مطالعه فنی انژکتور

همانطور که در ملاحظه می‌شود، در این نوع از انژکتورها یک سیم‌پیچ الکترومغناطیسی (سولنوئید) تحت فرمان واحد کنترل موتور با ایجاد میدان مغناطیسی، سوزن انژکتور را به صورت متناوب به عقب می‌کشد. با هر بار عقب کشیدن سوزن، دریچه پاشش سوخت در انتهای انژکتور باز شده و سوخت به بیرون پاشیده می‌شود. با هر بار قطع شدن جریان ورودی به سیم‌پیچ، یک فنر سوزن انژکتور را به جلو رانده و با استقرار سوزن بر روی نشیمن خود، پاشش سوخت متوقف می‌شود.

۲-۳ اجزای انژکتور سولنوئیدی

عملکرد یک انژکتور سولنوئیدی توسط مجموعه‌ای از اجزا صورت می‌گیرد که در کنار هم سیستم انژکتور را تشکیل می‌دهند. این اجزای سیستم انژکتور عبارتند از:

- ورودی سوخت و فیلتر سوخت
- بدنه
- سیستم تحریک یا سولنوئید و سوزن انژکتور
- صفحه پاشش

در ادامه به معرفی هر یک از این بخشها پرداخته شده است.

۳-۲-۱ ورودی و فیلتر سوخت

انژکتورها مجهز به میکروفیلترهایی هستند که با جدا کردن میکرو ذراتی که از فیلتر بنزین عبور کرده اند، از گرفتگی و خرابی انژکتور جلوگیری نمایند. یکی از مهم ترین عوامل خرابی انژکتورهای مدل پایین ایجاد رسوبات در نازل و گرفتگی آن است که در انژکتورهای مدل بالا با افزوده شدن میکروفیلتر و تعویض به موقع آن این مشکل برطرف شده است. ذرات جمع شده در میکرو فیلتر انژکتور به تدریج مانع از جریان بنزین شده و باعث کاهش قدرت موتور خصوصا در سرعت های بالا، افزایش مصرف سوخت، افزایش فشار به پمپ بنزین و آسیب دیدن سیستم سوخت رسانی و کاتالیزورهای آگروز می شود.



جهاد دانشگاهی مستقیم شریف

طرح فناوریانه انژکتور

معاونت پژوهشی سازمان

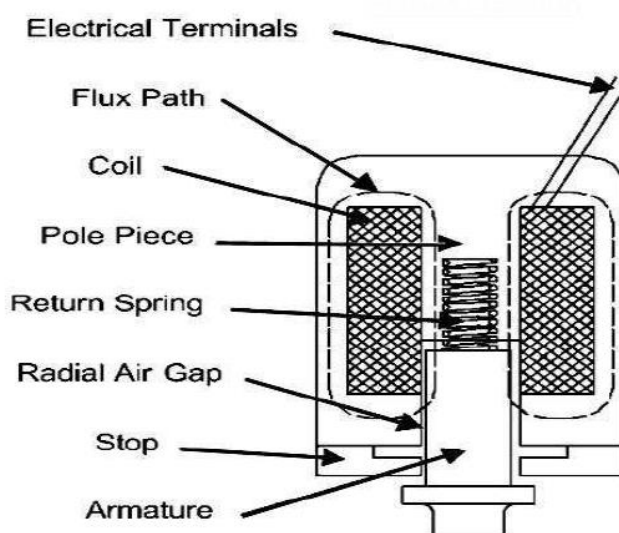
نام فایل سند	عنوان سند	صفحه	بازنگری
مطالعه فنی انژکتور	مطالعه فنی انژکتور	۳۱ از ۴۳	۳

۲-۲-۲ بدنه انژکتور

اجزای مختلف انژکتور، شامل نشیمنگاه سوزن، لوله فنری، لوله راهنمای فنر، پوسته سیمپیچ و ... همگی بر روی بدنه انژکتور قرار می‌گیرند. بدنه در انواع مختلفی می‌تواند طراحی شود.

۲-۲-۳ مجموعه سولنوئید و سوزن انژکتور

مجموعه سولنوئید، نیروی موردنیاز برای تحریک انژکتور را فراهم می‌کند. در شکل ۲-۳ نمونه‌ای از این مدار مغناطیسی نشان داده شده است. اجزای اصلی این مجموعه، مجموعه سیمپیچ، سوزن و فنر بازگشتی می‌باشد.

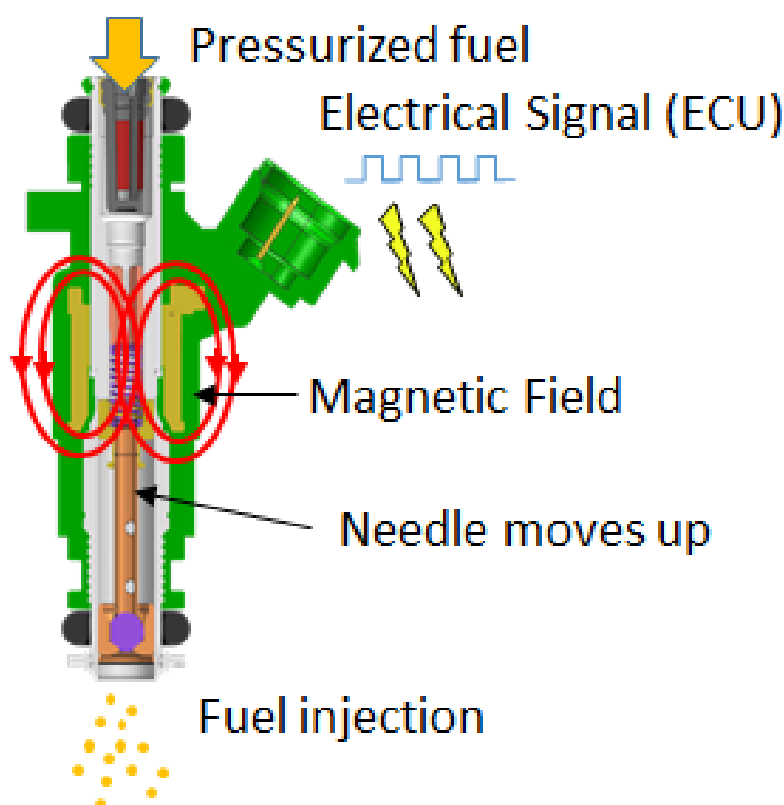


شکل ۲-۳: شکل مدار مغناطیسی

وظیفه این مجموعه، تولید میدان مغناطیسی در هنگام تحریک است. سیمپیچ، شامل تعداد معینی از سیمپیچ‌ها است که حول قرقره پیچیده شده‌اند. جنس و اندازه سیم برای تعداد دور معینی انتخاب می‌شود تا نیروی مغناطیسی موردنظر در کنار فراهم نمودن مقاومت الکتریکی موردنیاز برای مدار محرک تامین شود. مقاومت الکتریکی انژکتور لزوماً برابر با مقاومت الکتریکی مجموعه سیمپیچ است که خود تابعی از مقاومت سیم، قطر سیم، طول سیم و اتصال سیم به کانکتور می‌باشد. در طرف دیگر، اندوکتانس، تابعی از تعداد دور سیمپیچ، جنس استفاده شده برای بدنه، سوزن، فاصله هوایی و ... می‌باشد. از این رو، اندوکتانس بایستی بر روی مجموعه کامل در انژکتور تحریک نشده، اندازه‌گیری شود. میدان مغناطیسی تولید شده، شاری را تولید می‌ماید که در حلقه‌ای بسته در اطراف مجموعه سیمپیچ، دور می‌زند. سوزن انژکتور، بخش متحرک مجموعه مدار مغناطیسی است که جریان سوخت را با باز و بسته

نام فایل سند	عنوان سند	صفحه	بازنگری
مطالعه فنی انژکتور	مطالعه فنی انژکتور	۴۳ از ۳۲	۳

کردن مسیر، تنظیم می‌نماید. قطب نیز قسمت ثابت می‌باشد که سوزن را به طرف خود جذب می‌نماید. فاصله از پیش تعیین شده بین قطب و سوزن، فاصله هوایی کاری^۱ نامیده می‌شود [3].
در شکل زیر، نحوه کارکرد انژکتور، نشان داده شده است.



شکل ۳-۳: اصول عملکردی انژکتور [4]

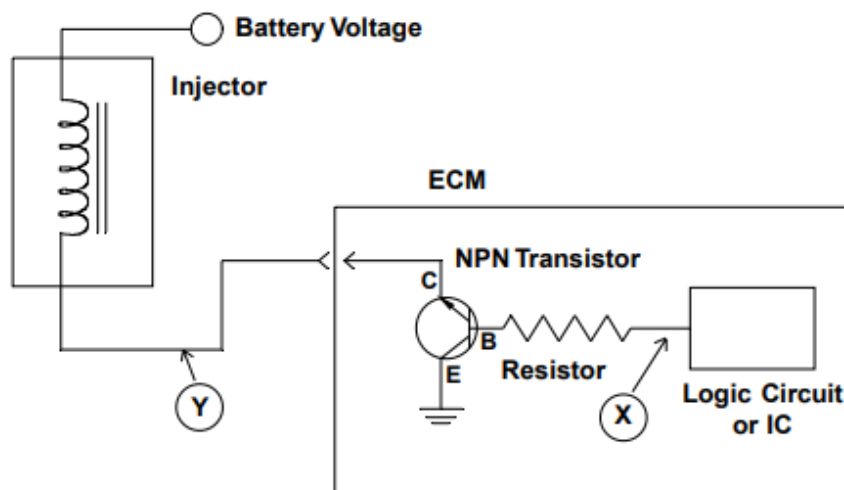
ECU، سیگنال الکتریکی را به شکل پالس به انژکتور سوخت ارسال می‌کند. با توجه به خواسته و نیاز موتور، ECU، پریود و زمان تزریق مطلوب را محاسبه می‌نماید. پریود، زمان لازم برای یک سیکل کامل موتور (مکش، تراکم، احتراق و تخلیه)، زمان تزریق، زمانی است که انژکتور برای گذر جریان سوخت بایستی باز باشد، که تحت عنوان عرض پالس هم شناخته می‌شود.

¹ working air gap

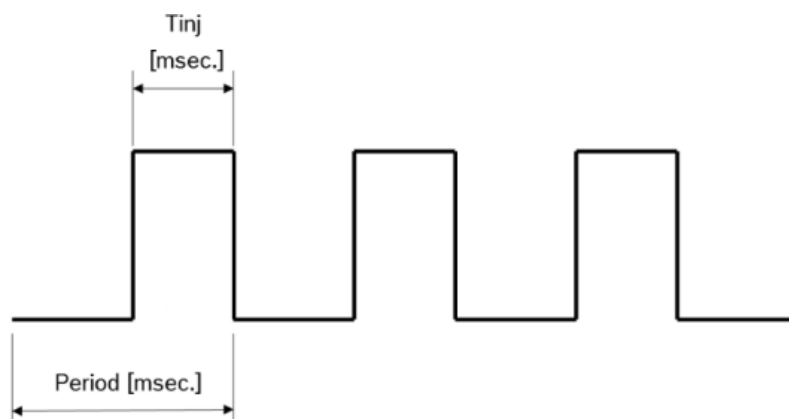
طرح فناوریانه انژکتور

معاونت پژوهشی سازمان

نام فایل سند	عنوان سند	صفحه	بازنگری
مطالعه فنی انژکتور	مطالعه فنی انژکتور	۴۳ از ۴۳	۳



شکل ۳-۴: مدار تحریک انژکتور



شکل ۳-۵: سیگنال ECU [4]

۳-۲-۴ صفحه پاشش و نازلها

انژکتورهای سوخت برای انتقال مقدار مشخصی از سوخت در زمان مناسب در چرخه موتور طراحی شده اند. کنترل دقیق الگوی اسپری سوخت و اتمیزه شدن (اندازه قطره) تاثیر بسزایی در کارایی موتور و انتشار آلاینده‌ها دارد. جهت دستیابی به این مهم، بایستی تلرانس‌های بسیار دقیقی بر روی تمامی اجزای انژکتور حاکم باشد. سوخت با فشار بالا از نازل‌هایی با ابعاد بسیار کوچک جریان می‌یابد. مقدار سوخت انتقال یافته، بستگی به دقت قطر نازل (در حد میکرون)، زاویه و پرداخت دیواره‌ها می‌باشد. خواص اسپری سوخت به شدت به این پارامترها حساس است و از این رو، هرگونه کاستی در هندسه نازل می‌تواند بر عملکرد انژکتور تاثیر داشته باشد. در طراحی‌های جدید، پیچیدگی الگوی روزه‌ها و نازل‌ها جهت بهینه کردن انتقال سوخت به محفظه احتراق، افزایش یافته است [7].



جهاد دانشگاهی مستقیم شریف

طرح فناوریانه انژکتور

معاونت پژوهشی سازمان

نام فایل سند	عنوان سند	صفحه	بازنگری
مطالعه فنی انژکتور	مطالعه فنی انژکتور	۴۳ از ۳۴	۳



شکل ۳-۶: نمونه‌ای از صفحه پاشش [7]

۳-۳ انواع انژکتور سولنوئیدی

انژکتورهای سولنوئیدی را می‌توان با توجه به مشخصه‌های گوناگونی نظیر نوع تغذیه، مشخصات الکتریکی، نوع نازل، تعداد سوراخ‌های پاشش و... مورد مطالعه و دسته‌بندی قرار داد. در این فصل به معرفی انواع این دسته‌بندی‌ها پرداخته شده است.

۳-۳-۱ انواع انژکتور از نظر نوع تغذیه

انژکتورهای مورد استفاده در خودروهای انژکتوری بنزینی از نظر نوع تغذیه به دو گروه تقسیم می‌شوند.

- انژکتورهای تغذیه‌شونده از بالا

گروه اول انژکتورهای تغذیه‌شونده از بالا^۱ هستند که در اکثر خودروهای انژکتوری از این نوع استفاده شده است. در این نوع انژکتورها، سوخت از قسمت فوقانی انژکتور وارد انژکتور می‌شود و در امتداد محور عمودی جریان پیدا می‌کند.

¹ Top Feed

طرح فناوریانه انژکتور

معاونت پژوهشی سازمان

نام فایل سند	عنوان سند	صفحه	بازنگری
مطالعه فنی انژکتور	مطالعه فنی انژکتور	۴۳ از ۳۵	۳

• انژکتورهای تغذیه شونده از پایین

گروه دوم به نام انژکتورهای تغذیه شونده از پایین^۱ هستند که سوخت از اطراف انژکتور وارد شده و قسمت ورود سوخت (اطراف انژکتور) در داخل ریل سوخت قرار می گیرد. امروزه به دلایل فراوان از این نوع انژکتورها استفاده نمی شود. این انژکتورها، انژکتورهای تغذیه شونده از طرفین^۲ نیز نامیده می شوند.



شکل ۳-۷: انواع انژکتور از نظر نوع تغذیه

از جمله دلایلی که باعث استفاده از انژکتورهای تغذیه شونده از بالا شد، ظرفیت کم، قیمت بالاتر، و امکان نشتی بیشتر در انژکتورهای تغذیه شونده از پایین بود.

همچنین از مزایای انژکتورهای تغذیه از بالا می توان به موارد زیر اشاره نمود:

- هزینه مناسب بالاخص در انژکتورهای بزرگتر
- پایداری بیشتر فشار سوخت در انژکتورهای تغذیه شونده از بالا

^۱ Bottom Feed

^۲ Side Feed



جهاد دانشگاهی مستقیم شریف

طرح فناوریانه انژکتور

معاونت پژوهشی سازمان

نام فایل سند	عنوان سند	صفحه	بازنگری
مطالعه فنی انژکتور	مطالعه فنی انژکتور	۳۶ از ۴۳	۳

- معمول تر هستند
- انژکتورهای تغذیه-پایین نیز دارای مزیت خنک کاری توسط جریان سوخت هستند.

۳-۲-۳ انواع انژکتور از نظر مقاومت الکتریکی

مشخصات عملکردی سیم پیچ از مهمترین عوامل تعیین نوع و راندمان انژکتورهای سولنوئیدی است. از همین رو، می توان انژکتورهای سولنوئیدی را از منظر مشخصات عملکردی سیم پیچ در دسته های گوناگون طبقه بندی نمود. یکی از مشخصات کلیدی سیم پیچ، مقاومت الکتریکی آن است. بر این اساس انژکتورهای سولنوئیدی را می توان به دو دسته با مقاومت الکتریکی کم و زیاد تقسیم نمود.

• انژکتورهای کم مقاومت

گروه اول انژکتور های کم مقاومت (حدود ۳ اهم) هستند. در این انژکتورها از سیم های برنجی جهت ساخت سیم پیچ استفاده شده است. با توجه به راندمان پایین سیم ای برنجی از این نوع انژکتور کمتر در خودروهای انژکتوری استفاده می گردد.

• انژکتورهای مقاومت بالا

گروه دوم، انژکتورهای مقاومت بالا حدود ۱۲ تا ۱۶ اهم را شامل می گردد. در ساخت سیم پیچ انژکتورهای مقاومت بالا از سیم های مسی استفاده شده است. اکثر خودروهای انژکتوری امروزی از این نوع انژکتورهای سولنوئیدی بهره می برند.

۳-۳-۳ انواع انژکتور از نظر نوع سوزن انژکتور

سه نوع طراحی اصلی برای سوزن انژکتور وجود دارد:

- طراحی نوع میله ای (پینتل)^۱
- طراحی نوع دیسکی^۲
- طراحی نوع توپی و نشیمنگاه^۳

این قطعات از فلزات با دقت ساخت بسیار بالا و صافی سطح قابل توجه ساخته می شوند تا آب بندی خوبی را در طول عمر انژکتور به وجود آورند.

¹ Pintle

² Disk

³ Ball and seat

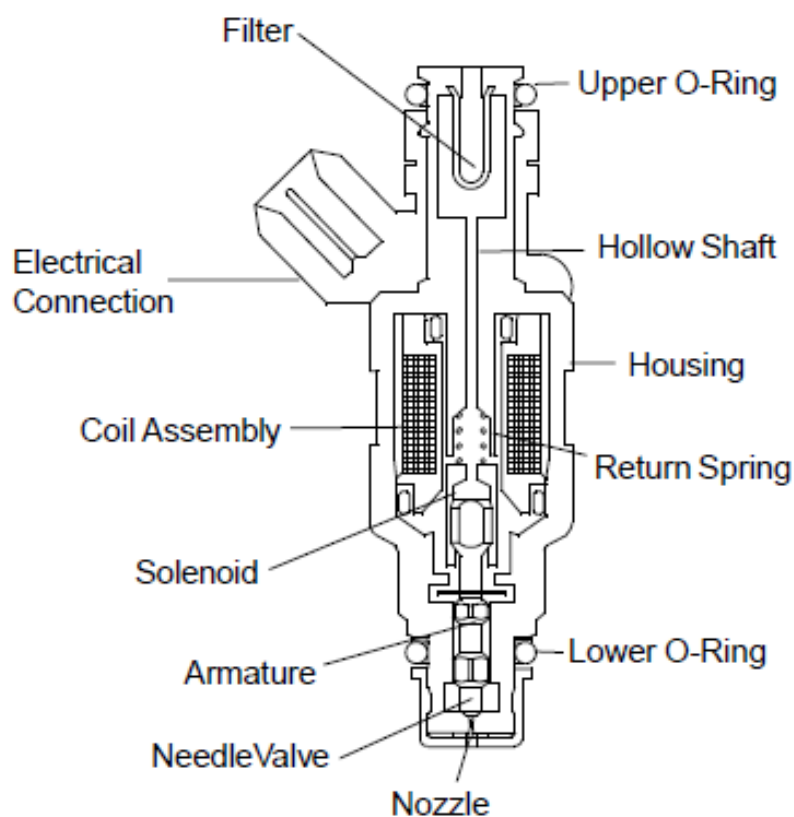
طرح فناوریانه انژکتور

معاونت پژوهشی سازمان

نام فایل سند	عنوان سند	صفحه	بازنگری
مطالعه فنی انژکتور	مطالعه فنی انژکتور	۳۷ از ۴۳	۳

• نوع پینتل

این نوع سوزن انژکتور معمولاً، یک شفت بلند است که شباهت به پین دارد. نمونه‌ای از این انژکتور در شکل ۳-۸ نشان داده شده است. این انژکتور بیشتر در معرض رسوب گرفتگی می‌باشد و از این رو، پاشش سوخت ضعیف‌تر، قابلیت رانندگی ضعیف‌تر، و انتشارات آلاینده‌گی بالاتری را با استفاده از این نوع سوزن انژکتور، خواهیم داشت. وزن پینتل در حدود ۴ گرم می‌باشد.



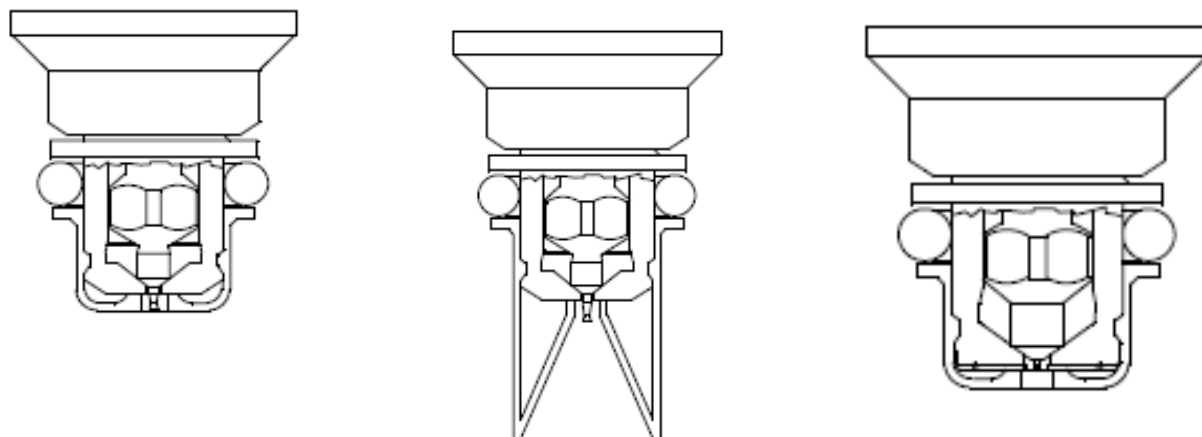
شکل ۳-۸: نمونه‌ای از انژکتور از نوع پینتل

جهت رفع این مشکل، بعضی از تولیدکنندگان انژکتور، پیشنهاد به استفاده از کلاهک‌هایی با طرح‌های متفاوت شدند. این کلاهک‌ها در شکل ۳-۹ نشان داده شده‌اند.

طرح فناوریانه انژکتور

معاونت پژوهشی سازمان

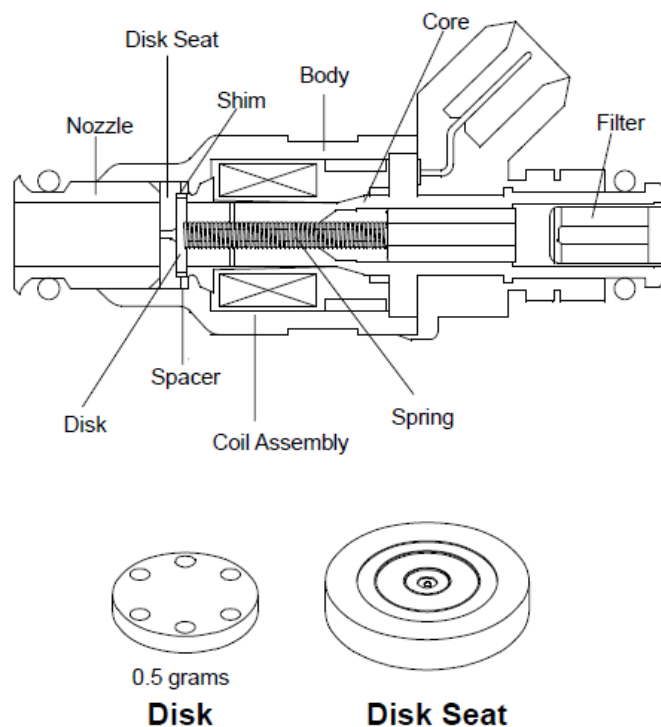
نام فایل سند	عنوان سند	صفحه	بازنگری
مطالعه فنی انژکتور	مطالعه فنی انژکتور	۴۳ از ۳۸	۳



شکل ۳-۹: انواع مختلف کلاهک در انژکتور نوع پیستلی

• نوع دیسکی

در این نوع، از دیسک و نشیمنگاه برای انتقال سوخت استفاده می‌شود. وزن دیسک در حدود ۰.۵ گرم است. شکل شماتیک این نوع انژکتور در شکل ۳-۱۰ نشان داده شده است. دیسک و نشیمنگاه در بدنه انژکتور فرو رفته‌اند، که این کار احتمال رسوب را کاهش می‌دهد. نحوه عملکرد سوزن انژکتور دیسکی نیز در شکل ۳-۱۱ نشان داده شده است.

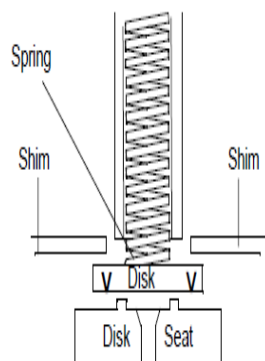


شکل ۳-۱۰: شکل شماتیک انژکتور با سوزن انژکتور دیسکی

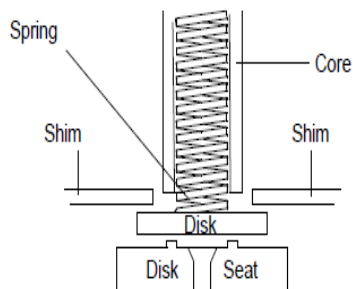
طرح فناوریانه انژکتور

معاونت پژوهشی سازمان

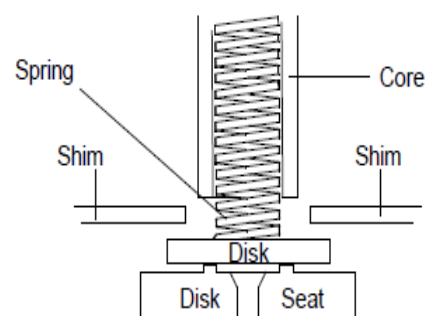
نام فایل سند	عنوان سند	صفحه	بازنگری
مطالعه فنی انژکتور	مطالعه فنی انژکتور	۴۳ از ۳۹	۳



(ج)



(ب)

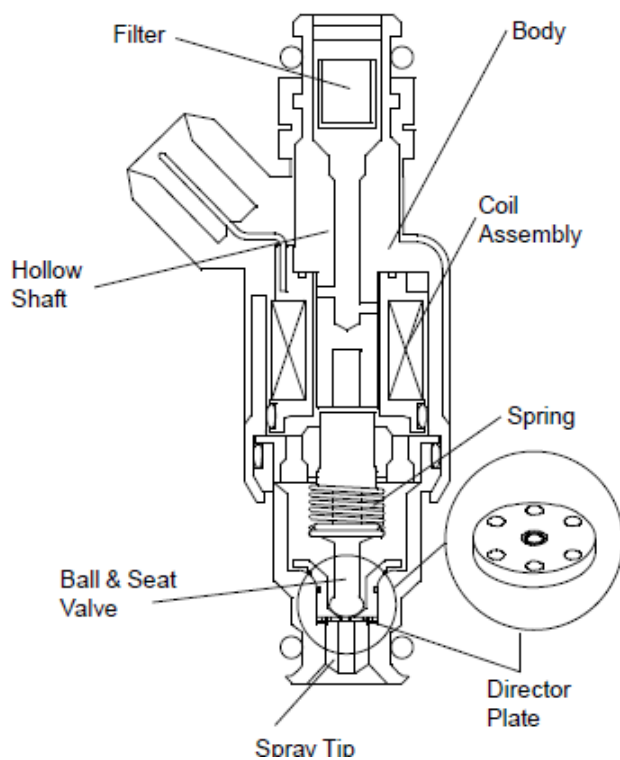


(الف)

شکل ۳-۱۱: نحوه عملکرد سوزن انژکتور انژکتور دیسکی

• نوع توپی و نشیمنگاه

در این نوع، توپی و نشیمنگاه از فولاد ضدزنگ ساخته شده اند و توپی در حدود ۱.۸ گرم وزن دارد. این نوع، حساس به رسوب سوخت نمی باشد. شکل شماتیک این انژکتور در شکل ۳-۱۲ نشان داده شده است.



شکل ۳-۱۲: شکل شماتیک انژکتور با سوزن انژکتور از نوع توپی و نشیمنگاه



جهاد دانشگاهی

طرح فناوریانه انژکتور

معاونت پژوهشی سازمان

نام فایل سند	عنوان سند	صفحه	بازنگری
مطالعه فنی انژکتور	مطالعه فنی انژکتور	۴۰ از ۴۳	۳

۳-۳-۴ انواع انژکتور از نظر تعداد روزنه

انژکتورهای مورد استفاده در خودروهای انژکتوری معمولاً دارای یک الی چهار روزنه می‌باشد. تعداد روزنه‌ها در انژکتور هر خودروی انژکتوری به عوامل متعددی مانند مقدار پاشش، حجم موتور و ... بستگی دارد. در اکثر خودروها، از ۲ یا سه روزنه استفاده شده است، با این حال، در بعضی از انژکتورها، صفحه پاشش دارای ۴، ۸ و یا ۱۲ روزنه می‌باشد. نمونه‌ای از انژکتورهای شرکت CS با تعداد روزنه‌های متفاوت در صفحه پاشش در شکل ۳-۱۳ نشان داده شده است. همچنین، انژکتور برند DEKA با دو روزنه در صفحه پاشش و شکل اسپری سوخت آن نیز در شکل ۳-۱۴ قابل مشاهده است.



IWP189

(ج)



IWP048

(ب)



IWP043

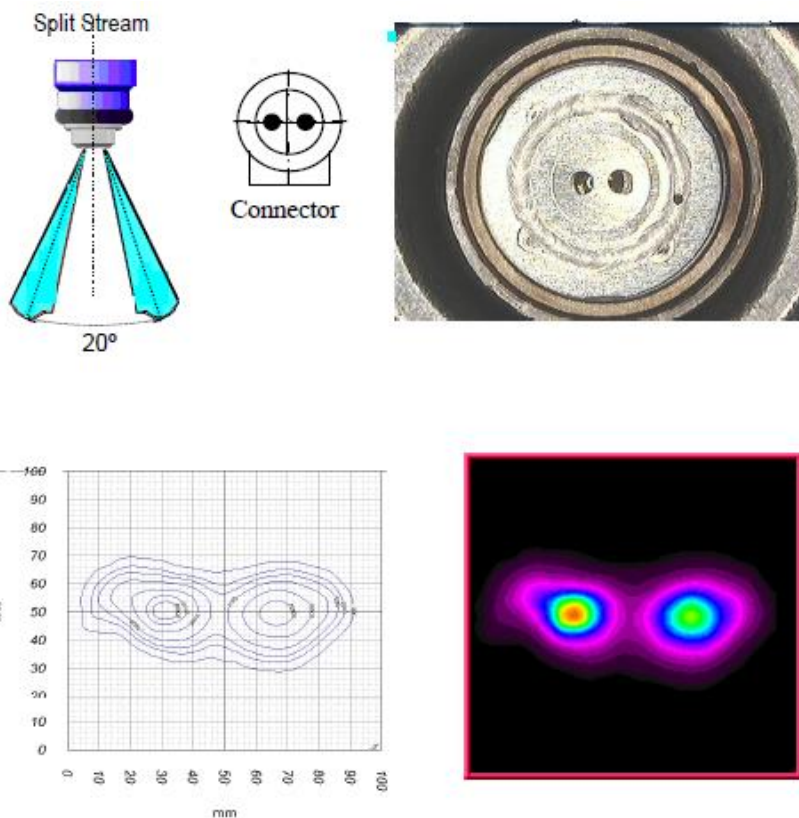
(الف)

شکل ۳-۱۳: انواع مختلف انژکتور برند CS با تعداد روزنه‌های متفاوت (الف): ۴ روزنه (ب): ۵ روزنه و (ج): ۱۲ روزنه

طرح فناوریانه انژکتور

معاونت پژوهشی سازمان

نام فایل سند	عنوان سند	صفحه	بازنگری
مطالعه فنی انژکتور	مطالعه فنی انژکتور	۴۱ از ۴۳	۳



شکل ۳-۱۴: انژکتور برند DEKA با دو روزنه در صفحه پاشش و شکل اسپری سوخت [7]

۳-۳-۵ انواع انژکتور از نظر نوع بدنه

بدنه انژکتور در واقع یک لوله سرتاسری است که دیگر قطعات و اجزاء انژکتور بر روی آن نصب شده و در واقع مجرای عبور سوخت از ورودی به خروجی انژکتور است. مطالعه انژکتورهای موجود نشان می‌دهد جهت ساخت بدنه از روشها و تکنولوژی‌های مختلف استفاده می‌شود. در یک دسته‌بندی کلی انواع بدنه انژکتور را می‌توان به دو دسته بدنه‌های یکپارچه و چندبخشی تقسیم نمود.

• بدنه یکپارچه

در این نوع انژکتور، بدنه به صورت یکپارچه ماشینکاری و ساخته می‌شود. مزیت اصلی این نوع بدنه‌ها، هزینه پایین تولید و نرخ تولید بالاست. این بدنه‌ها اغلب با استفاده از روش‌های فرمینگ و شکل‌دهی فلزات ساخته می‌شوند که مستلزم طراحی و ساخت قالبهای مناسب برای این کار است.



جهاد دانشگاهی

طرح فناوریانه انژکتور

معاونت پژوهشی سازمان

نام فایل سند	عنوان سند	صفحه	بازنگری
مطالعه فنی انژکتور	مطالعه فنی انژکتور	۴۲ از ۴۳	۳

• بدنه چند بخشی

در بعضی از انژکتورها، بدنه به صورت دو یا سه تکه ساخته شده و در نهایت به همدیگر متصل میشوند. این بدنه‌ها اغلب در تیراژ پایین مقرون به صرفه هستند. چرا که بخش‌های مختلف می‌بایست به صورت مجزا ماشین‌کاری شده و در نهایت به یکدیگر متصل گردند. و این به معنای افزایش هزینه تولید و کاهش نرخ تولید خواهد بود.

 طرح فناوریانه انژکتور معاونت پژوهشی سازمان			
نام فایل سند	عنوان سند	صفحه	بازنگری
مطالعه فنی انژکتور	مطالعه فنی انژکتور	۴۳ از ۴۳	۳

مراجع

- [1] R. Bosch and P. (Tr. . Girling, *Automotive handbook*. Society of Automotive Engineers, US, 1996.
- [2] I. Republic, “Fuel injection equipment-Vocabulary-Part 2:Fuel injectors-ISIRI 5252-2.”
- [3] S. A. E. G. F. I. S. Committee, “Low pressure gasoline fuel injector,” *SAE J1832*, Febr., 2001.
- [4] A. M. Ferreira, E. Kajino, and R. Maia, “DEVELOPMENT OF 1D SIMULATION MODEL OF FUEL INJECTOR FOR PFI APPLICATION.”
- [5] injection systemجزوه آموزشی سیستم انژکتور. –