

سیستم های انژکتوری دیزل بوش



تهیه کننده و مترجم : سید حسین حسینی

shz.hosseini@gmail.com

gearbox.blogsky.com

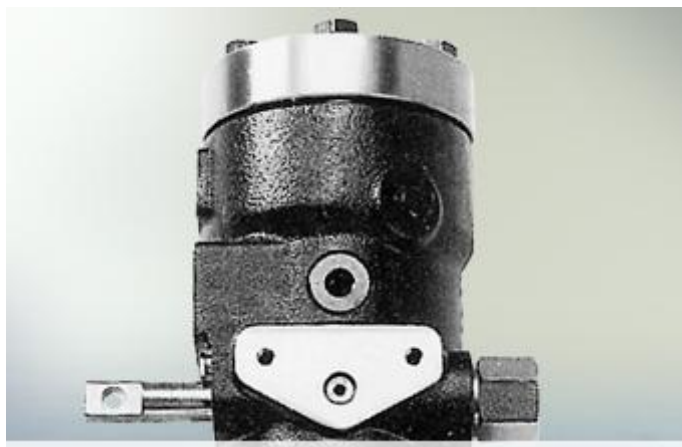
پمپ های تک سیلندر انژکتوری



پمپ های انژکتور تک سیلندری در میان وسایل نقلیه قدیمی است. هر سیلندر پمپ خودش را دارد. پمپ توسط میل بادامک که موتور متصل است به طور مستقیم یا با تاپیت تاثیر می گیرد. پمپ های تکی می توانند فشار پاششی تا 1800 بار را تولید کنند، که برای موتورهای دیزل با پاشش مستقیم مناسب می باشد.

پمپ انژکتور توسط یک لوله فشار قوی کوتاه به نازل و تنه سوزن انژکتور مرسوم متصل است. پمپهای انژکتور تک سیلندر در موتورهای کوچک ، لوکوموتیوهای دیزل ، موتورهای دریائی و ماشین های ساختمانی کاربرد دارد.

طرز کار:



سیلندر پمپ تک مجموعه ای یک یا دو سوراخ اتصالی شعاعی دارد که محفظه مکش نامیده می شود و به انژکتورها منتهی می شود. اگر پلانجر پمپ توسط فنر به پایین فشار داده شود، جریان از دو سوراخ محفظه ی مکش به سیلندر پمپ جریان می یابد. وقتی پلانجر به سمت بالا بر می گردد، تا زمانی که سوراخ ها به طور کامل پوشانده شوند، یک مقدار سوخت دیزل فشرده اماده است که توسط سوپاپ فشار به سوزن انژکتورها انتقال یابد. هنگامی که فشار پشتیبانی سوخت توقف می کند، سوپاپ فشار با فنر بسته می شود.

مقدار جابجایی پلانجر همواره ثابت است. مقدار سوخت مورد نیاز برای هر مرحله با شکاف کج روی پلانجر تنظیم می شود. این شکاف تنظیم کننده به سوراخ داخلی در مرکز پلانجر متصل است. فشار انژکتور تنها زمانی که شکاف به سوراخ محفظه ی مکش برسد جریان می یابد. در این لحظه فشار سوخت وقتی به محفظه ی مکش توسط سوراخ ورودی پلانجر متصل می گردد، به طور ناگهانی کاهش می یابد. نتیجه اینکه سوپاپ فشار خط انژکتور بسته می شود و سوخت به محفظه ی مکش جریان می یابد.

این مرحله می تواند با چرخش پلانجر شتاب داده شود و یا در آن تاخیر ایجاد کرد. قبل از این حالت مکانیک بود که به وسیله یک شانه و یک گاورنر متصل به پدال گاز کنترل می شد. امروزه کنترل به صورت الکترونیکی توسط EDC انجام می شود.

انواع پمپ های انژکتور تک سیلندری



پمپ انژکتور نوع PF که به موتور متصل است و داری یک لبه خاص است و با حرکت میل بادامک حرکت می کند. این نوع پمپ در موتورهای چند سیلندر لوله های فشار قوی خیلی کوتاهی ایجاد می کند.

کاربرد: وسایل نقلیه تجاری، خودروهای مسافرتی، اتوبوس ها

قدرت خروجی: 4 تا 1000 کیلو وات برای هر سیلندر

تعداد سیلندرها: طبق نیاز

کنترل: الکترومکانیکی، مکانیکی

فشار تزریق: 1500 bar

مقدار سوخت تزریق شده: 13 mm^3 تا 18000 در هر مرحله

پمپ های انژکتوری ردیفی:



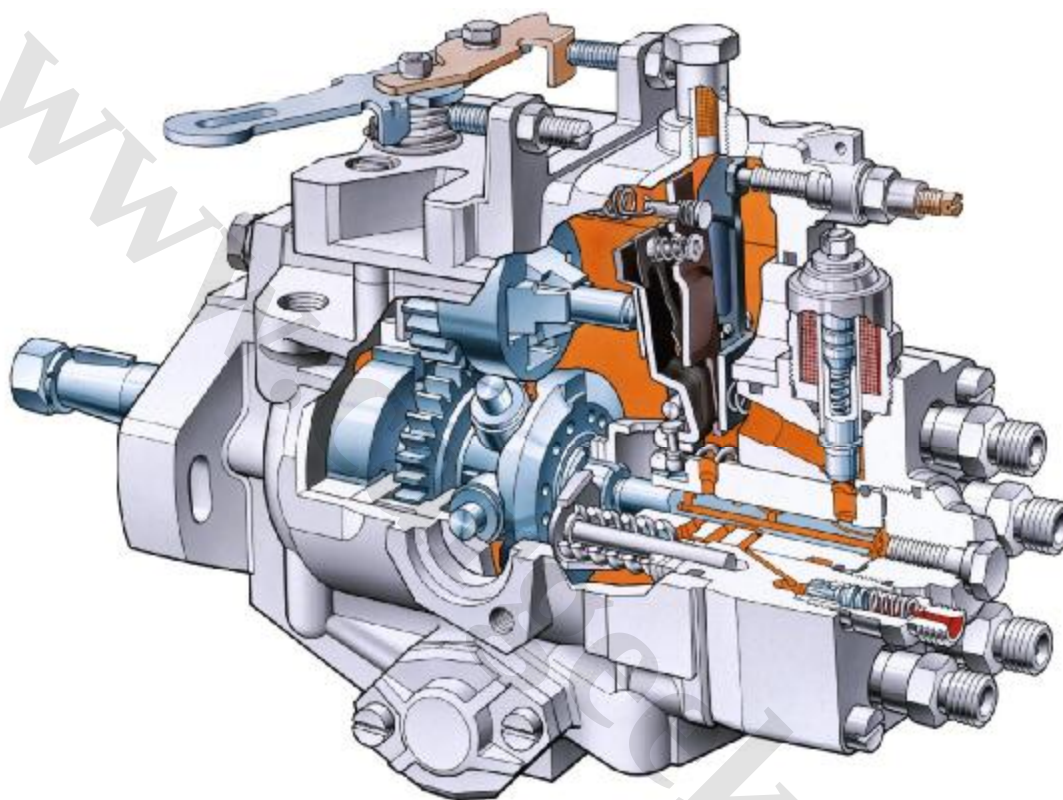
پمپ های انژکتوری ردیفی یک پمپ اصلی برای هر سیلندر موتور دارد، ان ها در یک ردیف منظم شده اند. سرعت حرکت بادامک پمپ نصف سرعت موتور است و همیشه با حرکت پیستون در موتور هماهنگ است. سوخت توسط لوله های فشار قوی به تنه اصلی انژکتور و سوزن انژکتور می رسد.

پمپ های ردیفی در میان سیستم های انژکتوری قدیمی هستند. امروزه انها تنها در وسایل نقلیه ، اتوبوس ها ، ماشین های ساختمانی یا در موتورهای دیزلی ثابت یافت می شوند. فشار انژکتور در این پمپ تا 1300 بار می رسد.

پمپ انژکتور اسبابی (توزیع کننده)

پمپهای انژکتور اسبابی یا توزیع کننده یک تنظیم کننده دور مکانیکی و یا الکترونیکی دارای اوانس و ریتارد هستند. آنها فقط یک مجموعه پمپ فشار بالا برای همه سیلندرها دارند.

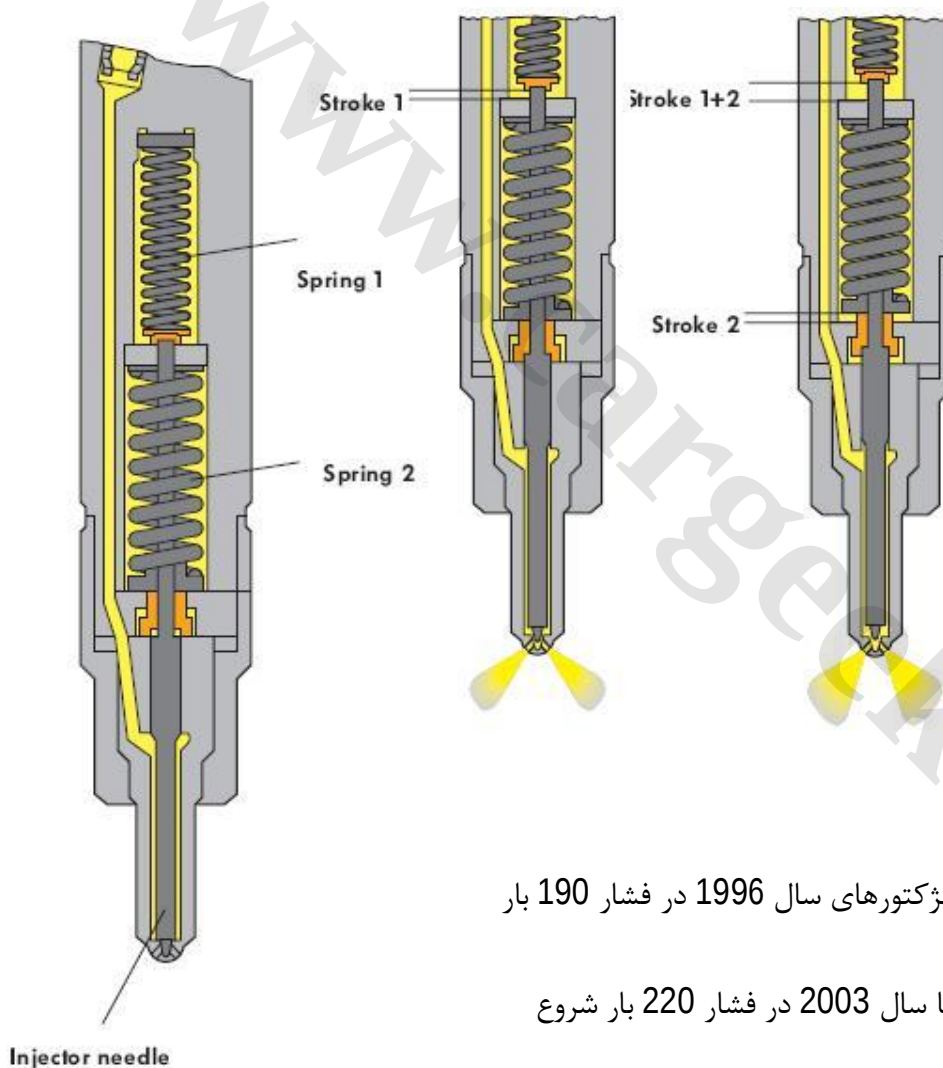
شکل زیر یک نوع پمپ اسبابی با پیستون محوری یا VE را نشان می دهد



در این نوع پمپ یک پیستون توزیع کننده مرکزی (پلانجر) که به وسیله یک صفحه بادامک چرخانده می شود وظیفه تولید فشار بالا و توزیع سوخت به تک تک سیلندرها را دارد. برآمدگیهای بادامک شکل صفحه را به جلو و عقب می برد و علاوه بر حرکت رفت و برگشت ، باعث چرخش پیستون هم می شود. رگلاتور وزنه ای خارج از مرکز کورس مفید را تعیین کرده و مقدار تزریق را اندازه گیری و تقسیم می کند.

انژکتور 1996-2003 VW TDI مربوط به پمپ اسبابی VE BOSCH

این مدل انژکتور از دو فنر استفاده کرده است. اولین مرحله یک پیش پاشش است که صداهای انفجار را نرم تر می کند. پاشش اصلی جایی است که قدرت بیشتری وارد می شود. سوخت متراکم وارد انژکتورها شده ، به فنر ضعیف تر غلبه کرده و آن را حرکت می دهد و پیش پاشش شروع می شود. همچنانکه پمپ انژکتور فشار بیشتری را درون انژکتورها و خطوط سوخت تولید می کند، فنر قوی تر حرکت کرده و پاشش اصلی آغاز می شود. شکل زیر تصویر بدنه انژکتور را نشان می دهد.



فشار پیش پاشش در بعضی انژکتورهای سال 1996 در فشار 190 بار

و در سیستم های جدیدتر تا سال 2003 در فشار 220 بار شروع

می شود. پاشش اصلی در همه انژکتورهای این نسل در فشار

300 بار است و توسط فنر اصلی تعیین می شود.

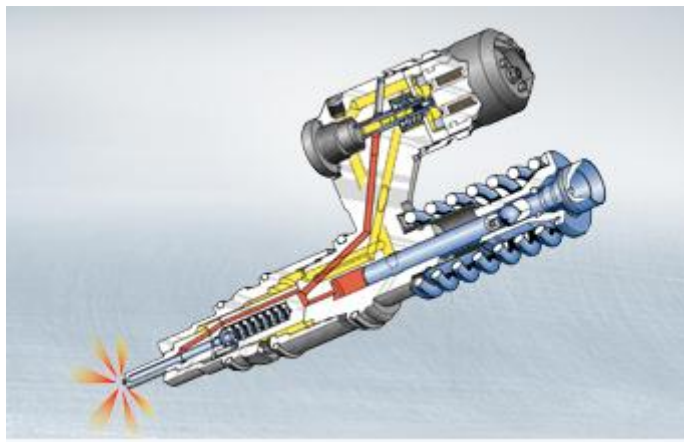
سیستم یونیت انژکتور:



سیستم یونیت انژکتور یک سیستم برای پاشش مستقیم دیزل است. این تکنولوژی همچنین به عنوان سیستم نازل-پمپ شناخته شده است. در سال 1994 بوش اولین یونیت انژکتور را برای خودروهای تجاری تولید کرد. اجزای تشکیل دهنده آن شامل پمپ انژکتور و نازل انژکتور در یک دستگاه می باشد.

بوش سیستم یونین انژکتورهای منحصر به فردی را در خودروهای سنگین و نیمه سنگین گسترش می دهد که بازده هر سیلندر بیش از 80 کیلو وات است و تعداد سیلندرهایی آن تا 8 سیلندر می رسد. اگر دو کنترل یونیت به کار برده شود این تکنولوژی می تواند برای خودروهای تا 16 سیلندر نیز کاربرد داشته باشد.

کارکرد سیستم یونیت انژکتور:



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. میل بادامک توسط تاپیت یا اهرم الاکلنگی یک پیستون کوچک درون یونیت انژکتور را حرکت می دهد. بادامک طوری شکل داده شده که فشار بالا را به طور سریع در زیر پلانجر تولید می کند.

یک شیر برقی با سرعت تعویض بالا شروع و پایان پاشش را مشخص می کند در حالیکه مدت زمان تغذیه را مدت زمان پاشش مشخص می کند. یکی شدن در سرسیلندر ، نیاز به خط های فشار قوی را که در پمپ های توزیع کننده لازم بود از بین می برد.

انواع سیستم یونیت انژکتور



اولین یونیت انژکتور های موتور در وسایل نقلیه تجاری بودند که ظرفیت فشار پاشش آنها 1600 بار بود. دومین سیستم پیشرفته با فشار پاشش 1800 بار بود و سومین محصول در سال 2004 بوده که فشار پاشش را تا 2200 بار افزایش می دهد.

این فشار بالای پاشش ، در انژکتورهای با مدل سیستم یونیت انژکتور ، اولین وسایل نقلیه تجاری بودند که توانستند به مقادیری از میزان الاینده های خروجی دست پیدا کنند که بهتر از قانون یورو 4 بود. به خاطر فشار های بالای پاشش ، سیستم یونیت انژکتور موتور های دیزل به طور چشمگیر میزان خوبی از بازده را نمایش داد و به طور چشمگیر گشتاور بالایی را با مصرف سوخت بهینه، حتی در سرعت های پایین موتور مهیا کرد. سومین سیستم تولیدی ، پاشش دقیق را توسط دت زمان متغیر کل پاشش در نقشه کلی موتور سبب می شود.

نتایج منحنی تخلیه و فشار بالا ، احتراق را بهبود می بخشد و این معنا را میدهد که بازده بیشتر، مصرف سوخت کمتر و کاهش الاینده های صوتی و گازهای خروجی را خواهیم داشت.

سیستم یونیت انژکتور نوع دوم:

کاربرد: وسایل نقلیه تجاری

قدرت خروجی: 80 کیلو وات برای هر سیلندر

تعداد سیلندرها: 8 (بیشتر از 8 تا باید از دو ECU استفاده کرد)

کنترل: الکترونیکی ، شیر برقی

فشار تزریق: 1800 bar

مقدار سوخت تزریق شده : 400 mm^3 در هر مرحله

سیستم یونیت انژکتور نوع سوم:

کاربرد: وسایل نقلیه تجاری

قدرت خروجی: 80 کیلو وات برای هر سیلندر

تعداد سیلندرها: 8 (بیشتر از 8 تا باید از دو ECU استفاده کرد)

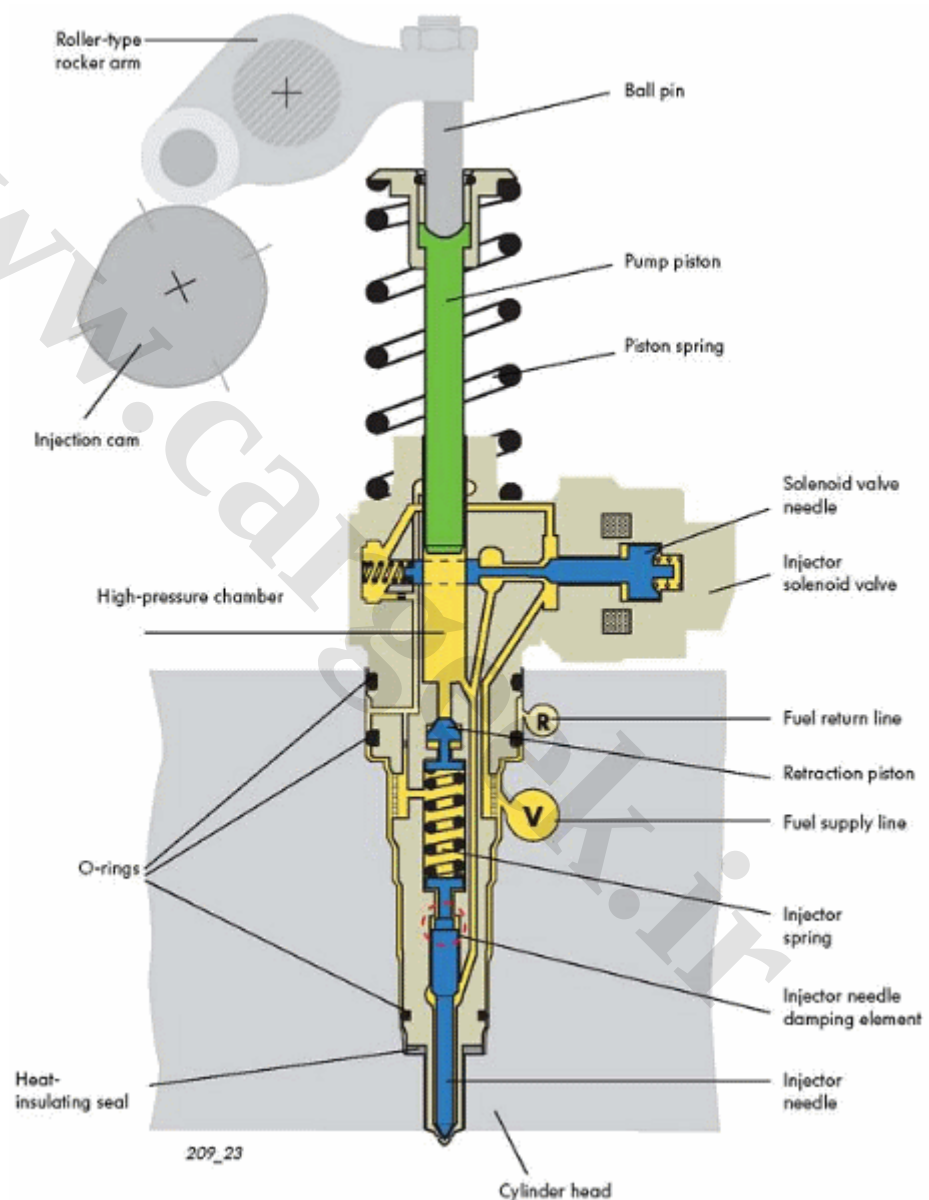
کنترل: الکترونیکی ، شیر برقی

فشار تزریق: 2200 bar

مقدار سوخت تزریق شده : 400 mm^3 در هر مرحله

یونیت انژکتور 2004-2006 TDI

خودروهای فروخته شده در سال های 2004 تا 2006 در امریکای شمالی یک موتور با پمپ انژکتور دارند. شکل زیر ساختار یک پمپ انژکتور را نشان می دهد که حرکت آن توسط میل بادامک در سرسیلندر و کنترل پاشش توسط سولنوئید از بارزترین تغییرات آن نسبت به انژکتورهای پیشین است.



سیستم یونیت پمپ:



سیستم یونیت پمپ یک سیستم برای پاشش مستقیم دیزل است. این سیستم همانند سیستم یونیت انژکتور است و تنها در وسایل نقلیه تجاری کاربرد دارد. بوش اولین محصول خود را با نام یونیت پمپ در سال 1995 در دنیا عرضه کرد. سیستم یونیت پمپ به این شکل است که هر سیلندر موتور یک یونیت پمپ دارد. این یونیت پمپ از پمپ فشار بالا همراه با شیر برقی، یک لوله فشار قوی کوتاه، یک اتصال تحویل فشار و یک نازل و تنه سوزن انژکتور مرسوم را شامل می شود.



شکل روبرو یونیت پمپ بوش در اسکانیا (PDE خلاصه المانی یونیت انژکتور) را نشان می دهد. یک پیستون پلانجر با حرکت میل بادامک حرکت می کنند، قبل از اینکه شیر برقی فعال شود جریان آزادانه به مجرای برگشت سوخت راه دارد. بنابراین هیچ فشاری حاصل نمی شود. وقتی به شیر برقی جریان داده می شود مجرای برگشت سوخت بسته می شود و با حرکت پیستون فشار بالای سوخت ایجاد می شود.

مزیت این سیستم آن است که فشار پاشش را به 2200 بار می‌رساند. به علاوه تبدیل پاشش سیستم های قدیمی ردیفی یا پمپ های انژکتوری توزیع کننده نیازی به طراحی دوباره سر سیلندر به طور کامل نمی باشد. ساختار موتور باعث صرفه جویی در هزینه ساخت می شود. یک مزیت دیگر این است که در صورت خراب شدن پمپ یونیت یا سوپاپ تعویض آن آسان است.

بوش سیستم یونیت پمپ را منحصر در وسایل نقلیه تجاری بازده 92 کیلو وات برای هر سیلندر همراه با 4 تا 8 سیلندر به کار می برد. اگر تعداد سیلندر ها بیش از 8 باشد یک کنترل یونیت ثانویه لازم است.

انواع سیستم یونیت پمپ:



سیستم یونیت پمپ نوع 12، 20

کاربرد: وسایل نقلیه تجاری

قدرت خروجی: 80 کیلو وات برای هر سیلندر

تعداد سیلندرها: 8 (بیشتر از 8 تا باید از دو ECU استفاده کرد)

کنترل: الکترونیکی ، شیر برقی

فشار تزریق: 1600-1800 bar

مقدار سوخت تزریق شده : $400-150 \text{ mm}^3$ در هر مرحله

کارکرد سیستم یونیت پمپ:

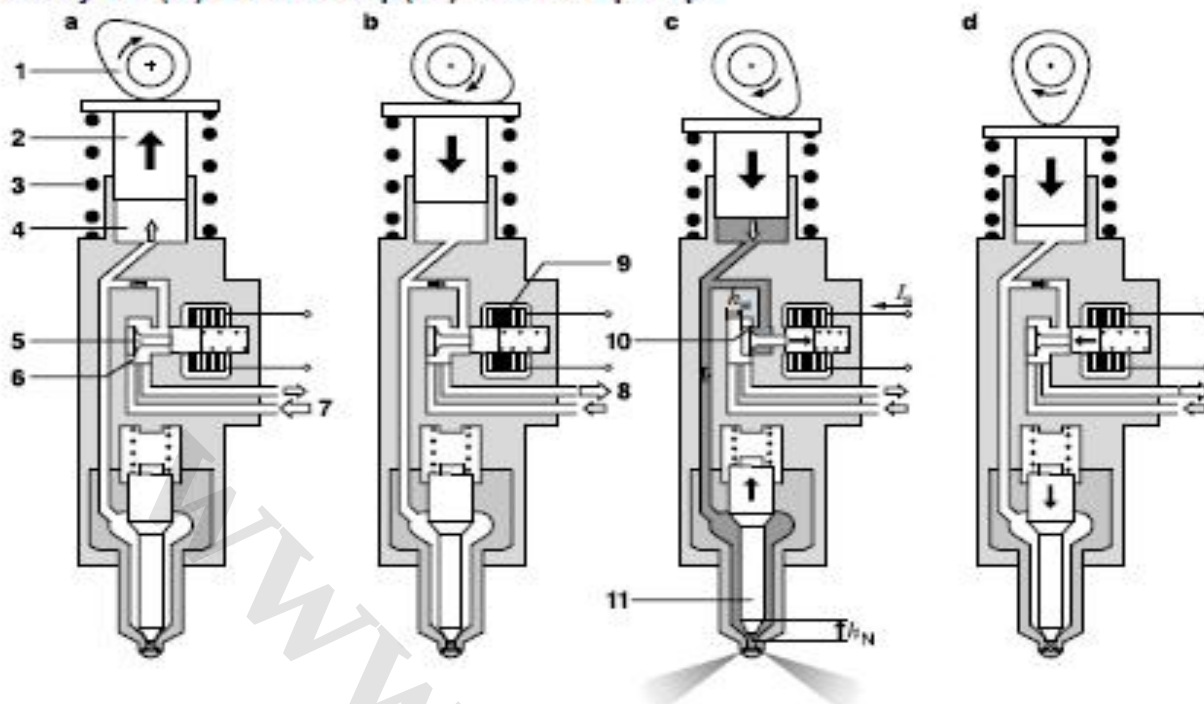


مانند سیستم یونیت انژکتور فشار توسط میل بادامک موتور ایجاد می شود. همانند خط های تحت فشار موتور کامیون، گام بادامک پیستون کوچک درون سیستم یونیت پمپ را توسط یک تاپیت لغزان به حرکت در می آورد. بادامک طوری شکل داده شده که فشار بالای سوخت را توسط محفظه ی زیر پیستون (که پلانجر نامیده می شود)، به سرعت تولید کند. یک کنترل الکترونیکی و یک شیر برقی با سرعت تغییر زیاد، هر دو شروع و پایان تزریق را مشخص می کنند. مدت زمان پاشش مقدار پاشش را مشخص می کند.

طرز کار یونیت انژکتور و شرایط کاری با توجه به شکل صفحه ی بعد

- (a) کورس مکش
- (b) کورس اولیه
- (c) کورس تغذیه و فرایند پاشش سوخت
- (d) کورس پایانی

Unit Injector (UI) and Unit Pump (UP): Functional principle

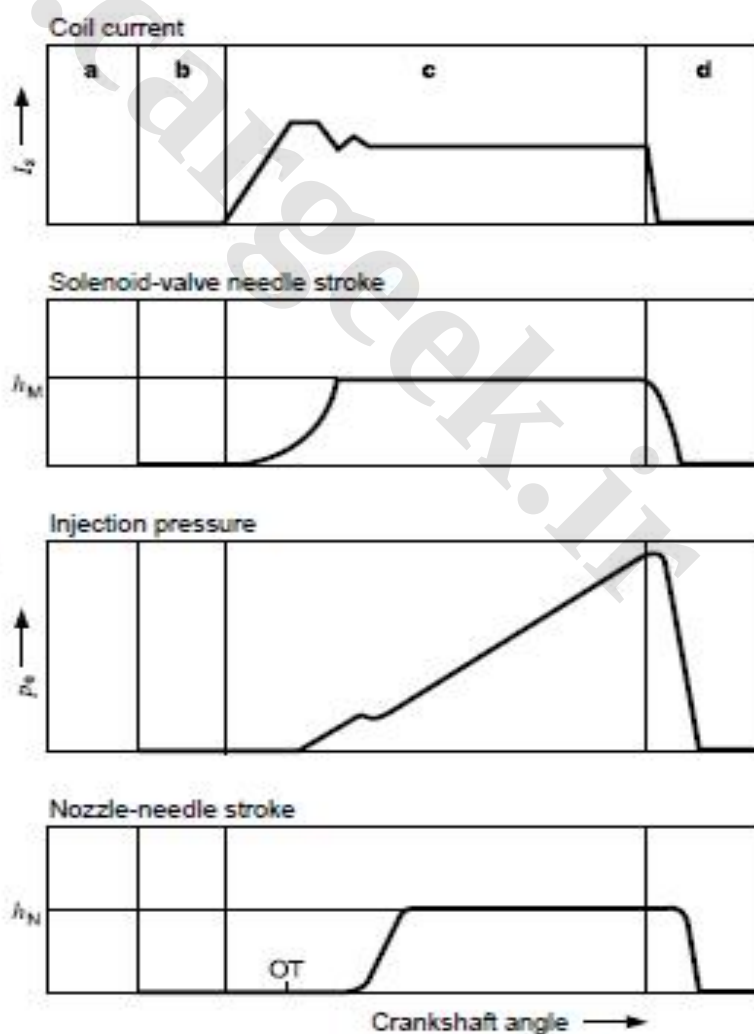


Operating states:

- a Suction stroke,
- b Initial stroke,
- c Prestroke,
- d Residual stroke.

- 1 Actuating cam,
- 2 Pump plunger,
- 3 Follower spring,
- 4 High-pressure chamber,
- 5 Solenoid-valve needle,
- 6 Solenoid-valve chamber,
- 7 Feed passage,
- 8 Fuel-return passage,
- 9 Coil,
- 10 Solenoid-valve seat,
- 11 Nozzle assembly.

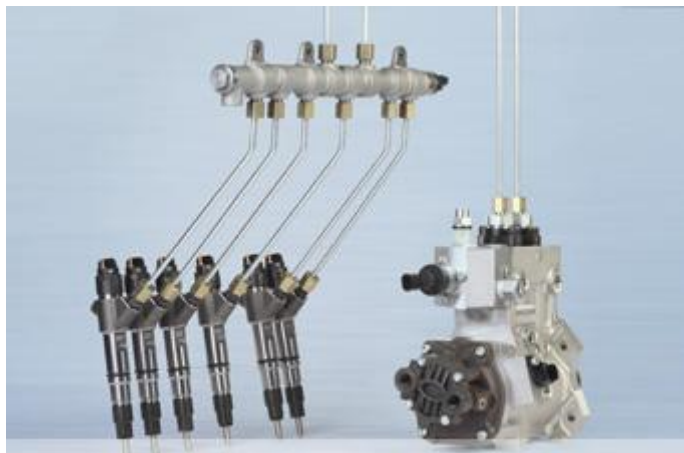
- I_s Coil current,
- h_M Solenoid-valve needle stroke,
- p_e Injection pressure,
- h_N Nozzle-needle stroke.



OT = TDC

UMK11N0E

سیستم ریل مشترک



بوش سیستم ریل مشترک را برای اولین بار در سال 1997 در خودروهای سواری به بازار عرضه کرد. محصول سیستم ریل مشترک برای خودروهای تجاری از سال 1999 شروع شد. سیستم نامش را از ذخیره کننده (اکومولاتور) فشار مشترک ریل که سوخت همه سیلندرها را تامین می کند ، گرفته است.

در مقایسه با دیگر سیستم های انژکتوری ، فشار تولیدی و پاشش در تکنولوژی ریل مشترک از هم جدا هستند. یک پمپ فشار بالای مستقل سوخت را به طور پیوسته در ریل تغذیه می کند. در سیستم ریل مشترک به طور دائم و پایدار یک فشار هماهنگ با وضعیت های مدیریت موتور ، در اختیار آن قرار می گیرد. حتی در سرعت های پایین موتور این فشار وجود دارد. در حالیکه در سیستم های پاشش مستقیم دیزل دیگر برای هر مرحله از پاشش ، مجبورند فشار سوخت بالایی را دوباره تولید کنند.

در تکنولوژی ریل مشترک ، در مقایسه با سیستم های مرسوم تفاوت هایی وجود دارد که پاشش های متعدد را در سیکل های انجام کار مهیا می کنند. در این مرحله پاشش اولیه برای آرام کردن موتور، پاشش اصلی برای ایجاد قدرت ایده ال، پاشش ثانویه برای کاهش الپندگی صورت می گیرد. سوخت توسط لوله های فشاری کوتاهی به انژکتورها می رسد و سپس از سوراخ های پاشش به محفظه ی احتراق پاشیده می شود.

فشار پاشش بالاتر ، بخار شدن بهتر سوخت توسط سیستم پاشش و همزمان بازده احتراق بیشتر را سبب می شود. در سال 2005 بوش سومین ریل مشترک تولیدی را با فشار پاشش 1800 بار برای وسایل نقلیه تجاری سبک، معرفی کرد. یک نسخه از این سیستم برای خودروهای نیمه سنگین در سال 2007 به بازار عرضه شد. اولین تولید بوش برای وسایل نقلیه تجاری به سال 1999 باز می گردد که فشار پاشش 1400 بار را دارا بود. دومین محصول با فشار 1600 بار در سال 2001 به بازار عرضه شد.

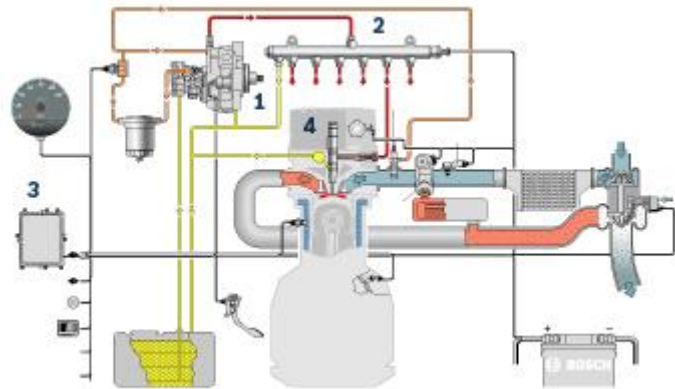
در برابر قوانین سخت گیرانه الایندگی گاز های خروجی ، بوش پیشرفت های بیشتری را در سیستم های پاشش ادامه می دهد. بر پایه انژکتور 1800 بار ، شرکت سیستم ها را برای فشار 2000 و 2200 بار گسترش خواهد داد.

چهارمین تولید سیستم ریل مشترک برای خودروهای سنگین

، با یک انژکتور جدید پیشرفته همراه با مبدل فشار است. فشار سوخت وقتی به انژکتور می رسد به بالاترین مقدار خود یعنی 2100 بار خواهد رسید.

مبدل فشار می تواند مستقل از پاشش انژکتورها کار کند. طراحی مستقل و آزاد مرحله فشار می تواند سبب کاهش چشمگیر محصولات الایندگی شود.

طراحی سیستم ریل مشترک:



پمپ اولیه (1) سوخت را برای مخزن فشار بالا تامین می کند، ریل سوخت (2) جایی که سوخت با فشار مطلوب برای حالت های مدیریت انی موتور برای جبران تاخیر پاشش، ذخیره می شود.

هر سیلندر موتور با یک انژکتور (4) مجهز شده است، که دارای یک سوپاپ سولنوئیدی است. این سوپاپ سولنوئیدی (یا شیر برقی) نقطه شروع و جرم مرحله پاشش را مشخص می کند.

تقاضای راننده با پدال گاز مشخص می گردد. ecu (3) درخواست راننده و موقعیت فعلی خودرو بر اساس محاسبه فشار سوخت مورد نیاز ، مقدار زمانی پاشش (جرم سوخت را معین می کند) و لحظه پاشش را ثبت و طبق پارامترهای نقشه برنامه مشخص می شود.

انژکتورهای سیستم ریل مشترک:



انژکتورها در سرسیلندر موتورها نصب می شوند و نظیر سیستم های انژکتوری مرسوم شامل تنه سوزن انژکتور و نازل (افشانک) می باشد. اجزای اصلی انژکتور شامل، سوپاپ مغناطیسی، نازل سوراخ دار و سیستم سرو هیدرولیکی می باشد.

عملکرد انژکتور:

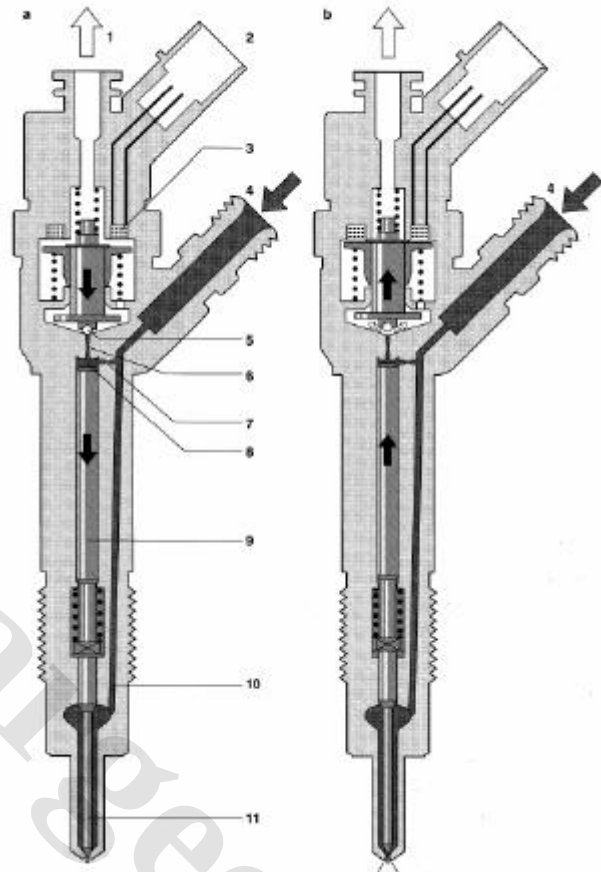
نیروهای لازم برای باز و بسته کردن سوزن انژکتور نمی توانند با سوپاپ مغناطیسی ایجاد شوند. سوزن انژکتور به طور غیر مستقیم توسط یک نیروی تقویتی سیستم هیدرولیک به کار می افتد.

با بسته شدن سوپاپ مغناطیسی، تمام حجم محفظه و ریل فشار یکسانی دارند. سوزن انژکتور توسط نیروی فنر در جایگاهش نیرو داده می شود.

وقتی سوپاپ مغناطیسی باز می شود، سوخت از حفره سوپاپ کنترل جریان می یابد. گلوگاه تغذیه از مساوی شدن فشار جلوگیری می کند و فشار در حفره افت می کند.

فشار زیاد در حجم محفظه بر نیروی فنر غلبه می کند و سوزن را به بالا می برد طوری که پاشش می تواند شروع شود. سوپاپ مغناطیسی مدت زیادی کاری نمی کند و بسته می شود و راه بازگشت سوخت باز می

شود. نیروی اعمالی برای کنترل پلانجر طی افزایش فشار در سوپاپ کنترل حفره ، افزایش می یابد. سوزن بسته می شود و پاشش متوقف می شود.



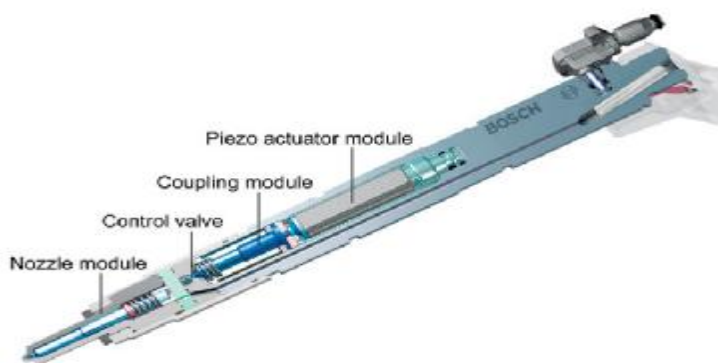
شکل بالا یک نمونه از انژکتورهای ریل مشترک قدیمی بوش را نشان می دهد. بر خلاف سیستم یونیت انژکتور و یونیت پمپ این سیستم دارای مخزن ریل فشار است که به همه انژکتورها متصل است. وقتی سولنوئید جریان داده می شود حجم سوختی که روی سوزن تخلیه می شود به آن فشار می آورد. این باعث می شود که سوزن از جای خود بلند شده و تزریق آغاز شود. پمپ های فشار قوی این نوع سیستم ها از پلانجری با جنس دی اکسید زیرکینیم که یک نوع سرامیک است ساخته می شود.

انژکتور های پیزو الکتریک در سیستم ریل مشترک بوش

در VW TDI 2009-2011

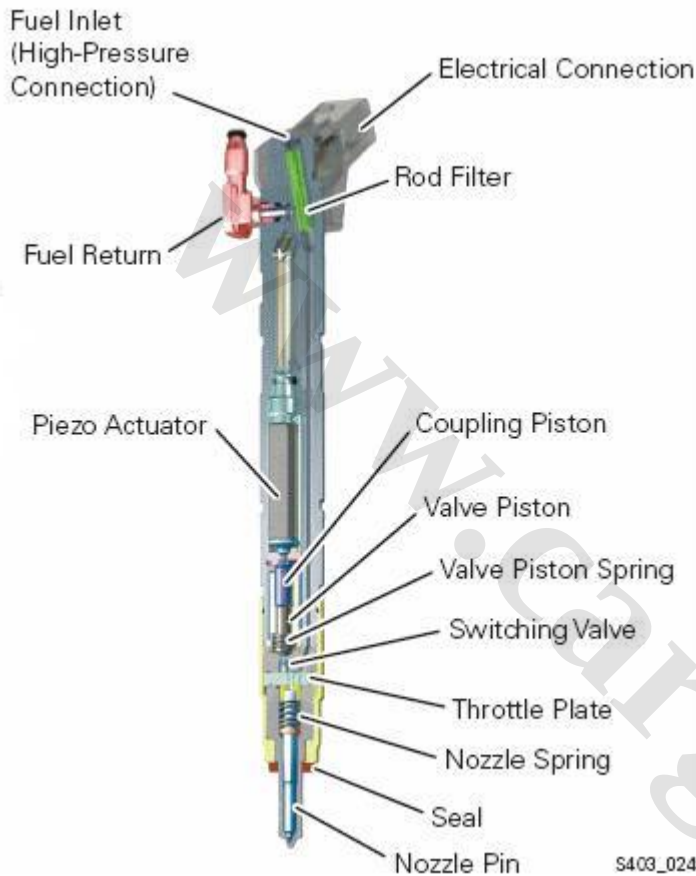
مزیت بزرگ سیستم های ریل مشترک در انژکتورهای پیزوالکتریک آنها است، آنها نسبت به انژکتورهای فنردار ، سولنوئیدی و یونیت انژکتورهای بادامک دار ، کنترل بهتری روی مقدار پاشش و مقدار ان دارند. بر خلاف سیستم های قدیمی ، آنها می توانند پاشش های مستقل و چند گانه ای داشته باشند. انژکتورهای پیزو الکتریک به جای سولنوئید از یک نوع کریستال پیزو الکتریک که با دادن ولتاژ الکتریکی منبسط می شود، استفاده می کنند.

کریستال می تواند در چند هزارم ثانیه ، چهار تا پنج برابر سولنوئید سریعتر عمل کند. انبساط کریستال ، سوزن انژکتور را حرکت می دهد. سوزن همچنین می تواند با جرم حدود 75% کمتر ساخته شود. اثر این سرعت پاشش دقیق و سریع ، قدرت بیشتر و احتراق پاک تر است. با پاشش کم مقدار کمی از سوخت قبل از پاشش اصلی ، صدای کمتر و احتراق نرم تری خواهیم داشت که لرزش های موتور نیز آرام و نرم خواهد شد. انژکتورهای قدیمی فقط یک پاشش اصلی داشتند در حالی که انژکتورهای پیزو الکتریک می توانند تا 5 پاشش در یک مرحله داشته باشند. انژکتورهای ریل مشترک جدید 8 سوراخ دارند که این اجازه را می دهد که سوخت با پودر شدن بهتری پاشیده شود، که همچنین صرفه اقتصادی سوخت و قدرت را افزایش می دهد.



شکل زیر ساختار انژکتور پیزو الکتریک ریل مشترک را نشان می دهد

اجزا:



- اتصال الکتریکی
- اتصال ورودی سوخت فشار قوی
- فیلتر
- برگشت سوخت
- عملگر پیزو
- پیستون کوپلینگ
- پیستون سوپاپ
- فنر پیستون سوپاپ
- سوپاپ تعویض و سوئیچینگ
- ورق دریچه کنترل
- فنر سوزن
- اب بندی
- پایه سوزن

مزیت های مهم این نوع انژکتور:

- کارکرد در زمان های خیلی کوتاه
- امکان پاشش های چند گانه در یک سیکل
- اندازه گیری دقیق مقدار پاشش

سیستم فشار پایین :



این بخش وظیفه تامین سوخت پمپ فشار قوی را دارد. (در پمپ های توزیع کننده، پمپ های ردیفی، تک واحدی، یونیت انژکتور و یونیت پمپ)

این سیستم شامل پمپ سوخت الکتریکی یا پمپ دنده ای ، فیلتر سوخت ، خنک کننده ی سوخت و لوله های فشار ضعیف می شود.

پمپ سوخت الکتریکی بالای پمپ فشار قوی نصب می شود. سیستم های مختلف بنا به نوع پمپ انژکتوری توسعه یافته به کار برده می شوند.

در پمپ های ردیفی عموماً پمپ های فشار پایین پلانجری هستند که توسط بادامک حرکت کرده و در مقایسه با سیستم های مدرن ، پلانجر های پمپ تنها سوخت را به حالت ضربه ای و شوک دار می توانند تامین کنند.

در موتورهای جدید با سیستم های ریل مشترک، یونیت پمپ و یونیت انژکتور پمپ های دنده ای سیستم اولیه را پشتیبانی می کنند و اغلب در پوسته پمپ انژکتور قرار می گیرند.

پمپ های دنده ای اغلب شامل پوسته ای هستند که همراه با مجرای ورودی و خروجی و همچنین دو چرخ دنده که یکی از آنها محرک هست. خروجی چمچ جایی است که دنده ها به هم نزدیک شده اند و سوخت بین دنده ها و پوسته محبوس می شود. این پمپها ساختار ساده دارند و محکم و ارزان هستند.

منابع:

[http:// bosch.com](http://bosch.com)

<http://www.myturbodiesel.com>