مبانی کنترل موتور بنزینی
و
کالیبراسیون ای‌سی‌یو موتور سیکلت

فهرست مطالب

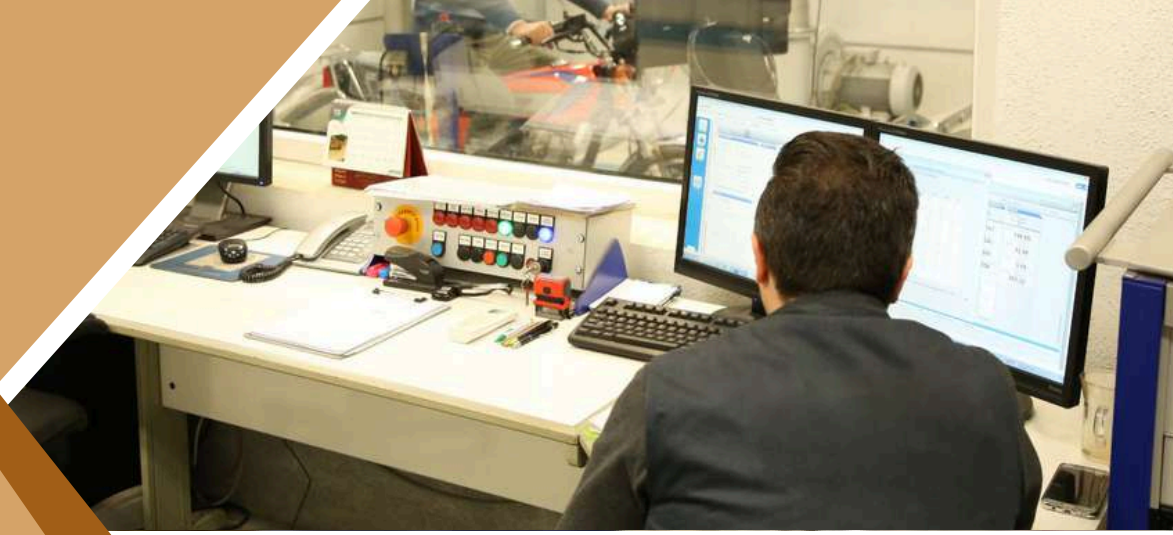
فصل اول: مبانی کنترل موتور بنزینی.....۲

فصل دوم: کالیبراسیون ای‌سی‌یو موتورسیکلت.....۴۳

فصل اول:
مبانی کنترل موتور بنزینی

فهرست کلی

- بررسی پارامترهای کنترل انجین
- بررسی وظایف ای‌سی‌یو
- اندازه‌یابی و مکان‌یابی حسگرها و عملگرها
- چگونگی مهار آلودگی



بررسی پارامترهای کنترل انجین

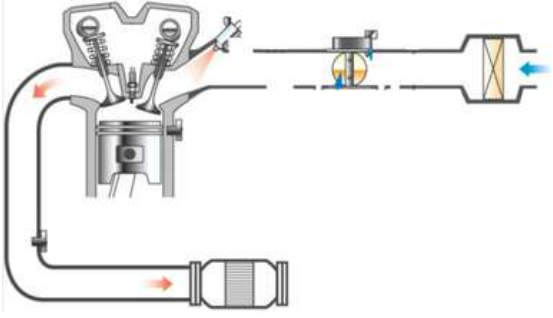
جرم هوای ورودی ـ کنترل کننده اصلی

جرم هوای ورودی ـ کنترل‌کننده اصلی موتور بنزینی

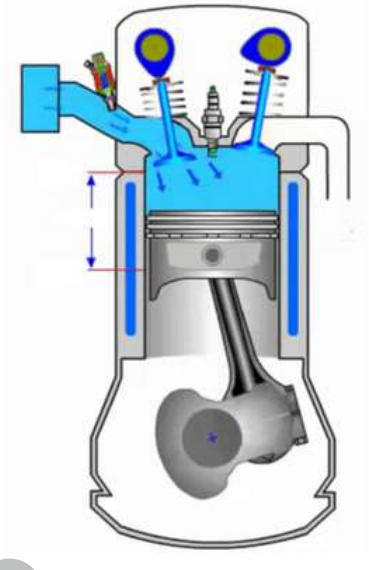
کنترل جرم هوای ورودی به انجین معادل به کنترل قدرت خروجی انجین است

در انجین‌های بنزینی کنترل‌کننده اصلی جرم هوای ورودی راننده است که از طریق فرمان دادن به دریچه گاز انجام می دهد.

ای‌سی‌یو به صورت محدودی میزان هوای ورودی را کنترل می کند فارغ از آنکه دریچه گاز مکانیکی یا برقی باشد.



پارامترهای تاثیرگذار بر جرم هوای وارد شده به سیلندر



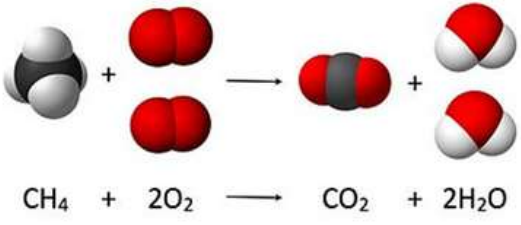
علاوه بر موقعیت دریچه گاز (میزان گاز دادن راننده) جرم هوای ورودی به سیلندر در مرحله مکش متاثر از،

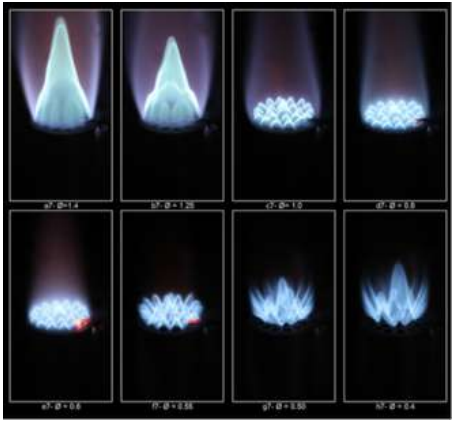
- حجم انجین
- دمای هوای محیط
- فشار محیط (ارتفاع)
- دور انجین
- هندسه محفظه احتراق
- دمای انجین
- و سیستم ورود هوا و خروج گاز اعم از اندازه و هندسه و جنس مسیر هوا از هواکش تا انجین و هندسه مسیر عبور هوا از سرسیلندر و تعداد سوپاپ های دود و هوا و هندسه مسیر اگزوزمی باشد.

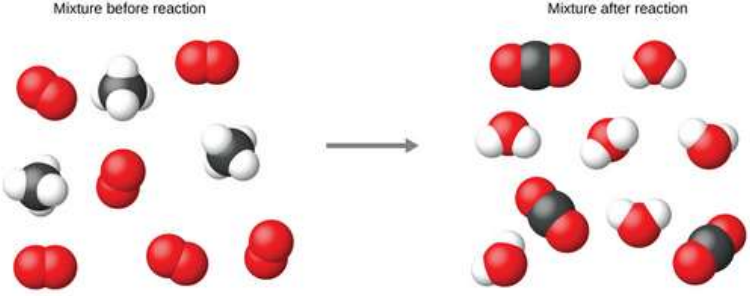
بررسی پارامترهای کنترل انجین

نسبت جرمی سوخت و هوا ـ کنترل‌کننده فرعی

فرمول احتراق سوخت‌های کربنی



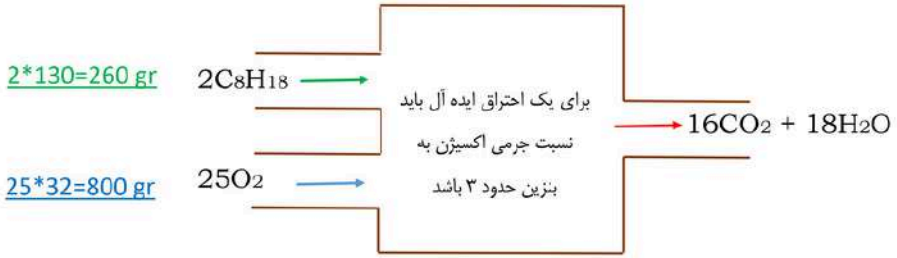




فرمول بنزین و هوا

فرمول بنزین: C8H18

مثال: اگر ۲ واحد بنزین با ۲۵ واحد اکسیژن با هم مخلوط و محترق شوند، ۱۶ واحد دی اکسید کربن و ۱۸ واحد آب تولید می‌کنند.



ترکیب جرمی مخلوط هوای خشک در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد و فشار سطح دریا: $O_2 + 3.76N_2 +$ مقدار ناچیزی گازهای دیگر

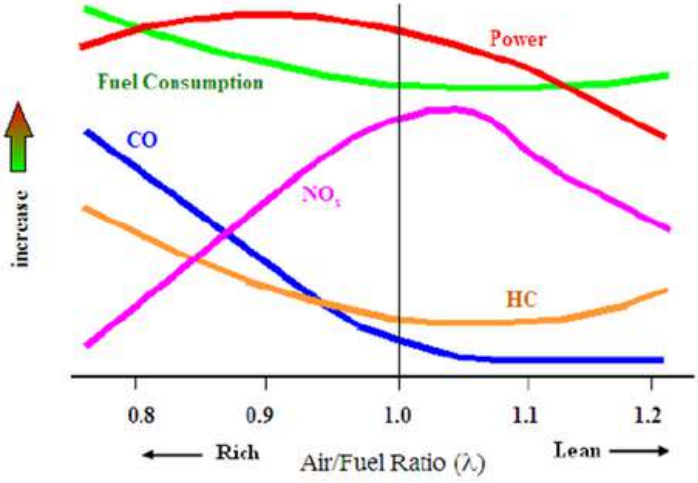
در هر واحد جرمی هوا ۲۰/۹۴۵ درصد اکسیژن وجود دارد لذا برای ۸۰۰ گرم اکسیژن باید ۳۸۲۰ گرم هوا وارد انجین شود.

بنابر این در حالت ایده آل نسبت هوا به بنزین باید به نسبت ۳۸۲۰ به ۲۶۰ یعنی ۱۴/۷ باشد

مخلوط و احتراق ایده‌آل در مقایسه با مخلوط و احتراق واقعی

- مخلوط با نسبت استاندارد و احتراق ایده آل: ۱ گرم بنزین + ۱۴/۷ گرم هوا ⟵ ۱/۴ گرم آب (بخار) + ۳ گرم دی اکسید کربن + ۱۱/۳ گرم نیتروژن + آزاد شدن انرژی
- مخلوط با نسبت استاندارد و احتراق واقعی: ۱ گرم بنزین + ۱۴/۷ گرم هوا ⟵ بخار آب + دی اکسید کربن + نیتروژن + گازهای آلاینده +آزاد شدن انرژی
- مخلوط با نسبت غیراستاندارد : هم از لحاظ فنی امکان فراهم کردن مخلوط استاندارد داخل سیلندر نیست و هم به دلایلی بعضی وقت‌ها ضرورت دارد مخلوط داخل سیلندر از حالت استاندارد دور باشد.
- بد سوزی: اگر از نسبت ۱۴/۷ به ۱ خیلی دور شویم (کمتر از ۱۱ به ۱ یا بیشتر از ۱۶ به ۱) احتراق خیلی ناقصی داریم، تولید مواد آلاینده خیلی زیاد و تولید انرژی خیلی افت می کند.

تاثیر نسبت سوخت_هوا بر عملکرد انجین



- اگر همراه ۱۴/۷ گرم هوا، بیشتر از ۱ گرم بنزین باشد: تولید گازهای آلاینده منواکسید کربن و هیدروکربن ها بیشتر و اکسیدهای نیتروژن کمتر می‌شود.
- اگر همراه ۱۴/۷ گرم هوا، کمتر از ۱ گرم بنزین باشد: تولید گازهای آلاینده اکسیدهای نیتروژن افزایش و هیدروکربن کاهش می‌یابد.

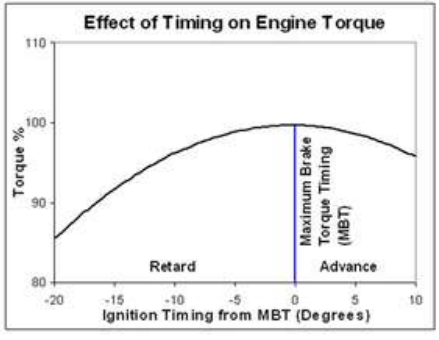
بررسی پارامترهای کنترل انجین

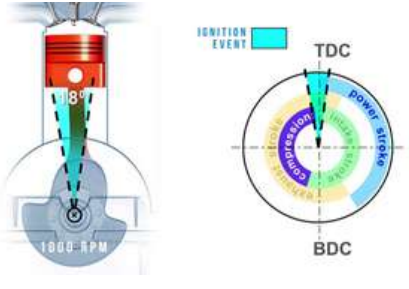
زمان بهینه جرقه زنی ـ کنترل کننده فرعی

زمان بهینه جرقه‌زنی شمع

بهترین زمان جرقه‌زنی برای دستیابی به بیشترین قدرت و کمترین میزان مصرف سوخت به پارامترهای زیر وابسته است:

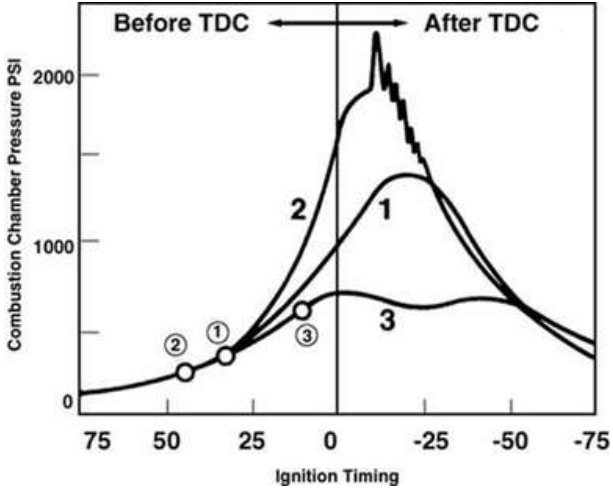
- مشخصات هندسی محفظه احتراق
- نسبت تراکم انجین
- دور انجین
- میزان باز بودن دریچه گاز (میزان هوا)
- دما و فشار هوا
- مشخصات بنزین (عدد اکتان)
- نسبت هوا به سوخت





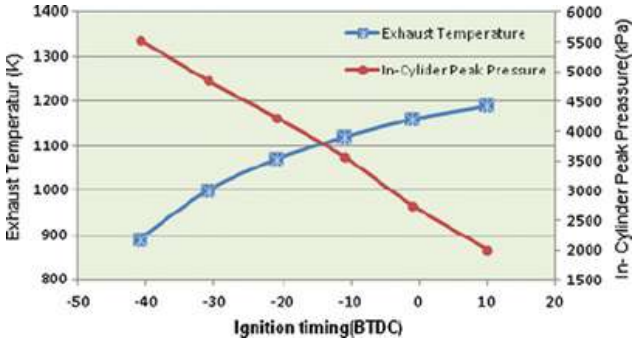
در دور آرام زمان بهینه جرقه‌زنی در یک بازه ۱۸ درجه‌ای حول نقطه مرگ بالا است اما هر چه دور انجین بالاتر رود نیاز است جرقه زودتر (قبل از TDC) زده شود.

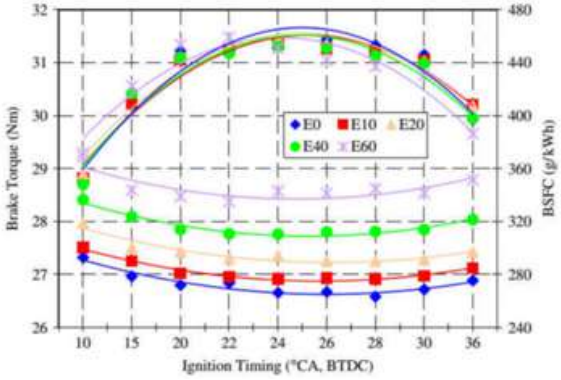
ایجاد ضربه (KNOCK)



- در انجین بنزینی همیشه امکان جرقه‌زنی در زمان بهینه نیست چون خیلی وقت‌ها موتور knock می زند لذا مجبوریم زمان جرقه‌زنی را نسبت به زمان ایده‌آل به تاخیر اندازیم.

تاثیر زاویه جرقه بر عمکرد انجین





زمان ایجاد جرقه توسط شمع و اشتعال مخلوط سیلندر، بر پارامترهای خروجی زیر تاثیر گذار است:

- میزان تولید قدرت
- تشکیل گازهای آلاینده
- میزان مصرف سوخت
- دمای گازهای خروجی

وظایف ای‌سی‌یو

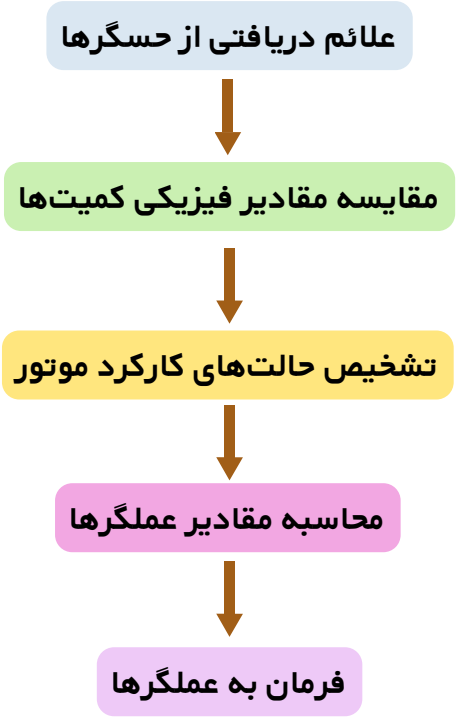
محاسبات سوخت و جرقه

سرفصل وظایف ای‌سی‌یو

۱. تشخیص حالت کارکردی موتورسیکلت

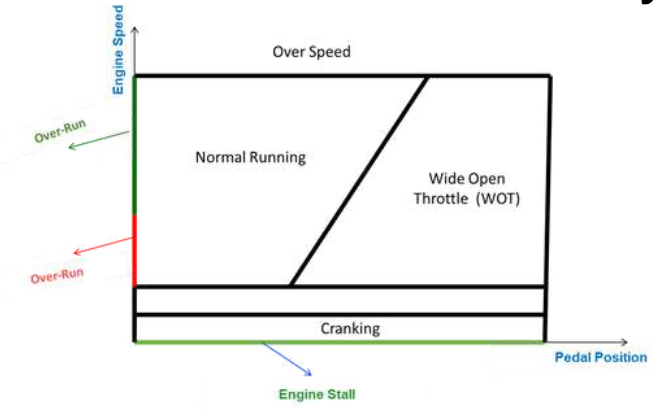
۲. محاسبات و صدور فرمان‌های کنترلی مناسب برای حالت کارکردی تشخیص داده شده.

۳. تطبیق محاسبات و فرمان‌های کنترلی برنامه اولیه خود متناسب با تفاوت انجین، حسگرها و عملگرهای موتورسیکلت در مقایسه با موتورسیکلت مرجعی که برنامه بر روی آن تنظیم شده.



تشخیص حالت کارکردی موتورسیکلت

- **با توجه به آنکه موتورسیکلت در کدامیک از مدهای کار زیر باشد، باید استراتژی متفاوت نسبت هوا ـ سوخت و زمان جرقه زنی اعمال شود:**



۱. استارت زدن
۲. دور آرام سرد (کارکرد بدون لرزش انجین بلافاصله بعد از استارت سرد)
۳. دور آرام گرم
۴. دریچه گاز کاملا باز
۵. حالت شتاب‌گیری مثبت یا منفی
۶. محافظت از سوپاپ دود و مسیر اگزوز در مقابل دمای زیاد گاز اگزوز
۷. داغ شدن هر چه سریعتر کاتالیست بعد از روشن شدن

محاسبات، تصمیمات و فرمان‌های مهم ای‌سی‌یو

- محاسبه میزان جرم هوای ورودی به سیلندر در هر مرحله مکش
- محاسبه میزان بنزین مورد نیاز برای آن مرحله با توجه به آنکه حالت رانندگی عادی است (نسبت هوا به سوخت ۱۴/۷ به ۱) یا حالت خاص است و تزریق آن مقدار محاسبه شده پشت سوپاپ.
- محاسبه و صدور فرمان جرقه‌زنی شمع در زاویه ایجاد حداکثر قدرت یا جرقه‌زنی با تاخیر به دلیل ایجاد knock یا کنترل دور آرام.
- تعیین زمان پاشش سوخت به گونه ای که پتانسیل تشکیل آلودگی در داخل سیلندر را کاهش دهد.
- متعادل نگه داشتن دور آرام (بدون لرزش) از طریق تغییر خودکار یک شیر هوای تعبیه شده یا تغییر جرقه و ترکیب آن‌ها با میزان تغییرات پاشش سوخت.
- جلوگیری از انتشار بخار بنزین به محیط اعم از بخار ایجاد شده در باک، انجین یا مسیر سوخت رسانی.

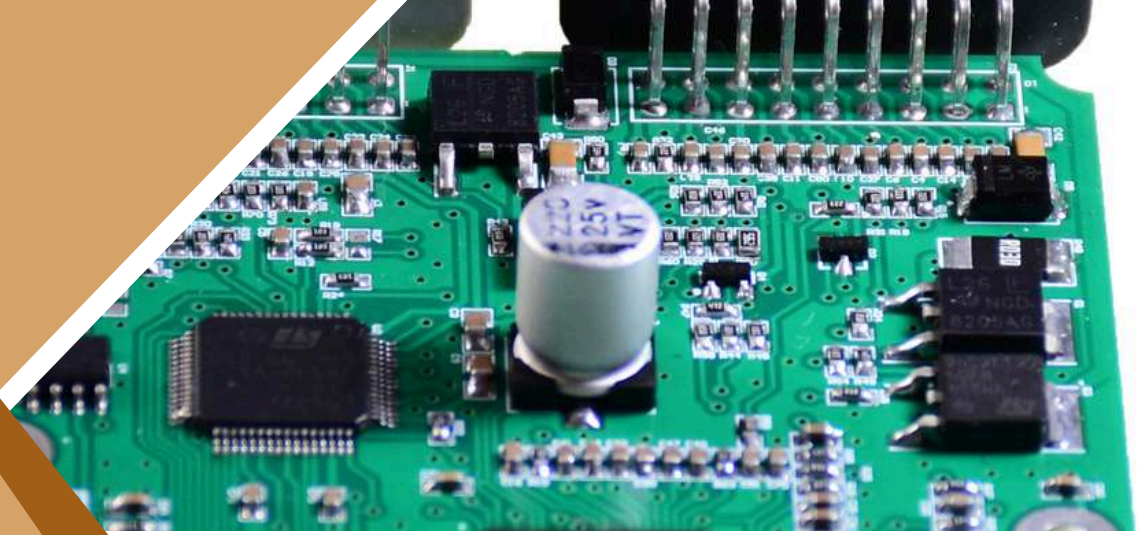
تصحیح‌های مهم ای‌سی‌یو در تولید انبوه

- برنامه ای‌سی‌یو یک مدل موتورسیکلت (با یک مدل انجین معین) در مدت چند ماه و حداکثر بر روی چند دستگاه موتورسیکلت و با یک نوع سوخت تنظیم شده و برای تولید انبوه نهایی می گردد.
- هر ای‌سی‌یو نصب شده بر روی موتورسیکلت‌های تولید انبوه شده از همان مدل پایه، باید قادر باشد به صورت خودکار تصحیحات ذیل را بر روی محاسبات خود انجام دهد:

✓ پراکندگی تلرانس‌های تولید قطعات انجین و تفاوت‌های ایجاد شده در مونتاژ انبوه انجین
✓ کثیف شدن فیلتر هوا، گرفتگی محدود اگزوز یا خوردگی تدریجی الکترود شمع
✓ پراکندگی مشخصات فنی حسگرها و عملگرهای خود سیستم انژکتوری از یک موتورسیکلت به موتورسیکلت دیگر مثلا تلرانس‌های تولیدی انژکتور
✓ کاهش دقت حسگرها یا تفاوت کارکرد عملگرهای یک موتورسیکلت در طول زمان
✓ تفاوت مشخصات سوخت

- هر چقدر دقت تولید انبوه انجین و قطعات سیستم انژکتوری بالاتر و تفاوت موتورسیکلت‌ها با یکدیگر کمتر باشد (از یک مدل)، رضایت مشتری از عملکرد سیستم انژکتوری بالاتر می‌رود.

برعکس هر چقدر دقت‌های تولید انبوه پایین‌تر باشد، کار و زحمت گروه کالیبراسیون ای‌سی‌یو بیشتر و سخت‌تر و امکان کسب رضایت مشتری کمتر می‌شود.



وظایف ای‌سی‌یو

محاسبات جرم هوا و عملگر کنترل محدود هوا

مشخصات ثابت که نیازی به تعبیه حسگر و اندازه‌گیری دائم آنها نیست اما در تنظیمات ای‌سی‌یو مؤثر هستند

- حجم سیلندر
- هندسه محفظه احتراق
- هندسه مسیر عبور هوا و دود از سرسیلندر و تعداد سوپاپ‌ها
- طول مسیر و هندسه مسیر هوا از هواکش تا سرسیلندر
- طول مسیر و هندسه مسیر عبور دود

مشخصات متغییر که نیازمند تعبیه حسگرهای اندازه‌گیری و ارسال گزارش مداوم به ای‌سی‌یو است

- موقعیت دریچه گاز
- دمای هوای ورودی به سیلندر
- فشار هوای محیط
- فشار هوا بعد از صفحه گاز
- دمای انجین
- مقدار اکسیژن در گازهای خروجی اگزوز
- دور میل لنگ برای محاسبه جرم هوا بر حسب زمان
- موقعیت پیستون نسبت به نقطه مرگ بالا

دور آرام (دریچه بسته) و جرم و حجم هوای مورد نیاز

- **در موقعیت بسته دریچه گاز به میزان محدودی جریان هوا از کنار صفحه گاز عبور می کند. موقعیت بسته دریچه در زمان تولید یکبار و برای همیشه تنظیم می گردد.**
- **معمولا از یک دریچه گاز با قطر صفحه گاز مشخص در انجین‌های با محدوده حجم نسبتا زیاد استفاده می‌شود. مثلا دریچه گاز ۲۸ میلیمتری برای محدوده حجم انجین‌های ۱۰۰ تا ۲۰۰ سی‌سی مناسب است.**
- **وقتی یک دریچه گاز با قطر مشخص بر روی یک انجین نصب می‌شود به دلایل زیر باید قابلیت عبور جرم (یا حجم) هوای متفاوتی در حالت دریچه بسته داشته باشد:**

✓ حجم جابجایی انجین متفاوت نیاز به جرم هوای متفاوت برای استارت زدن و تنظیم دور آرام.

✓ چگالی هوای ورودی به سیلندر به دلیل تغییر ارتفاع یا دمای محیط تغییر کرده و برای عبور جرم مشخص هوا باید حجم متفاوتی از هوا عبور کند.

✓ پس از دوره استارت سرد تا گرم شدن موتور سیلندر گرم می شود و برای تنظیم دور آرام نیاز به جرم کمتری از هوا است.

✓ در دور آرام بار الکتریکی یا مکانیکی به انجین وارد می شود و نیاز است که معادل بار اضافی جرم هوای ورودی افزایش یابد.

کنترل دور آرام با استپر موتور یا بدون آن؟!

- **اگر بر روی دریچه گاز، استپر موتور تعبیه شود و در ای‌سی‌یو نیز توابع کنترلی آن تنظیم گردد همه حالت‌هایی که نیاز به تغییر جرم یا حجم هوای ورودی به انجین در حالت دریچه بسته باشد، قابل کنترل است. در این صورت موقعیت صفحه گاز در حالت دریچه بسته برای یک مدل دریچه فقط در یک وضعیت تنظیم می‌گردد و وابسته به حجم موتور نبوده و استپر موتور کنترل جرم (حجم) هوا را انجام می‌دهد.**
- **اگر در وسیله نقلیه موتوری کولر، فرمان هیدرولیک یا برقی، گیربکس اتومات و به طور کلی دستگاه‌هایی که یا مستقیما یا غیر مستقیم از طریق دینام بر روی محور میل لنگ بار مضاعف وارد می‌کنند، تعبیه شده باشد بهره‌گیری از استپر موتور (یا دریچه گاز برقی) گریزناپذیر است.**
- **در صورتی که وسیله نقلیه فاقد دستگاه‌های فوق‌الذکر باشد، بدون بهره‌گیری از استپر موتور، دور آرام موتور به طرق ذیل قابل تنظیم است:**

✓ حجم جابجایی انجین متفاوت نیاز به جرم هوای متفاوت برای استارت زدن و تنظیم دور آرام دارد: موقعیت بسته صفحه گاز در کارخانه تولید دریچه گاز، برای حجم انجین مشخصی تنظیم می‌گردد.

✓ چگالی هوای ورودی به سیلندر به دلیل تغییر ارتفاع یا دمای محیط تغییر کرده و برای عبور جرم مشخص هوا باید حجم متفاوتی از هوا عبور کند: برای تغییرات ارتفاعی (حدودی) کمتر از ۱۰۰۰ متر و دمای محیط (حدودی) کمتر از ۳۰ درجه سانتیگراد، به جای استراتژی تغییر حجم هوا، ای‌سی‌یو استراتژی تغییر جرقه را اعمال می کند. برای تغییرات ارتفاعی و دمایی بیشتر از آنچه که در بالا ذکر شد یک پیچ هوای آرام تعبیه شده که باید به صورت دستی تنظیم شود.

✓ پس از دوره استارت سرد تا گرم شدن موتور سیلندر گرم می‌شود و برای تنظیم دور آرام نیاز به جرم کمتری از هوا است: استراتژی تغییر جرقه و تغییر نسبت هوا به سوخت جایگزین می‌شود.

✓ در دور آرام بار الکتریکی ناچیز لامپ‌های روشنایی وارد می شود: استراتژی تغییر جرقه جایگزین می شود.

وظایف ای‌سی‌یو

محاسبات سوخت و جرقه

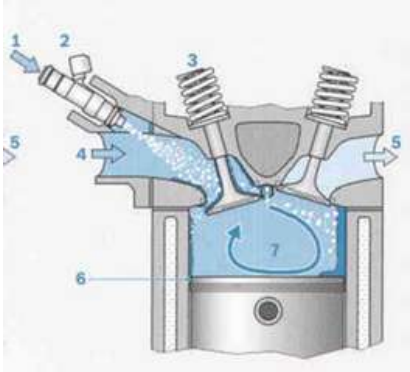
محاسبات سوخت

- **جرم سوخت مورد نیاز**

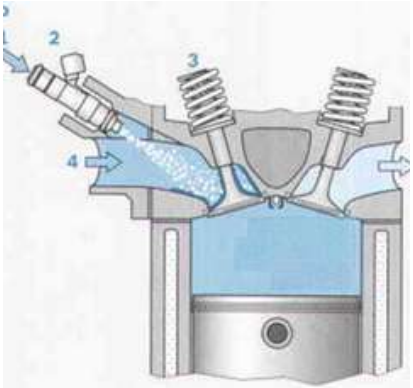
✓ تعیین جرم سوخت هدف بر مبنای جرم هوای محاسبه شده و در نظر گرفتن مد کاری موتورسیکلت
✓ فشار پمپ سوخت (فشار رگلاتور)
✓ دبی نامی انژکتور سوخت
✓ زمان باز بودن انژکتور
✓ ولتاژ باتری!

- **زمان مناسب پاشش سوخت (فاز پاشش)**

✓ بر مبنای مد کاری موتورسیکلت، دور انجین و جرم هوای محاسبه شده
✓ موقعیت پیستون نسبت به نقطه مرگ بالا و همچنین زمانبندی سوپاپ‌ها



فاز پاشش سوپاپ باز



فاز پاشش سوپاپ بسته

محاسبات جرقه

- بر مبنای مشخصات ثابت هندسی انجین از قبیل حجم انجین و نسبت تراکم
- بر مبنای مقادیر دریافت شده از حسگرهای اکسیژن، دور میل لنگ، دما ـ فشار هوای ورودی، TPS و دمای انجین

اندازه‌یابی و مکان‌یابی عملگرها و حسگرها

اندازه‌های مهم در انتخاب قطعات

- **قطر دریچه گاز**
- **دبی سوزن انژکتور**
- **فشار پمپ**
- **قطر کاتالیست**

✓ سطح مقطع موثر کاتالیست معمولا ۳۰% تا ۴۰% (بسته به دانسیته مونولیت که بر حسب واحد cpi گزارش می شود) کمتر از سطح مقطع نامی کاتالیست است.

✓ در مقایسه با سطح مقطع ورودی هوا، سطح مقطع موثر مسیر دود باید حدود ۳۰% بزرگتر باشد چون چگالی گاز با افزایش دما کاهش می یابد.

✓ بنابر این سطح مقطع نامی کاتالیست حداقل باید ۱/۷ برابر سطح مقطع پورت(های) ورودی هوا به سیلندر باشد.

- **حجم کاتالیست**

✓ حجم زیاد امکان بارگذاری بیشتر عناصر گران‌بها را فراهم می کند اما دیر تر گرم می شود.

مکان‌یابی های مهم

- **جانمایی سوزن انژکتور**

✓ پاشش باید تا حد ممکن مستقیما پشت دیسک سوپاپ انجام شود.

✓ از عدم برخورد مستقیم یا شره کرده قطرات سوخت در زمان استارت سرد بر روی شمع اطمینان حاصل شود در غیر اینصورت پدیده شمع سوزی اتفاق می‌افتد.

✓ از عدم افزایش دمای سوزن انژکتور به بیش از ۷۰ درجه اطمینان حاصل شود.

- **جانمایی حسگر اکسیژن**

✓ تا حد ممکن نزدیک به سوپاپ خروجی دود از سیلندر باشد تا اختلاف زمانی بین واقعیت مخلوط داخل سیلندر و داده ارسال شده به ای‌سی‌یو در مورد نسبت هوا به سوخت کمترین مقدار ممکن باشد.

✓ تا حد ممکن نزدیک به سوپاپ دود و نوک حسگر در مرکز مقطع خروجی لوله اگزوز باشد تا علاوه بر گرمکن برقی حسگر، گرمای گاز اگزوز هم به گرم شدن سریعتر حسگر کمک کند.

- **جانمایی کاتالیست**

✓ تا حد ممکن نزدیک به دریچه خروجی دود از سیلندر باشد تا کاتالیست زود گرم شود و به بازدهی حداکثر خود برسد.

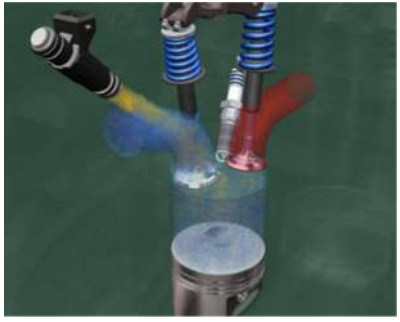
✓ در داخل کاتالیست دمای گاز خروجی مجددا افزایش می یابد لذا چنانچه کاتالیست در مجاورت انجین یا شیلنگ‌های سوخت یا آب یا قطعات پلاستکی و سیم ها باشد، باید تمهیداتی برای محافظت از قطعات اندیشیده شود.

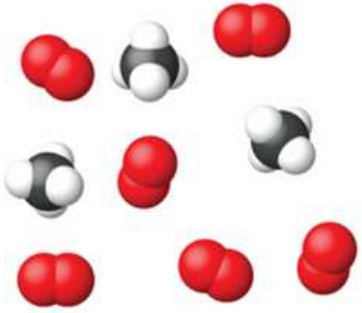
مهار آلودگی

دلایل اصلی تولید گازهای آلاینده

توزیع غیر یکنواخت سوخت

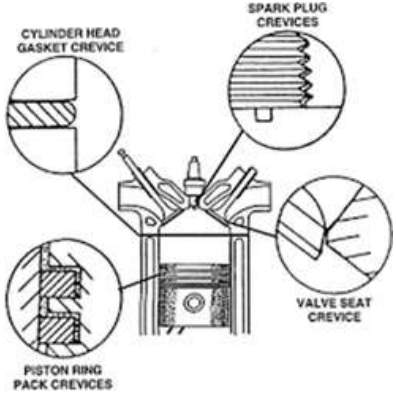
- مخلوط کردن ایده آل سوخت و هوا در داخل سیلندر به گونه ای که در کنار هر مولکول سوخت به اندازه کافی مولوکل هوا برای احتراق کامل در دسترس باشد غیرممکن است لذا تولید گازهای آلاینده اجتناب ناپذیر است. میزان غیر یکنواختی مخلوط سوخت و هوا تحت تاثیر هندسه مسیر هوای ورودی از هواکش تا سرسیلندر، هندسه مسیر هوا در سرسیلندر و تعداد سوپاپ‌ها، هندسه محفظه احتراق، دور انجین و زمان پاشش و محل پاشش بنزین توسط انژکتور تغییر می کند.

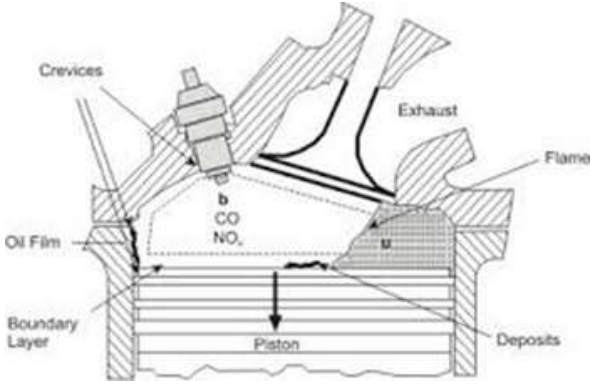




سطوح و شکاف‌های محفظه احتراق

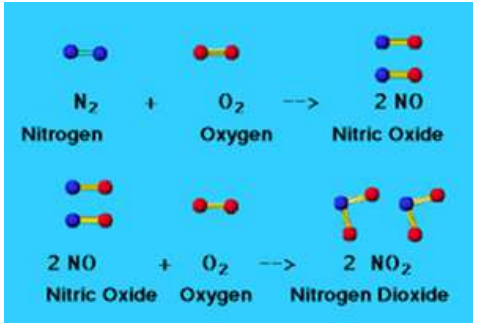
- سطوح محفظه احتراق که به نسبت دمای شعله احتراق خیلی سردتر هستند، در هنگام رسیدن شعله به سطوح برای سوزان مخلوط مجاور سطوح باعث خاموش شدن شعله و سوختن ناقص و تولید آلودگی می شوند
- مخلوط در گوشه‌ها و شکاف‌های محفظه احتراق مانند شکاف رینگ یا شکاف سر شمع پس از احتراق همچنان دست نخورده باقی می‌ماند.

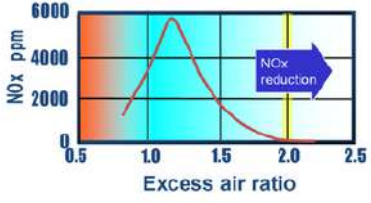


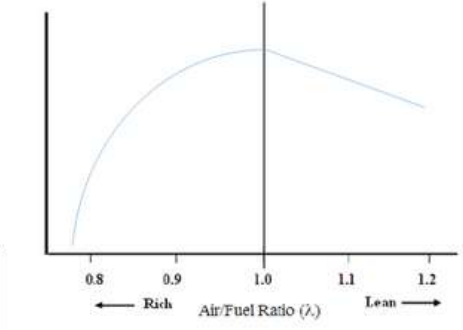


واکنش مولکول نیتروژن در دمای زیاد

- مولوکول نیتروژن (N2) موجود در هوا که به طور ایده آل نباید در واکنش‌های احتراقی شرکت کند، با افزایش دمای احتراق و در درسترس بودن زیاد آن (نسبت هوا به سوخت زیاد) می‌شکند و به عنصری فعال برای واکنش و ایجاد آلودگی تبدیل می شود.







مهار آلودگی

کاتالیست

ضرورت استفاده از کاتالیست

- تولید گازهای آلاینده داخل سیلندر انجین حتی در حالتی که هوا و بنزین با نسبت دقیق ۱۴/۷ به ۱ مخلوط شده باشند گریز ناپذیر است.
- تنها راه کاهش شدید آلاینده‌های موتورسیکلت، قراردادن کاتالیست در لوله اگزوز و تبدیل گازهای آلاینده خطرناک به گازهای غیر مضر است.
- کاتالیست در صورتی قادر است گازهای آلاینده را به گازهای غیر مضر تبدیل کند که داغ شده باشد و مقدار مشخصی اکسیژن در گازهای اگزوز باشد که از سوختن مخلوط بنزین و هوا حول و حوش نسبت ۱۴/۷ به ۱ حاصل شده باشد.

ساختار کاتالیست

- **پایه (Substrate)**

✓ از جنس سرامیک یا فلز به شکل لانه زنبوری (Honeycomb)

- **پوشش (Wash Coat)**

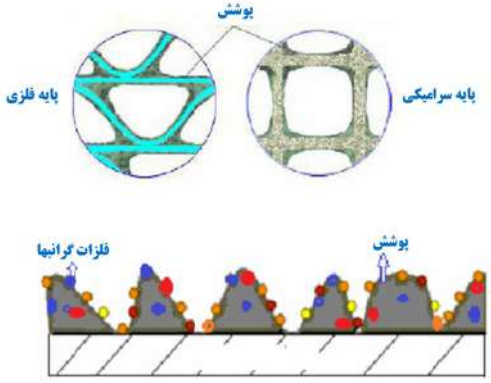
✓ از جنس Zro2 , CeO2 , AL2O3

- **فلزات گران‌بها**

✓ شامل Rh , Pd , Pt

پلاتینیوم (Pt) براي سرعت بخشیدن به اکسیداسیون HC و CO

رودیوم (Rh) براي احیاي NOX



- قیمت هر انس فلزات گرانبهای کاتالیست معمولا یک تا چند برابر قیمت هر انس طلا است
- کاتالیست فاقد فلزات گرانبها تاثیری بر کاهش آلودگی موتورسیکلت ندارد
- قیمت یک کاتالیست موتورسیکلت که در حد استاندارد یورو 4 موثر باشد بیش از 4 میلیون تومان می باشد اما قیمت کاتالیست فاقد فلزات گرانبها کمتر از 200 هزار تومان است.

اهمیت داغ شدن کاتالیست

- کاتالیست در هنگامي که سرد است عملا هیچ کارایی ندارد.
- در دماهای بالاتر از دمايي مشخص (light off) کاتالیست می‌تواند با گازهای خروجی واکنش انجام دهد.
- پس از استارت سرد به علت پایین بودن دماي کاتالیست و همچنین غنی بودن مخلوط سوخت و هوا میزان هیدروکربن هاي نسوخته بسیار بالا می‌باشد.
- بنابراین هرگونه استراتژی برای کاهش زمان داغ شدن کاتالیست بدون تاثیر منفی بر قابلیت رانندگي ضروری می‌باشد.

روش های سرعت بخشیدن به داغ شدن کاتالیست

۱ـ تاخیر در زمان جرقه زنی

✓ با تاخیر در زمان جرقه‌زنی احتراق دیرتر اتفاق افتاده و باعث گرم شدن مسیر اگزوز و کاتالیست می‌شود.

✓ برای تاخیر در زمان جرقه‌زنی در فاز گرم کردن، به منظور عدم افت دور موتور (در حالت دور درجا) کاتالیست مقدار هوای ورودی به موتور را افزایش می‌دهند.

✓ افزایش میزان هوای ورودی موتور نیز تاثیر مضاعفی در کنار ریتارد جرقه دارد سرعت گرمایش را افزایش می‌دهد.

✓ باید توجه شود که تاخیر بیش از حد زمان جرقه‌زنی (ریتارد بیش از حد) باعث ناپایداری احتراق می‌شود. این اتفاق در دماهای سردتر تشدید می‌گردد. بنابراین در این خصوص محدودیت وجود دارد.

روش‌های سرعت بخشیدن به داغ شدن کاتالیست

۲ـ افزایش دور انجین

✓ با افزایش دور موتور دبی جریان هواي داغ احتراق بیشتر شده و باعث افزایش سرعت انتقال حرارت می‌گردد.

✓ با توجه به بالا رفتن دبی هوا میزان آلایندگی در فاز گرمایش نیز بیشتر می‌شود. در نتیجه افزایش سرعت موتور مقدار بهینه‌ای دارد.

۳ـ فقیر کردن مخلوط سوخت و هوا (سوخت کمتر و هوای بیشتر)

✓ با فقیر کردن مخلوط سوخت وهوا، دمای گازهای خروجی افزایش پیدا کرده و باعث گرم شدن کاتالیست می‌شود.

اطمینان یافتن از تنظیم دقیق نسبت هوا به سوخت ۱۴/۷ به ۱ برای کارکرد در حالت عادی

محاسبه جرم هوای ورودی به سیلندر بر مبنای مشخصات ثابت انجین و متغییر های اندازه‌گیری شده و پاشش سوخت به نسبت ۱ به ۱۴/۷

اندازه‌گیری دقیق میزان اکسیژن گازهای خروجی و تصحیح محاسبات قبلی و تنظیم مجدد میزان پاشش بنزین بر مبنای بازخور از اگزوز.

فاصله استارت زدن تا حدود ۲ دقیقه بعد از آن دوره بحرانی انتشار آلودگی است چون:

- ✓ برای استارت خوردن و روشن شدن اولیه موتور، مخلوط باید غنی باشد.
- ✓ زمانی که انجین هنوز به اندازه کافی داغ نشده تبخیر سوخت و اختلاط سوخت و هوا ناقص انجام می‌شود و در ضمن شعله در برخورد با جداره‌های سرد محفظه احتراق زود خاموش می شود. مجموعه این‌ها تولید آلودگی را بالا می‌برد.
- ✓ کاتالیست تا زمانی که به دمای حدود ۳۵۰ درجه نرسیده باشد، بازدهی پایینی دارد.

موارد دیگر مقررات آلودگی

- **بازگرداندن بخارت محفظه میل لنگ انجین به مسیر هوای ورودی**
- **بازگرداندن بخارات باک به مسیر هوای ورودی**
- **EOBD شامل:**

✓ پایش عمر حسگر اکسیژن

✓ تشخیص بد سوزی

✓ تشخیص عیوب عملکردی حسگرها و عملگرها علاوه بر قطعی و اتصال کوتاه

✓ پایش کاتالیست (در اروپا بعد از سال ۲۰۲۵ اجباری می شود)

فصل دوم:
کالیبراسیون ای‌سی‌یو موتورسیکلت

فهرست کلی

- مفاهیم پایه کالیبراسیون
- اهداف و الزامات پیش از شروع کالیبراسیون
- ابزارها و تجهیزات مورد نیاز برای اجرای کالیبراسیون
- مراحل کالیبراسیون

مفاهیم پایه کالیبراسیون

نرم افزار ای‌سی‌یو

- **در حافظه ای‌سی‌یو یك نرم‌افزار مستقر ذخیره شده که دائما و به صورت حلقه‌وار توسط پردازنده اجرا می شود. بخش‌های اصلی نرم‌افزار عبارتند از:**

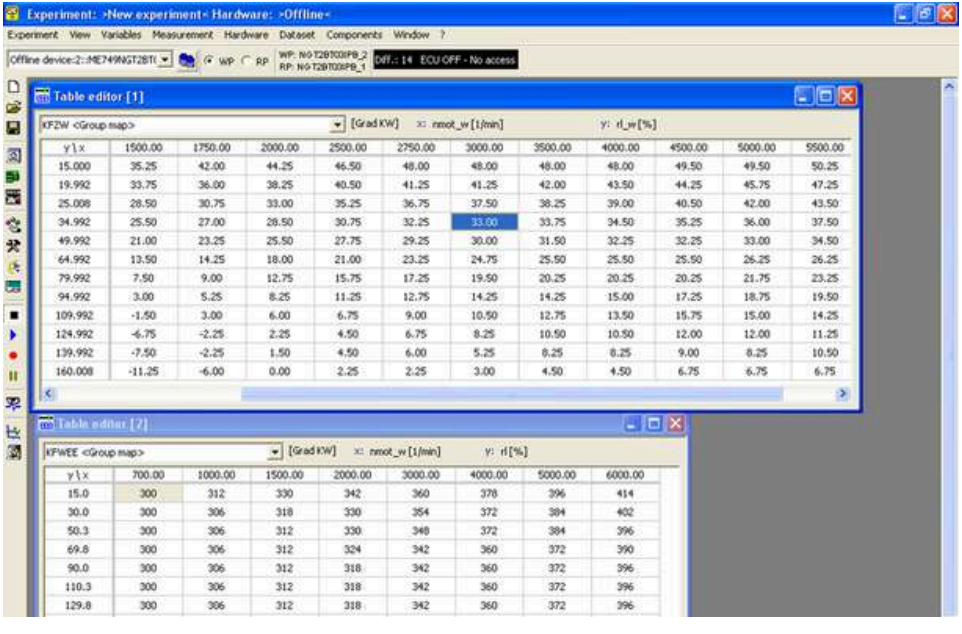
✓ بخش تفسیر علائم حسگرها و محاسبه مقادیر فیزیکی کمیت‌ها (فشار منیفولد، دمای آب و ...)
✓ بخش تعیین وضعیت کاری موتور (مثل راه‌اندازی، تمام بار و ...)
✓ بخش محاسبه سایر کمیت‌های موتور (مشاهده‌گرها): براي تعیین این کمیت‌ها از حسگرهای جداگانه استفاده نشده و بر اساس مقادیر سایر حسگرها و از طریق مدلسازی تعیین می‌شوند.
✓ بخش‌های محاسبه و تعیین مقادیر عملگرهای مختلف بر حسب وضعیتهای کاری مختلف
✓ بخش الگوریتم‌های تطبیقی
✓ بخش الگوریتم‌های عیب‌یابی
✓ بخش فرمان به عملگرها

- **بخش‌های فوق در واقع به صورت یک کد نرم افزاری هستند که پس از ترجمه (compile) در حافظه رایانه موتور قرار می‌گیرد.**

جداول برنامه ای‌سی‌یو

- در بسیاری از توابع نرم‌افزار فوق‌الذکر، علاوه بر متن اصلی برنامه، یک یا چند عدد ثابت، آرایه یک بعدی یا آرایه دو بعدی وجود دارد که اعداد مختلفی در آن‌ها ذخیره شده و در مسیر محاسباتی برنامه بکار می‌روند.
- معمولا برای انواع مدل موتورسیکلت با فناوری هم سطح، نرم‌افزار ثابت است ولی با تغییر مدل موتورسیکلت یا انتظارت مشتری، مقادیر اعداد ثابت و آرایه‌های مذکور که اصطلاحاً جداول برنامه ای‌سی‌یو نامیده می‌شوند، تغییر می‌کند.
- به فرایند تعیین مقدار صحیح مقادیر جداول، کالیبراسیون گفته می‌شود.
- برای هر ترکیب جدید ای سی یو ـ انجین ـ موتورسیکلت، اجرای کالیبراسیون ضرورت دارد.

تنظیم جداول ای‌سی‌یو



تصویر نمونه از تنظیم جداول ای‌سی‌یو از طریق نرم‌افزار INCA

اهداف و الزامات پیش از شروع کالیبراسیون و فرآیند اجرا

اهداف

- استاندارد آلودگی مورد نظر
- اهداف مصرف سوخت، قدرت و گشتاور
- حداکثر دور مجاز انجین، سرعت مجاز موتورسیکلت، حداکثر مقدار دور کارکرد در جا و ...
- اهداف مربوط به قابلیت رانش از قبیل کیفیت شتابگیری، میزان حساسیت پاسخ به راننده، میزان ضربه هنگام شتاب گیری، تغییر صدای انجین هنگام تعویض دنده و ....
- محدوده شرایط محیطی: حداکثر و حداقل دمای محیط و حداکثر ارتفاع محیط که در کیفیت استارت خوردن و گرم شدن مؤثرند.
- شرایط و تنوع سوختهاي مورد نظر

الزامات

- کاتالیست تا حد ممکن باید در ابتدای مسیر اگزوز و چسپیده به مسیر خروجی انجین باشد تا زود داغ شود.
- اندازه سطح مقطع کاتالیست باید بیشتر از ۱/۷ برابر سطح مقطع ورود هوا به انجین باشد تا باعث افت قدرت نگردد.
- مقدار پوشش فلزات گران‌بهای کاتالیست باید متناسب با استاندارد آلودگی باشد.
- حسگر اکسیژن نیز قبل از کاتالیست و نزدیک خروجی انجین تعبیه شده باشد.
- جانمایی سوزن انژکتور باید بگونه‌ای باشد که ضمن اختلاط مناسب سوخت و هوا، موجب تجمع قطرات سوخت روی شمع نگردد.
- بکارگیری شمع مناسب از نظر ظرفیت حرارتی و نیز از نظر اندازه دهانه الکترود زمین و الکترود مرکزی.
- چپقی شمع برای کاهش انتشار نویز الکتریکی از نوع محافظت شده باشد.
- بکارگیري استپر موتور برای حجم انجین های بزرگ یک ضرورت است.

فرآیند کالیبراسیون

کالیبراسیون در آزمایشگاه آلودگی

کالیبراسیون در سردخانه

بررسی و تنظیم کالیبراسیون در سفر کاروان

کالیبراسیون وسیله نقلیه در جاده

تجهیز وسیله نقلیه به حسگرهای آزمایشگاهی

تست انجین در آزمایشگاه

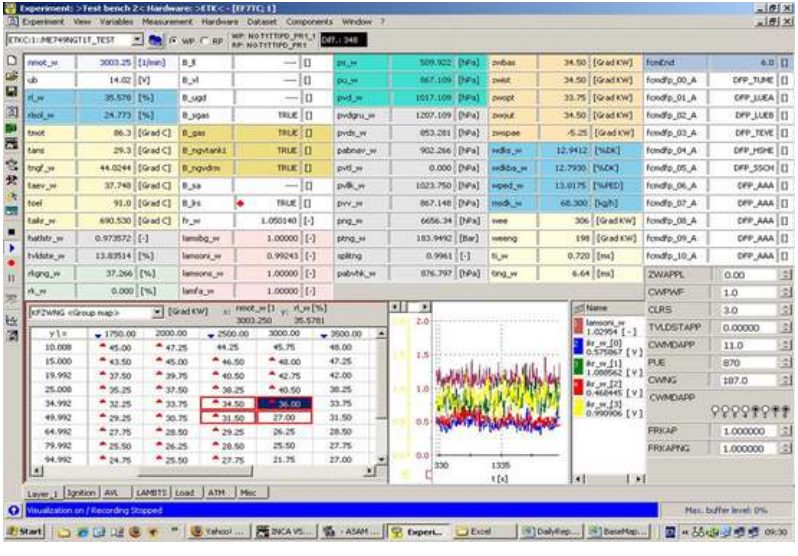
تجهیز انجین به حسگرهای آزمایشگاهی

فرآیند کالیبراسیون ای‌سی‌یو وسیله نقلیه احتراقی اعم از خودرو و موتورسیکلت

ابزارها و تجهیزات مورد نیاز برای کالیبراسیون

ابزارهای نرم‌افزاری

- یکی از متداولترین این ابزارها INCA می‌باشد که علاوه بر امکان ارتباط با ECU، با سایر سخت‌افزارها نظیر تجهیزات اندازه‌گیری دما، فشار، نسبت هوا به سوخت می‌تواند در ارتباط باشد.
- INCA همچنین قادر است با پروتوکل ASAM3 با سایر تجهیزات آزمایشگاهی ارتباط برقرار کند تا بدینوسیله امکان انجام آزمون‌های نگاشت خودکار با امکان تغییر و ذخیره پارامترهای ECU از طریق نرم‌افزار دینامومتر فراهم شود.



اتاق آزمون انجین

- اتاق تست ویژه کالیبراسیون ای‌سی‌یو باید دارای تهویه مطبوع مناسب با قابلیت تامین هوای مجزا برای احتراق باشد و دما و رطوبت آن قابل کنترل باشد.
- برای امکان پیمایش کلیه نقاط کاری انجین وجود دینامومتر از نوع آسنکرون ضرورت دارد.
- سیستم داده‌برداری با ظرفیت بالا برای ثبت مقادیر تعداد زیادی ترموکوپل و حسگر فشار مورد نیاز است.
- وجود سیستم اندازه‌گیری دقیق مصرف سوخت و همچنین اندازه‌گیری آلاینده‌های خروجی به روند صحیح و دقیق کالیبراسیون کمک شایانی می کند.

اتاق آزمون موتورسیکلت

- اتاق آزمون موتورسیکلت باید دارای شاسی دینامومتر با قابلیت کنترل سرعت موتورسیکلت در دنده‌های مختلف باشد.
- وجود تجهیزات اندازه گیری آلودگی به صورت BAG و همچنین اندازه‌گیری لحظه‌ای (Modal) نیز ضروری است.
- در مسیر اگزوز موتورسیکلت نیز حسگر آزمایشگاهی غیر خطی اندازه‌گیری نسبت هوا به سوخت، حسگر اندازه‌گیری دمای اگزوز و حسگر اندازه‌گیری فشار نصب می گردد.
- علاوه بر آزمایشگاه تست موتورسیکلت، یخچال برای کالیبراسیون استارت موتورسیکلت در دماهای منفی نیز مورد نیاز است.

اتاق آزمون سرد

شاسی دینامومتور

دستگاه‌ها و ابزار داده‌برداری برای رانندگی در جاده و آزمایشگاه

سیستم اندازه‌گیری فشار داخل سیلندر

سیستم ETAS

انواع حسگرهای دما و فشار

دیتالاگر

مراحل کالیبراسیون

فهرست مراحل کالیبراسیون

۱ـ تنظیم و راه‌اندازی اولیه انجین و موتورسکلت

۲ـ کالیبراسیون تشخیص بار (Engine Load)

۳ـ تنظیم جداول پایه

۴ـ کالیبراسیون توابع ساختار گشتاور

۵ـ کالیبراسیون Knock

۶ـ جبرانسازی سوخت گذرا

۷ـ کالیبراسیون توابع قابلیت رانندگی

۸ـ کالیبراسیون استاندارد آلاینده های خروجی

۹ـ کالیبراسیون راه اندازی کاتالیست

۱۰ـ تنظیم استارت

تنظیم و راه‌اندازی اولیه انجین و موتورسیکلت

- **تنظیم جداول مربوط به عملگرها نظیر زاویه داول، جدول مشخصه سوزن انژکتور، رابطه تصحیح پاشش سوزن بر حسب ولتاژ باتری و چندین تنظیم اولیه دیگر.**
- **براي بکارگیری انجین در نقاط کاری مختلف برای اولین بار می‌بایست برخی جداول پایه با دقت بیشتری مقداردهی شوند که عبارتند از:**

✓ جدول پیشرسی(آوانس) جرقه پایه با در نظر گرفتن مقدار گشتاور بیشینه، دماي اگزوز و Knock

✓ جدول نسبت هوا به سوخت پایه با در نظر گرفتن حداقل مصرف سوخت و دمای اگزوز

کالیبراسیون تشخیص بار

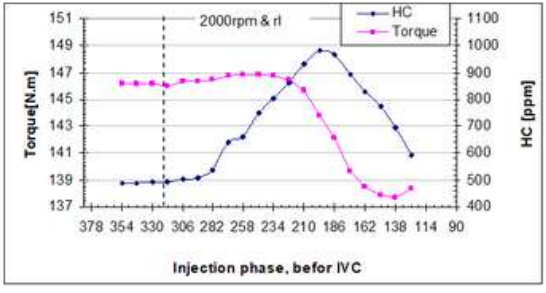
- براي محاسبه بار موتور متغیرهای زیر در نظر گرفته شده و جداول مربوطه تنظیم می‌گردد:
  - ✓ فشار و دمای چند راهه هوا
  - ✓ فشار و دمای چند راهه دود
  - ✓ جرم گازهای پس ماند
  - ✓ اثرات تشدید هوای ورودی (pulsation effect)
  - ✓ زمانبندی باز و بسته شدن سوپاپ‌های هوا و دود
  - ✓فشار و دمای محیط
- متغیر بار انجین یکی از متغیرهای مستقل اصلی برای بسیاری از جداول ECU است بنابراین توابع مربوطه باید با دقت بالایی کالیبره شوند.

تنظیم جداول پایه

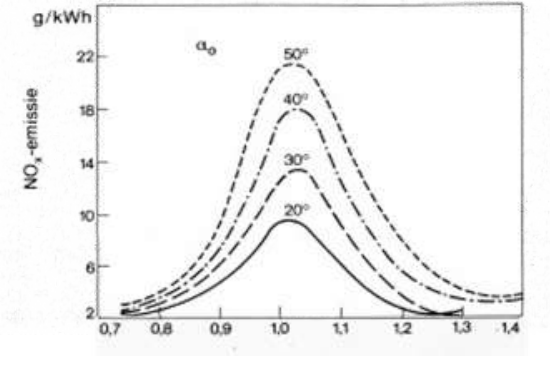
- منظور از تنظیم جداول پایه، انجام عملیاتی است که منجر به تنظیم شدن جداول اصلی زیر می‌شود:
  - ✓ جداول پیشرسی (آوانس) جرقه پایه
  - ✓ جدول نسبت هوا به سوخت پایه براي حفاظت دمایی قطعات
  - ✓ جدول نسبت هوا به سوخت پایه برای حالت تمام بار
  - ✓ تصحیح پیشرسی جرقه بر حسب نسبت هوا به سوخت
  - ✓ جدول فاز پاشش (زاویه اتمام پاشش)
  - ✓ جدول تعیین زاویه پیشرسی حد knock : سوخت معمولی، سوخت اکتان پایین
  - ✓ جدول تعیین زاویه پیشرسی کمینه
  - ✓ جدول بار نسبی کمینه
- براي تنظیم هر جدول، معیارهایی نظیر حداقل مصرف مخصوص سوخت، گشتاور بیشینه، حد دمای قطعات اگزوز، حد هیدروکربن‌های نسوخته، حد انحراف معیار فشار داخل سیلندر و... مورد توجه قرار می‌گیرد.

تنظیم جداول پایه ـ استخراج داده‌های احتراقی انجین

- انجین بر روی بستر آزمون نصب شد و آزمون‌های احتراقی اجرا می گردد.
- هدف شناسایی عملکرد انجین در نقاط کاری مختلف است.
- هر نقطه کاری انجین را دور انجین و بار انجین (میزان باز شدن دریچه گاز) مشخص می کند.
- در این آزمون‌ها با تغییر پارامترهای برنامه ای‌سی‌یو، هر کدام از سه مشخصه مقدار پاشش سوخت (نسبت هوا به سوخت)، زمان پاشش سوخت و زمان جرقه‌زنی در یک بازه تغییر داده می‌شود.
- به ازای تغییر هر یک از مشخصه های فوق در هر نقطه کاری انجین، تمام متغیرهای خروجی انجین شامل قدرت، گشتاور، مصرف سوخت و آلودگي اندازه گیری می شود.



مثال ۱: تغییر گشتاور خروجی و آلودگی هیدروکربن بر حسب تغییر فاز پاشش سوخت



مثال۲: تغییر آلودگی اکسیدهای ازت بر حسب نسبت هوا به سوخت و زاویه آوانس

کالیبراسیون توابع ساختار گشتاور

- در یک رایانه موتور که راهبرد ساختار گشتاور به طور کامل در آن پیاده‌سازی شده است جداول مربوط به توابع زیر باید تنظیم شوند:

✓ گشتاور بیشینه
✓ تصحیح گشتاور بر حسب پیشرسی جرقه
✓ تصحیح گشتاور بر حسب نسبت هوا به سوخت
✓ رابطه گشتاور با دبی هوا
✓ رابطه گشتاور با آوانس جرقه
✓ مدیریت دینامیکی سهم گشتاور از هوا و جرقه
✓ گشتاور بیشینه و کمینه
✓ گشتاور اصطکاکی
✓ درخواست‌های گشتاور: رابطه پدال گاز، گشتاور مصرف کننده‌ها (چراغ‌ها و غیره)

- جداول فوق در دو مسیر پیشخور (تبدیل گشتاور مطلوب به هوا، جرقه و سوخت) و پسخور (محاسبه گشتاور بر حسب مقدار هوا، جرقه و سوخت) باید تنظیم شوند.

کالیبراسیون KNOCK

- **کالیبراسیون Knock کلا شامل دو مرحله اساسی تشخیص Knock و کنترل آن است که شامل مراحل زیر می‌شود:**

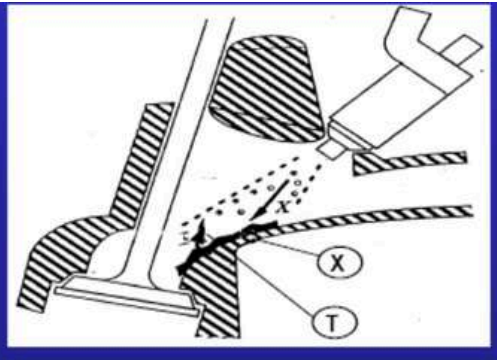
✓ تعیین جدول جرقه با توجه به کیفیت سوخت
✓ تعین محل حسگر Knock (اگر در موتورسیکلت تعبیه شده باشد)
✓ تعین فرکانس فیلتر کردن سیگنال حسگر
✓ تعیین پنجره اندازه‌گیری Knock
✓ تعیین آستانه برای در نظر گرفتن Knock
✓ تطبیق Knock
✓ تشخیص Knock در حالت‌های دینامیکی

- در ECU موتورسیکلت‌هایی که مجهز به حسگر Knock است مداری جداگانه برای پردازش سیگنال حسگر Knock تعبیه شده است که سیگنال خام حسگر را پردازش و تبدیل به سیگنال قابل استفاده برای تشخیص آن می‌کند. مراحل پردازش سیگنال در این قطعه عبارتند از: تقویت، فیلتر کردن، یکسوسازی و انتگرال‌گیری است. تعیین فرکانس فیلتر برای مرحله فیلتر کردن سیگنال بسیار مهم است زیرا باید بتوان سیگنال‌های Knock و دیگر سیگنال‌ها (نویزهای موتور و سوپاپ‌ها و...) را از هم تمیز داد.

جبران‌سازی سوخت گذرا

- جبران‌سازی سوخت در حالت گذرا برای هر دو حالت شتاب‌گیری مثبت و منفی باید انجام شود.
- نیاز به جبران‌سازی سوخت در حالت انجین سرد و در لحظات اولیه پس از راه‌اندازي به مراتب بیشتر است.
- براي سوخت‌های گازی شکل جبران‌سازی سوخت مشابه مفهوم جبران‌سازی بنزینی معنی ندارد.
- تنظیم مناسب جداول مربوط به جبران‌سازی سوخت خصوصا در نتایج آزمون‌های آلایندگی اثر دارد.
- تنظیم مقادیر به صورتی که نسبت هوا به سوخت به سمت حالت رقیق باشد، باعث افت لحظه‌ای گشتاور در حالت شتاب‌گیری (قابل حس توسط راننده) و افزایش آلاینده‌های اکسید ازت می‌شود.
- تنظیم مقادیر به صورتي که نسبت هوا به سوخت به سمت حالت غنی باشد، باعث افزایش آلاینده‌های مونوکسید کربن و هیدروکربن‌های نسوخته می‌شود.

جبران‌سازی سوخت گذرا ـ فیزیک مسئله



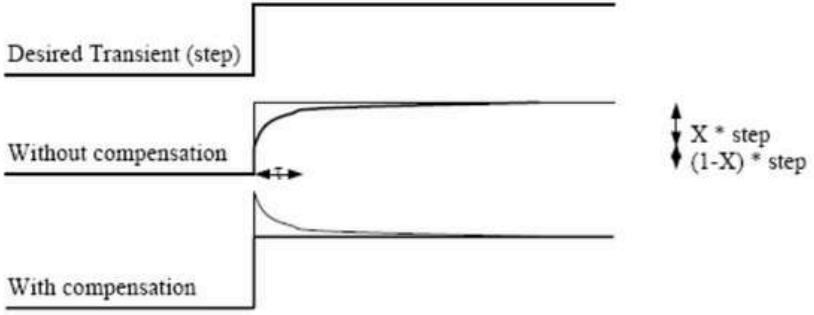
X - Fuel deposition Quantity

T - Time constant of fuel evaporation

$$\dot{m}_{fl}(k) = \dot{m}_{fl}(k-1) + Dd\left(\dot{m}_{fe}(k) - \dot{m}_{fe}(k-1)\right) + \varphi\left(\dot{m}_{fe}(k-1) - \dot{m}_{fl}(k-1)\right)$$

$$\varphi = \frac{1}{\tau(1-X)}$$

$$Dd = \frac{1}{1-X}$$



کالیبراسیون توابع قابلیت رانندگی

- تشخیص دنده درگیر
- مدیریت حداکثر دور انجین و سرعت موتورسیکلت
- راهبرد جلوگیری از تغییر ناگهانی شتاب یا نوسانی شدن سرعت موتورسیکلت هنگام شتاب‌گیری مثبت و منفی: راحتی سرنشین / حفاظت قطعات در برابر Knock
- تنظیم نرخ کاهش دور انجین هنگام تعویض دنده
- مدیریت قطع و وصل سوخت در حالت موتورگردانی (Over run fuel cut off)
- تنظیم دور آرام : تأثیر روشن و خاموش شدن مصرف کننده‌ها مثل چراغ‌ها
- تنظیم دور آرام : حرکت خزشی
- تنظیم نهایی رابطه پدال با درخواست گشتاور

کالیبراسیون استانداردهای آلایندگی

- **هدف از تنظیم آلاینده‌ها، دستیابی به استانده آلایندگی مورد نظر، نظیر یورو ۴ یا یورو ۵ می‌باشد.**
- **به طور تقریبی ۸۰ درصد آلاینده‌های هیدروکربن‌های نسوخته در اولین دقیقه پس از راه‌اندازی تولید می‌شود.**
- **مهمترین راهبرد براي تنظيم آلاینده‌ها: تنظیم جداول گرمایش کاتالیست است که خود شامل:**

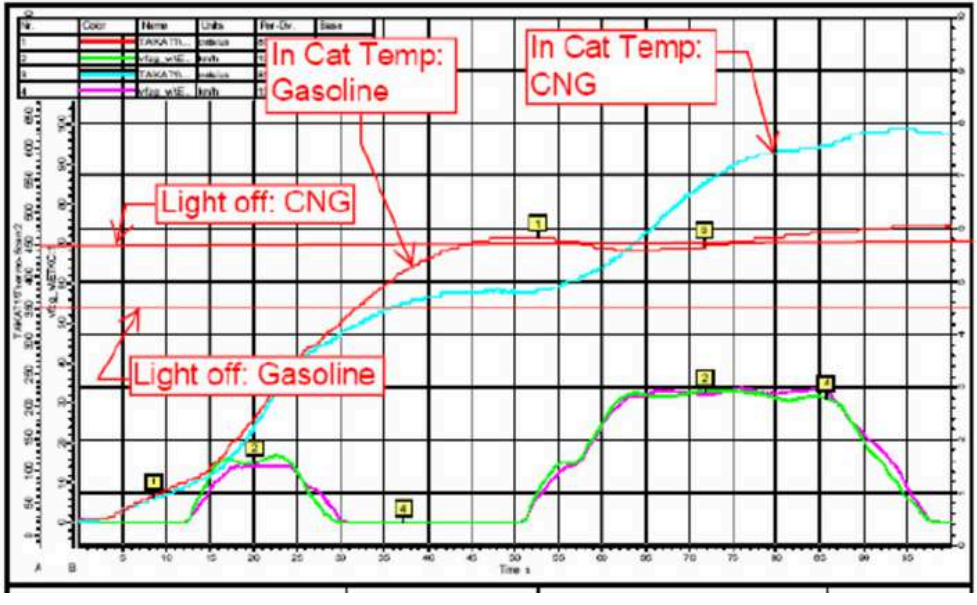
✓ مقدار افزایش دور انجین تا هنگام داغ شدن کاتالیست
✓ مقدار ریتارد جرقه (بر اساس الگوریتم ساختار گشتاور)
✓ مقدار غنا (نسبت هوا به سوخت)

- **اعمال مقادیر فوق الذکر تا هنگام داغ شدن کاتالیست (Catalyst Light off) ادامه می‌یابد.**
- **منظور از کاتالیست داغ شده حالتی است که کاتالیست در دماهای بالاتر از آن به میزان مناسبی توانایی تبدیل آلاینده‌ها به گازهای بی‌خطر را داشته باشد.**
- **دمای کاتالیست داغ برای سوخت بنزین ۳۰۰ تا ۳۵۰ درجه سلسیوس است (برای سوخت گاز ۴۰۰ تا ۴۵۰ درجه سلسیوس است).**
- **ای‌سی‌یو با مدلسازی، دمای کاتالیست را در هر لحظه بدست می‌آورد و با مقادیر مذکور مقایسه می‌کند.**

کالیبراسیون استانداردهای آلایندگی

- **براي بهينه سازي مقادير آلايندگي، جداول توابع زير نيز بايد بهينه سازي و تنظيم شوند:**
  - ✓ نسبت هوا به سوخت مربوط به توابع راه اندازی، پس از راه‌اندازی و گرم شدن انجین
  - ✓ الگوریتم کنترل حلقه بسته نسبت هوا به سوخت
  - ✓ الگوریتم کنترل تطبیقی نسبت هوا به سوخت
  - ✓ مدیریت قطع و وصل سوخت
  - ✓ تنظیم پنجره لامبدا با استفاده از پسخوراند حسگر اکسیژن دوم (در صورت وجود)

کالیبراسیون راه‌اندازی کاتالیست (تسریع داغ شدن کاتالیست)



مثالی از داغ شدن کاتالیست خودرو با دو نوع سوخت بنزین و گاز

- تاخیر در زمان جرقه زنی
- افزایش دور انجین
- فقیر کردن مخلوط سوخت و هوا

تنظیم استارت

- **تنظیم استارت یعنی مدیریت مقدار هوا و سوخت و مدیریت زمان جرقه در زمان استارت زدن و لحظاتی پس از روشن شدن**
- **اهداف تنظیم استارت عبارتند از:**

✓ اطمینان از روشن شدن و روشن ماندن موتور
✓ حداقل مدت استارت (از زمان دور انجین صفر تا حدود ۱۵۰۰ دور در دقیقه)
✓ حداقل میزان آلاینده‌ها
✓ رفتار مناسب دور انجین (افزایش تا یک حداکثر دور مناسب و سپس کاهش تدریجی با نرخ مناسب)
✓ رفتار مناسب نسبت هوا به سوخت

- **تنظیم استارت باید در شرایط مختلف اجرا و ارزیابی شود:**

✓ شرایط مختلف دمای انجین (سرد – گرم)
✓ شرایط مختلف محیطی (ارتفاع – دما)
✓ ترکیبات مختلف سوخت (فشار بخار های مختلف)

اهمیت تنظیم دقیق استارت

- حدود ۶۰ درصد از آلایندگی هیدروکربن های نسوخته در سیکل رانندگی اندازه‌گیری آلودگی مربوط به زمان استارت و قبل از داغ شدن کاتالیست می‌باشد.
- با توجه به نکته فوق تنظیم صحیح پارامترهای استارت و گرم شدن انجین از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد.
- گرم شدن سریع انجین و کاتالیست علاوه بر کاهش آلودگی باعث افزایش عمر قطعات موتور می‌شود.
- از آنجا که آزمون‌های تنظیم استارت خیلی کوتاه و هزینه‌بر می‌باشند، شناخت دقیق تأثیر پارامترهای مختلف آن برای کالیبراسیون ECU، ضروری بنظر می‌رسند.

پارامترهایی که در زمان استارت تنظیم می‌شوند و عوامل مؤثر بر آن

- **پارامترهاي زیر در استارت تنظیم می‌شوند:**

✓ مقدار و زمان پاشش سوخت
✓ زمان پیشرسی جرقه
✓ مقدار هوای ورودی

- **عوامل زیر در تنظیمات فوق بیشترین تاثیر را دارند:**

✓ حالت استارت (سرد، گرم یا مجدد)
✓ دمای سیال خنک‌کننده انجین (یا دمای بدنه انجین در انجین هوا خنک)
✓ ولتاژ باتری
✓ دمای هوا
✓ ارتفاع از سطح دریا (فشار هوا)

اهمیت زمان جرقه در تنظیم استارت

- در هنگام استارت به دلیل کند بودن سرعت دورانی میل‌لنگ و برای پرهیز از پس‌زنی انجین، باید زاویه‌ی آوانس اولیه جرقه بین صفر الی ۱۰ درجه قبل از نقطه مرگ بالا تنظیم شود.
- زاویه آوانس اولیه جرقه تابعی از دمای آب (یا دمای بدنه) و دور انجین می‌باشد.
- پس از روشن شدن انجین، آوانس جرقه به عنوان تابعی از دور انجین و درصد بار محاسبه و اعمال می‌شود
- مقدار زاویه‌ی آوانس جرقه پس از روشن شدن به تدریج افزایش می‌یابد.

در صورتیکه دریچه گاز مکانیکی و فاقد استپر موتور باشد اهمیت زمان جرقه در استارت زدن و کنترل دور آرام دو چندان می شود.

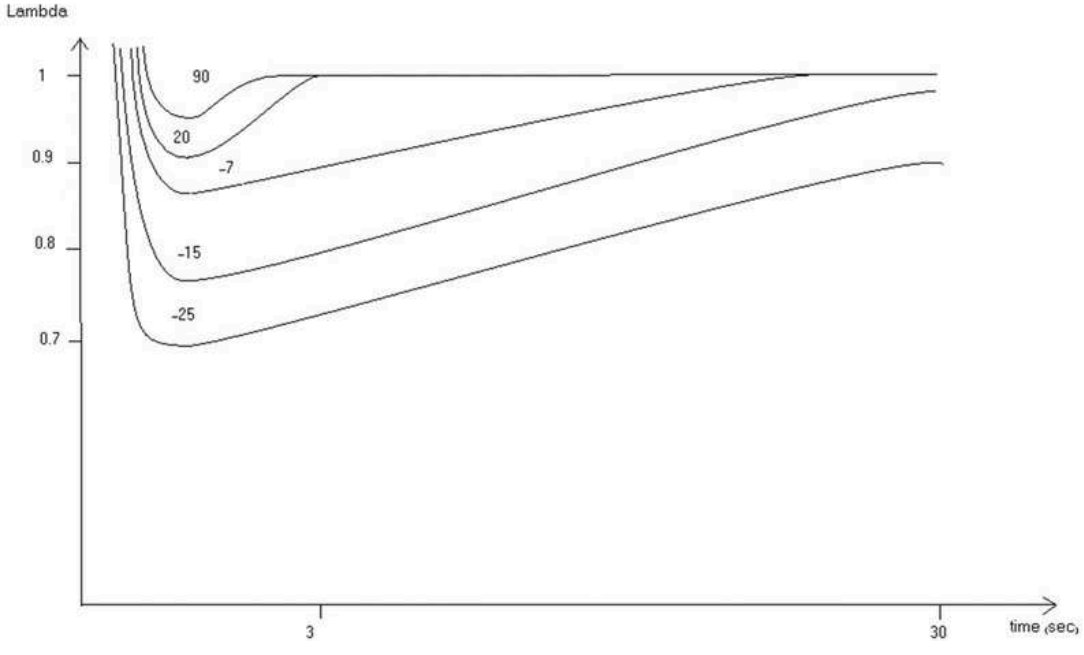
اهمیت مقدار هوای ورودی در تنظیم استارت

- تنظیم هوای ورودی به انجین در هنگام استارت به دو طریق زیر امکان پذیر است:
  - ✓ موتور گامی (استپر موتور)
  - ✓ دریچه گاز برقی
- تنظیم هوا در استارت به صورت حلقه باز می‌باشد.
- دماي انجين، در مقدار مورد نياز دبي جرمي هوا در هنگام استارت، بيشترين تاثير را دارد.
- انتقال از حالت حلقه باز به حلقه بسته به آرامی و با استفاده از فیلتر (تابع نرم افزاری) انجام می‌شود.
- مقدار گشودگی دریچه ورود هوا در هنگام استارت (در صورتیکه برقی باشد) باید اندکی بیشتر از حالت پایدار آن باشد.

تنظیم پس از استارت

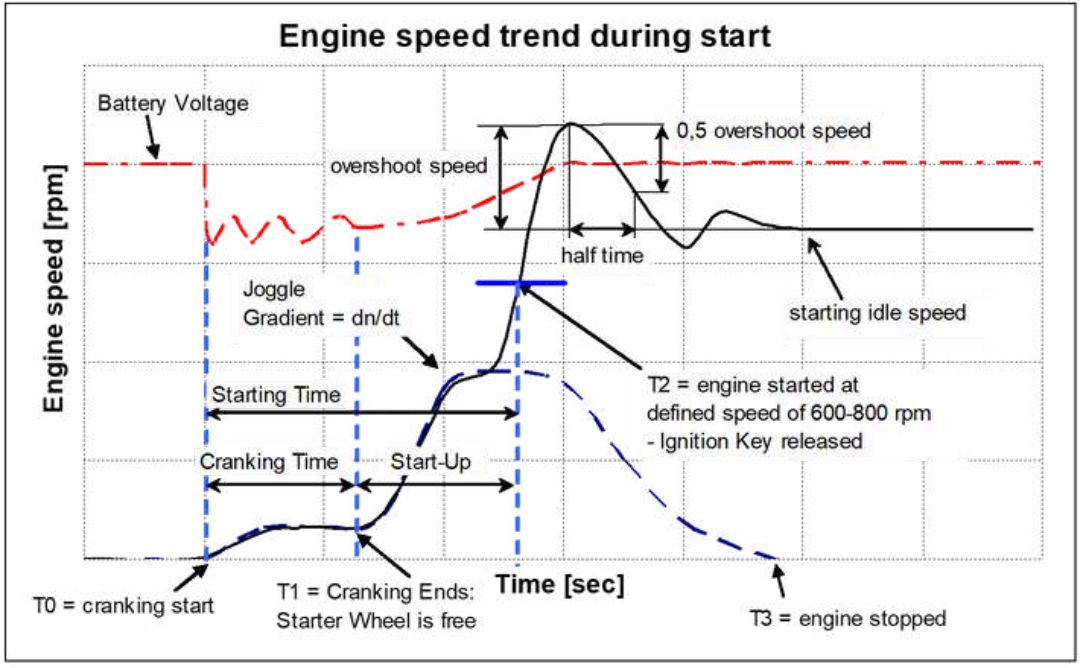
- پس از عبور از فاز استارت انجین وارد مرحله Warm up می‌شود.
- این ناحیه شبیه به ناحیه دور آرام است با این تفاوت که دمای انجین در این ناحیه ثابت نمی‌باشد.
- در این ناحیه دور انجین بالاتر از دور آرام می‌باشد و با بالارفتن دما، دور کاهش می‌یابد.
- علت تنظیم دور بالای انجین در مرحله Warm up به دو دلیل زیر می‌باشد:
  - ✓ گرم شدن سریع انجین و کاتالیست قبل از حرکت
  - ✓ پایداری بهتر احتراق در دورهای بالاتر

اهمیت مدیریت مقدار سوخت در تنظیم استارت



منحنی لامبدا بر حسب زمان در لحظه استارت و تا ۳۰ ثانیه پس از آن

اهمیت کنترل دور انجین در تنظیم استارت



دستورالعمل شرکت بوش برای کنترل دور انجین در زمان استارت و پس از آن

سیلیکون موتور ایرانیان

همگام با فناوری، همسو با محیط زیست.

۰۲۱۲۸۴۲۱۵۷۲

کیلومتر ۳۵ اتوبان تهران_ساوه، منطقه ویژه اقتصادی زرندیه، پارک علم و فناوری

کد پستی: ۳۷۷۳۱۵۷۰۲۲

WWW.SILICON-MOTOR.COM