

بهسازی و پیشرفت در صنعت موتور سازی بازتاب گسترده ای در میان مشتریان پرو پا قرص داشته و دارد در برخی مواقع نیز این تغییرات نارضایتی آنها را به همراه داشته چرا که این دسته مشتریان از اینکه برخی شرکت های موتورسیکلت سازی ریشه و اصل را به فراموشی سپرده اند معترض هستند.

البته این انتقادات از سوی این دسته از مشتریان غیر منطقی به نظر می رسد ، چرا که محصولات هیچ شرکتی نمیتواند ثابت مانده و مدیران آن به پیشرفت و توسعه فکر نکنند.

بدین ترتیب شرکتهای تولید کننده می بایست متناسب با زمانه و متناسب با پیشرفت تکنولوژی محصولات جدید را به بازار عرضه کنند .

قوانین و مقررات جدید زیست محیطی و دولتی،علاقه و سن مشتری و همچنین تشدید بازار رقابتی ، شرکت ها را مجبور می سازد تا تولیدات خود را متناسب با تکنولوژی به روز و مدرن هماهنگ کنند اما در برخی موارد طرفداران مدل های کلاسیک ، علاقه مندی شدیدی نسب به برخی مدل های قدیمی از خود نشان می دهد.

حال سوال این است آیا واقعا دوست دارید به روزهای گذشته باز گردید ؟ در حالی که راندن موتور سیکلت با مشکلاتی روبرو بود ، تکنولوژی جدید توسط برخی شرکتها معرفی شد و نسل جدیدی از انجین موتور سیکلت را به بازار عرضه کرد.از انجین جدید با سیستم EFI (Electronic fuel injection) این انتظار می رود که باورها را تغییر دهد و کارآیی انجین موتور سیکلت را دو چندان کند.

این یک مقدمه برای معرفی سیستم سوخت رسانی EFI است ، خیلی از تعمیر کاران و موتور سواران واقعا نمیدانند سیستم سوخت رسانی انژکتوری چگونه عمل می کند و فعل و انفعالات این سیستم چگونه است، به همین دلیل در برخی موارد شایعات و اطلاعات نادرستی در مورد EFI ارائه می شود.

این مقاله سعی می کند که درک درستی از EFI را ارائه نماید. البته ما سعی می کنیم توضیحات به زبان ساده بیان شود تا شما سردرگم نشوید اما یک سری لغات و اصطلاحات وجود دارد که برای توضیح روشن تر مورد نیاز است. اجازه بدهید با تعریف کلی از سیستم EFI، به تشریح اجزای آن پردازیم و در آخر تفاوت کاربراتور و EFI، اصلاحات مورد نیاز بر روی انجین را شرح دهیم.

بعد از خواندن این مقاله هر چند که شما کارشناس نخواهید شد، لیکن تصور ما این است که درک شما نسبت به سیستم EFI افزایش خواهد یافت.

۱ پایه و اساس EFI

به بیان ساده، سیستم EFI یک سیستم سوخت رسانی الکترونیکی - کامپیوتری است که از یک واحد کامپیوتری بنام (Electronic control unit) ECU استفاده می کند. علاوه بر این، EFI شامل سنسورهای گوناگونی می باشد که به قطعات مختلف وسیله نقلیه مورد نظر متصل است.

ECU با استفاده از یک سری سنسورهای خاص مقادیری را اندازه گیری می کند که با پردازش بر روی مقادیر بدست آمده مقدار سوخت مورد نیاز انجین را مشخص و آن را تامین می کند تا از مصرف بی رویه سوخت جلوگیری به عمل آید.

با توجه به برنامه تعریف شده در ECU مقدار سوخت تعیین و به سر سیلندر وارد می شود و مازاد آن به باک بنزین عودت می گردد.

سنسورهای گوناگونی در این سلسله عملیات حضور دارند: از جمله سنسور RPM - سنسور دمای انجین - سنسور دمای هوا - سنسور وضعیت جریان سوخت - سنسور اندازه فشار هوای محیط - سنسور وضعیت دسته گاز تا شرایط و بار موتور سنجیده شود.

تصویر (۱) مراحل سوخت رسانی الکترونیکی و همچنین اجزای EFI با جزئیات مورد نظر را نمایش می دهد ،
ما بحث را به دو نوع از سیستم های EFI که مورد استفاده موتورسیکلت ها قرار می گیرند محدود می کنیم.
یکی از مهمترین تفاوت ها در انواع EFI چگونگی یا روش تشخیص بار انجین است.

بار انجین ممکن است از طریق حداکثر جریان سوخت به انجین و سنسور (Manifold absolute pressure) MAP (سنسور تعیین کننده فشار داخل مانیفولد) تعیین شود ، که این روش SD (Speed Density) نامیده میشود.
یا با استفاده از سنسور TPS (Throttle position Sensor) (سنسور کنترل جریان سوخت) که
این روش Alfa-N نامیده میشود. در حالی که سنسورها در هر دو نوع می توانند یکسان باشند، همچنین
موتورسیکلت ها میتوانند از هر دو نوع سیستم بهره جویند.

۲ - چرا انواع گوناگونی از سیستم EFI وجود دارد؟

هر یک از انواع سیستم های EFI مزیت خاص خود را دارد ما هرگز قصد نداریم روی انواع دیگر سیستم های EFI متمرکز شویم چرا که ما تنها در مورد سیستم EFI روی انجین های دو قلوئی خورجینی بحث می کنیم .

انتخاب نوع EFI میتواند بر اساس نوع موتورسیکلت و نیز کاربری آن صورت گیرد.

۱-۲ - در مورد سیستم EFI ،موتورسیکت هارلی دیویدسون مدل HD-Magneti-Marelli بار موتور بر اساس وضعیت دسته گاز (Alpha-N) تعیین می شود که مبنای تعیین کننده برای مشخص شدن بار انجین در اولین سیستم EFI یعنی OEM مورد استفاده قرار گرفت.

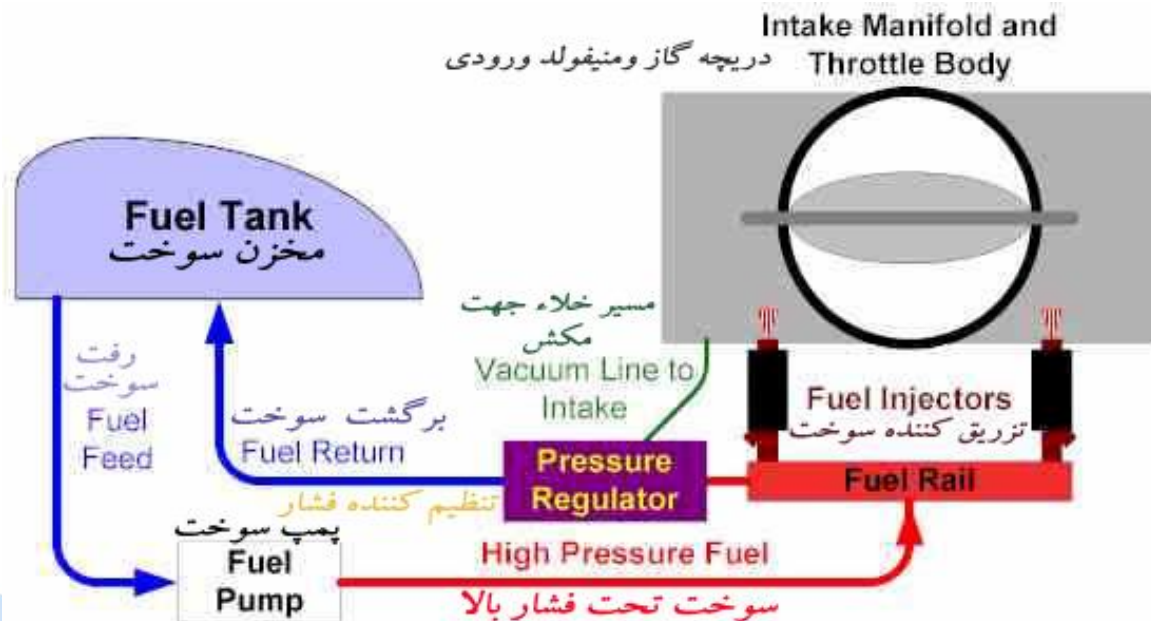
سیستم EFI (Speed Density) SD نیاز به یک سیگنال ثابتی از مقدار خلا دارد ؛ این سیگنال مورد نیاز از "سنسور مکش هوای مانیفولد" برای ECU دریافت می شود تا اختلاط سوخت به بهترین وجه مشخص شود.

آیا تا به حال سعی کرده اید که میزان خلا را برای انجین های V شکل بخوانید؟! به عقربه خلا سنج دقت کنید که چطور به این طرف و آن طرف جست می زند. حال متوجه شدید که چرا سیستم SD EFI که بر اساس "چگالی سرعت" عمل میکند انتخاب اول انجین هارلی دیویدسن، با توجه به مجراها و میل بادامک های این انجین نبوده است. اما راه های متعددی برای ایجاد میزان ثابتی برای سنسور MAP وجود دارد که ECU از آن بهره می جوید.

سیستم EMP DELPHI قادر است از "میزان فشار هوای مانیفولد" استفاده کند که این امر دقت بیشتری را برای تشخیص بار انجین بر اساس میزان خلا واقعی در مانیفولد به همراه دارد ، این روش بر روش "سنسور وضعیت دسته گاز" ترجیح داده می شود. واحد DELPHI بسیار هوشمند عمل می کند و قادر است تحت شرایط متفاوت از برنامه سوختی ویژه استفاده کند.

۳- تعریف عملکرد سیستم EFI

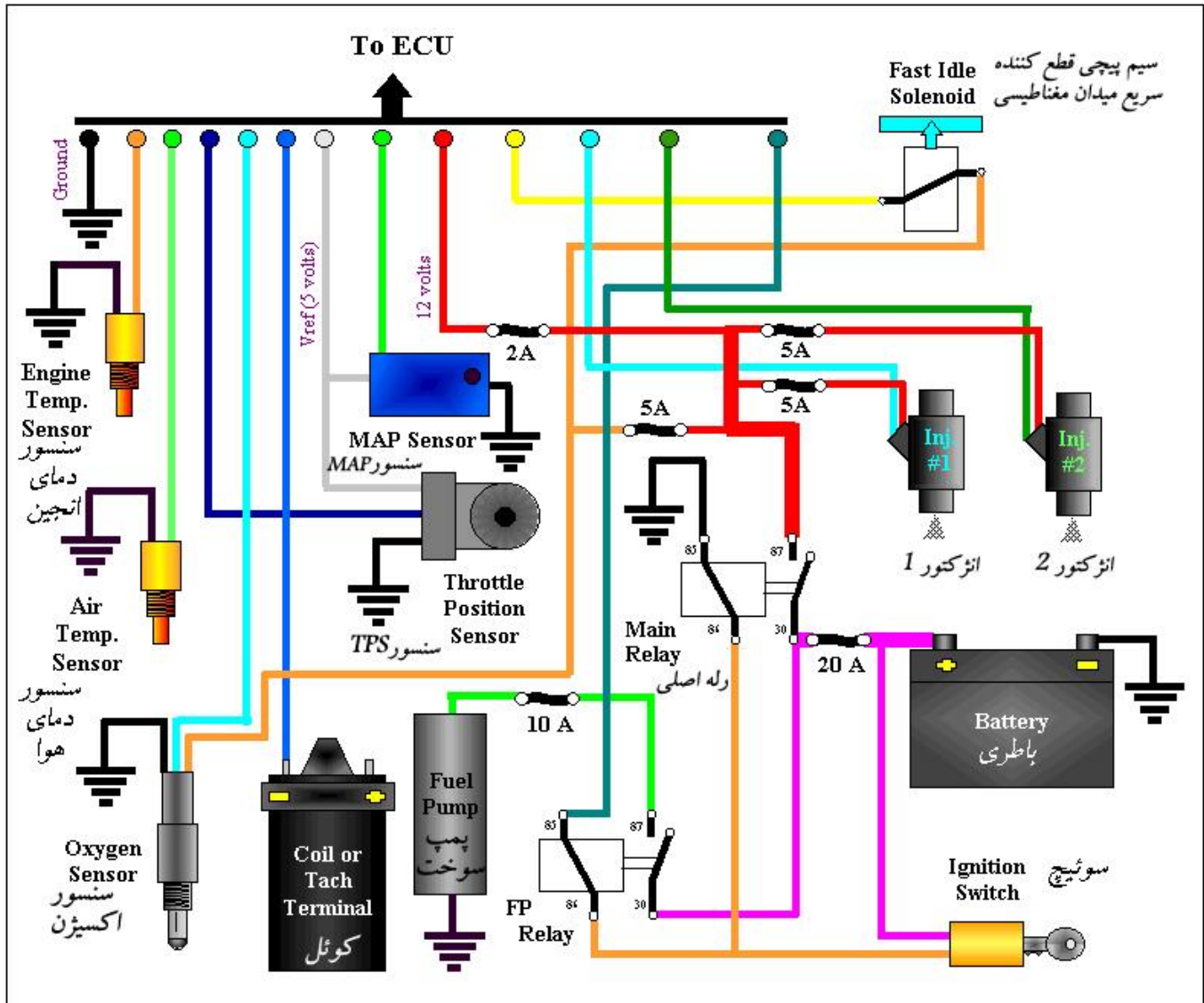
برای درک بهتر عملکرد سیستم EFI به تصویر (۱) توجه کنید.



تصویر (۱)

در این تصویر نمای ساده‌ی از جریان بنزین در سیستم EFI نمایش داده شده. بر اساس تصویر (۱) بنزین از باک به طرف پمپ بنزین هدایت می‌شود. پمپ بنزین می‌تواند هم در داخل باک باشد و هم در خارج باک. پمپ بنزین سوخت مورد نیاز (سیستم EFI) را با فشار زیاد به مجاری سوخت هدایت میکند. مجاری سوخت شامل دو تزریق کننده (Fuel Injectors) می‌باشد. بر اساس تصویر (۱) برای محدود کردن فشار سوخت بین ۳۹-۴۵ PSI از یک رگلاتور استفاده شده تا فشار را ثابت نگاه دارد. از منیفولد یک مجرای با فشار منفی به رگلاتور متصل شده تا سوخت اضافی در منیفولد به رگلاتور برگشت شود. لازم به ذکر است با وجود یک مسیر برگشت به باک، مازاد سوخت در رگلاتور بلافاصله به باک بنزین عودت می‌گردد.

۴- نمایش سنسور ها و اجزای سیستم EFI



تصویر (۲)

در تصویر (۲) دیاگرام نوعی از یک سیستم EFI در یک انجین دو سیلندر را نمایش داده شده است، در برخی از سیستم های EFI ممکن است از تعداد کمتر یا بیشتر از تعداد سنسور های نمایش داده شده در این نمودار استفاده شود. این نمودار یک سیستم انژکتوری متعارف را با سنسورهای مربوطه نشان میدهد.

سنسورهای دمای هوا و دمای انجین بر اساس تغییرات دما ، عملکرد انجین را تغییر میدهند.

سنسور MAP (تعیین کننده فشار داخل مانیفولد) و یا سنسور TPS (تعیین کننده جریان سوخت) یک سیگنال با ولتاژ ۰ الی ۵ را به ECU ارسال می نمایند و این موضوع بستگی به مقدار فشار داخل مانیفولد و همچنین بستگی به وضعیت چرخش دسته گاز دارد.

سنسور اکسیژن یک سیگنال با ولتاژ ۰ الی ۱ را تامین و به ECU ارسال میکند که این موضوع به نسبت اختلاط هوا و بنزین بستگی دارد.

نا گفته نماند که تزریق کننده ها (پمپ های انژکتور)دایما به منبع تغذیه ۱۲ولت متصل بوده و ECU آنها را بعد از اتصال به زمین فعال میکند و سیم پیچ مغناطیسی به واسطه یک سیگنال با ولتاژ ۱۲ فعال شده و به هوای مازاد اجازه میدهد برای افزایش دور کند انجین وارد مانیفولد ورودی شود.

به محض روشن شدن موتورسیکلت تقویت اصلی رله فعال شده و نیرو را به تمام اجزای سیستم EFI انتقال داده، در این حالت ایستگاه تقویت پمپ بنزین فعال می شود. اگر انجین به هر دلیلی متوقف شود ECU پمپ بنزین را مسدود می کند تا جریان بنزین قطع شود.

در سیستم EFI نمایش داده شده تصویر (۲) سیگنال ارائه شده از کوئل نقش ماشه را بازی میکند و در برخی دیگر از سیستم های EFI ، این سنسور نمایشگر وضعیت میل لنگ است که نقش ماشه را بازی میکند.

۵- چگونه EFI کار میکند؟

حالا نوبت به ECU یا ماشین متفکر سیستم EFI رسیده البته ممکن است این مقاله ذهن شما را با نمودارها و اصطلاحات پیچیده مغشوش کرده باشد اما لازم است بدانید موضوع بسیار پیچیده است که ما سعی داریم آن را به شکل ساده بیان کنیم. ما سعی داریم شما را با اتفاقات درون ECU آشنا کنیم.

۵-۰- ECU دور موتور فعلی انجین را بر اساس سیگنال های دریافتی از سنسور وضعیت میل لنگ تعیین می کند.

۵-۱- ECU, بار انجین را به واسطه پردازش سیگنال های دریافتی از سنسور وضعیت دسته گاز یا سنسور MAP معین میکند.

۵-۲- ECU پس از دریافت اطلاعات مربوط به بار انجین و RPM, جدول برنامه سوخت را که در ECU قرار دارد جستجو می کند.

توجه داشته باشید یک نقشه سوخت واقعی مقادیر بیشتری را در مقایسه با نمونه نشان داده شده در جدول ۱ شامل میشود. البته یک جدول واقعی شباهت بسیاری با جدول نمایش داده شده دارد. (جدول شماره ۱)

Throttle Position	900 RPM	2100 RPM	3300 RPM	4500 RPM	5700 RPM
Idle or Deceleration	5	10	20	25	30
¼ Throttle	6	12	23	35	45
½ Throttle	8	14	25	47	55
Wide Open	10	16	33	55	75

جدول شماره ۱

در نمونه نشان داده شده (جدول شماره ۱) ارقام نمایش داده شده در جدول چرخه کاری پمپ تزریق کننده (Injector) را نشان می دهد و یا اینکه دریچه تزریق کننده چند درصد از زمان را باز است و به سوخت اجازه جریان می دهد.

اگر ECU نتواند تطابق و هماهنگی دقیقی برای rpm و بار موتور بیابد، در این حالت قادر است مقادیر مورد نیاز را جهت هماهنگی برآورد کرده و با یک پردازش دقیق مقدار مورد نظر حاصل شود- برای مثال اگر انجین در وضعیت حد اکثر دسته گاز ۳۹۰۰RPMs قرار گرفته باشد، رقم ۴۴ به عنوان مقدار سوخت محاسبه می شود که ما بین ارقام ۳۳ و ۴۴ است.

۳-۵- حال که ECU اصل میزان سوخت را بدست آورده است، اکنون لازم است میزان های مورد نیاز با توجه به برنامه سوخت مشخص شود.

۴-۵- ECU دمای انجین را مشخص میکند، اگر انجین سرد است میزان سوخت به واسطه درصدی که از قبل تعیین شده، تنظیم می شود

برای مثال وقتی دمای انجین ۳۰ درجه فارنهایت باشد، ECU در می یابد که انجین سرد است و به سوخت بیشتری نیاز دارد (همانند ساسات برای کارباتور) ECU براساس دمای انجین میزان درصد مشخصی را جستجو می کند پس ۲۰٪ انتخاب میشود (جدول شماره ۲).

Engine Temperature	Cold	Cool	Warm	Normal	Hot
Adjustment %	20%	10%	5%	0%	10%

جدول شماره ۲

اگر میزان سوخت قبل ما ۴۴ بود ، حالا ECU ۲۰٪ به این میزان اضافه میکند که نتیجه ۵۳ است . همین که انجین در حال گرم شدن است ، این میزان درصد کوچکتر شود و حتی دردمای نرمال عملیاتی ، به صفر می رسد

۵-۵ ECU توسط سنسور دمای هوای مکش مانیفولد، دمای هوای داخل مانیفولد را می خواند. براساس جدول میزان دمای انجین ، ECU درصد مورد نظر را جستجو می کند .

اجازه دهید بازگردیم به حد اکثر وضعیت دسته گاز یا حد اکثر سرعت در 3900 rpm و فرض کنیم که انجین گرم شده و به دمای عملیاتی رسیده باشد ، اما دمای بیرون ۹۰ درجه فارنهایت است که در این حالت ECU میزان ۲-٪ را جستجو میکند (جدول شماره ۴).

ECU به خوبی می داند که انجین در دمای بالا به سوخت کمتر نیاز دارد ، پس میزان جریان سوخت از ۴۴ به ۴۳ کاهش می یابد . اگر دمای هوا سرد بوده باشد ، اختلاط سوخت کمی غلیظ تر ایجاد می شود.

Air Temperature	-10 F	50 F	70 F	90 F	105 F
Adjustment %	20%	10%	0%	-2%	-5%

۵-۶ حال ECU مشخص کرده که در وضعیت حد اکثر دسته گاز و در ۳۹۰۰ rpm با دمای نرمال انجین و فشار هوای ۹۰ درجه مانیفولد انجین نیاز دارد که دریچه پمپ تزریق کننده (انژکتور) ۴۳٪ باز شود.

۵-۷ حال ECU شرایط را بررسی می کند که آیا زمان آن رسیده که پمپ تزریق کننده سوخت فعال شود یا خیر. وقتی که زمان گشایش دریچه تزریق کننده فرا رسد ، ECU برای مقدار مشخصی از زمان ، به جریان سوخت اجازه عبور می دهد- مدت زمان گشایش بسیار دقیق محاسبه می شود حتی تا میلی ثانیه نیز لحاظ می شود.

۶ - چرا EFI از کاربراتور بهتر است ؟

انتخاب یک کاربراتور مناسب و نیز ارتقاء سطح عملکرد آن همیشه یک سری از رضایت مندی ها را به همراه داشته است- ولیکن کاربراتور حدی برای شدت و اندازه هوای ورودی برای اختلاط بنزین و هوا تعیین نمی کند. بنابراین همیشه این اشکال وجود دارد که سوخت بیش از حد نیاز مصرف شود.

یک کاربراتور برای تامین سوخت انجین از یک نوع شرایط اختلاط سوخت و هوا سود می برد بدین ترتیب تنها سه وضعیت برای کاربراتور تعریف شده است- دور آرام - متوسط و تند که در دوره های مختلف انجین از آن بهره میگیرد.

بدین ترتیب وضعیت مختلف کاربراتور و شرایط اختلاط سوخت و هوا یک نمودار سوخت را تشکیل می دهد ، برخی از کارشناسان یک یا چند مولفه دیگر را به نمودار سوخت اضافه می کنند که پیچیدگی هایی را بدنبال دارد چرا که تمامی جوانب بایستی در نظر گرفته شود یعنی اگر مولفه ای تغییر کند روی تمام مولفه های دیگر تاثیر میگذارد.

به بیان ساده تر یک کاربراتور چیزی بیش از دور موتور آرام (درجا) و یا دور موتور تند (حرکت) نمیداند یعنی کاربراتور برای دور موتور پایین با قطر دهانه کوچک طراحی و تنظیم شود , اگر دهانه کاربراتور بزرگ شود عملکرد انجین در دور پایین ضعیف خواهد بود و بالعکس .

در نظر داشته باشید توانایی کاربراتور برای ایجاد یک مخلوط هوا/بنزین مناسب و به مقدار هوای عبوری از کاربراتور وابسته است.

بدین ترتیب اختلاط سوخت صرفا بر اساس مکش منیفولد صورت می گیرد که این کنترل مصرف سوخت را مشکل می سازد.

اما EFI :

مقدار سوخت مورد نیاز برای هر میزان از دور موتور در برنامه سوخت سیستم EFI یافت می‌شود - با توجه به برنامه سوخت تعریف شده در ECU مخلوط بنزین و هوای مورد نیاز انجین بتوسط ECU آماده می‌شود که این پروسه بر اساس داده‌های دریافتی از سنسورهای موجود در انجین انجام می‌شود.

پس مقدار مشخصی از سوخت تامین می‌شود که این مقدار سوخت وارد شده به انجین دقیقاً برابر است با مقدار مورد

نیاز انجین بر حسب شرایط.

برای مصرف مناسب سوخت مورد نظر و همچنین تولید مخلوط مناسب بنزین و هوا بایستی از عبور هوای مازاد و یا سوخت مازاد جلوگیری شود ، همچنین میتواند قطر دریچه کنترل بنزین و قطر دریچه هوا به هر میزان بزرگ باشد و به انجین اجازه دهد هر اندازه که مورد نیاز است بنزین/هوا دریافت کند.

از آنجایی که هوای بیشتر برابر است با قدرت بیشتر ، پس EFI بایستی میزان دقیقی از بنزین را به سبب افزایش در حجم هوای ورودی تامین کند.

بدین ترتیب EFI میتواند کنترل دقیقی در مصرف سوخت اعمال نموده و بر اساس نیاز انجین سوخت را به آن برساند.

۷- یک کلمه در مورد اگزوزها

به دلیل ابهاماتی در خصوص فشار برگشت (پس فشار) سوالات متعددی در مورد الزام در تغییر سیستم اگزوزها برای موتورهای انژکتوری وجود دارد .

وقتی ما راجع به فقدان فشار برگشت صحبت می کنیم دقیقا به مدیریت انعکاس موج های فشار اشاره کرده ایم که باعث ایجاد صدا در اگزوز می شود. این موج ها از خود عکس العمل نشان داده و باعث مکش گازهای خروجی میشود، اما شما نیاز دارید بدانید که آیا فشار برگشت در اگزوز باعث کاهش جریان سوخت در انجین می شود یا خیر؟

موانع فیزیکی باعث تولید موج های فشار می شود و زمانی که این موج ها به سوپاپ دود می رسد باعث افزایش جریان هوا با مکش سیلندر و کاهش جریان هوا با فشار سیلندر در عکس جهت می شود - که با سرعت انجین تغییر می کند.

البته یک سیستم خروجی خوب و قابل قبول موج های فشار را با مدیریت صحیح کاهش می دهد یا در جهت درستی از آن بهره می جوید که نتیجه آن قدرت بیشتر است.

اما یک سیستم انژکتوری از سیستم اگزوز تاثیر نمی پذیرد و لیکن مقدار هوای ورودی به انجین می تواند کنترل شود هوای بیشتر سوخت بیشتر می خواهد اما اگر سیستم نتواند شرایط را کنترل کند، اختلاط سوخت به خوبی تامین نمیشود.

از آنجایی که در تعدادی از سیستم های انجین مورد استفاده برخی مدل های موتور سیکلت از سنسور جریان هوا برای مخلوط سوخت استفاده نمی کند پس به ناچار برنامه سوختی بایستی تغییر کند.

وقتی که در یک موتور سیکلت EFI، از مجموع هواکش خاص و سیستم اگزوز مناسب استفاده می شود ضرورتا می بایست برنامه سوخت EFI نیز تغییر کند تا به نحوی افزایش هوای ورودی به انجین تامین شود.

در موتور سیکلت های دو سیلندر با دو نوع اگزوز - دو لوله اگزوز خروجی و دو خفه کن - دو لوله اگزوز خروجی و یک خفه کن - بر خلاف اگزوز های دارای خفه کن با طول زیاد اجازه عبور هوای خروجی از اگزوز به نحوی

مطلوب صادر می شود و لیکن باعث تغییر در شرایط موج های فشار نمی شود، زیرا در این آگزوزها محدودیت در سیستم آگزوز کاهش می یابد و هدایت موج های فشار تا حد قابل توجهی دستخوش تغییر می شود.

لازم به ذکر است موج های فشاری که در آگزوزهای دارای خفه کن با طول زیاد تولید می شود باعث کاهش عبور جریان هوا از انجین خواهد شد.

یک کاربراتور و انجین انژکتوری نسبت به تغییرات در آگزوزها از خود عکس العمل یکسان نشان داده که البته تفاوت در چگونگی ابعاد و شکل آگزوز مورد نظر خواهد داشت.

در انجین کاربراتوری برای تغییر جریان هوای ورودی شما قطر ورودی کاربراتور را تغییر می دهید و خیلی از افراد متوجه این موضوع نمی شوند که بر اساس میزان جریان هوای خروجی بایستی تغییرات مورد نیاز در آگزوز به منظور جبران فشار خروجی ایجاد شود.

اما در سیستم انژکتوری بر اساس برنامه تزریق سوخت و بر اساس دور انجین، میزان هوای خروجی در سرعت های متفاوت تعیین می شود.

البته به نظر می رسد همسازی انجین انژکتوری نسبت به انجین کاربراتوری با شرایط بار/سرعت بسیار بدتر و سخت تر صورت گیرد اما وقتی که برنامه سوختی برای شرایط بار/سرعت دوباره تعریف شود عموماً قدرت و بازدهی بهتری حاصل می شود.

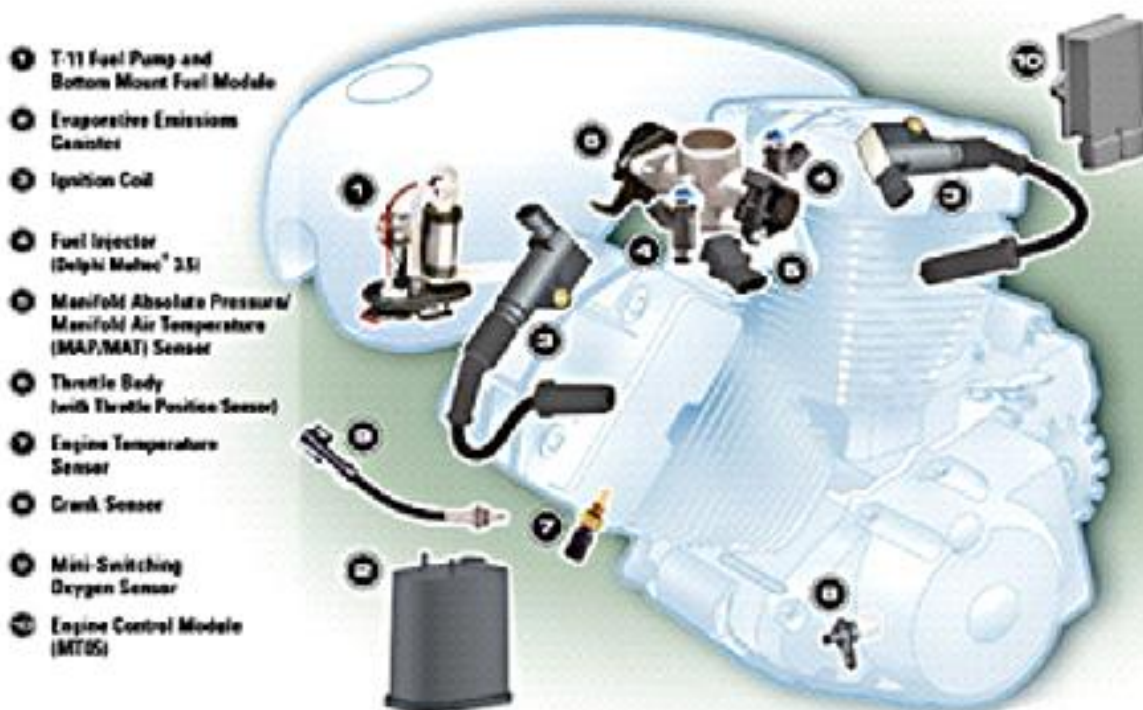
8- EFI و کارایی بهتر

این استدلال وجود دارد که شما وقتی این مقاله را می خوانید ابعاد مثبت سوخت رسانی EFI را در نظر گرفته و به آن علاقه مند شوید. البته روش های زیادی وجود دارد که سیستم سوخت رسانی مدل های قدیمی کاربراتوری، اصلاح و ارتقا یابد و به روز شود. و یا اینکه امکاناتی وجود دارد که می توان سیستم کاربراتور را به EFI تبدیل کرد.

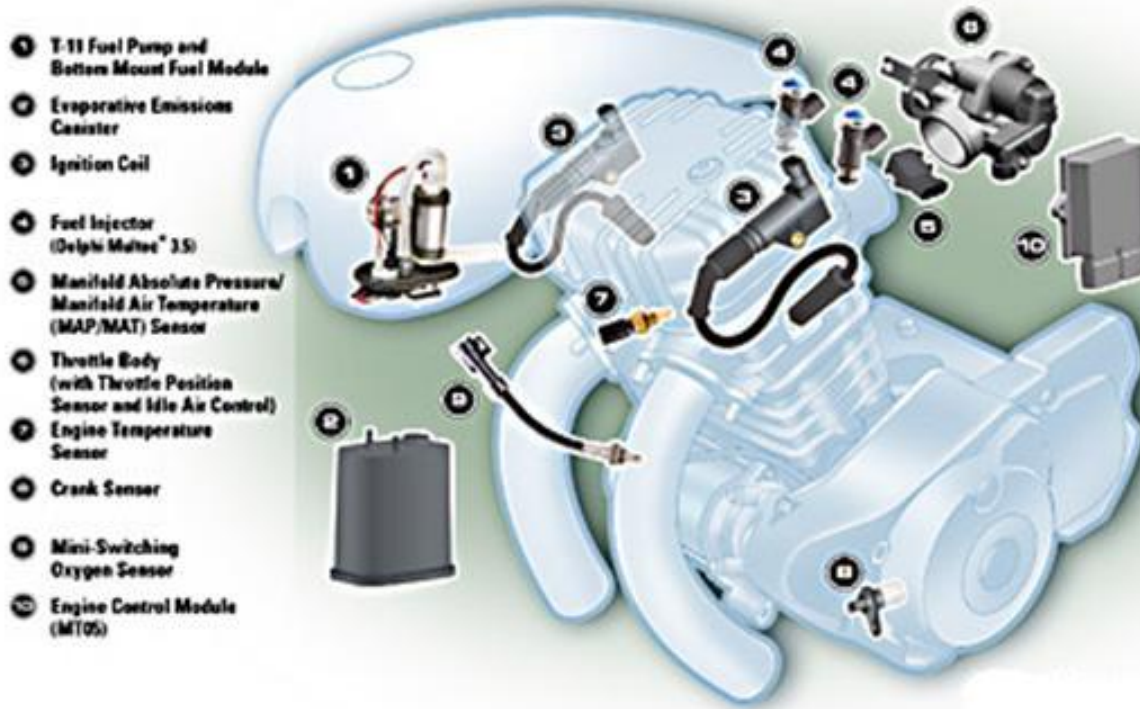
۹- معرفی انواع انجین موتور سیکلت و سیستم EFI:

در تصویر پیوست شما سه نوع انجین موتور سیکلت را به همراه قطعات و تجهیزات سیستم EFI ملاحظه می کنید. در این تصاویر علاوه بر معرفی قطعات سیستم EFI نحوه اتصال آنها به انجین نمایش داده شده است.

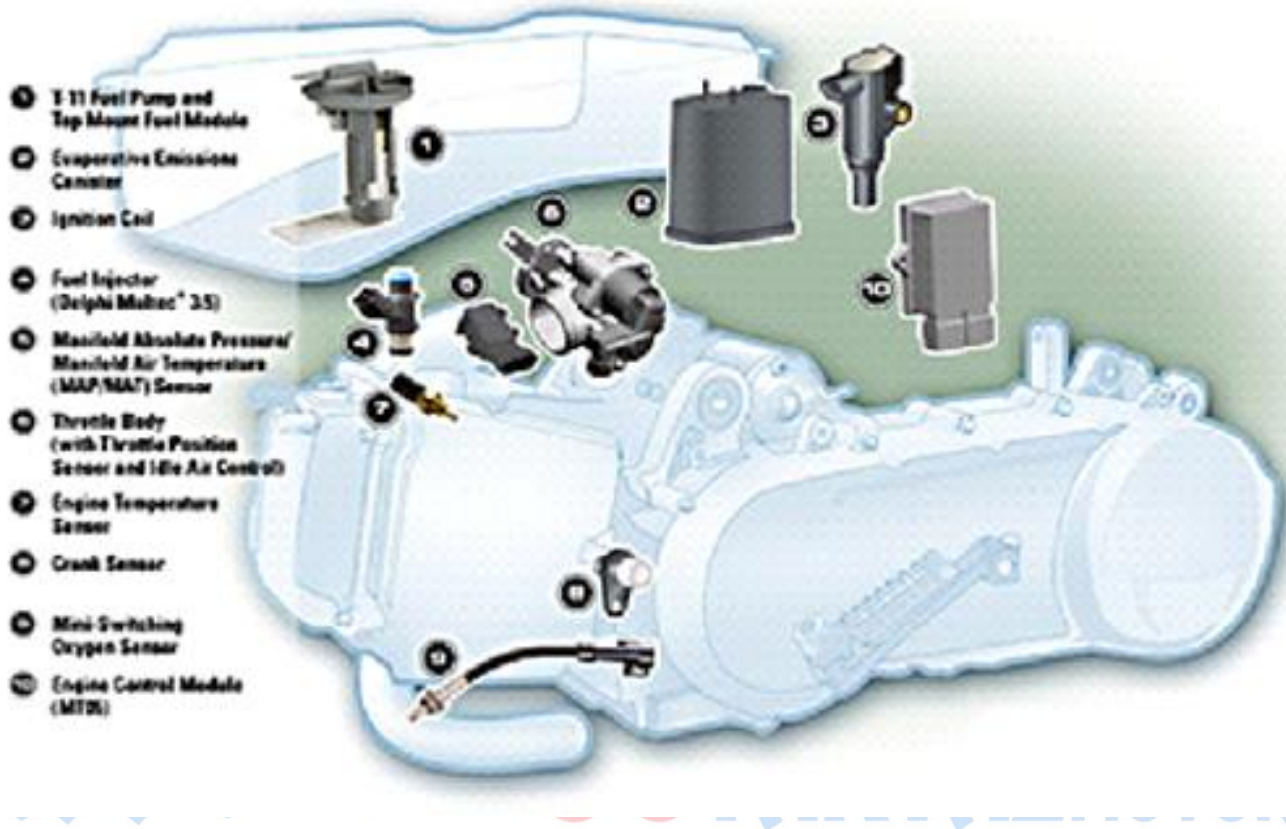
2-Cylinder V Motorcycle Engine EMS Portfolio



2-Cylinder In-Line Motorcycle Engine EMS Portfolio



1-Cylinder Motor Scooter Engine EMS Portfolio



- 1 Fuel Pump and Top Mount Fuel Module
- 2 Evaporative Emissions Canister
- 3 Ignition Coil
- 4 Fuel Injector (Delphi Multec® 25)
- 5 Manifold Absolute Pressure/Manifold Air Temperature (MAP/MAT) Sensor
- 6 Throttle Body (with Throttle Position Sensor and Idle Air Control)
- 7 Engine Temperature Sensor
- 8 Crank Sensor
- 9 Mini Switching Oxygen Sensor
- 10 Engine Control Module (ECM)