Archive of SID

تحلیل گرما پویایی روند تغییرات زوایای گشودگی سامانه زمان بندی متغیر پیوسته دریچه‌های موتور ملی

سید مصطفی میرسلیم[i] ؛ مجید کرباس فروش‌ها[ii] ؛ امیرحسین پریور[iii]* ؛ پیمان شرقی[iv]

چکیده

سامانه زمان بندی متغیر پیوسته دریچه ها یا سامانه زبمپ وظیفه تغییر مداوم زمان گشودگی دریچه ها را به عهده دارد. این سامانه در موتور ملی بر روی میل بادامک هوا قرار گرفته است. در این مقاله به تحلیل گرما پویایی روند تغییرات زوایای انتخابی گشودگی دریچه که بر حسب دور و بار موتور تغییر می‌کند، پرداخته می‌شود. زوایای گشودگی در دو حالت گاز سوز و بنزین سوز و با انتخاب نقطه بهینه بر اساس داده های حاصل از آزمون موتور بدست آمده است و این مقاله به تحلیل دما پویایی علت این انتخاب می‌پردازد.

کلمات کلیدی : زبمپ، تاخیر، پیشی، همپوشانی، بازگردانی داخلی دود

Thermodynamic Analysis Of Variation Of Opening Angles Of Continuous Variable Valve Timing System

S.Mostafa Mirsalim ; Majid Karbasforushha ; Amirhossein Parivar ; Peyman Sharghi

ABSTRACT

Continuous Variable Valve Timing System or CVVT has a duty of variation of continuous open timing of the valves. This system has been put on the intake camshaft in EF7 engine. In this article, thermodynamic analysis of variation for open selective angles of valve according to variation of engine speed and load has been investigated. Opening angles in two state of gas and gasoline fuel by selecting of best point on the basis of data results of engine test has been achieved and this article analyses of the cause of this selection from thermodynamic point of view.

KEYWORDS : CVVT, Retard, Advance, Overlap, Internal Exhaust Gas Recirculation

1- مقدمه

امروزه استفاده از سامانه های عملکرد متغیر دریچه ها برای بهبود مشخصه‌های موتور بسیار گسترش یافته است. سامانه زبمپ نیز ازاین سامانه‌هاست که زمان گشودگی دریچه را بسته به تغییر نقطه کاری موتور تغییر می‌دهد.

در موتور ملی(EF7) این سامانه بر روی میل‌بادامک هوا قرار دارد و توانایی تغییر زاویه گشودگی دریچه‌ها را تا 48 درجه میل‌لنگ داراست. در این نوشتار ابتدا به معرفی جدول زوایای گشودگی و سپس به تحلیل راهبرد موتور در انتخاب زاویه گشودگی دریچه برحسب دور و بار و در پایان به مقایسه زوایای گشودگی در دوحالت گاز سوز و بنزین سوز پرداخته

تاریخ دریافت مقاله:1387/9/14
تاریخ اصلاحات مقاله:1388/7/26

[i] استادیار دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه صنعتی امیرکبیر؛ Email: mo_mirsalim@yahoo.com
[ii] کارشناس ارشد شرکت ایپکو؛ کیلومتر6 جاده مخصوص کرج شرکت ایپکو؛ Email: m_karbasi@ip-co.com
[iii] * نویسنده مسئول و دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی ؛ Email: amirhossein_parivar@yahoo.com
[iv] کارشناس ارشد شرکت ایپکو؛ کیلومتر6 جاده مخصوص کرج شرکت ایپکو Email: p_sharghi@ip-co.com

www.SID.ir

Archive of SID

شده است. زوایای انتخابی بر اساس راهبردی که تمامی مشخصات اعم از آلاینده ها ،مصرف سوخت، توان و گشتاور و پایداری احتراق و... را در محدوده هدف قرار می‌دهد، انتخاب گردیده است.

2- معرفی جدول زوایای گشودگی

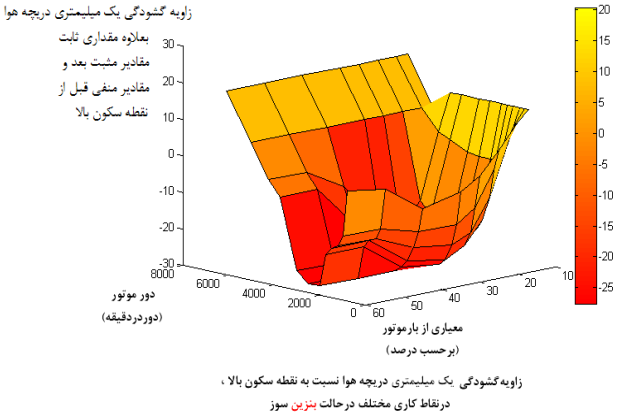
جدول 1 زوایای گشودگی دریچه را در حالت بنزین سوز نشان می‌دهد.

اعداد جدول از 20+ تا 28- تغییر می‌کند. عدد 20+ متعلق به کمترین همپوشانی دریچه‌ها یا همان دیرترین زاویه (Latest) وعدد 28- مربوط به بیشترین همپوشانی یا همان زودترین(Earliest) زاویه است. عدد صفرنیز معرف نقطه سکون بالاست. اعداد جدول معرف *زاویهٔ گشودگی یک میلیمتری دریچه هوا* است که با مقداری ثابت جمع شده است. زوایا برحسب زاویه میللنگ بیان شده است که مقادیر مثبت بعد و مقادیر منفی قبل از نقطه سکون بالاست.

برای مقادیر بیشتراز 60٪ بار(مثل حالت تمام بار) سطرآخر درنظر گرفته می‌شود.

جدول1 : زوایای گشودگی دریچه برحسب دور و معیاری از باردرحالت بنزین سوز

دوردردقیقه / معیاری ازبار٪	1000	2000	3000	5000	6100
12	12.4	12.4	12.4	7.8	20.4
15	7.9	-2.6	-1.6	7.8	20.4
20	-2.6	-21.1	-23.6	7.8	20.4
25	-12.1	-25.6	-27.6	7.8	20.4
30	-15.6	-27.6	-27.6	7.8	20.4
40	-15.6	-27.6	-27.6	7.8	20.4
50	-12.6	-27.6	-24.8	7.8	20.4
60	-12.6	-27.6	-24.8	7.8	20.4



زاویه‌گشودگی یک میلیمتری دریچه هوا نسبت به نقطه سکون بالا ،
درنقاط کاری مختلف درحالت بنزین سوز

شکل 1: نمودارسه بعدی زوایای گشودگی دریچه هوا درحالت بنزین سوز

3- 3اهبرد سامانه زبمپ و اثرآن برمشخصه‌های موتوربرحسب تغییر دورموتور:

3-1- دورکند(1500-800 دوردردقیقه)

دردورکند، برای کاستن از مقداردود باقیمانده در داخل استوانه سامانه، بازشدن دریچه ورودی را به تاخیر می‌اندازد تا میزان همپوشانی دریچه‌ها کاهش یابد. برتری این کار افزایش پایداری در احتراق است زیرا با کاهش دود باقیمانده مخلوط سوخت و هوای بیشتری وارد استوانه می‌شود. همچنین اگر موتور سرد باشد با تاخیر بازشوندگی و کاهش دود برگشتی بداخل استوانه در دور آرام واکنشگر زودتر به دمای کاری خود می‌رسد. البته اثر این پدیده جزئی است. ازطرفی این تاخیر در بازشوندگی تاخیر دربسته شدن دریچه را نتیجه می‌دهد و چون سرعت موتور کند است احتمال برگشت مخلوط وارد شده بداخل راهگاه ورودی و درنتیجه کاهش بازده تنفسی و گشتاورتولیدی وجود دارد. لذا این تأخیر دربازشوندگی نباید زیاد باشد.

3-2- دورمتوسط(4000-2000دوردردقیقه)

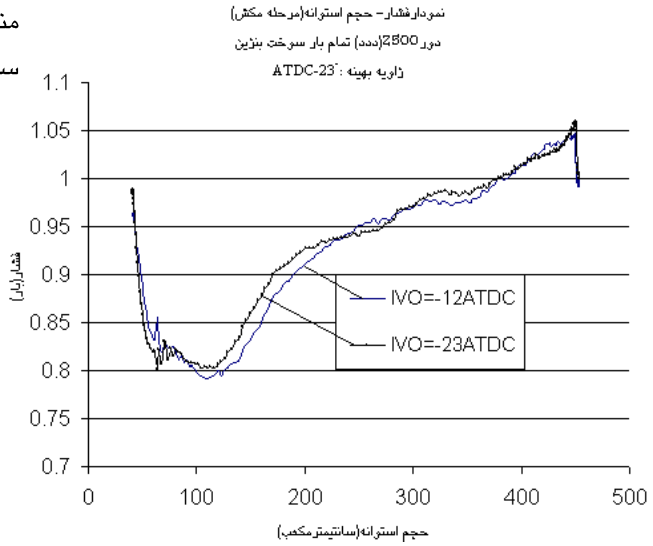
در این حالت سامانه، دریچه‌های ورودی را زودتر باز می‌کند.با زودتر باز شدن دریچه‌های ورودی همپوشانی بین دریچه‌های ورود و خروج افزایش می‌یابد که به دلیل خلأ نسبی راهگاه ورودی بخشی از دود به داخل محفظه احتراق بازگردانده می‌شود و یا اگر چنانچه فشارداخل استوانه دراین لحظه از فشارداخل راهگاه ورودی بیشتر باشد، دود بداخل راهگاه ورودی می‌رود و درابتدای مکش ابتدا دود وارداستوانه می شود و سپس مخلوط تازه وارد می‌گردد. این بازگردانی داخلی دود باعث کاهش آلاینده‌ها از جمله کاهش اکسیدهای نیتروژن می‌شود علت این امر کاهش دمای بیشینه احتراق است. همچنین با این عمل بخشی از هیدروکربن‌های نسوخته دور قبل در دور بعدی محترق می گردد و لذا بدین گونه میزان هیدروکربن‌های نسوخته نیز کاهش می‌یابد. [5]

همچنین با اعمال زود باز شوندگی خلأ نسبی ورودی نیز کاهش می‌یابد و اختلاف فشار بین دو طرف سمبه کمتر می‌شود. لذا به نیروی کمتری برای غلبه بر نیروی فشار مقاوم که در پایین سمبه وجود دارد احتیاج است و در نتیجه اتلافات تلمبه ای نیز کاهش می‌یابد. در نتیجه کاهش اتلافات تلمبه‌ای حین مکش سیلندر در اثر بازگردانی داخلی دود،مصرف مخصوص سوخت نیز کاهش می‌یابد. این پدیده در بارهای میانی و کم، اثر قابل توجهی بر کاهش مصرف

www.SID.ir

Archive of SID

مخصوص سوخت و آلاینده‌ها دارد.[2]



شکل 2 : نمودارفشار-حجم استوانه مرحله مکش دور2500 دور در دقیقه تغییر زاویه گشودگی

درشکل 2 دیده می‌شود که با افزایش میزان همپوشانی دریچه‌ها (زودتر باز شدن دریچه) میزان خلأ نسبی راهگاه ورودی و در نتیجه اتلافات تلمبه‌ای ناشی از آن کاهش می‌یابد. زاویه بهینه انتخابی در دور یادشده23 درجه قبل از نقطه سکون بالاست(بنا به تعریف بخش 2) که متعلق به نمونه اولیه ساخته شده موتور EF7 است.

نتیجه محاسبهمقدارکاهش اتلافات تلمبه‌ای مکش با توجه به داده های اندازه گیری شده، در جدول 2 آمده است.

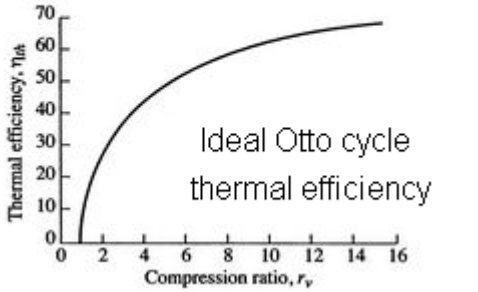
به علاوه زود بازشوندگی دریچهٔ ورودی زود بسته شدن آن را نیز منجر می‌شود که این امر نسبت تراکم واقعی را افزایش می‌دهد. منظور از نسبت تراکم واقعی نسبت حجم استوانه در ابتدای تراکم(نقطه‌ای که فشار استوانه از آن نقطه به بعد شروع به افزایش می‌کند) به حجم استوانه درانتهای تراکم(قبل ازجرقه‌زنی) است.

جدول2 : اثر افزایش همپوشانی برکاهش اتلافات تلمبه ای مکش در دور 2500 دوردردقیقه

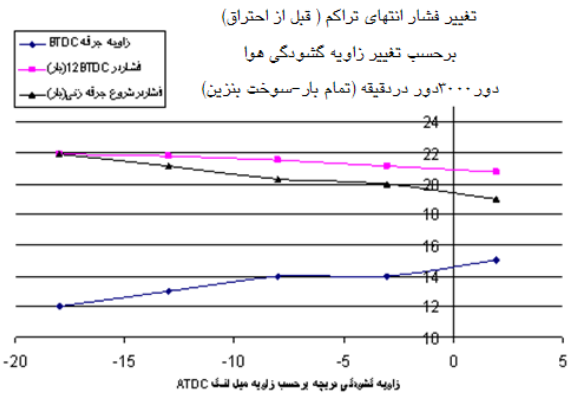
زاویه گشودگی BTDC	$P_{pumping}$ One Cyl PerCycle	$P_{pumping}$ Total PerCycle	$E_{pumping}$ One Cyl PerCycle	درصد تغییر
12	64.6	258.4	3.1	٪6.2 ↓
23	60.62	242.5	2.91	

در اثر افزایش نسبت تراکم هم مخلوط سوخت و هوا همگن تر می شود و هم فشار و دمای انتهای تراکم بیشتر می‌شود لذا انرژی فعال سازی کمتری برای شروع احتراق لازم بوده و در نتیجه احتراق بهتر صورت می‌گیرد. اما افزایش نسبت تراکم به لحاظ دما پویایی نیز در چرخه اتو منجر به افزایش بازده حرارتی و صرفه جویی در مصرف سوخت می‌شود.(شکل 3)

$$\eta_{Otto} = 1 - \frac{1}{(V_1/V_2)^{\gamma-1}} = 1 - \frac{1}{r^{\gamma-1}}$$



شکل 3 :نمودارنسبت تراکم-بازده حرارتی برای چرخه اتو



شکل 4 : اثر زود بسته شدن دریچه هوا بر افزایش فشار انتهای تراکم

درشکل 4 با وجود آنکه زاویه جرقه زنی ضمن تاخیر در زمانبندی دریچه هوا،خود پیشی یافته است اما با این وجود،افزایش فشار انتهای تراکم با زودتر باز شدن و در نتیجه زودتر بسته شدن دریچه هوا، به روشنی دیده می‌شود. زوایای معرفی شده مشابه تعریف اولیه اند.(بخش2) اما این زوایا متعلق به نمونه اولیه موتورEF7 است. زاویه 18- درجه متعلق به گشودگی و در نتیجه بسته شدن زودتر است و بیشترین فشار انتهای تراکم در این نقطه رخ داده است.

همان گونه که درابتدای این بخش(3-2)شرح داده شد به کمک سامانه زمانبندی متغیر پیوسته دریچه‌ها می‌توان میزان بازگردانی داخلی دود را تنظیم نمود. اما در گذشته برای دستیابی به مزایای بازگردانی دود، تنها امکان بازگردانی خارجی آن وجود داشت. بدین معنی که بخشی از دود خروجی از استوانه پس از گذراز مسیری به داخل چند راهه هوا بازگردانده شده و وارد استوانه دیگری می‌شد. در این

www.SID.ir

Archive of SID

قسمت به مقایسه اثرات بازگردانی داخلی و خارجی دود پرداخته شده است.

مزایای بازگردانی خارجی بر داخلی:

۱- کاهش بیشتر دمای دود و کاهش بیشتر دمای احتراق و درنتیجه کاهش بیشتر اکسیدهای نیتروژن.

۲-کاهش دما، افزایش چگالی را نتیجه می‌دهد و لذا دود جای کمتری را هنگام ورود مخلوط تازه می‌گیرد.

مزایای بازگردانی داخلی برخارجی:

۱-گرمتر بودن دمای دود دربارهای جزئی مفید است و موجب گرم شدن مخلوط تازه می‌شود و این مساله باعث کاهش انرژی لازم برای شروع احتراق شده و لذا موجب بهبود احتراق می‌شود.

۲- گرم بودن دما باعث احتراق هیدروکربن های نسوخته نیز می‌گردد درحالی که در بازگردانی خارجی این اتفاق نمی‌افتد.علاوه برگرمتر بودن دما در بازگردانی داخلی، چون دود باقیمانده تازه از احتراق خارج شده، هیدروکربن‌های نسوخته استعداد اشتعال بیشتری دارند نسبت به دود حاصل از بازگردانی خارجی که باید مسیری را طی کند تا دوباره وارد استوانه دیگری شود.چون در طول این مسیر ذرات کربن در خنک کننده دود و نیز راهگاه‌های ورودی قدری رسوب می‌کند.

۳- بازگشت داخلی دود به داخل استوانه،اتلافات تلمبه‌ای ناشی از مکش را با جبران فشار می‌کاهد.درحالیکه در بازگردانی خارجی دود،اتلافات تلمبه‌ای تخلیه برای هدایت دود به مسیر ورودی، بیشتر نیز می‌شود.

٤- سامانه های بازگردانی خارجی هزینه برهستند و دوام آنها به علت مواجهه با گازهای داغ با مشکل روبروست. سامانه تنظیم کننده آنها به رسوبات ناشی از گرفتگی یا نشتی دود حساس می‌باشد.

لذا به طور کلی در موتورهای اشتعال جرقه‌ای، بازگردانی داخلی بر بازگردانی خارجی ترجیح دارد.[2]

3-3- دورتند(4500-6000 دوردردقیقه)

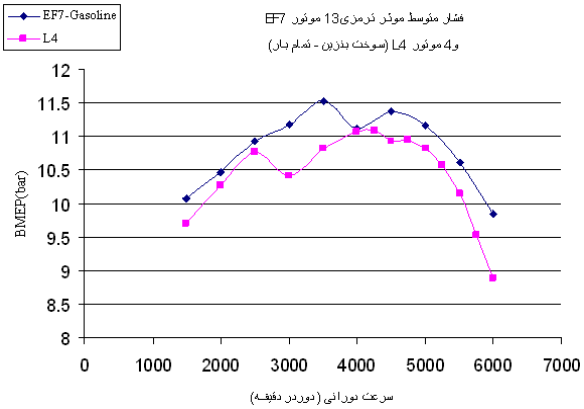
در دور تندتر با به تاخیر انداختن باز شوندگی دریچه‌ها به توسط سامانه زبمپ، میزان همپوشانی کاهش می‌یابد تا بازگردانی داخلی دود کم شود زیرا هوای تازه در دور تندتر بیشتر مورد نیاز است. همچنین با این عمل بسته شدن دریچه نیز به تاخیر می‌افتد و به دلیل اندازه حرکت بزرگ تر، جریان گاز همچنان به سمت استوانه ادامه می‌یابد و بازده تنفسی و در نتیجه گشتاور خروجی افزایش پیدا می‌کند.

درشکل 5 فشار متوسط مؤثر ترمزی تولیدی موتور ملی (EF7) و موتور (XU7JP/L4) مقایسه شده اند. (موتورL4 اکنون بر روی خودرو زانتیا و پارس ELX استفاده می‌شود.) البته نسبت هم ارزی هوا به سوخت (λ) در موتورEF7 کمتر است. لذا در این مقایسه به روند تغییرات توجه می‌کنیم.

فشار متوسط مؤثر ترمزی، که درحقیقت نسبت گشتاور به حجم موتور است، معیار قابل قبولی برای مقایسه دو موتور خواهد بود.

$$Bmep = \frac{0.04\pi \times T}{V_d} \quad (1)$$

که در این معادله T گشتاور موتور برحسب Nm و Vd حجم جابجایی سمبه‌ها برحسب لیتر و فشار متوسط مؤثر ترمزی، BMEP برحسب بار است.



شکل5: مقایسه Bmep تولیدی موتور EF7 و L4

به دلیل افت کمتر گشتاور در دور تند در موتور EF7، بیشینه توان آن نیز در تندترین دور یعنی 6000 دور دردقیقه رخ می‌دهد،درحالیکه در موتور L4 بیشینه توان در دور 5500 دوردردقیقه اتفاق می‌افتد که علت آن نیز چنانچه شرح داده شد بهبود بازده تنفسی به توسط سامانه زبمپ در دورهای زیاد برای موتور EF7 است.(شکل 6) توجه آنکه از دور 6000دوردردقیقه به بعد بدلیل مشکل شدن روان کاری یاتاقان‌ها و همچنین ناچیز بودن میزان افزایش توان بیشینه دور مجاز موتور EF7 نیز 6000دوردردقیقه در نظر گرفته می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

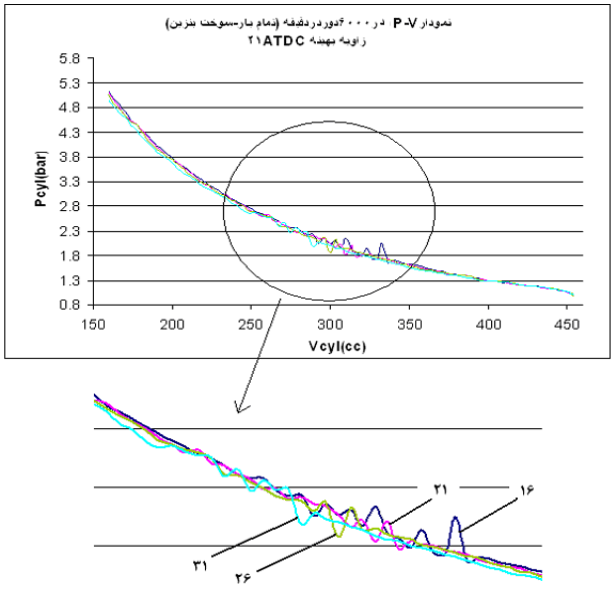
شکل 6: مقایسه توان مؤثرترمزی در موتور EF7 و L4

از دیگر مزایای تاخیر در بسته شدن دریچه هوا تشدید حرکت گردبادی با محور افقی (Tumble) است. چون سمبه در حال بالا رفتن در استوانه بوده و مخلوط تازه از بالا وارد استوانه می‌شود، این عمل به همگن تر شدن مخلوط کمک می‌کند.

دیر بسته شدن دریچه هوا اتلافات تلمبه ای ناشی از تراکم را هم کاهش می‌دهد زیرا فشار داخل استوانه در مرحله تراکم تازمانی که دریچه هوا کاملا بسته نشده با شدت کمتری افزایش می‌یابد.

درشکل 7 اثر تاخیر بسته شدن دریچه هوا بر تاخیر افزایش فشار استوانه و درنتیجه برکاهش اتلافات تلمبه‌ای تراکم مشاهده می‌گردد. زوایای مشخص شده مشابه تعریف اولیه (بخش 2) است.

همان گونه که در شکل (7)دیده می‌شود درهنگام بسته شدن دریچه هوا،نوسانات فشار، که ناشی از ضربهٔ هنگام بسته شدن دریچه است بوجود می‌آید.

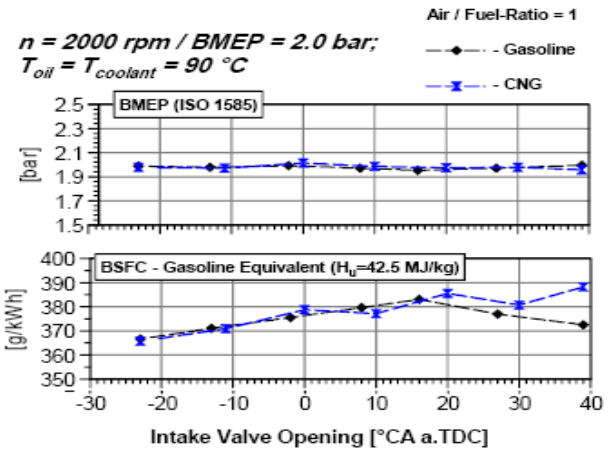


شکل 7: چگونگی تغییر فشار استوانه برحسب تغییر زاویه بازشوندگی دریچه هوا دربخشی از مرحله تراکم زوایای اشاره شده در شکل برحسب درجه بعد از نقطه سکون بالا ATDC

4- تغییر بار:

4-1-دورکند(1500-800 دوردردقیقه): با افزایش بار(بیش از 50٪) سامانه زبمپ در دورهای کند، بازشوندگی دریچه را بخصوص برای سوخت بنزین قدری به تاخیر می‌اندازد. علت این امراجتناب از کوبش است. زیرا اگر در دورکند و بار بزرگ دریچه زودتر باز شود و همپوشانی دریچه ها نیز زیاد شود دود باقیمانده افزایش می‌یابد و مخلوط تازه ورودی را گرم می‌کند و نیز با زودبسته شدن دریچه نسبت تراکم واقعی نیز بیشتر می‌شود و تمایل به کوبش افزایش می‌یابد.به همین دلایل سامانه، بازشوندگی را دردورکند و بار بزرگ قدری به تاخیر می‌اندازد.[3]

4-2-دورمتوسط(4000-2000 دوردردقیقه): در دورهای میانی و بارهای جزئی(کمتراز30٪) سامانه زبمپ گشودگی دریچه را به صورت چشمگیری پیشی می‌دهد. با زود باز شدن دریچه میزان همپوشانی دریچه‌ها و میزان بازگردانی داخلی دود بیشتر می‌شود . لذا مخلوط تازه به میزان محدودتری وارد استوانه می‌گردد و در نتیجه میزان گشتاور تولیدی نیز کاهش می‌یابد. همان گونه که در بارهای جزئی هدف همین است. یعنی با استفاده از سامانهٔ زبمپ به جای کاهش گشودگی دریچه گاز برای کاهش بار، همپوشانی دریچه‌ها را می‌توان افزایش داد[4] و لذا اتلافات تلمبه‌ای ناشی از دریچهٔ گاز کاهش و بازده حرارتی افزایش می‌یابد.کاهش مصرف مخصوص سوخت با توجه به افزایش همپوشانی دریچه‌ها(گشودگی زودتر دریچه هوا)به روشنی در شکل 8 می‌توان دید. در ضمن به دلیل افزایش دورتمایل به کوبش کمتر است.(به دلیل افزایش آشفتگی در جریان و افزایش سرعت شعله) لذا مشکل گرم شدن مخلوط ورودی و تمایل به کوبش کاهش یافته است.

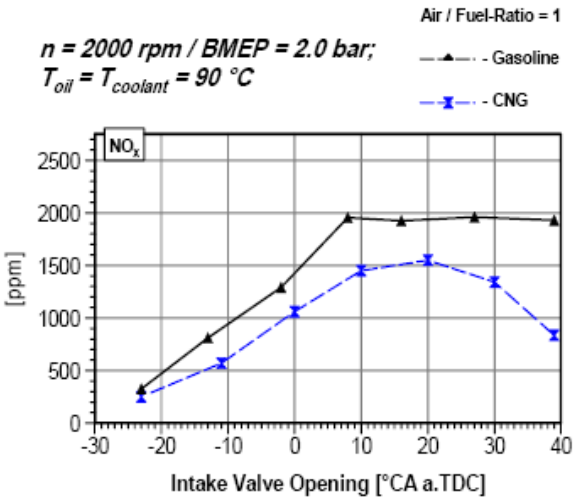


شکل 8: نمودارمصرف مخصوص سوخت برحسب تغییر زاویه گشودگی دریچه هوادر Bmep 2بار

www.SID.ir

Archive of SID

علاوه بر این با افزایش همپوشانی دریچه‌ها و افزایش میزان دود باقیمانده همان گونه که در بخش 3-2شرح داده شد، میزان آلاینده‌های اکسیدهای نیتروژن کاهش می‌یابد. با تغییر زمانبندی، میزان کاهش آلاینده اکسیدهای نیتروژن همان گونه که درشکل 9 مشخص است بسیار قابل توجه است زیرا تشکیل این آلاینده بسیار وابسته به دمای حداکثری احتراق است و چون با افزایش همپوشانی دریچه‌ها دودباقیمانده افزایش یافته و موجب کاهش دمای احتراق می‌شود،لذا با گشودگی زودتر دریچه هوا میزان غلظت این آلاینده بسیار کاهش یافته است. همچنین بدلیل آنکه نرخ سوختن سوخت بنزین نسبت به گاز بیشتر است، در شرایط مشابه (نسبت هم ارزی و بار برابر) دمای بیشینه و در نتیجه آلاینده اکسیدهای نیتروژن سوخت بنزین از گاز بیشتر است.(شکل9)



شکل 9. غلظت آلاینده‌های اکسیدنیتروژن برحسب تغییر زاویه گشودگی دریچه هوادرBmep2بار

دردورهای میانی و بار بزرگ (بیش از30٪) سامانه زبمپ بازشوندگی را بیشتر پیشی می‌دهد. فشار ورودی با افزایش بار بیشتر می‌شود و لذا عمل بازگردانی داخلی دود نسبت به بارهای جزئی کمتراست و مشکلی از بابت ورود مخلوط تازه به مقدارکافی وجود ندارد. اما این زود باز شدن دریچه زاویهٔ بیشینهٔ گشودگی دریچه را به زاویه بیشینهٔ سرعت سمبه نزدیک می گرداند که این امر باعث می‌شود تا در زمانی که شار ورودی بیشینه است مکش نیز بیشینه باشد تا جرم هوای ورودی و بازده تنفسی و در نتیجه گشتاور تولیدی تا حد ممکن افزایش یابد.

زاویهٔ گشودگی بیشینهٔ دریچه هوا درحالت زودترین Earliest برابر 74.5 درجه بعد از نقطهٔ سکون بالاست.

از طرفی سرعت سمبه زمانی بیشینه است که شتاب آن صفر باشد. معادلهٔ شتاب سمبه بدین قرار است :[1]

$$a=rw^2(\cos\varphi+k\sin\varphi+\lambda\cos2\varphi) \quad (2)$$

که در آن a شتاب خطی سمبه، r شعاع میل لنگ، w سرعت دورانی آن، φ زاویه چرخش میل لنگ نسبت به نقطه سکون بالا، k=q/l که q میزان خارج از مرکزی انگشتی از محوراصلی وl فاصله دوچشمی دسته سمبه وλ=r/l است. با قراردادن مقادیر متعلق به موتور EF7 در معادله یادشده و مساوی صفرقراردادن آن φ~ 74.5 بدست می‌آید که همان زاویه گشودگی بیشینه دریچه هوا درحالت زودترین است.

4-3-دورتند(4500-6000 دوردردقیقه) در دورهای تند و بار بزرگ زاویه با تاخیر باز و با تاخیر بسته می‌شود چون اثر اندازه حرکت گاز برای ورود به داخل استوانه اثر غالب است.

4-1- اثرامواج‌فشاری:

با پایین رفتن سمبه در حین مکش به دلیل افت فشار موج انبساط از طرف استوانه به سمت چند راهه هوا ایجاد می‌شود. این موج پس از باز تابش از مخزن آرامش چندراهه هوا به صورت موج فشار مثبت به سمت دریچه حرکت می‌کند. مطلوب آنست که این موج درست درحین بسته شدن دریچه به آن برسد تا با افزایش فشار در پشت دریچه به بهتر پرشدن استوانه و درنتیجه به بهبود بازده تنفسی کمک کند. این امواج با سرعت صوت حرکت می‌کنند و تنها درشاخه ای فعال اند که استوانه آن در انتهای مرحله مکش باشد و در بقیه شاخه های چند راهه هوا که دریچه بسته است اثری ندارند.

به طور معمول در دور متوسط و در دوری خاص برای هر موتور بازده تنفسی و گشتاور تولیدی بیشینه است. علت این امر افزایش زمان همپوشانی در دور کند وکاهش زمان مطلق تنفس در دور تندست. اما با بکارگیری سامانه زبمپ می‌توان منحنی بازده تنفسی و گشتاور تولیدی را هموارتر نمود. در موتور ملی نیز گشتاور تولیدی بیشینه دردور 3500 دوردردقیقه تولید می‌شود و در دور 4500 با تنظیم چند راهه هوا و بهره گیری از اثر امواج فشاری، گشتاور تولیدی برخلاف اصطکاک بیشتر دوباره بیشینه است و پس از آن با شیب ملایم تری نسبت به موتورهای متداول که فاقد سامانه زبمپ اند کاهش می‌یابد که علت آن نیز همان گونه که پیشتر گفته شداستفاده از اندازه حرکت سیال برای ورود به استوانه و تاخیردربسته شدن دریچه به توسط سامانه است.(شکل5)

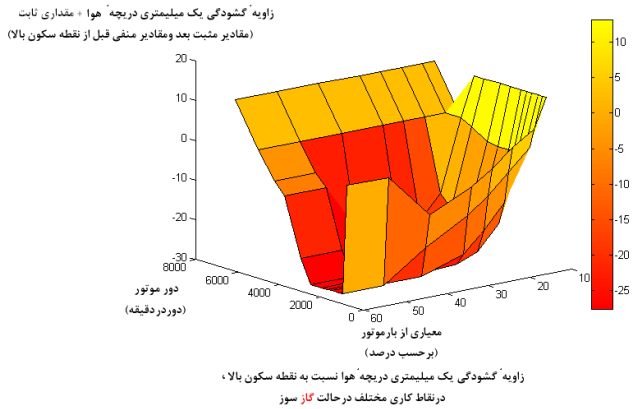
www.SID.ir

Archive of SID

5- مقایسه زوایای گاز و بنزین:

جدول3: زوایای گشودگی دریچه برحسب دور و معیاری از باردرحالت گازسوز

دوردردقیقه / معیاری ازبار٪	1000	2000	3000	5000	6100
12	12.4	12.4	12.4	2.4	13.2
15	0	-2.6	-1.6	2.4	13.2
20	-5	-21.1	-20.6	2.4	13.2
25	-10	-25.6	-27.6	2.4	13.2
30	-14	-27.6	-27.6	2.4	13.2
40	-20	-27.6	-27.6	2.4	13.2
50	-27.6	-27.6	-21.8	2.4	13.2
60	-27.6	-27.6	-21.8	2.4	13.2



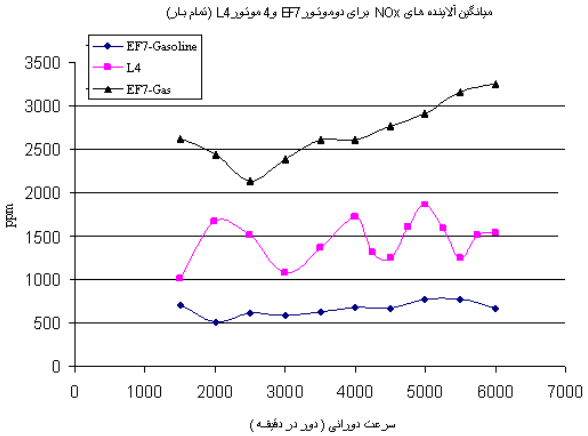
شکل 10 : نمودارسه بعدی زوایای گشودگی دریچه هوا درحالت گاز سوز

به طورکلی زوایای انتخابی به توسط سامانه زبمپ برای سوخت گاز نسبت به بنزین درنقاط کاری مشابه پیشی بیشتری دارد. یعنی دریچه هوا در نقاط کاری مشابه برای سوخت گاز زودتر باز و در نتیجه زودتر نیز بسته می‌شود.

نزدیک به 90٪ گاز طبیعی را مولکول متقارن متان تشکیل می دهد. به دلیل همین تقارن مولکول متان پایداراست وهمین امر مقاومت این سوخت را در مقابل کوبش افزایش می‌دهد. لذا این فرصت فراهم می‌شود تا زاویه جرقه برای بهبود احتراق نسبت به بنزین پیشی یابد. با پیشی یافتن زمان جرقه دمای احتراق افزایش می‌یابد .به این دلیل و نیز بدلیل غنای بیشتر مخلوط سوخت و هوا در حالت بنزین سوز، میزان آلاینده‌های اکسیدهای نیتروژن برای سوخت گاز در تمام بار چندین برابر بنزین است.

برای کاهش دمای بیشینه احتراق سامانه زبمپ با زودتر باز نمودن دریچه هوا همپوشانی دریچه‌ها را افزایش می‌دهد که با عمل بازگردانی داخلی دود، دما و در نتیجه اکسیدهای نیتروژن کاهش یابند. لذا مقدار پیشی زاویه بازشوندگی دریچه هوا در سوخت گاز از بنزین بیشتر است.

همان گونه که درشکل 11 مشخص می‌باشد میزان آلاینده‌های اکسیدهای نیتروژن برای سوخت گاز بسیار بیشتر است. اما در دورهای میانی به علت حداکثر همپوشانی کاهش چشم گیری یافته است.



شکل11 : مقایسه میزان آلاینده اکسید های نیتروژن موتور EF7 درحالت گاز سوز وبنزین سوز با موتور L4 درتمام بار

6- نتیجه گیری

1-استفاده از سامانه زبمپ بر تمام مشخصه های موتور اعم از کاهش مصرف سوخت، بهبود توان و گشتاور، بهبود پایداری احتراق و نیز کاهش آلاینده‌ها اثر می‌گذارد.

2- به توسط سامانه زبمپ نسبت تراکم واقعی و میزان بار موتور قابل تنظیم است. همچنین سامانه زبمپ با تنظیم مقدار همپوشانی دریچه‌ها میزان اتلافات تلمبه‌ای را کاهش می‌دهد، به طورمثال در 2500 دوردردقیقه با تغییر تنها 10 درجه زاویه گشودگی دریچه، بیش از 6 درصد اتلافات ناشی از مکش کاهش می‌یابد.

3- به کمک سامانه زبمپ و با افزایش همپوشانی دریچه‌ها در بارهای جزیی می‌توان میزان آلاینده‌های اکسیدهای نیتروژن را تا حد زیادی کاهش داد.

4- بهبود گشتاور متوسط مؤثر ترمزی بدلیل استفاده از اثر اندازه حرکت گاز در دورهای زیاد به هدف بهبود بازده تنفسی، به کمک سامانه زبمپ امکان پذیر بوده واثر قابل توجهی بر بهبود گشتاور در دورهای زیاد خواهد داشت.

5- روند تغییر زوایا برای سوخت بنزین و گاز بر حسب تغییر دور و بار یکی است با این تفاوت که در حالت گاز سوز زاویه گشودگی دریچه، پیشی بیشتری دارد.

www.SID.ir

Archive of SID

7- مراجع

[1] دکتر اخلاقی، مهدی ؛ "طراحی موتورهای پیستونی " انتشارات بهرام ، 1363.

[2] مهندس میرسلیم ، سیدمصطفی؛ کشاورزیان ، محسن؛ " زمانبندی متغیر دریچه ها" دانشگاه صنعتی امیرکبیر،مقاله درس موتورهای پیشرفته ، 1386.

[3] Variable Valve Actuation2002/SAE SP-1692

[4] Thermodynamic Analysis Of Variable Valve Timing Influence On SI Engine Efficiency/ Davide moro & Fabrizio Ponti / University of Bolonga Italy / SAE Technical Papers /2001-01-0667

[5] Using he 2nd Law Of Thermodynamics to Obtimize Variable Valve Timing for Maximizing Torque in a Thottled SI Engine/T.Kohany&E.Sher/Ben Gurion University/ SAE Technical Papers/1999-01-0328

8- واژه نامه

Advance	پیشی
ATDC	بعد از نقطه سکون بالا
P_{brake}	توان مؤثر ترمزی
Bmep	فشار متوسط مؤثر ترمزی
BDC	نقطه سکون پایین
BTDC	قبل از نقطه سکون بالا
Calibrate	زینه بندی
Catalyst	واکنشگر
Cycle	چرخه
CVVT	زبمپ
Cylinder	استوانه

Maximum	بیشینه
Piston	سمبه
Pumping Losses	اتلافات تلمبه‌ای
Retard	تاخیر
Strategy	راهبرد
Thermodynamic	گرماپویایی
TDC	نقطه سکون بالا
Tumble	حرکت گردبادی بامحورعمودی
Valve	دریچه
Volumetric Efficiency	بازده تنفسی

www.SID.ir