دانشکده مهندسی

گروه مهندسی مکانیک

امکان سنجی استفاده از میل بادامک با پروفیل متغییر در طول به منظور استفاده در موتورهای VVT

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی

در رشته مهندسی مهندسی مکانیک-حرارت و سیالات

کامیار نیکزادفر

استاد راهنما:

دکتر مجید معاونیان

شهریورماه 1385

بنام یکتای هستی بخش

تقدیم به پدر و مادرم

فهرست مطالب

تشکر و قدر دانی 4
مقدمه 5
موتورهای احتراق داخلی 7
موتور های احتراق داخلی 8
دیاگرام تایمینگ 11
مباحث سیالاتی موتور 14
راندمان حجمی 14
بررسی تاثیرات شبه پایستار و تاثیرات ناپایستار 15
افت های اصطکاکی 16
Ram Effect 16
جریان برگشتی 17
اثر Tuning 17
تغییرات راندمان حجمی با سرعت موتور ، قطر سوپاپ و زمان بندی سوپاپ 18
موتورهای VVT 22
موتورهای .V.V.T 23
تاثیر زاویه EVO بر پارامتر های موتور در شرایط بار کامل 25
تاثیر زاویه EVO بر گشتاور موتور 26
تاثیر زاویه EVO بر مصرف مخصوص موتور 27
تاثیر زاویه EVO بر میزان تولید CO و NOx 27
تاثیر زاویه EVO بر پارامتر های خروجی موتور در شرایط 35٪ بار 29
تاثیر زاویه EVO بر گشتاور موتور 29
تاثیر زاویه EVO بر مصرف مخصوص موتور 30
تاثیر زاویه EVO بر میزان تولید CO و NOx 30
تاثیرات زاویه EVO 31
تاثیرات زاویه IVC بر گشتاور ، مصرف مخصوص و مقادیر آلاینده های موتور 32
تاثیر زاویه IVC بر گشتاور موتور 33
تاثیر زاویه IVC بر میزان تولید گازهای آلاینده موتور 34
بررسی تاثیر زاویه IVO بر کارآیی موتور 35
بررسی نتایج تاثیرات زوایای تنفسی بر کارآیی موتور 37

بادامک با پروفیل متغییر در طول 44
بادامک با پروفیل متغییر در طول 45
طراحی مکانیزم کنترلی 50
طراحی کنترلر 51
طراحی کنترلر 55
کنترلر فشار 55
کنترلر سرعت موتور 57
مدل سازی گاورنر 57
مدل سازی سرو موتور با دو ورودی و یک خروجی 60
مدل سازی سیستم 63
کالیبره کردن سیستم 64
بررسی پاسخ های ناشی از توابع کنترلی 70
بررسی پاسخ های میل بادامک سوپاپ خروجی 70
بررسی پاسخ میل بادامک سوپاپ ورودی 79
تعیین پروفیل بادامک سوپاپ ورودی 86
تعیین زاویه خروج 86
تعیین زاویه ورود 89
طراحی اجزاء مکانیکی 91
طراحی بادامک 92
طراحی بادامک سوپاپ خروجی 92
طراحی بادامک سوپاپ ورودی 95
طراحی مکانیکی سر سیلندر 97
پیشنهاد پروژه های مرتبط 108
منابع و مآخذ 109
فهرست منابع و ماخذ : 110

تشکر و قدر دانی

در ابتدا لازم می دانم از استاد بزرگوارم جناب آقای دکتر معاونیان که مرا در انجام پـروژه حاضـر یاری نمودند تشکر نمایم . همچنین از جناب آقای دکتر قاضی خانی که در آشنایی و علاقه منـدی اینجانب با مبحث موتور های احتراق داخلی نقش عمده داشتند و مـرا در انجـام مطالعـات پـروژه حاضر یاری نمودند کمال تشکر را دارم.

همچنین از سایر اساتید بزرگوارم در گروه مکانیک دانشگاه فردوسی مشهد که هر یک به نحـوی در آشنایی و علاقه مندی اینجانب با مباحث مهندسی مکانیک متحمل زحمات فراوانی شدند کمـال تشکر و قدر دانی را دارم.

در انتها بر خود لازم می دانم از پدر و مادر بزرگوارم که با ایجاد بسترهای مناسب مـرا در انجـام وظیفه خود یاری نموده و همواره پشتیبان مادی و معنوی اینجانـب بـوده انـد کمـال تـشکر را مـی نمایم.

امید است با بهره گیری از اساتید بزرگوار و در سایه عنایات آقا علی بن موسی الرضا (ع) شاهد پیشرفت روز افزون علمی و تکنولوژیک کشور عزیزمان ، ایران ، باشیم.

کامیار نیکزادفر

شهریور 85

مقدمه

امروزه موتورهای احتراق داخلی به عنوان نیروی محرکه خودرو ، نقش مهمی را در صنعت حمل و نقل بر عهده دارند.

افزایش تقاضای بازار خودرو و در کنار آن توجه به محدودیت های موجـود در منـابع سـوختی ، متخصصین صنایع خودرو سازی را بر آن داشته تا با استفاده از راهکارهای مهندسـی ، موتورهـایی با حداقل مصرف سوخت ، طراحی و تولید نمایند.

از سوی دیگر مسائل مربوط به محیط زیست و به دنبـال آن محـدودیت هـای تـصویب شـده از سوی دولت ها کارخانجات خودرو ساز را ملزم به تولید خودرو هایی با میزان آلایندگی قابل قبول کرده است . این در حالی است کـه پیـشرفت صـنعت حمـل و نقـل و احـداث معـابر اسـتاندارد ، انتظارات رانندگان را به عنوان استفاده کنندگان این وسایل نقلیه به نحـو چـشمگیری افزایـشی داده است .

اساسا برآورده سازی این خواسته به حق مصرف کنندگان[1] بـا محـدودیت مـصرف سـوخت در تضاد است و رفع این تضاد جز با به کارگیری تکنولوژی های جدید و استفاده از کنتـرل کننـدهای کامپیوتری میسر نخواهد بود.

بنا به آنچه گفته شد طراحان مو تورهای احتراق داخلی به دنبال آنند که با بـه کـارگیری علـوم و تکنولوژی های جدید ، سه عامل زیر را در به نحو مطلوبی در تولیدات خود لحاظ نمایند :

- مصرف بهینه سوخت
- کاهش آلایندگی
- فرمان پذیری خودرو

[1]- Drivability

تمهیدات متعددی برای دستیابی به مسائل فوق در تولید موتورهای درون سوز استفاده شده است ؛ به عنوان مثال توجه به محدودیت های سوختی کارشناسان صنعت خودرو را به استفاده از سوخت های محلی ترغیب نموده است خودرو های گازسوز ، الکل سوز ، هیبریدی و هیدروژنی گویای این واقعیت است .

در راستای کاهش آلایندگی های موتور و نیز افزایش راندمان موتور نیز فعالیت های گسترده ای به عمل آمده که از آن بین می توان به موتورهای با سامانه زمان بندی متغییر سوپاپ[1] ، موتورهای تزریق مستقیم سوخت[2] ، سیستم های بازگردانی دود[3] و استفاده از کاتالسیت های دود خروجی اشاره نمود.

موتورهای با سامانه متغییر زمان بندی سوپاپ از جدیدترین تکنولوژی های مورد استفاده در ساخت موتورهای درون سوز است . این مکانیزم کنترلی که توانایی افزایش راندمان حجمی موتور ، افزایش بازه گشتاور بیشینه موتور ،کاهش مصرف سوخت و نیز کاهش آلاینده های موتور را داراست در ساخت موتور ملی نیز بکار گرفته شده است.

مکانیزم های مختلفی برای ایجاد چنین Flexibility در موتور های درون سوز بکار گرفته شده است.

مکانیزم کنترلی بادامک با پروفیل متغییر در طول ، ایده ای جدید در باب موتور های VVT است که در پروژه حاضر مورد بررسی و امکان سنجی قرار خواهد گرفت.

[1]- VVT
[2] -GDI
[3] -EGR

موتورهای احتراق داخلی

موتور های احتراق داخلی

به طور حتم مکانیزم کاری موتورهای درون سوز یکی از پیچیده ترین مکانیزم های موجـود در مهندسی مکانیک است که با بهره گیری از اصول موجود در علوم مختلف ، موجبات تبدیل انـرژی شیمیایی سوخت به انرژی مکانیکی را فراهم می آورد.

با پیشرفت علوم ، در روش ها و مکانیزمهای کاری موتور تغییراتی ایجاد شده است که مجموعـا موجبات بهینه سازی کارکرد موتور و افزایش راندمان کاری آن را فراهم آورده است.

یکی از مهمترین پارامترهای موتور که به طور خاص مورد توجه طراحان موتور قرار گرفته است ، مسئله تنفس موتور است .

تنفس موتور تاثیرات مهمی در کارکرد موتور دارد و هر اقدامی در راسـتای بهینـه سـازی تـنفس موتور توجیه پذیر می نماید. مهمترین عامل در تعیین شـرایط تـنفس موتـور شـرایط راهگاههـای[1] سیلندر و بخصوص زمان بندی سوپاپ های[2] ورودی و خروجی سیلندر است .

هوا گیری سیلندر به واسطه حرکت نزولی پیستون در سیلندر رخ می دهد . هوا پس از عبـور از مسیرهای طراحی شده و پس از گذر از مرحله اختلاط با سـوخت بـه واسـطه مکـش ایجـاد شـده توسط حرکت پیستون ، به داخل پیستون مکیده می شود . عموما با توجه به سرعت بالای این عمل و توجه به حجم سیلندر (100-500 CC) ، عمل پر شدن سیلندر بـا رانـدمان حجمـی[3] کمتـر از 100٪ انجام خواهد شد.

برای روشن تر شدن نقش پارامترهای سوپاپ در افزایش راندمان حجمی موتور ابتدا به بررسـی اجمالی کارکرد موتور می پردازیم و سپس به بررسی دینامیک سیالات گازهای ورودی و خروجـی و مسائل موثر در تنفس موتور می پردازیم .

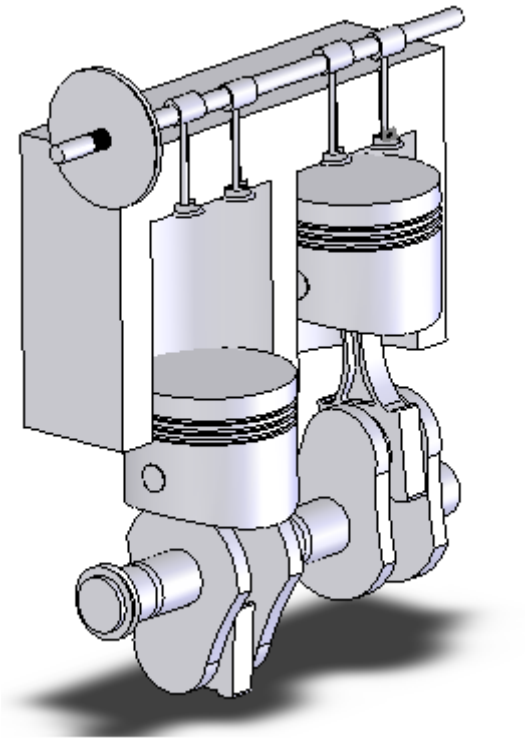
---

[1]- Port
[2] -Valve Timing
[3] -Volumetric efficiency

چنان که آمد موتور های احتراق داخلی به عنوان ابزار تبدیل انرژی شیمیایی سوخت بـه انـرژی مکانیکی به کار می روند ، این تبدیل انرژی به واسطه احتراق سوخت و آزاد شدن انرژی حرارتـی صورت می گیرد ، انرژی حرارتی موجب افزایش دمای هوا شده و نتیجتـا موجبـات انبـساط آن را فراهم می آورد. با استفاده از نیروی حاصل از انبساط هوای مذکور ، می توان برای تولید گـشتاوراز مکانیزم های مناسب بهره برد .

موتورهای احتراق داخلی به مثابه بستری برای احتراق سوخت مطرح هستند . با توجه به زمـان کوتاه احتراق ، کنترل پدیده احتراق امری است که به دشواری صورت می پذیرد.

بستر مذکور شامل استوانه فلزی توخالی به نام سیلندر می باشد کـه از یـک طـرف محـدود و از طرف دیگر توسط استوانه ای متحرک به نام پیستون بـسته شـده اسـت . پیـستون توسـط مکـانیزم لغزنده لنگ به میل لنگ متصل شده است و حرکت نوسانی آن موجب چرخش میـل لنـگ خواهـد شد.



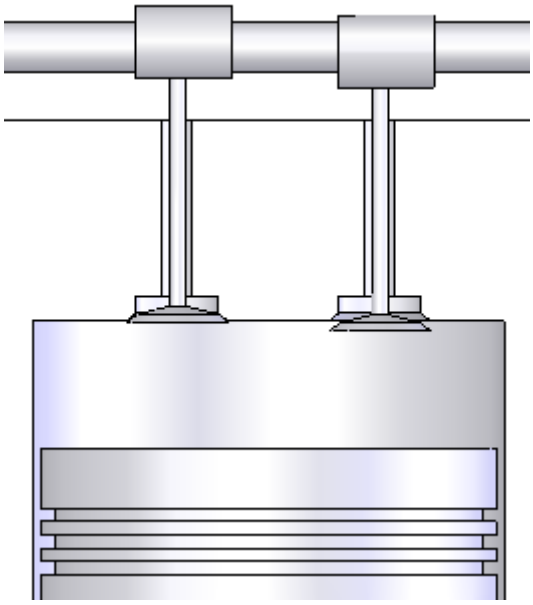
نمای کلی مکانیزم موتور دو سیلندر

در سمت بسته سیلندر در گاههایی برای هـواگیری و نیـز تخلیـه دود تعبیـه شـده اسـت. شـکل هندسی مجاری و درگاههای مذکور در افزایش راندمان تنفسی موتور بسیار مهم می باشد.

هنگام پایین آمدن پیستون به واسطه خلا ایجاد شده ، مخلوط سوخت و هوا از طریق درگاههـای ورودی وارد سیلندر می شود. با صعود مجدد پیستون درگاه ورودی بـسته شـده و بـه ایـن ترتیـب سیلندر همچون محفظه ای بسته خواهد بود ، به این ترتیب با بالا آمدن پیستون مخلوط سـوخت و هوای محبوس در سیلندر متراکم شده و شرایطی مناسب برای احتراق مخلوط فراهم خواهد شد. با ایجاد جرقه در زمان مناسب ، مخلوط سوخت و هوا محترق شده و حـرارت ایجـاد شـده موجـب انبساط گاز مذکور می شود . انبساط گاز باعث پایین آمدن پیستون می شود و نهایتا حرکت مـذکور موجب گردش میل لنگ خواهد شد.

نیروهای اینرسی موجب بالا آمدن مجدد پیستون خواهند شد ، در همین زمـان درگـاه خروجـی سیلندر باز شده و محصولات احتراق توسط حرکت جاروب ماننـد پیـستون بـه خـارج از سـیلندر هدایت می شوند.

کنترل باز بسته شدن دریچه های ورودی و خروجی سیلندر (سوپاپ)[1] بر عهده میـل بادامـک و بادامک می باشد ، میل بادامک میله ای است که در بالا یا پایین سیلند و به موزات میـل لنـگ قـرار می گیرد ، میل بادامک با سرعتی برابر نصف سرعت میل لنگ مـی چرخـد و بادامـک هـا روی آن قرار دارند.



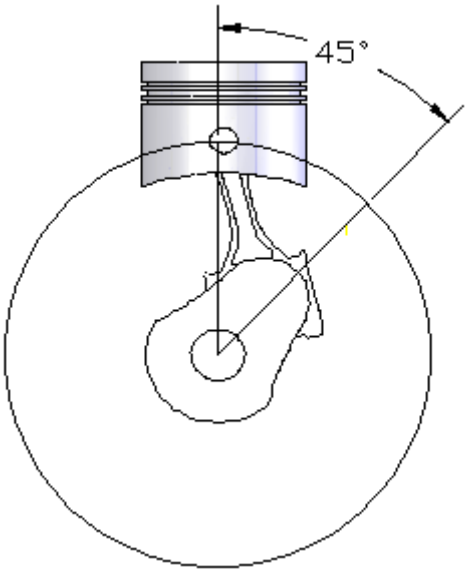
میل بادامک ، بادامک و سوپاپ ها

[1] -Valve

میل بادامک توسط چرخدنده ، زنجیر یا تسمه لاستیکی[1] به محـور موتـور (میـل لنـگ) مربـوط میشود.

دیاگرام تایمینگ

زمان وقوع اتفاقات فوق در کارکرد موتور نقش بسیار مهمی ایفا می کنند ، به همین دلیل وقـایع فوق در دایره ای موسوم به دیاگرام تایمینگ موتور مورد بررسی قرار می گیـرد. دیـاگرام تایمینـگ موتور نموداری دایره ای شکل است که معرف حرکت زاویه ای میل لنگ می باشد. وقایع تنفسی و احتراقی موتور در درجات مختلف میل لنگ اتفاق می افتد.



دیاگرام تایمینگ موتور در زاویه 45 درجه

چنان که گفته شد در صورتی که وقایع تنفسی موتور در زمان ها (زوایا) ی مناسب انجام شـود ، نقش بسیار مهمی در افزایش راندمان موتور ، کاهش آلودگی موتور و کاهش مـصرف مخـصوص آن خواهد داشت.

وقایع تنفسی موتور شامل 4 زاویه می باشد :

1- پیش تنفس[1]

[1] -Timing belt

2- پس تنفس[2]

3- پیش تخلیه[3]

4- پس تخلیه[4]

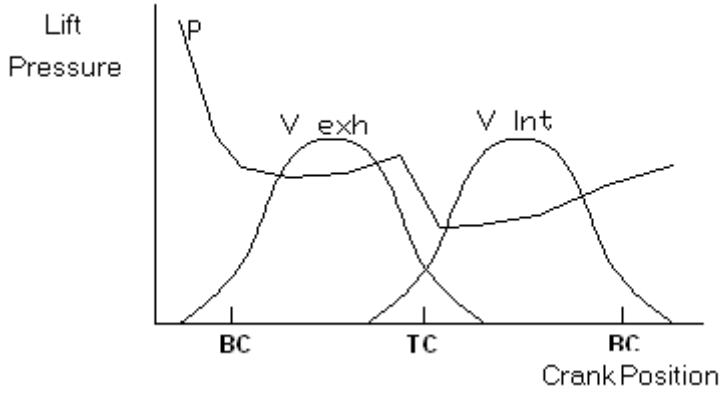
زوایای چهار گانه فوق نقش مهمی در راندمان تنفسی موتور بازی می کنند و تحقیقات فراوانی جهت یافتن زوایای بهینه موتور های درونسوز صورت گرفته است.

برای روشن تر شدن نقش زوایای تنفسی در افزایش راندمان تنفسی موتور به بررسی تاثیرات زوایای تنفسی موتور در هوا گیری و تخلیه سیلندر از دیدگاه دینامیک سیا لات می پردازیم.

به طور کلی هدف از مراحل تنفس و تخلیه ، خارج کردن مواد حاصل از احتراق در پایان مرحله انبساط و وارد کردن هوا و سوخت در طول مرحله تنفس می باشد.

چنان که می دانیم توان اندیکاتوری موتور با دبی هوای ورودی به موتور متناسب است ، بنابراین ارسال حداکثر هوای ممکن به داخل سیلندر اساسی ترین هدف تنفس موتور می باشد.

شکل زیر دیاگرام حرکت سوپاپ بر حسب زاویه لنگ را نشان می دهد :

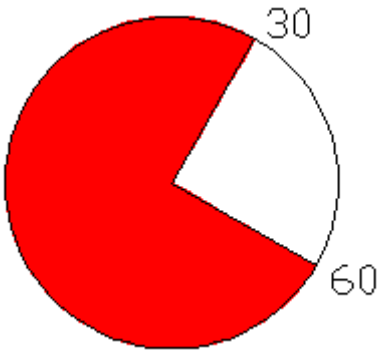


[1] -Inlet Valve Open
[2] -Inlet Valve Close
[3] -Exhaust Valve Open
[4] -Exhaust Valve Close

یکی از امور مرسوم در طراحی پروفیل حرکت سوپاپ ، گسترش دامنه حرکت سوپاپ تا بعد و قبل از نقاط مرگ بالا و پایین به منظور استفاده از اینرسی هوا در افزایش میزان هوای ورودی و گاز خروجی می باشد.

خروج گاز معمولا 40 تا 60 درجه پیش از نقطه مرگ پایین شروع می شود. تا پیش از رسیدن به نقطه مرگ پایین گازهای محبوس در محفظه احتراق بر اثر فشار گاز های محترق شده از سیلندر خارج می شوند بعد از نقطه مرگ پایین ، گازهای موجود در سیلندر بر اثر حرکت صعودی پیستون به خارج از سیلندر رانده می شوند.

به مراحل فوق به ترتیب Blowdown و Displacement گفته می شود. عموما سوپاپ خروجی در زاویه 15 تا 30 درجه پس از مرگ بالا بسته می شود.

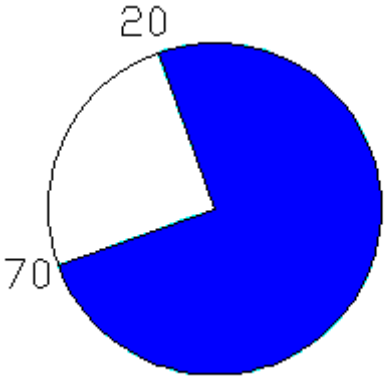


مرحله تخلیه

سوپاپ ورودی در زاویه ای بین 10 تا 20 درجه پیش از مرگ بالا باز می شود در محدوده ای خاص از زوایای لنگ هر دو سوپاپ ورودی و خروجی با هم باز می شوند به این مرحله مرحله Overlap می گویند. هنگامی که $p_i/P_e \leq 1$ گازهای خروجی پس از عبور از درگاه خروجی مجددا به داخل سیلندر کشیده می شوند و پس از آن بر اثر اختلاف فشار به مانی فولد ورودی وارد خواهند شد.

مرحله برهم نهی در دورهای بالای موتور بسیار موثر است و می تواند راندمان حجمی موتور را به گونه ای چشمگیر افزایش دهد.

هنگامی که پیستون از مرگ بالا به سمت پایین حرکت می کند ، بر اثر کـاهش فـشار بـه وجـود آمده ، گازهای ورودی به داخل سیلندر کشیده می شوند. سوپاپ ورودی معمولا تا زوایای 50 تـا 70 درجه پس از مرگ پایین باز می ماند ، در این محدوده موتور توانایی مکش هوا را داراست.



مرحله تنفس

مباحث سیالاتی موتور

راندمان حجمی

راندمان حجمی به عنوان یکی از مهمترین شاخص های تنفس موتور و کارآیی موتورهای چهـار زمانه مطرح است.

راندمان حجمی به شکل زیر تعریف می شود:

$$\eta_v = \frac{2m^{\bullet}_a}{\rho_{a,O} V_d N}$$

$\rho_{a,O}$ چگالی هوا در محیط است که می توانـد در شـرایط اتمـسفر یـا در شـرایط مـانی فولـد محاسبه شود سنجیده می شود ، در صورت محاسبه چگالی در شرایط محیط η_v به عنوان رانـدمان حجمی نهایی مطرح می شود و در صورت محاسبه چگالی مانی فولد راندمان حجمی مشخـصه ای از کارآیی پمپی موتور خواهد بود که شامل کارآیی پمپی سیلندر ، درگاه ورودی ، درگاه خروجی و سوپاپ ها می باشد.

راندمان حجمی متاثر از شرایط زیر می باشد :

1- نوع سوخت ، نسبت سوخت به هوا ،نسبت تبخیر سوخت در مانی فولد ورودی ، گرمای نهان تبخیر سوخت
2- دمای مخلوط سوخت و هوا
3- نسبت فشار مانی فولد ورودی به خروجی
4- نسبت تراکم موتور
5- سرعت موتور
6- طراحی هندسی درگاه های ورودی و خروجی
7- تایمینگ ، پروفیل حرکتی و سایز خصوصیات هندسی سوپاپ ها

تاثیر موارد فوق بر راندمان حجمی اصولا تاثیراتی شبه پایستار[1] است ، به عنوان مثال تاثیرات مستقل از سرعت لحظه ای موتور می باشد ولی می توان آن را برحسب سرعت متوسط موتور در بازه کوچک تغییرات بیان نمود.

در عین حال برخی از موارد فوق دارای تاثیراتی هستند که متاثر از شرایط نا پایدار رژیم دینامیکی گاز و خواص موج گونه حرکت گاز می باشند.

بررسی تاثیرات شبه پایستار و تاثیرات ناپایستار

هنگامی که جریانی از گاز در لوله ها ، درگاهها و سوپاپ ها جریان می یابد ، آثار ناشی از اصطکاک ، فشار و نیرو های اینرسی ظاهر می شوند. برتری نسبی موارد فوق بستگی به سرعت جریان گاز و شرایط هندسی درگاهها و مسیر های گاز دارد.

معمولا هر دو تاثیر شبه پایستار و ناپایستار در تعیین شرایط نقش مهمی دارند.

[1] -Quasti-Steady

افت های اصطکاکی

در هنگام مرحله مکش ، به علت افت های موضعی ، فشار داخل سیلندر P_c کمتر از فشار اتمسفر P_{atm} خواهد بود . این افت با مجذور سرعت متناسب است. افت فشار نهایی ، مجموع افت های ناشی از اجزاء موجود در سیستم مکش مانند صافی هوا ، کاربراتور ، دریچه گاز[1] ، مانی فولد ، در گاه ورودی و سوپاپ ورودی است.

هریک از موارد فوق بخشی از افت فشار کلی را به دنبال دارد ، در این میان درگاه ورودی و سوپاپ ورودی بخش اعظم افت فشار را ناشی می شوند.

به این ترتیب در مرحله مکش ، هنگامی که پیستون دارای بیشینه مقدار سرعت می باشد ، فشار در سیلندر در حدود 10 تا 20٪ کمتر از فشار محیط خواهد بود.

Ram Effect

فشار مانی فولد ورودی هنگام وقوع مرحله تنفس در هر یک از سیلندر ها ، دچار تغییراتی خواهد شد . این تغییرات فشار ناشی از تغییرات سرعت خطی پیستون ، میزان باز شدگی سوپاپ[2] ها و نتایج ناشی از تاثیرات ناپایدار جریان گاز می باشد .

مقدار جرم مکیده شده و نتیجتا راندمان حجمی موتور در انتهای مرحله تنفس ، متاثر از فشار مانی فولد ورودی در اواخر زمان تنفس می باشد.

در سرعت های بالای کار موتور ، با توجه به بالا بودن اینرسی جریان در اواخر مرحله مکش و بسته شدن سوپاپ ورودی ، فشار جریان افزایش یافته و امکان ادامه ورود هوا به سیلندر فراهم خواهد شد. این اثر در صورت افزایش سرعت موتور به نحو چشمگیری افزایش خواهد یافت.

به همین علت معمولا سوپاپ ورودی 40 تا 60 درجه پس از مرگ پایین بسته خواهد شد تا حداکثر استفاده از این خاصیت به عمل آید.

[1] -Throttle valve
[2] -Valve lift

جریان برگشتی[1]

از آنجا که بسته شدن سوپاپ ورودی پس از بالا آمدن پیستون رخ می دهد ، امکان برگشتن شارژ (هوای تازه موجود در سیلندر) به مانی فولد ورودی وجود دارد. این امکان به علت افزایش فشار سیلندر که ناشی از بالا آمدن پیستون است رخ می دهد.

این اثر عمدتا در دور های پایین کاری موتور مشهود است . با توجه به مفهوم اثر Ram و استفاده از مزایای آن در دور های بالا در صورت استفاده از مکانیزم های تنفسی صلب نمی توان معایب آن را در دورهای پایین موتور از بین برد.

اثر Tuning

خروج متناوب گازهای خروجی از سوپاپ های خروجی باعث ایجاد امواج فشاری در داخل مانی فولد خروجی خواهد شد. این امواج با سرعتی معادل سرعت صوت در محیط مذکور نسبت به جریان گازهای خروجی به حرکت در می آید. امواج مذکور پس از برخورد با موانع موجود (دیواره مانی فولد) به سمت سیلندر بازگشت داده خواهند شد. تداخل امواج بازگشتی حاصل از سیلندر های مختلف ممکن است در تنفس سیلندر ها اختلال ایجاد نموده و یا باعث تقویت فرآیند جایگزینی هوا شود.

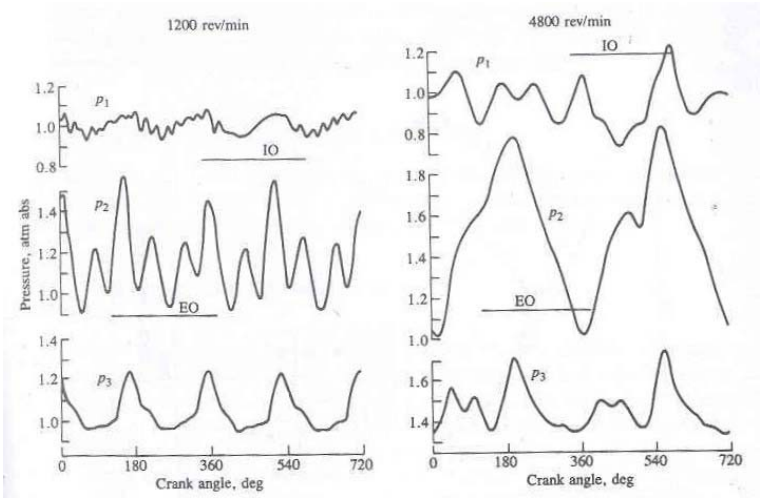
هنگامی که اثرات مذکور با کاهش فشار پشت سوپاپ باعث تقویت فرآیند خروج گازهای شود به سیستم خروجی Tuned اطلاق می شود.

همچنین امواج انبساطی ایجاد شده در مانی فولد ورودی با برخورد به موانع برگشت داده شده و باعث ایجاد امواج فشاری مثبت می شود که به سمت سیلندر ها در حرکت اند. اگر زمانبندی ایجاد چنین امواجی به گونه ای باشد که باعث ایجاد فشار مثبت (فشار بالاتر از فشار اسمی تنفس) در هنگام تنفس سیلندر شود به آن نیز ، سیستم Tuned گویند.

نمونه هایی از تاثیرات چنین امواجی در موتورهای احتراق داخلی در نمودار های ذیل آمده است. دامنه این امواج فشاری با افزایش دور موتور افزایش خواهد یافت. پریود اولیه این امواج

[1] -Reverse flow

برابر با پریود حرکت پیستون هر سیلند خواهد بود ، همچنین فرکانس هـای ثانویـه نیـز در نمـودار مشهود است که ناشی از اثر سایر سیلندر ها است.

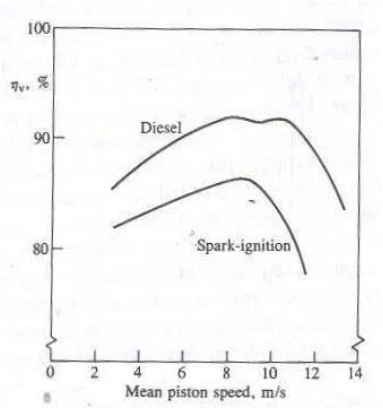


نمودار فوق فشار مانی فولد خروجی در محل سوپاپ را بر حسب زوایای مختلف لنگ نشان می دهد.

تغییرات راندمان حجمی با سرعت موتور ، قطر سوپاپ و زمان بندی سوپاپ

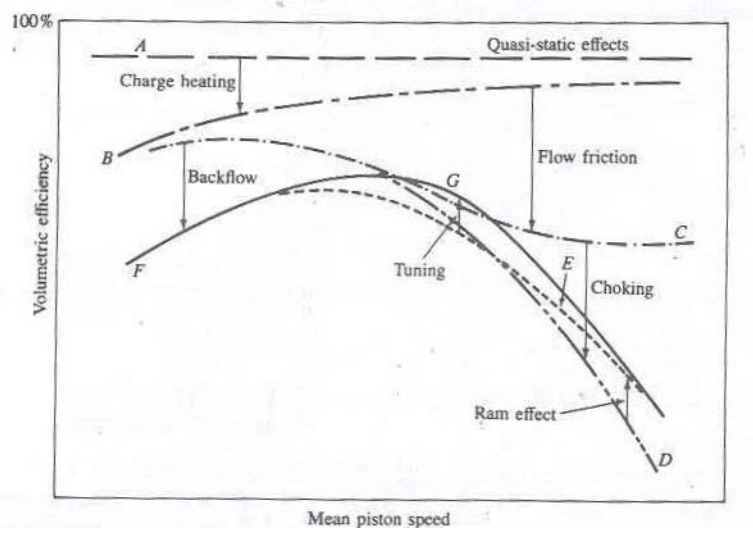
تاثیرات جریان روی راندمان حجمی موتور تابعی از سـرعت جریـان هـوای ورودی مـی باشـد. سرعت جریان برای موارد شبه تعادلی حاصل تقسیم دبی حجمـی هـوای ورودی بـه سـطح مقطـع متناظر آن می باشد.از آنجا که ابعاد سیستم هوا دهی و نیز سـوپاپ هـا بـا نـسبتی خـاص بـا ابعـاد پیستون مرتبط می شوند ، لذا سرعت جریان نیز با همان نسبت با سرعت پیـستون مربـوط خواهـد شد.

بنابراین راندمان حجمی را میتوان تابعی از سرعت متوسط پیستون دانست. منحنی زیـر نمایـشگر تغییرات راندمان حجمی موتور بر حسب سرعت های مختلف پیـستون در یـک موتـور 6 سـیلندر دیزل پاشش غیر مستقیم است است :



معمولا راندمان حجمی موتور های بنزینی به علت وجود افت های ناشی از دریچه تراتل و مدارات کاربراتور کمتر از مقادیر راندمان حجمی موتور های دیزل می باشد.

تغییرات راندامان حجمی بر حسب سرعت پیستون در نمودار زیر آمده است ، این نمودار بـه طـور شماتیک میزان تاثیر مسائل و پارامترهای ذکر شده در قسمت پیس را بـر حـسب سـرعت پیـستون نشان می دهد.



پارامترهایی که تاثیر گذاری آنها بر راندمان حجمی کم است (فشار بخار بنزین) ، مجموعا رانـدمان حجمی را به مقدار متناظر خط A نزول می دهد.

گرم شدن شارژ موتور در مانی فولد ورودی و افت سیلندر راندمان را به مقادیر نشان داده شـده در منحنی B نزول می دهد.

مقدار افت ناشی از گرم شدن شارژ موتور با افزایش سرعت موتور کاهش می یابد ، علت ایـن امـر کاهش زمان ماندگاری شارژ سیلندر می باشد.

افت های ناشی از اصطکاک هوا نیز متناسب با مربع سرعت ، راندمان حجمی را کاهش می دهـد ، این مقادیر در منحنی C آمده است.

در سرعت های بالاتر امکان خفگی جریان هوا در کوچکترین مقطع مانی فولد وجود دارد ، در این صورت با افزایش سرعت پیستون تغییرات چندانی در سرعت جریان ایجاد نخواهد شـد ، بـه ایـن ترتیب راندمان حجمی به شدت کاهش می یابد. (مقادیر موجود در منحنی D)

در دورهای بالای موتور اثرات Ram پدیدار خواهد شد ، این اثرات تا حدودی رانـدمان حجمـی را افزایش خواهد داد.

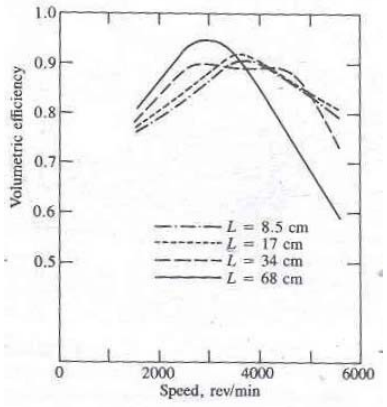
بسته شدن دیر به هنگام سوپاپ ورودی گرچه موجبات استفاده از پدیده Ram در دور های بالای موتور را فراهم می آورد ولی باعث می شود در دورهای کم موتور شاهد پدیده برگشت هوا باشـیم که این امر موجب کاهش راندمان حجمی در دورهای پایین موتور خواهد شد.

در نهایت اثرات ناشی از Tuning نیز در بعضی دورهای موتور اثرات مثبت بر رانـدمان حجمـی خواهد داشت ، این اثرات در شکل آمده است.

اثرات ناشی از Tuning در مانی فولد و تاثیرات آن بر راندمان حجمی در نمودار ذیل آمده اسـت.

این آثار با استفاده از محاسبات غیر تعادلی گاز در مانی فولد ورودی به دست آمده است.

این نمودار با توجه به افزایش طول حرکتی هوا در طول مانی فولد محاسبه و رسم شده است.

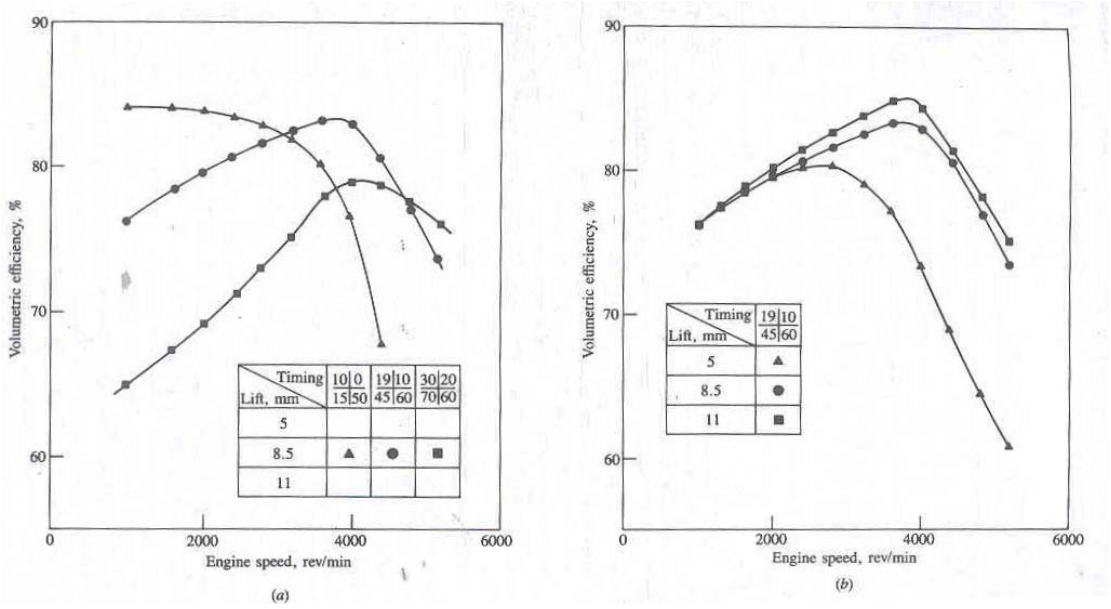


طول 34 سانتی متری بهترین استفاده از این پدیده را دارا می باشد ، در این حالت سیستم هوا دهی Tuned می باشد.

افزایش طول مانی فولد به مقدار 68 سانتی متر باعث می شود راندمان در دورهـای پـایین افـزایش یابد ، این در حالی است که راندمان در دورهای بالای موتور کاهش شدیدی پیـدا کـرده و از ایـن بابت طرح را غیر قابل قبول نموده است.

به این ترتیب تغییرات تایمینگ موتور و نیز تغییرات باز شدگی سوپاپ [1] می تواند تـاثیرات عمـده ای در راندمان حجمی موتور داشته باشد.

نمودار های ذیل تغییرات راندمان حجمی را بر حسب زوایـای مختلـف تنفـسی و نیـز میـزان بـاز شدگی های مختلف سوپاپ نشان می دهد.



چنان که در شکل آمده است ، بسته شدن زود به هنگـام سـوپاپ ورودی موجبـات کـاهش پدیـده برگشت هوا را پدید خواهد آورد که این امر بـه نوبـه خـود موجـب افـزایش رانـدمان حجمـی در دورهای پایین موتور خواهد شد ؛ به این ترتیب راندمان در دورهای بالا کاهش خواهد یافت.

بسته شدن دیر به هنگام سوپاپ ورودی تنها در دورهای بالای موتور کارا خواهد بود .

لیفت سوپاپ نیز تنها در دورهای میانی و بالای موتور موثر خواهد بود.

[1] -Valve lift

موتورهای VVT

موتورهای V.V.T.[12]

چنان که گفته شد بهینه سازی زمان بندی تنفسی موتور در افزایش کارآیی موتـور نقـش اساسـی بازی می کند و در صورتی که موتور دارای زمان بندی متغییر باشد رانـدمان حجمـی آن بـه نحـو چشمگیری افزایش خواهد یافت.

در فصل پیشرو تاثیرات تغییر رژیم تنفسی موتور بر افزایش گشتاور و مصرف مخصوص موتـور مورد بررسی قرار خواهد گرفت. این تاثیرات با تغییر در زوایای باز شدن سـوپاپ هـای ورودی و خروجی و نیز تغییر در زاویه بسته شدن سوپاپ ورودی انجام می شود.

با بررسی تاثیر این زوایا بر راندمان سیکل ،قدرت موتور و ترکیـب گازهـای خروجـی ، بهتـرین زوایا طرح شده است.

به طور کلی وقتی که زمان بندی سوپاپ و تایمینگ جرقه زنی موتور ، هر دو بـه طـور بهینـه ای تنظیم شده باشند، موتور نیز از نظر کارآیی در حالت بهینه ای قرار خواهد گرفت.

این زمان بندی عمدتا به طور خطی به عواملی چون بار و سرعت موتور بستگی دارد.

در صورت استفاده از سیستم های سامانه متغییر زمان بندی سوپاپ ، قدرت موتور بـه میـزان 6٪ افزایش خواهد یافت ، همچنین مصرف مخصوص موتور به میزان 13٪ کاهش خواهد یافـت. ایـن در حالی است که گشتاور ماکزیمیم به سمت دور موتور کمتر میل خواهد کرد.

به طور کلی سیستم های VVT هم ، زمان باز شدن و هم ، طول زمان باز بودن سوپاپ را نـشان می دهند. در موتورهای معمولی این مقادیر ثابت هستند و موتور در تمامی شرایط کـاری ملـزم بـه

---

[1] -Variable Valve Timing

[2] برگرفته از مقاله: Optimization of variable valve timing for maximizing performance of an unthrottled SI engine—a theoretical study by : E. Sher . , T. Bar-Kohany

تنفس در رژیمی خاص است. این زمان بندی به نحوی طراحی شده است که در یک حالت کـاری خاص ، شاهد کارآیی بهینه موتور خواهیم بود.

به طور کلی این رژیم تنفسی موتور به نحوی انتخاب می شود که در دور هـای بـالای موتـور و شرایط . W.O.T[1] شاهد کارآیی بهینه موتور باشیم .

با ایجاد تغییرات مناسب و کنترل زمان بندی تنفس موتور می توان منحنی گـشتاور موتـور و نیـز منحنی توان موتور را تا حد زیادی افزایش داد. همچنـین ایـن تغییـرات موجـب کـاهش مـصرف مخصوص و نیز کاهش آلایندگی های موتور خواهد شد.

بر اساس تحقیقات به عمل آمده می توان با ایجاد تغییرات در تایمینگ تنفسی موتور ، بار موتـور را بدون استفاده از دریچه گاز تغییر داد. به این ترتیب می توان افت ناشی از دریچه تراتل که در بار های کم ایجاد می شود را با استفاده از مکانیزم کاهش زمان تنفس موتور کاهش داد. به این ترتیب در یک سیکل مخلوط کمتری وارد سیلندر شده و نتیجتا بار موتور کاهش خواهد یافت. روش های مختلفی برای تنظیم به وسیله مکانیزم VVT پیشنهاد شده است.

به عقیده .Lenz et al [2] در موتورهای بدون دریچه تراتل می توان شارژ موتور را با اسـتفاده از پیش انداختن زمان بسته شدن سوپاپ ورودی تغییر داد .

در دورهای پایین موتور، بستن سوپاپ ورودی در زمان مناسب موجب افزایش رانـدمان حجمـی خواهد شد.

پیش انداختن زمان بسته شدن سوپاپ (قبل از مـرگ پـایین) باعـث مـی شـود گـاز محبـوس در سیلندر تا حجم کلی سیلندر منبسط شود ، به این ترتیب ماکزیمم دمای مخلوط گاز در زمان تراکم کاهش خواهد یافت . به این ترتیب از مقدار NOx کاسته و بر مقدار هیـدروکربن هـای نـسوخته افزایش خواهد یافت.

یکی از روش های کنترل بار موتور همراه با افزایش اقتصاد مصرف سوخت توسط Ma[3] پیشنهاد شد. بر اساس پیشنهاد او به تعویق انـداختن زمـان بـسته شـدن سـوپاپ ورودی یکـی از راه هـای

[1] - Wide Open Throttle

[2] - Lenz HP, Wichart K, Gruden D. Variable valve timing—a possibility to control engine load without throttle, SAE , paper 880388, 1988.

[3] - Ma TH. Effect of variable engine valve timing on fuel economy, SAE paper 880390, 1988.

افزایش کارآیی در موتور هایی است که دو سوپاپ ورودی برای هر سیلندر دارنـد . در ایـن گونـه موتور ها با توجه به امکان ایجاد اختلاف زمانی بین دو سوپاپ می توان زمان هـواگیری موتـور را افزایش داد.

در موتورهای دیزل مهمترین کـارآیی ایـن سیـستم هـا تغییـر زمـان بـرهم نهـی سـوپاپ هـا در موتورهای توربوشارژ است. خوش استارتی موتور نیز از دیگر مزایای کـاربرد ایـن سیـستم هـا در موتور های دیزل است.

به علت محدودیتهای ناشی از مسایل اقتصادی و نیـز مـشکلات مربـوط بـه طراحـی ایـن گونـه مکانیزم ها ، تنها تعداد اندکی از خودرو ها به چنین موتورهایی مجهز شده اند.هرچند با توجـه بـه پیشرفت های اخیر در زمینه الکترونیک و نیز شـیرآلات کنترلـی و همچنـین توجـه بـه اسـتفاده از میکروپروسسورها در کنترل موتور به نظر می رسد در آینده ای نزدیک استفاده از این سیستم ها بـه شکل وسیعی صورت گیرد.

تاثیر زاویه EVO بر پارامتر های موتور در شرایط بار کامل

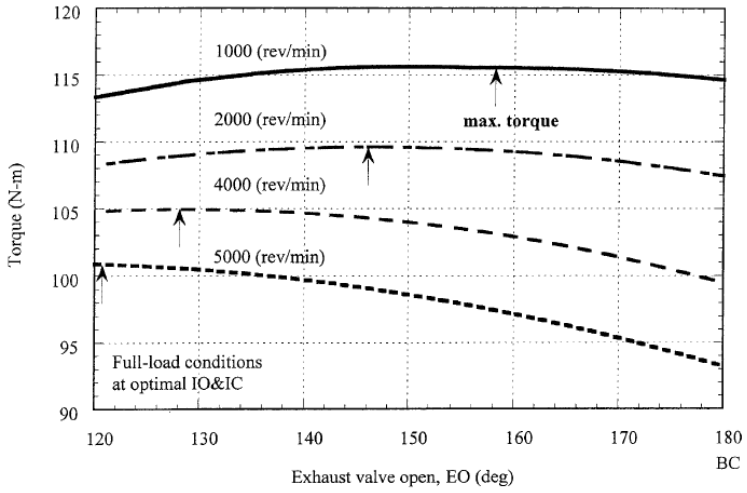
بر اساس آنچه گفته شد تغییر تایمینگ تنفس موتور تاثیر زیادی بر پـارامتر هـای موتـور خواهـد داشت ، در نمودار های زیر نتایج این تاثیرات برای یک موتور 1300 CC آمده است :

تاثیر زاویه باز شدن سوپاپ خروجی علاوه بر گشتاور تولیدی بر سایر پـارامتر هـای موتـور نیـز تاثیر بسزایی خواهد داشت. مصرف مخصوص موتور ، آلایندهCO و آلاینده NOx نیـز از جملـه مواردی است که تغییرات آن مورد بررسی قرار گرفته است .

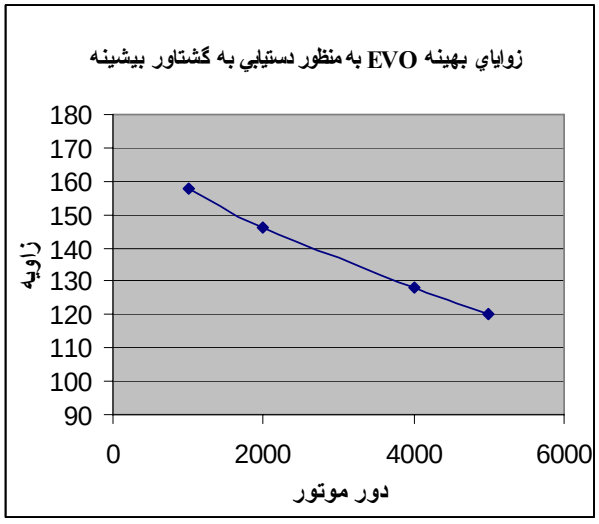
در نمودار های زیر تاثیر زاویه باز شدن سوپاپ خروجی بر گشتاور موتور و سـایر پارامترهـای موتور در شرایط بار کامل بررسی شده است .

تاثیر زاویه EVO بر گشتاور موتور

چنان که در نمودار آمده است در هر دور موتور معین ، تنها در یک زاویه ، شاهد گشتاور بیـشینه می باشیم و در سایر زوایای تنفسی شاهد افت گشتاور هستیم.

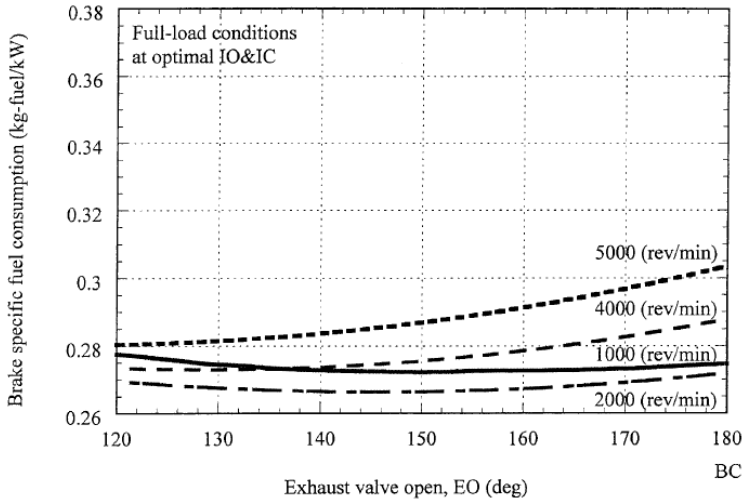


با افزایش دور موتور زاویه بهینه به مقدار کمتری خواهد رسید . حدود تغییرات زاویه بـاز شـدن سوپاپ خروجی 40 درجه می باشد. این تغییرات تقریبا به صورت خطی می باشد.



تاثیر زاویه EVO بر مصرف مخصوص موتور

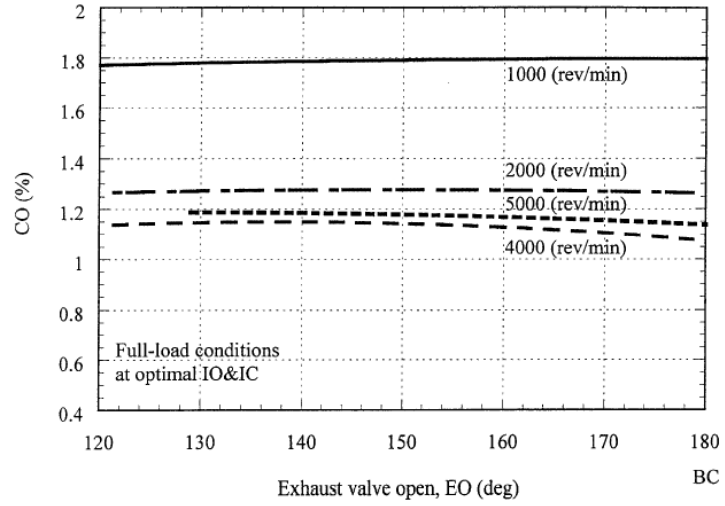
چنان که دیده می شود زاویه بهینه EVO با افزایش دور موتور کاهش می یابد.

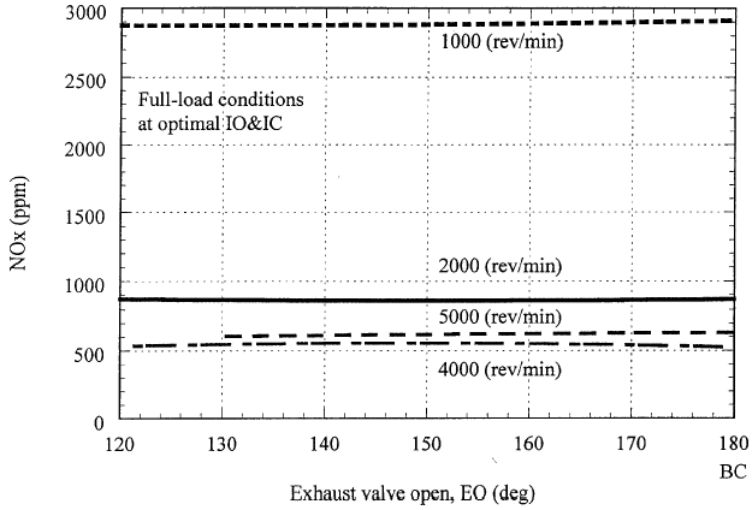


تاثیر زاویه EVO بر میزان تولید CO و NOx

چنان که در نمودار زیر آمده است زاویه پیش تخلیه تاثیر چشمگیری بر میـزان تولیـد مونوکـسید کربن و نیز تولید اکسید های ازت ندارد و میزان تولید آن در شرایط بار کامل تنها تابعی از سـرعت موتور می باشد.

با این وجود تاثیر این زاویه بر میزان تولید آلاینده ها در دورهای بالا مشهود تـر از دورهـای کـم موتور نمی باشد.





.

نتایج حاصل از مدل سازی با تقریب مناسبی با نتایج حاصل از آزمایشات موتور تطابق دارد. به عنوان مثال در مورد موتور مورد آزمایش گشتاور بیشینه موتور در دور 4800 rpm حاصل شده است که به طور دقیق با نتایج واقعی همخوانی دارد.

از آنجا که منحنی توان اندیکاتوری به طور شدید متاثر از خواص جریان و پدیده های آن در مجرا های ورودی و خروجی است ،تطابق نتایج آزمایش و مدل نشان از آن دارد که این پدیده به طور دقیق و کامل مدل شده است.

افت های اصطکاکی از جمله مواردی است که موجبات تغییر نتایج مدل از واقعیت را حاصل شده است.

تاثیر زاویه EVO بر پارامتر های خروجی موتور در شرایط 35٪ بار

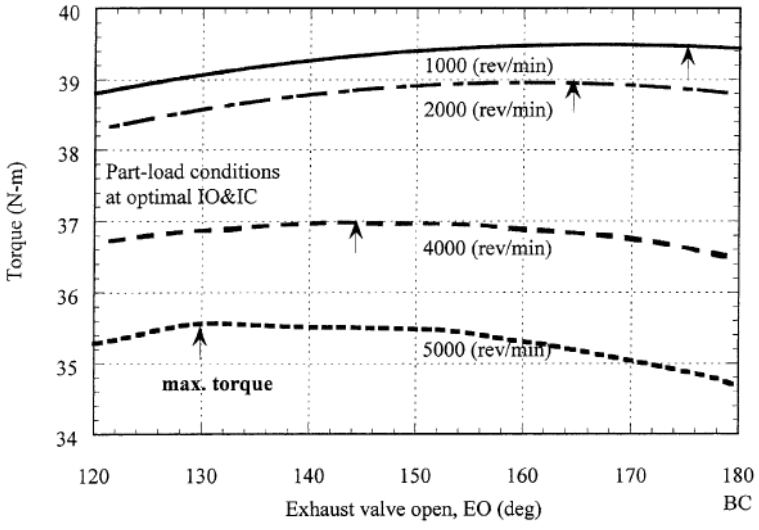
زاویه باز شدن سوپاپ خروجی در شرایط نیم بار نیز مورد بررسی قرار گرفته است. این زاویه بر گشتاور موتور ، مصرف مخصوص و نیز آلاینده های موتور تاثیر بسزایی دارد این نتایج به طور خلاصه مورد بررسی قرار گرفته است:

تاثیر زاویه EVO بر گشتاور موتور

تاثیر زاویه باز شدن سوپاپ خروجی بر گشتاور تولیدی موتور در شرایط Part load مورد بررسی قرار گرفته است و نتایج آن در نمودار زیر آمده است.

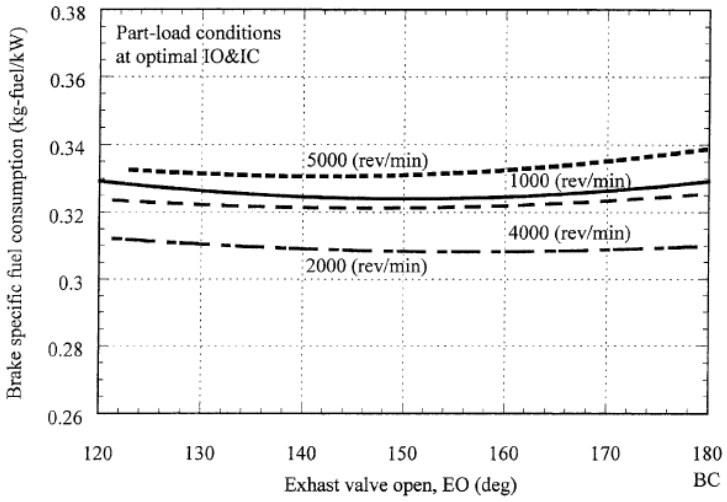
چنان که می بینیم گشتاور بیشینه در هر دور نمایش داده شده است . زاویه بهینه EVO با افزایش دور کاهش می یابد.

هم چنین تغییر زاویه EVO در هر دور موتور باعث کاهش گشتاور موتور در دور مذکور خواهد شد.



تاثیر زاویه EVO بر مصرف مخصوص موتور

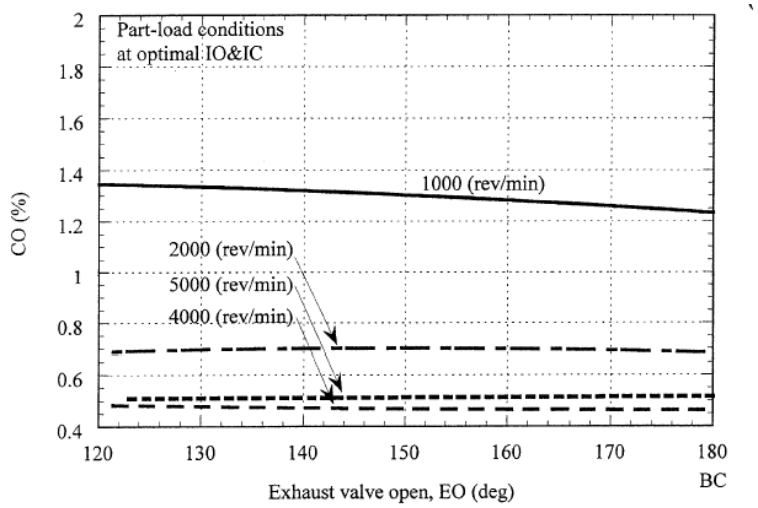
نتایج حاصل از مدل برای شرایط نیم بار در شکل زیر آمده است . براساس این نتایج مصرف مخصوص تا اندازه ای متاثر از زاویه EVO است ، بر این اساس زاویه 150 زاویه ای مناسب برای شروع خروج گازهای حاصل از احتراق است.

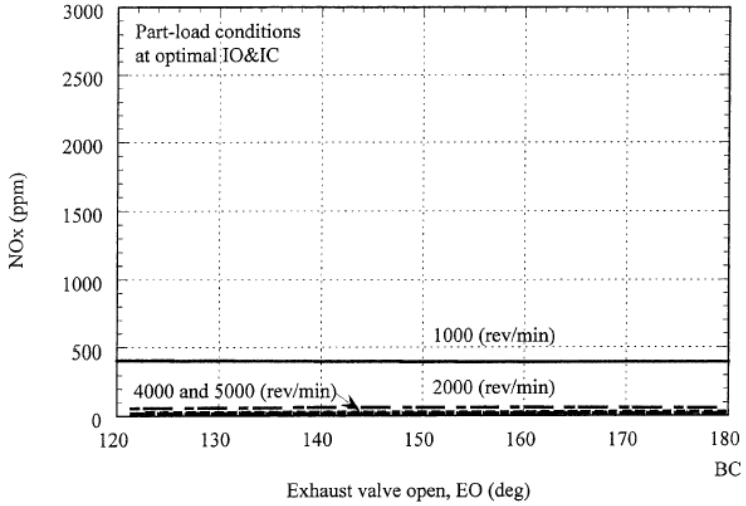


تاثیر زاویه EVO بر میزان تولید CO و NOx

زاویه EVO در شرایط نیم بار نیز تاثیر کمی بر میزان تولید گازهای آلاینده موتور دارد. این تاثیرات در نمودار های زیر آمده است :

چنان که دیده می شود تاثیر عمده این زاویه بر تولید مونوکسید کربن است و همانند شرایط بار کامل تغییرات این زاویه تاثیر ناچیزی بر میزان تولید اکسید های ازت دارد





تاثیرات زاویه EVO

چنان که نمودار های فوق نشان داد تاثیرات زوایای باز شـدن سـوپاپ دود بـر گـشتاور موتـور ، مصرف مخصوص و آلاینده های موتور در دو حالت تمام بار و بـار 35٪ در محـدوده بزرگـی از سرعت های موتور نشان داده شد.

این نتایج با فرض زوایای بهینه باز و بسته شدن سوپاپ ورودی به دست آمده است. همچنین در بررسی این نتایج فرض شده که سوپاپ خروجی در نقطه مرگ بالا بسته می شود.

انتظار می رود در یک سرعت کاری معین موتور ، باز شدن زود به هنگام سوپاپ خروجی باعث کاهش مرحله انبساط شود ، به این ترتیب کار انجام شده روی پیستون کاهش خواهد یافت و نتیجتا از گشتاور موتور کاسته خواهد شد.

همچنین به علت دینامیک گاز های خروجی ، تاخیر در باز شدن سوپاپ خروجی باعث خواهد شد زمان کافی برای رسیدن فشار داخل پیستون به فشار محیط فراهم نشود و به این ترتیب به کار مکانیکی زیادی برای خارج کردن گاز های حاصل از احتراق نیاز خواهد بود.

به این ترتیب دقت در انتخاب زمان مناسب باز شدن سوپاپ ورودی تاثیرات بسزایی در ایجاد گشتاور بیشینه موتور خواهد داشت ، به عنوان مثال کاهش یا افزایش تایمینگ باز شدن سوپاپ خروجی به اندازه 10 درجه تاثیری حدود 2٪ در میزان گشتاور تولیدی خواهد داشت.

بررسی های انجام شده در مورد شرایط نیمه بار نیز تغییراتی شبیه حالت تمام بار نشان می دهد (35٪ بار) ، در دورهای بالاتر موتور زاویه EVO باید با دقت بیشتری تنظیم شود. چنان که نشان داده شده است افزایش سرعت موتور از 1000 rpm به 4000 rpm در شرایط بار کامل ، کاهش 32 درجه ای زاویه پیش تنفس را طلب می کند.

این مقدار در حالت نیمه بار به 30 درجه کاش می یابد.

همچنین نتایج نشان از آن دارد که زوایای بهینه سازی مصرف مخصوص سوخت با زوایایی که در آن گشتاور موتور بیشینه است یکسان می باشد.

تاثیرات زاویه IVC بر گشتاور ، مصرف مخصوص و مقادیر آلاینده های موتور

چنان که می دانیم در یک سرعت کاری مشخص موتور ، بسته شدن زود به هنگام سوپاپ ورودی اجازه نخواهد داد که سوخت و هوا به میزان کافی وارد سیلندر موتور شود. این امر موجبات کاهش تولید انرژی را فراهم خواهد آورد و نهایتا bmep و گشتاور موتور کاهش خواهد یافت.

همچنین بسته شدن دیر به هنگام سوپاپ ورودی نیز هرچند باعث افزایش شارژ موتور خواهد شد ولی در صورت گذشتن از زاویه مخصوص باعث خواهد شد که شارژ ورودی به موتور به علت حرکت صعودی پیستون از سیلندر خارج شود. همچنین پس تنفس بیش از حد موجب کاهش مرحله تراکم و نهایتا کاهش فشار و دمای بیشینه موتور خواهد شد که موارد فوق نیز کاهش گشتاور بیشینه موتور را به همراه خواهد داشت.بنابراین نیاز به اعمال زاویه پس تنفس بهینه در بار های بالای موتور امری موجه است.

در نمودار های زیر تاثیرات زاویه بسته شدن شدن سوپاپ ورودی بر گشتاور موتور ، مصرف مخصوص موتور و آلاینده های مونوکسید کربن و اکسید های ازت در شرایط تمام بار و نیز نیمه بار در گستره ای وسیع از سرعت های کاری موتور مورد بررسی قرار گرفته است.

در این نمودار ها زوایای پیش تنفس و پیش تخلیه در حالات بهینه خود قرار دارند و زاویه انتهای تخلیه در مرگ بالا قرار گرفته است. در دورهای بالای موتور نیاز است زاویه پس تنفس مقداری تاخیر داشته باشد.

چنان که نشان داده شده است افزایش دور موتور از 1000 rpm به 5000 rpm در بار کامل ایجاب می کند زاویه پس تنفس 22 درجه کاهش یابد.

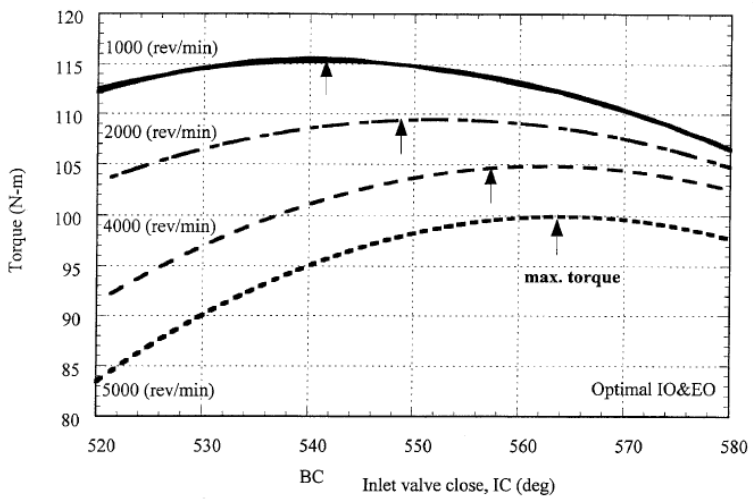
چنان که در نمودار ها آمده است زاویه بهینه برای افزایش گشتاور با تقریب خوبی با زوایای مناسب برای کمینه ساختن مصرف موتور یکسان است.

چنان که خواهیم دید میزان تولید آلاینده ها تقریبا مستقل از زاویه پس تنفس است.

در بارهای متوسط موتور می توان از تغییر زاویه پس تنفس به جای دریچه گاز استفاده نمود.

تاثیر زاویه IVC بر گشتاور موتور

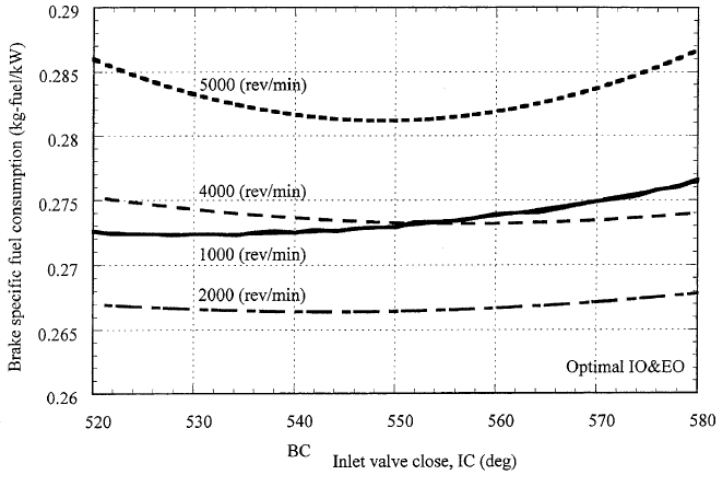
زاویه مناسب بسته شدن سوپاپ به طور بسیار شدید به سرعت کاری موتور وابسته است ، چنان که در شکل می بینیم با افزایش سرعت موتور ، ضمن کاهش کلی گشتاور تولیدی موتور ، زاویه بهینه بسته شدن سوپاپ ورودی افزایش خواهد یافت.



با کاهش و یا افزایش این زاویه گشتاور تولیدی موتور به طور شدیدی افت خواهد کرد.

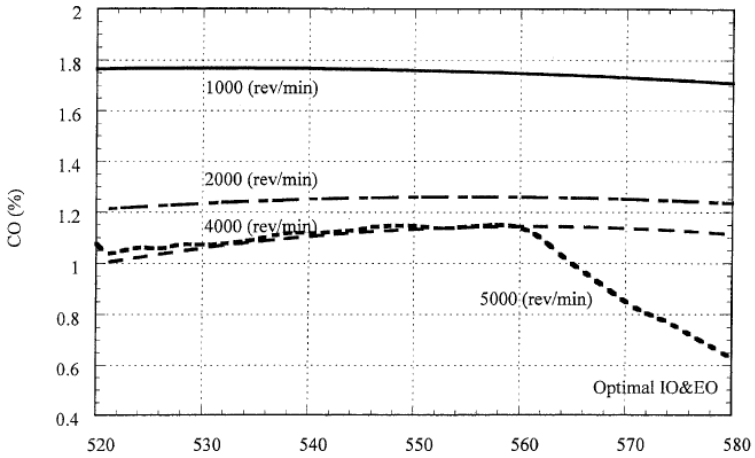
تاثیر زاویه IVC بر مصرف مخصوص موتور

چنان که در نمودار آمده است مصرف مخصوص موتـور ، بـالاخص در دور هـای بـالای کـاری موتور ، متاثر از زاویه بسته شدن سوپاپ ورودی است.

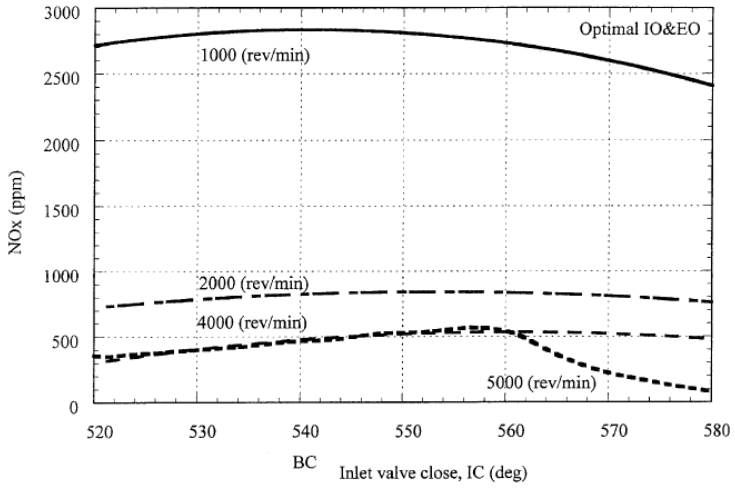


تاثیر زاویه IVC بر میزان تولید گازهای آلاینده موتور

چنان که در نمودار زیر آمده است تاثیر زاویه بسته شدن سوپاپ ورودی در دورهای بالای کـاری موتور باعث تغییراتی در میزان تولید گازهای آلاینده موتور خواهد شد.



در دورهای بالای کاری موتور (بالاتر از 5000 rpm) افزایش زاویه بسته شدن سوپاپ ورودی باعث کاهش میزان تولید آلاینده های موتور خواهد شد.



بررسی تاثیر زاویه IVO بر کارآیی موتور

تاثیرات زاویه پیش تنفس نیز همچون سایر زوایا بر میزان گشتاور موتور ، مصرف مخصوص موتور و نیز میزان آلاینده های موتور بررسی شده است.

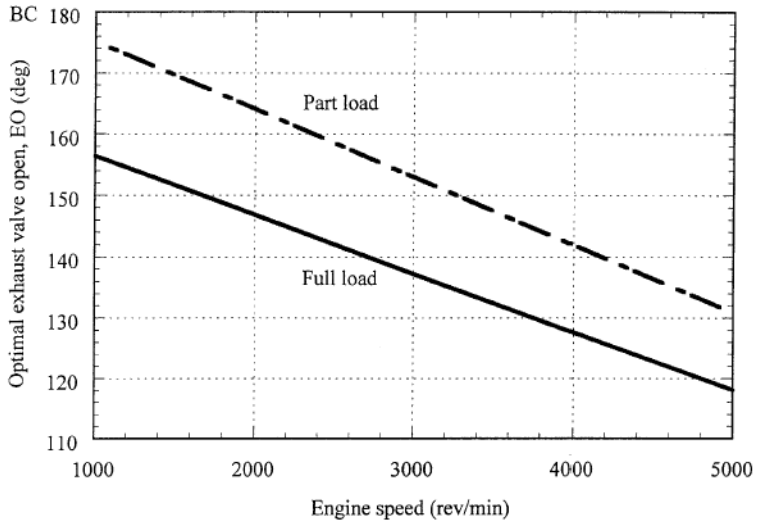
طبق این بررسی ها زاویه بهینه پیش تنفس بیشتر متاثر از بار موتور می باشد و سرعت موتور نقشی در تغییر آن ندارد.

طبق این بررسی ها زاویه پیش تنفس 330 درجه در شرایط تمام بار و زاویه 370 در شرایط نیمه بار (35٪ بار) به عنوان زوایای بهینه پیشنهاد شده است.

تاثیر سایر پارامترها برتعیین زاویه مذبور کمتر از 0.5٪ می باشد.

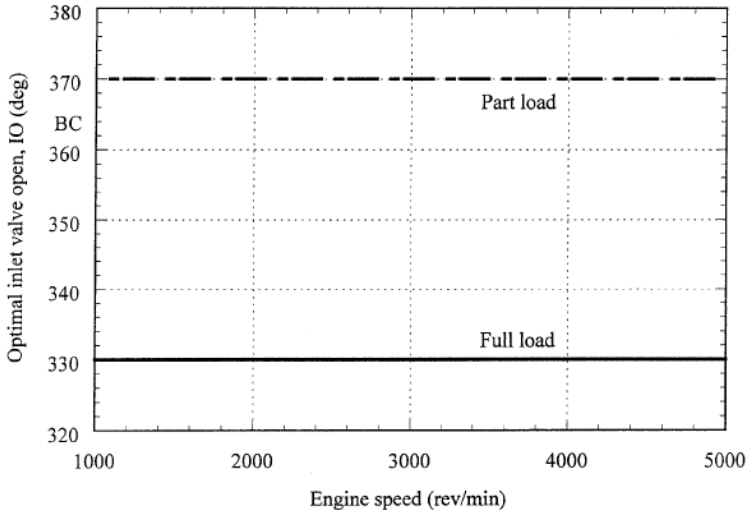
بنا به آنچه گفته شد ، نتایج حاصل از این بررسی برای تعیین زوایای بهینه تنفسی به منظور دستیابی به حداقل مصرف سوخت به شکل زیر محاسبه شده است :

زاویه بهینه پیش تخلیه :

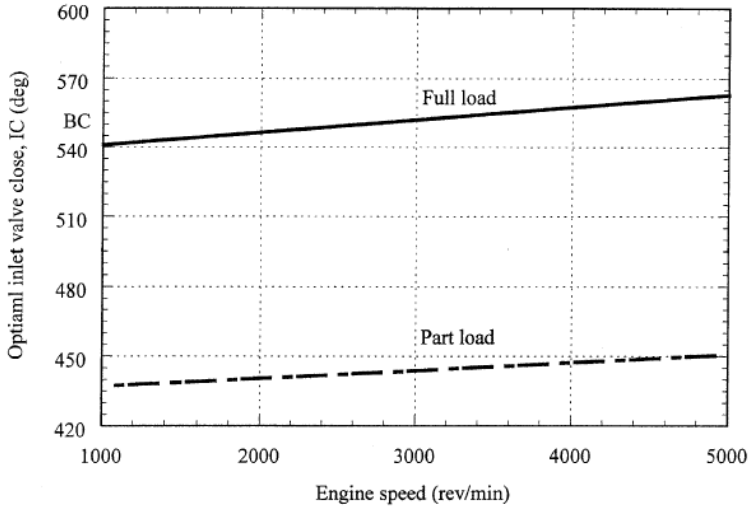


زاویه بهینه پیش تنفس

:



زاویه بهینه پس تنفس :



بررسی نتایج تاثیرات زوایای تنفسی بر کارآیی موتور

از آنجایی که تایمینگ تنفسی موتور بر میزان شارژ موتور تاثیر بسزایی دارد ، لذا دما و فشار سیکل کاری موتور نیز متاثر از آن می باشد که نهایتا دما و فشار مذکور باعث تغییر در نحوه احتراق داخل سیلندر خواهد شد.

همچنین تنظیم صحیح زمانبندی سوپاپ خروجی نیز تاثیر بسزایی در کارکرد موتور خواهد داشت. از آنجا که راندمان پروسه جایگزینی هوا متاثر از تایمینگ سوپاپ خروجی است لذا تغییر در زاویه EVO می تواند در زاویه بهینه بسته شدن سوپاپ ورودی (IVC) نیز تاثیرات مهمی داشته باشد

لذا هر دو زاویه مذکور باید به نحو صحیح و مناسب تنظیم شود تا شاهد راندمان افزوده موتور باشیم. همچنین زمانبندی صحیح جرقه زنی موتور نیز بر حسب شرایط باید تنظیم شود. چنان که در نمودار ها آمده زوایای بهینه به طور خطی با سرعت موتور وابسته است و به میزان کمتری به طور خطی با بار موتور متناسب است.

به عنوان مثال در شرایط تمام بار با افزایش سرعت موتور از 2000 rpm به 5000 rpm برای کارکرد موتور با حداقل مصرف سوخت باید زاویه EVO از 152 به 123 درجه کاهش یابد این در حالی است که زاویه باز شدن سوپاپ ورودی باید در زاویه 330 درجه ثابت بماند. همچنین زاویه بسته شدن سوپاپ ورودی نیز باید از مقدار 536 به 550 افزایش یابد.

در نمودار زیر استراتژی بهینه سازی زوایای باز و بسته شدن سوپاپ بر حسب قدرت موتور در دور 4000 rpm آمده است ، لازم به ذکر است که این زوایا برای نیل به شرایط کمینه مصرف سوخت در شرایط مربوطه محاسبه شده اند.

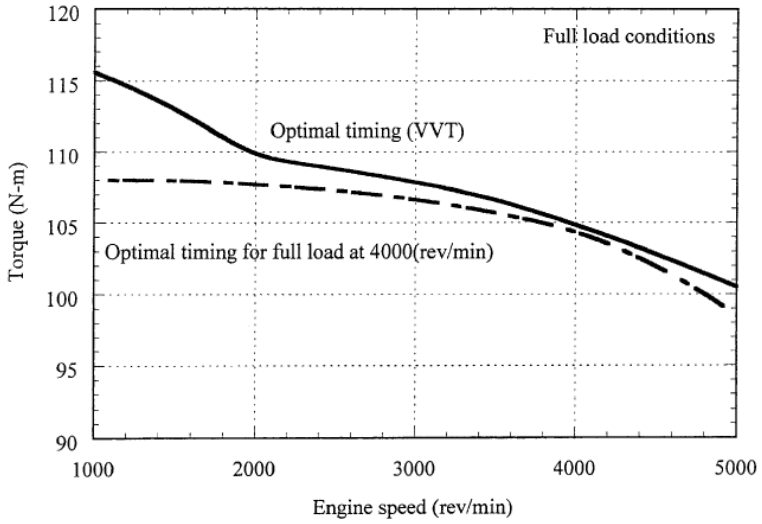
چنان که انتظار می رود وقتی توان بالاتری از موتور اخذ می شود زاویه شروع تنفس پیش افتاده و زاویه انتهای تنفس نیز به تاخیر می افتد. که نتیجه آن افزایش زمان گشودگی دریچه ورودی می باشد. افزایش بار موتور از 35٪ به تمام بار نیز می طلبد تا زاویه باز شدن سوپاپ ورودی از 370 به 300 درجه کاهش یابد و زاویه بسته شدن آن نیز از 440 به 560 افزایش یابد که منتجه آن افزایش زاویه تنفس موتور در بار بالاتر خواهد بود.

نتایج حاصل مقایسه بین دو موتور عادی و VVT در شرایط تمام بار در نمودار زیر آمده است چنان که نشان داده شده است میزان آلاینده ها تغییراتی چندانی نشان نمی دهند حال آنکه مصرف

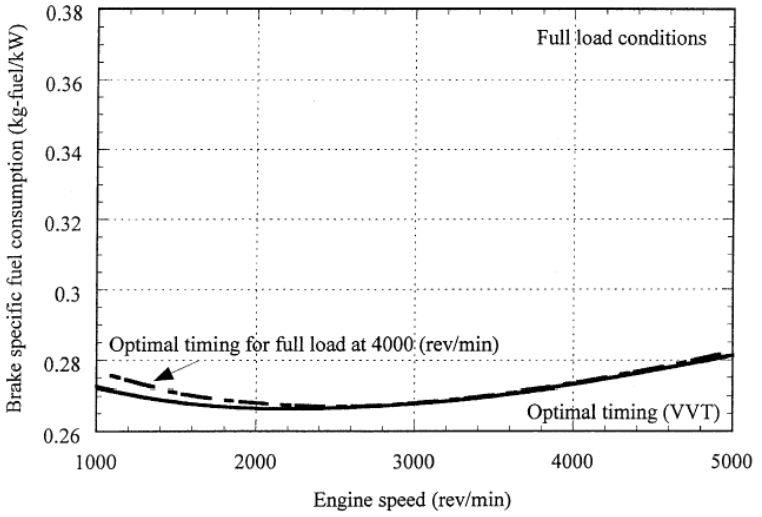
سوخت و گشتاور خروجی موتور به نحو چشمگیری بهینه شده انـد. ایـن تغییـرات بخـصوص در دور های پایین موتور تاثیرگذار تر به نظر می رسد.

افزایش 6٪ گشتاور موتور و نیز کاهش 2٪ مصرف سوخت از نتایج به کار گیـری موتـور هـای VVT در شرایط تمام بار می باشد.

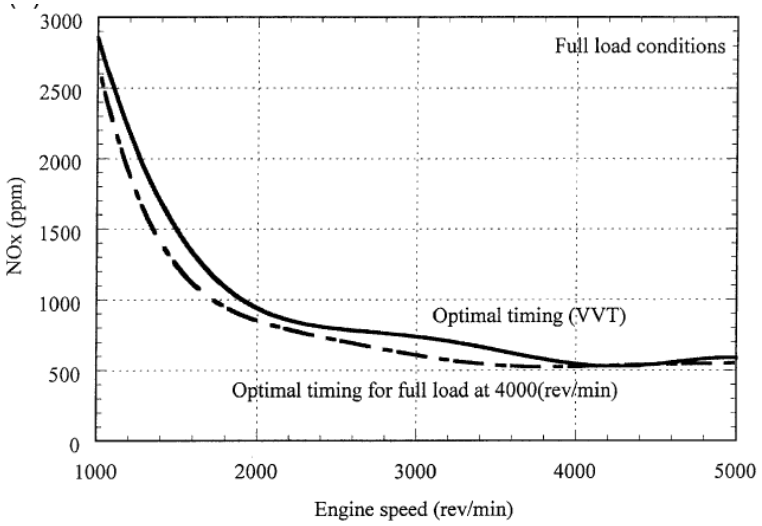
نمودار های زیر این تاثیرات را نشان می دهد :



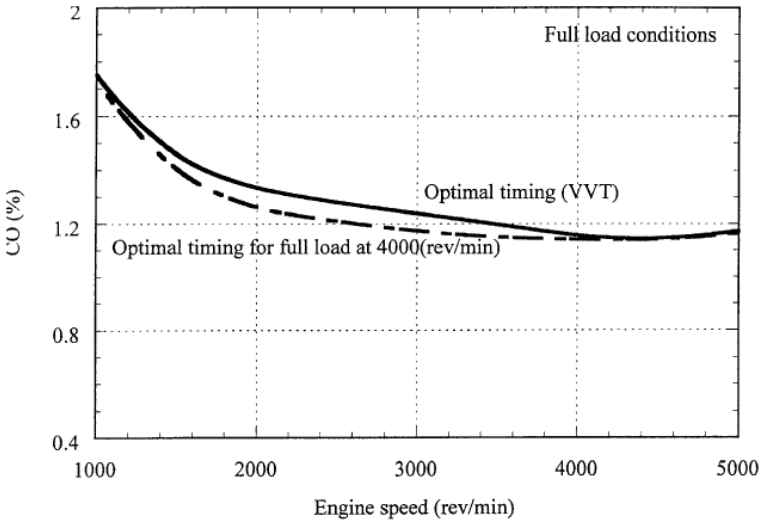
تاثیر بکار گیری موتور VVT در افزایش گشتاور موتور در شرایط تمام بار



تاثیر بکار گیری موتور VVT در کاهش مصرف سوخت در شرایط تمام بار



تاثیر بکار گیری موتور VVT در کاهش آلودگی ها در شرایط تمام بار NOx



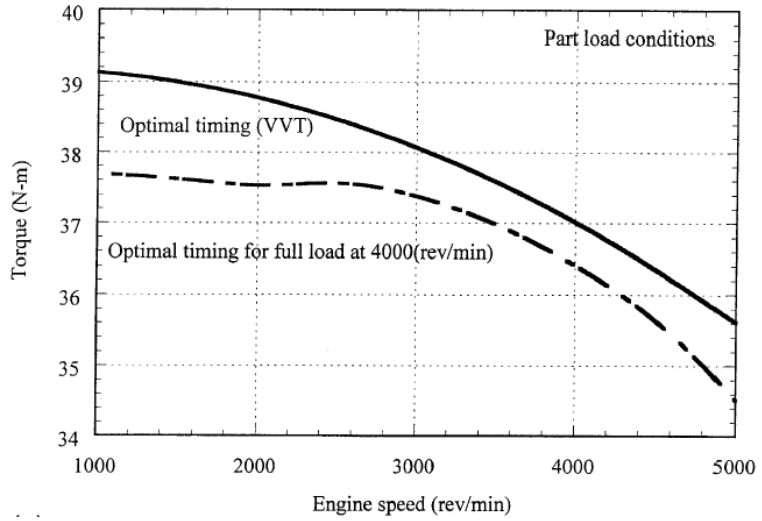
تاثیر بکار گیری موتور VVT در کاهش آلودگی ها در شرایط تمام بار CO

مقایسه بین دو نوع موتور در شرایط نیمه بار 35٪ نشان از کاهش 4٪ مصرف سوخت و افزایش 6٪ گشتاور در دور های پایین کاری موتور دارد.

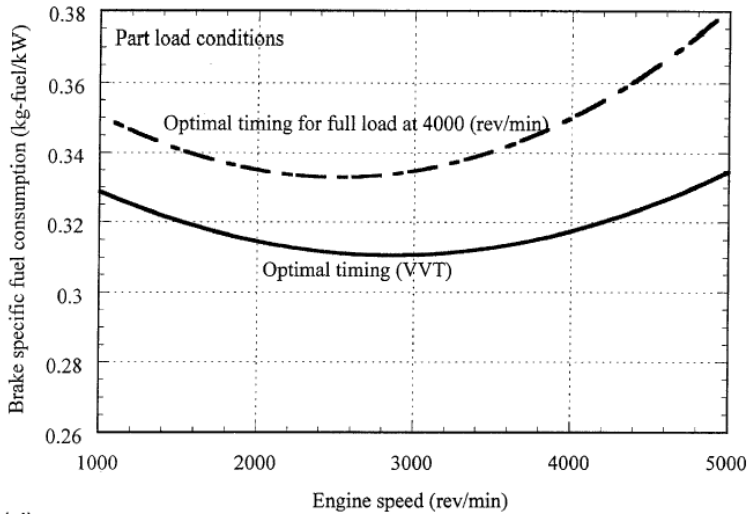
در دورهای بالای موتور افزایش گشتاور موتور به میزان 3٪ و نیز کاهش مصرف سوخت به میزان 14٪ مطرح شده است.

همچنین چنان که در نمودار ها مشاهد می شود میزان تولید CO در تمام دور ها در موتور های VVT کمتر از موتور های معمولی است ولی در مورد آلاینده NOx وضعیت به گونه ای دیگر

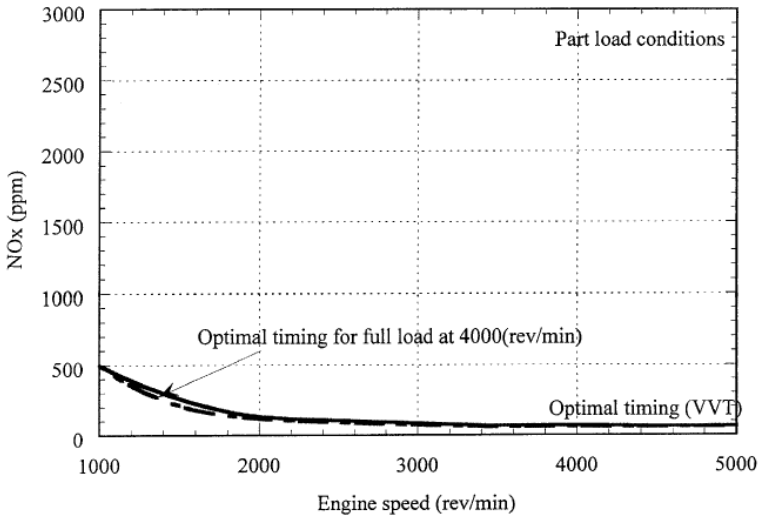
است. همچنین در صورت استفاده از سامانه زمان بندی متغییر بیشینه گشتاور تولیدی موتور در هـر بار به سمت دورهای پایین تر خواهد بود و به طور کلی استفاده از موتـور هـای بـا سـامانه متغییـر سوپاپ تاثیرات عمده خود را در دورهای پایین موتور خواهد داشت.



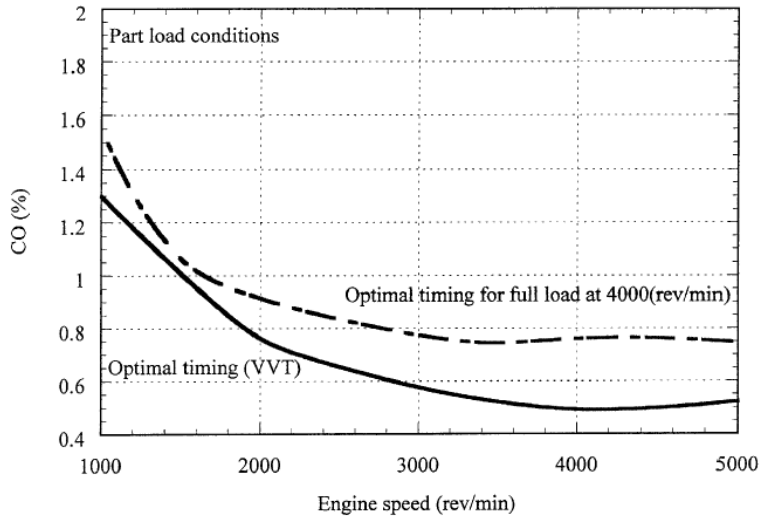
تاثیر بکار گیری موتور VVT در افزایش گشتاور موتور در شرایط نیمه بار



تاثیر بکار گیری موتور VVT درکاهش مصرف مخصوص موتور در شرایط نیمه بار



تاثیر بکار گیری موتور VVT در کاهش آلودگی ها در شرایط نیمه بار NOx



تاثیر بکار گیری موتور VVT در کاهش آلودگی ها در شرایط نیمه بار CO

به طور کلی نتایج حاصل از مطالب فوق را می توان به شکل زیر خلاصه نمود :

1- زوایای بهینه EVO و IVC برای نیل به مصرف سوخت کمینه با تقریب خوبی برابر با زوایای مشابه برای رسیدن به گشتاور بیشینه است.

2- به نظر می رسد تغییرات زوایای تنفسی بر نرخ تولید آلاینده ها تاثیر چشمگیری نداشته باشد.

3- زاویه بهینه باز شدن سوپاپ ورودی متاثر از سرعت موتور نیست و به میزان جزئی تابع بار موتور است.

4- زوایای بهینه تنفسی به طور خطی با بار موتور وابسته است و نیز تقریبا به طور خطی با سرعت موتور وابسته می باشد که این شیب به طور تقریبی با بار موتور متناسب است.

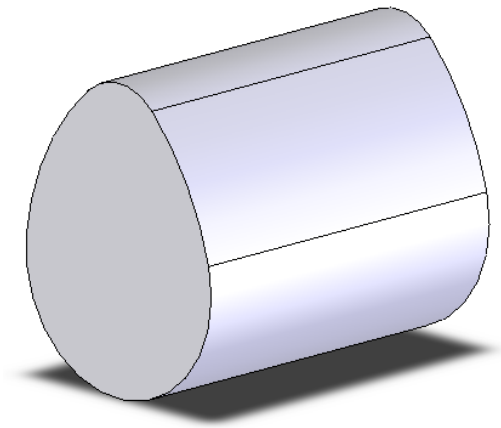
5- در صورت استفاده از موتور های VVT میزان آلاینده ها تغییرات چشمگیری نخواهند داشت ، حال آنکه گشتاور و مصرف مخصوص موتور بالاخص در دورهای پایین موتور دچار تغییرات مفیدی خواهد شد.

6- در موتور های VVT بیشینه گشتاور موتور در هر بار به سمت سرعت های کم میل خواهد نمود.

بادامک با پروفیل متغییر در طول

بادامک با پروفیل متغییر در طول

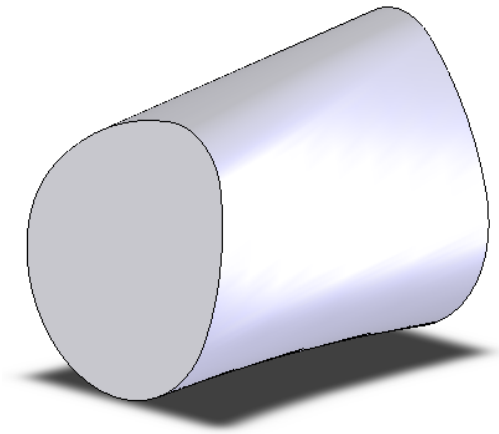
بادامک های معمول مورد استفاده در صنعت و به طور خاص خودرو اجسامی استوانه ای هستند که از امتداد یک پروفیل در جهت عمود بر آن ساخته می شود. در صورت استفاده از چنین بادامک هایی ضمن ایجاد تماس خطی بین پیرو و بادامک می توان با استفاده از فنر مناسب از پرش سوپاپ تا حد زیادی جلوگیری به عمل آورد.



نمونه ای از یک بادامک ساده

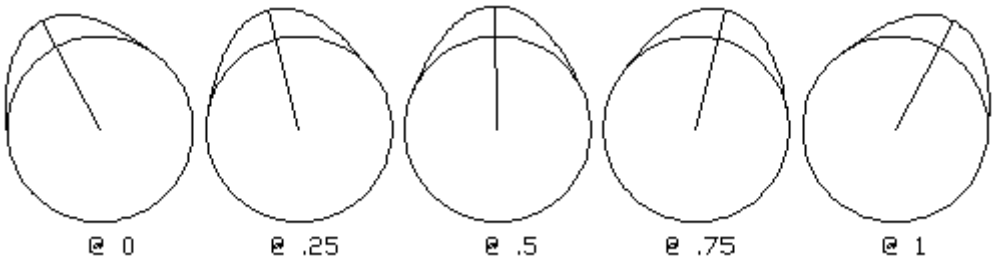
با استفاده از چنین بادامک هایی تنها می توان یک پروفیل حرکتی برای پیرو به دست آورد.

بادامک با پروفیل متغییر در طول ، بادامکی است که پروفیل آن در امتداد محور بادامک پیوسته تغییر می کند . بدین ترتیب امکان ایجاد انواع پروفیل های حرکتی برای پیرو فراهم می شود.



نمونه ای از یک بادامک با پروفیل متغییر در طول

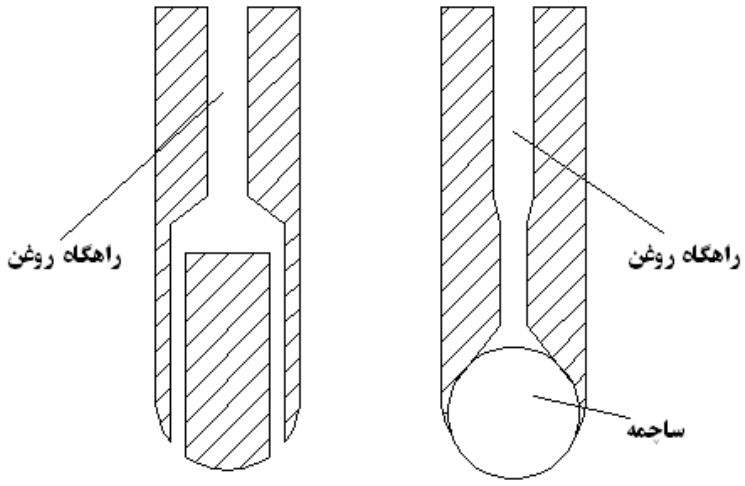
بدین ترتیب در صورت حرکت بادامک در امتداد محوری ، امکان تحمیل پروفیل هایی معینی برای بادامک فراهم خواهد آمد.



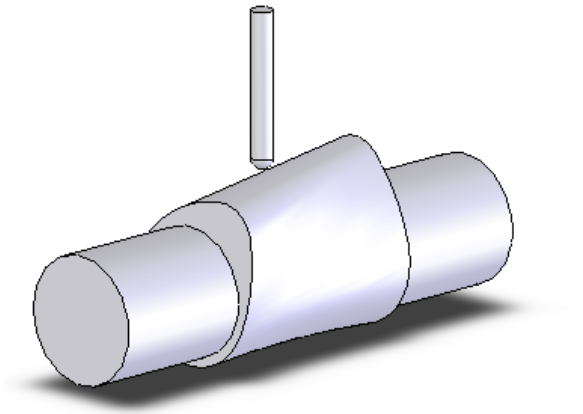
تغییرات پروفیل بادامک در امتداد محوری

در عین حال مشکلاتی نیز در استفاده از مکانیزم بادامک فوق وجود دارد که مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

در صورت استفاده از بادامک فوق ، تنها استفاده از پیرو با تماس نقطه ای امکان پذیر خواهد بود که با توجه به تماس نقطه ای و سطح اعمال نیروی کم ، تنش های تماسی بزرگی بر سطح بادامک و نیز پیرو اعمال خواهد شد که موجبات سایش سطح بادامک و پیرو را فراهم خواهد آورد. لذا روغن کاری موضعی برای رفع چنین نقیصه ای توصیه می شود.



روغن کاری بادامک با پروفیل متغییر در طول در صورت استفاده از پیرو با تماس نقطه ای به آسانی صورت خواهد گرفت.



تماس پیرو ساچمه ای و بادامک با پروفیل متغییر در طول

هم چنین با توجه به انحنای بادامک ، پرش پیرو بیش از پیش اهمیت می یابد و در صورت عدم توجه به آن موجبات پرش بادامک و نهایتا کاهش راندمان حجمی موتور را فراهم خواهد آورد.

همچنین نیرو های محوری نیز از جمله مشکلاتی است که در حین طراحی مکانیزم مورد توجه قرار خواهد گرفت.

نحوه اتصال میل سوپاپ به سر سیلند و فراهم آوردن درجات آزادی سیستم از دیگر مسائلی است که در طراحی مکانیکی سیستم مورد توجه قرار خواهد گرفت. این طراحی باید به گونه ای

باشد که امکان حرکت آزادنه میل سوپاپ را در جهت محوری ، ضمن حرکت دورانی میل سوپاپ فراهم آورد.

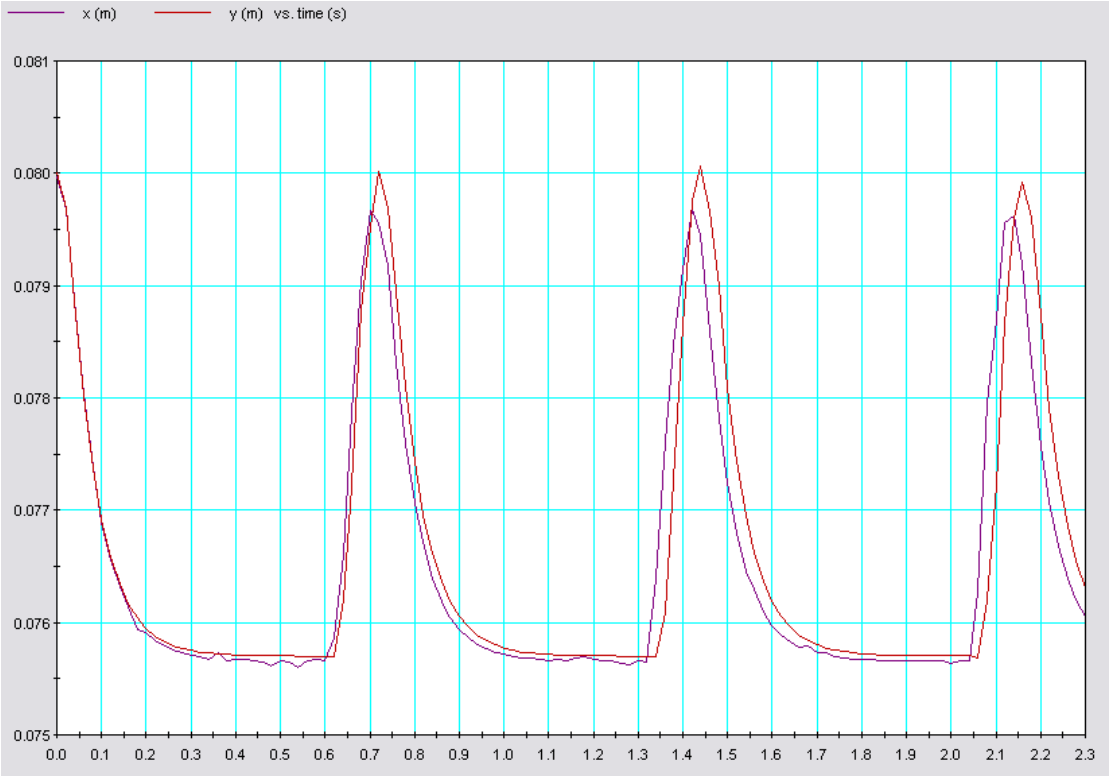
نکته مهم در طراحی اتصال بین پیرو و بادامک آن است که این اتصال باید بـه صـورت نقطـه ای باشد و در غیر این صورت پیرو از پروفیل خاصی تبعیت نخواهد کرد.

اصولا تراشکاری بادامک با پروفیل متغییر در طول تنها به مـدد اسـتفاده از دسـتگاه هـای CNC ممکن خواهد بود.

استفاده از چنین بادامک هایی اصولا همراه با یک مکانیزم کنترل مکان محوری همراه خواهد بـود ، چرا که در صورت چنین بادامک هایی در صورت نیاز به تغییرات پروفیل سوپاپ نیاز به حرکـت محوری آن خواهد بود .

با توجه به نیاز به کنترل مکان محوری و ایجاد درجه آزادی حرکت خطی میل بادامک در راستای محور ، استفاده از قیود مناسب برای حفظ درجات آزادی میـل بادامـک مهـم بـه نظـر مـی رسـد ، استفاده از بال بیرینک و هزار خار به عنوان راهی برای ایجاد درجات آزادی لازم مطرح است.

نمودار زیر نتایج حاصل از استفاده از بادامک با پروفیل متغییر در طول را نمایش می دهد :



نمودار با دامنه کمتر پروفیل حرکت پیروی است که روی بادامک با پروفیل متغییر قرار دارد ، توضیح آنکه نمودار در طی حرکت محوری بادامک نمایش داده شده است .

طراحی مکانیزم کنترلی

طراحی کنترلر

چنان که گفته شد تا کنون از مکانیزم های مختلفی برای کنترل زمان بندی تنفس موتورهای احتراق داخلی استفاده شده است که به تفصیل مورد بررسی قرار گرفت.

در مکانیزم پیشنهادی این پروژه ، تنها از المان های مکانیکی به منظور کنترل موتور استفاده شده است. مکانیزم کنترلی مذکور قادر است ، بنا به شرایط کاری موتور (سرعت و بار موتور) ، رژیم تنفسی خاصی را به موتور تحمیل نماید.

تنظیم پارامترهای کنترلر ها و نیز تعیین نوع آنها ، بخش عمده پروژه حاضر را در بر می گیرد.

این مکانیزم کنترلی ، موتور را در دسته موتورهای .C.V.V.T[1] قرار خواهد داد و از مزایای آن می توان به امکان تغییر پیوسته زمان بندی سوپاپ ، تغییر Lobe بادامک در شرایط مختلف کاری و نیز سادگی مکانیزم اشاره کرد.

این مکانیزم قادر است بدون استفاده از کنترلر های الکتریکی هدایت موتور را در دست گیرد.

در این مکانیزم با استفاده از فشار مانی فولد ورودی که به عنوان شاخص بار موتور مورد استفاده قرار می گیرد و نیز سرعت موتور ، رژیم تنفسی موتور در حالتی خاص تنظیم خواهد شد.

بادامک با پروفیل متغییر در طول ، یکی از ایده های جدید در موتورهای VVT است که در این مکانیزم مورد استفاده قرار گرفته است.

پروژه حاضر به بررسی و امکان سنجی بهره برداری از این نوع بادامک در موتورهای احتراق داخلی به منظور تغییر در رژیم تنفسی موتور می پردازد.

استفاده از بادامک های با پروفیل متغییر در طول ، با وجود افزایش کارآیی مکانیزم بادامک ، مکانیزم را از نظر Jumping با مشکلاتی روبرو خواهد کرد.

---

[1] - Continues Variable Valve Timing

همچنین با توجه به لزوم استفاده از پیرو با تماس نقطه ای ،لازم است مسئله سایش بادامک و پیرو نیز مورد بررسی قرار گیرد و تدابیری جهت کاهش آثار سایش اندیشیده شود. با توجه به شیب محوری بادامک ، نیروی تماسی پیرو و بادامک ، دارای مولفه ای محوری روی بادامک خواهد بود ، این نیرو به عنوان یک اغتشاش خارجی وارد عمل خواهد شد و حذف آثار ناشی از آن ضروری به نظر می رسد.

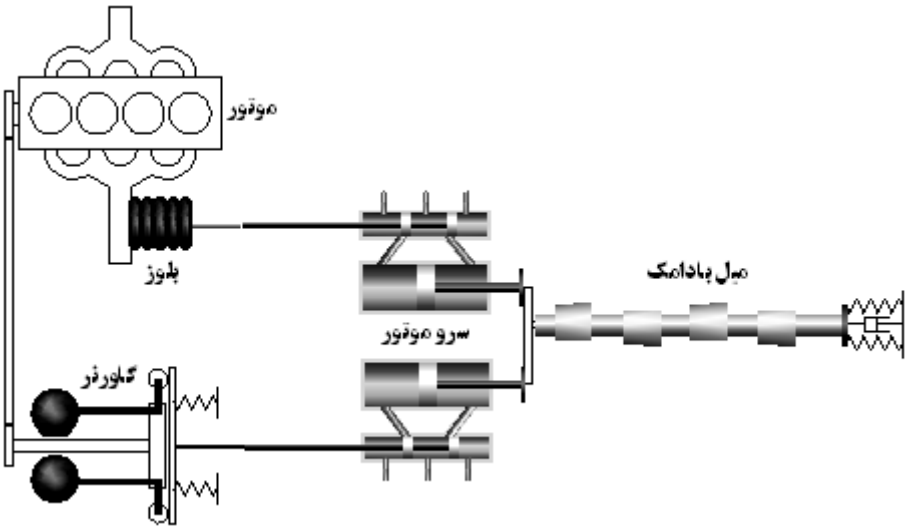
به منظور دستیابی به طرح مناسب و تحلیل مکانیزم از نرم افزارها Matlab برای مدل سازی کنترلی مکانیزم ، استفاده شده است. کنترلرهای بکار رفته در این مکانیزم سیگنال فشار و سرعت دورانی را به مکان محوری تبدیل می نمایند ، با توجه به وجود اغتشاشات سیستم ، استفاده از کنترلرهای مناسب به منظور حذف آثار ناشی از نویز در سیستم لازم است.

اطلاعات پایه موجود برای طراحی کنترلر ، حاکی از آن است که زوایای تنفسی موتور تابعی از بار و سرعت زاویه ای میل لنگ است.

با توجه به مفهوم Load موتور ، امکان استفاده از فشار مانی فولد ورودی برای تخمین مقدار بار موتور وجود دارد.

چنان که گفته شد فشار مانی فولد ورودی به عنوان شاخصی برای سنجش بار موتور مورد استفاده قرار می گیرد ، در صورت استفاده از این شاخص باید توجه داشت که در صورت افزایش بار موتور فشار مانی فولد از مقادیر خلا به فشار حداکثر محیط خواهد رسید ، بدین ترتیب در شرایط Full Load فشار مانی فولد برابر فشار محیط خواهد بود.

به طور کلی کنترلر سیستم را می توان به صورت شماتیک ذیل نمایش داد :



شمای کلی مکانیزم

چنان که در شکل نشان داده شده است ، دو پارامتر فشار مانی فولد (بار موتور) و سرعت زاویه توسط دو المان بلوز[1] و گاورنر[2] به سیگنال مکان تبدیل می شوند ، سیگنال های تبدیل شده توسط دو سروموتور[3] مجزا تقویت شده و با توجه به نسبت تاثیر خاص بر میل بادامک اثر کرده و نهایتا باعث تغییر مکان آن خواهند شد.

با توجه به این که محور سوپاپ در امتداد ثابتی قرار دارد ، با حرکت بادامک ، پیرو (سوپاپ) از پروفیل خاصی تبعیت خواهد کرد و با تغییر مکان میل بادامک شاهد پروفیل حرکتی خاصی خواهیم بود که نتیجتا باعث تحمیل رژیم تنفسی مناسب به موتور خواهد شد.

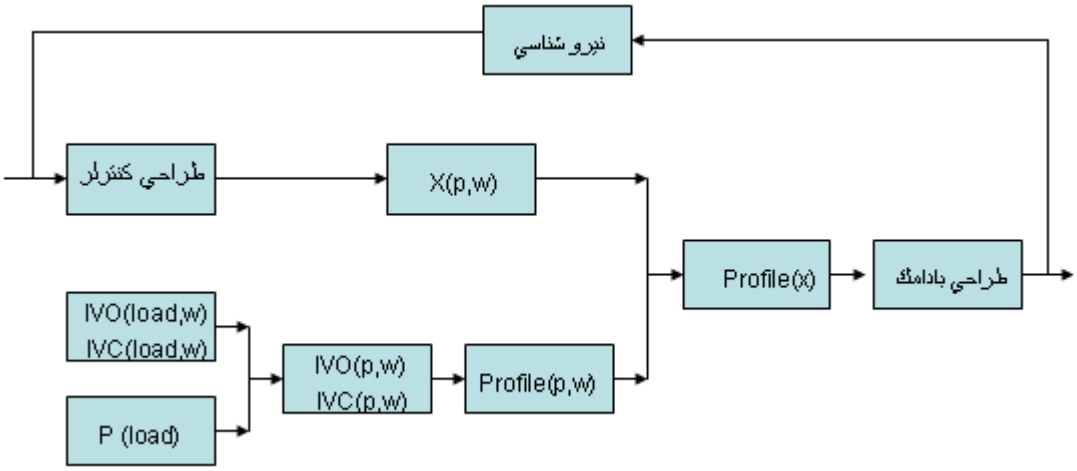
در فصول بعدی به بررسی بادامک با پروفیل متغییر و اتصالات مکانیکی مورد نیاز این مکانیزم خواهیم پرداخت پس از آن با توجه به مباحث کنترلی و نیاز های دینامیکی به طراحی کنترلرهای مناسب می پردازیم.

به منظور طراحی بادامک ابتدا با طرح کنترلر مناسب ، نتایج حاصل از تست کنترلر را تحت شرایط مختلف به دست می‌آوریم و با توجه به نتایج حاصل از اطلاعات فصول پیش ، به طراحی بادامک خواهیم پرداخت.

به طور کلی پروسه طراحی بادامک در شکل زیر آمده است :

---

[1] - Bellows
[2] - Governer
[3] - Servo motor



فلوچارت طراحی بادامک

پس از طراحی بادامک لازم است مسایل مربوط به پرش[1] سوپاپ مورد بررسی قرار گیرد چرا که پرش سوپاپ به نحو چشمگیری باعث کاهش راندمان حجمی موتور خواهد شد.

در پروژه حاضر ابتدا به طراحی کنترلر مناسب می پردازیم ، کنترلر مناسب باید قابلیت پاسخ سریع به تحریکات فشار مانی فولد و سرعت موتور را داشته باشد.

پس از طراحی کنترلر با تست کنترلر می توان تابع $X(p,w)$ را به دست آورد و بر اساس بادامک را طراحی نمود.

با توجه به نیروهای محوری وارده از طرف فنر سوپاپ تعیین نیروهای اغتشاشی و بررسی اثرات آن در کارکرد مکانیزم نیز امری ضروری می نماید.

[1] Jumping-

طراحی کنترلر

به منظور طراحی کنترلر مناسب ابتدا لازم است ورودی ها و خروجی های سیستم مشخص شوند . چنان که پیش از این آمد ، در طرح سنجش بار به وسیله فشار مانی فولد ورودی ، فشار مانی فولد و سرعت موتور ورودی های سیستم و مکان میل بادامک خروجی سیستم می باشد. لازم است کنترلر به نحوی طراحی گردد که ضمن پاسخ قابل قبول به تحریکات Step در کوتاهترین زمان جواب Steady نسبت به تحریکات فوق داشته باشد.

در طراحی کنترلر لازم است نیروی محوری تماسی لحاظ شود ، با توجه به این که اطلاعات مربوط به مقدار نیرو در این مرحله از طراحی در دسترس نیست لازم است دامنه نیروی اغتشاشی به طور فرضی در نظر گرفته شود.

در طراحی کنترلر لازم است ، دو کنترلر به طور مجزا طراحی شود :

1- کنترلر فشار
2- کنترلر سرعت

کنترلر فشار

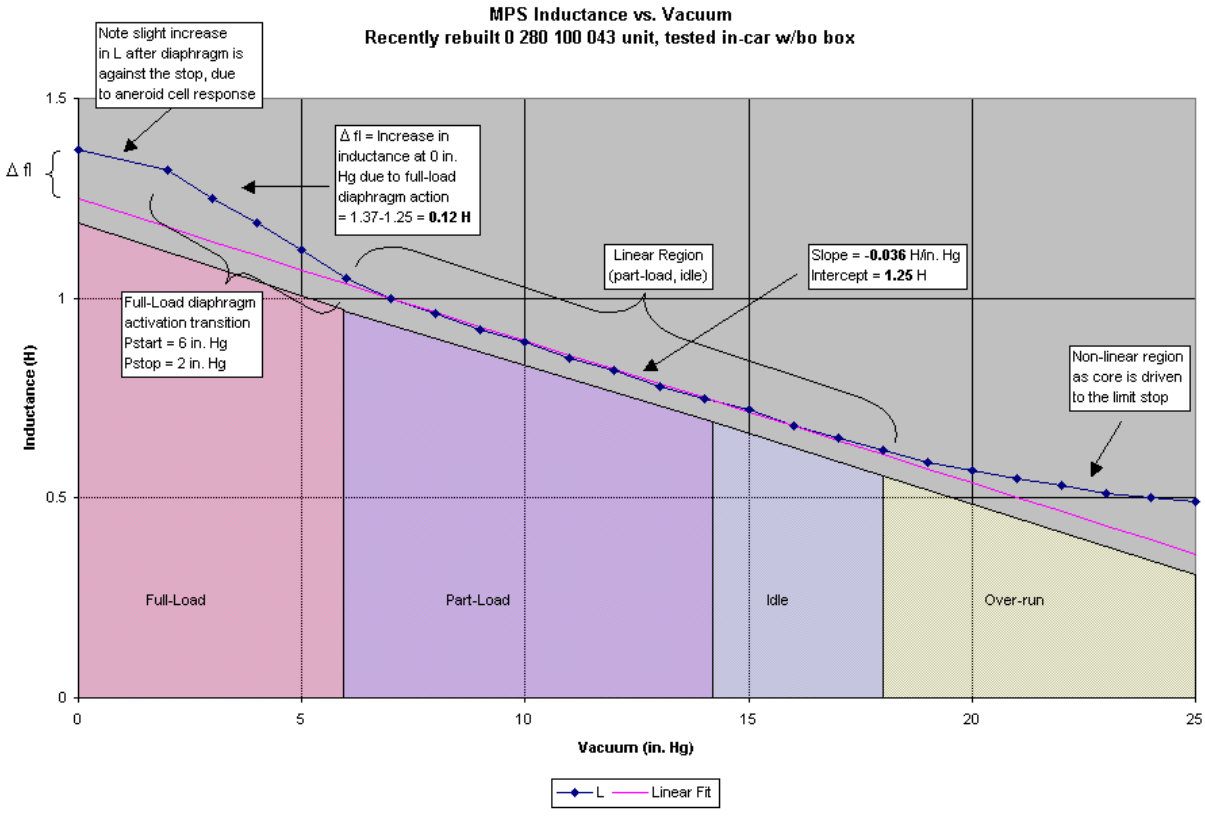
به منظور لحاظ کردن آثار ناشی از Load موتور بر تایمینگ تنفسی موتور ، لازم است فشار مانی فولد ورودی به نحوی سنجش شود . Bellows حس گری است که قابلیت تبدیل سیگنال های فشاری را به سیگنال حرکتی (مکانی) دارا می باشد.

با استفاده از این حس گر و تقویت خروجی آن توسط سرو موتور میتوان سیگنال حرکتی به دست آمده را ، به منظور کنترل مکان میل بادامک مورد استفاده قرار داد.

با توجه به این که Bellows اصول یک کنترلر تناسبی[1] است ، در صورت تحریک فشاری پله خروجی Bellows نیز به صورت پله خواهد بود.

مدل سازی به گونه ای صورت می گیرد که با تغییر پارامترهای سیستم ، خروجی سیستم حداکثر 3 cm واقع گردد.

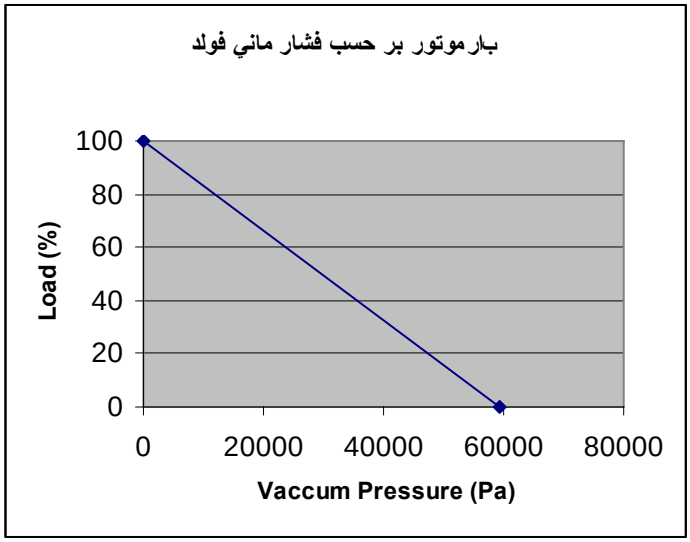
به طور کلی فشار مانی فولد ورودی موتور به عنوان یکی از مهمترین شاخص های شناسایی بار موتور استفاده می شود ، فشار مانی فولد هنگامی که موتور درجا کار می کند حدود 16 تا 18 اینچ جیوه می باشد (فشار خلاء) با ازدیاد بار موتور ،نهایتا در حالت تمام بار به 0 اینچ جیوه خواهد رسید.نمودار زیر محدوده های مختلف بار موتور را بر حسب فشار خلاء مانی فولد برحسب اینچ جیوه نمایش می دهد.



با استفاده از اطلاعات موجود در نمودار فوق می توان رابطه فشار مانی فولد و بار موتور را به دست آورد.[2]

[1] - Proportional Controller

[2]- "Elektronisch gesteuerte Benzineinspritzung - Weiterentwicklung der Jetronic", Von Hermann Scholl, Bosch Technical Report 3, Issue 1 (November 1969

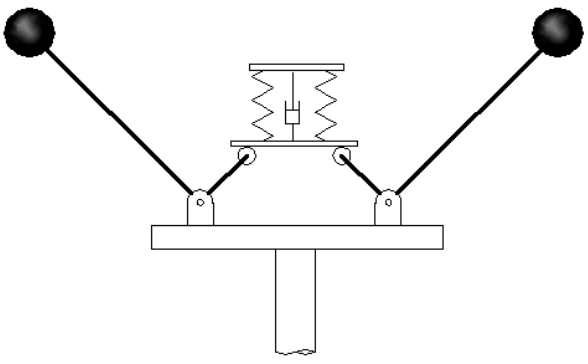


کنترلر سرعت موتور

مدل سازی گاورنر

گاونر عنصری کنترلی است که جهت کنترل سیستم های دوار و نیز اندازه گیری سرعت زاویه بـه کار گرفته می شود ، با توجه به نیاز به اندازه گیری سرعت موتور و امکان اسـتفاده از خروجـی آن به صورت سیگنال فشاری ،استفاده از گاورنری با توان پاسخ دهی پایا به تحریکات پایا ضروری به نظر می آید.

با توجه به نیاز سیستم لازم است از دمپر برای پایا سازی گاورنر بهره برده شود.



گاورنری به شکل فوق در نظر گرفته می شود و مدل سازی بر اساس آن صورت می پذیرد ، فرض می شود گوی ها در فاصله 6 سانتی متری از یک دیگر قرار گرفته اند و بازو های گاورنر در حالتی که دور آن 0 است در زاویه 45 درجه قرار داشته باشند.

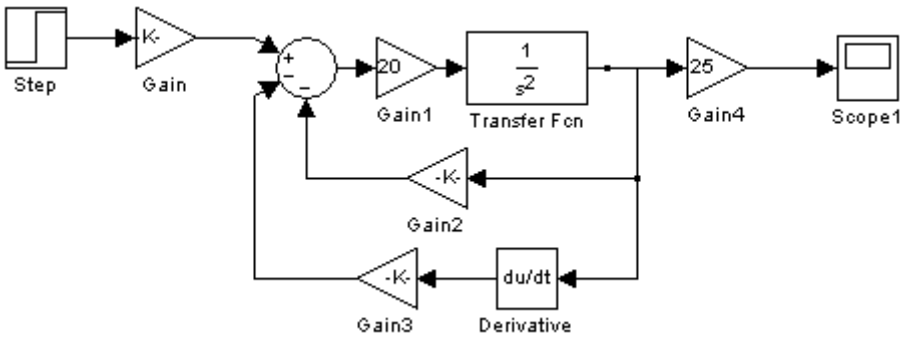
وزن هریک از گوی ها 50 گرم در نظر گرفته شده است.

در صورتی که در محاسبه نیروی گریز از مرکز $F = mr\omega^2$ تغییرات شعاع دوران ناچیز در نظر گرفته شود می توان نیروی شعاعی وارد به گوی ها را با مجذور سرعت زاویه ای متناسب گرفت و با خطی سازی ω^2 در محدوده کاری می توان تابع کنترلی گاورنر را به دست آورد.

با ساده سازی تحلیل گاونر می توان از تحلیل دینامیک خطی برای مدل سازی گاورنر سود جست.

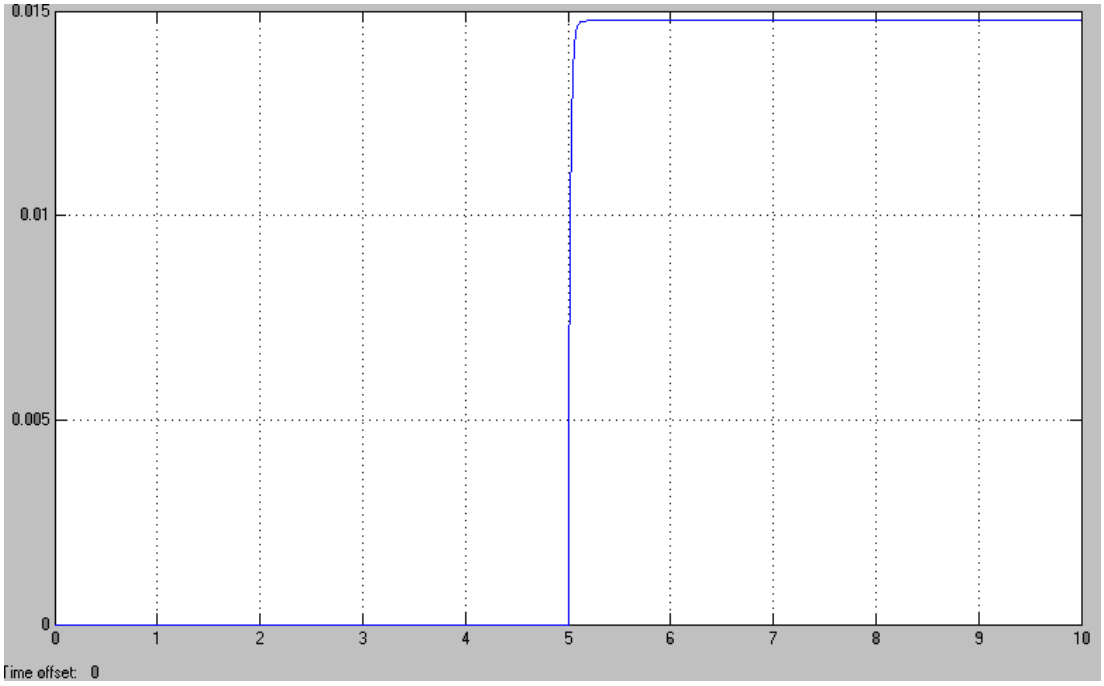
با در نظر گرفتن نیرو های ناشی از فنر و دمپر و تاثیر نسبت طول بازوها در مقادیر نیروهای به دست آمده ، می توان آنها را به عنوان نیرو هایی که در جهت شعاعی به جرم گوی ها اعمال می شود در نظر گرفت.

تابع کنترلی گاورنر به شکل زیر طراحی می شود:



در صورتی که سرعت زاویه ای به طور پله ای از 0 به 6000 rpm افزایش یابد ، موقعیت گاورنر به شکل زیر تغییر می کند.

قابل ذکر است که ورودی سیستم مجذور سرعت زاویه ای بر حسب دور بر دقیقه می باشد



در گاورنر فوق سختی هر یک از 4 فنر 312 N/m و میرایی دمپر 50 N.s/m در نظر گرفته شده است.

محاسبات بر اساس ماکزیمیم سرعت زاویه ای 6000 rpm در نظر گرفته است.

بنابراین در طراحی سرو موتور مسئله فوق باید به نحوی لحاظ شود که ماکزیمم تغییر مکان ورودی 3 cm می باشد.

حال با در دست داشتن دو سیگنال فشار و سرعت زاویه ای موتور که نهایتا به سیگنال های مکانی تبدیل شده اند ، امکان تقویت و ارسال آنها به میل بادامک جهت ، مکان گیری مناسب میسر می باشد.

حال لازم است تا با ارسال سیگنال های موجود و تقویت آن با استفاده از سرو موتور و تلفیق آن توسط مکانیزم مکانیکی ، سایر الزامات طرح را مورد بررسی قرار داد.

میل بادامک به عنوان جزء دارای لختی مطرح است که نیروهای فشاری ناشی از سرو موتور بر آن تاثیر می گذارد و نهایتا موجب حرکت آن خواهد شد.

به منظور بررسی تاثیرات میرایی وارد بر میل سوپاپ که ناشی از اتصالات سیستم می باشد ، علاوه بر در نظر گرفتن دمپرهای موجود روی سیستم اثرات اصطکاکی اتصالات نیز به صورت متناسب با سرعت مدل می شوند .

با توجه به این که دو سیگنال مکانی وارده به سیستم نهایتا به صورت نیرو به مکانیزم تحمیل می شود ، لذا با فرض اثرات بر هم نهی ، فرض می شود نیرو های ناشی از دو سرو موتور ، مجموعا به میل بادامک تحمیل می شود.

با توجه به این که اتصال میان سرو موتور ها و میل سوپاپ به صورت تماسی است ، هیچ گونه درجه آزادی بین خروجی سرو موتور ها و میل بادامک وجود ندارد و مکان نهایی خروجی سرو موتور ها و میل بادامک یکسان در نظر گرفته می شود.

با توجه به فرض های فوق مدل سازی سیستم در هر دو حالت سنجش بار ممکن خواهد بود .

مدل سازی سیستم به وسیله برنامه شبیه ساز Matlab انجام شده است.

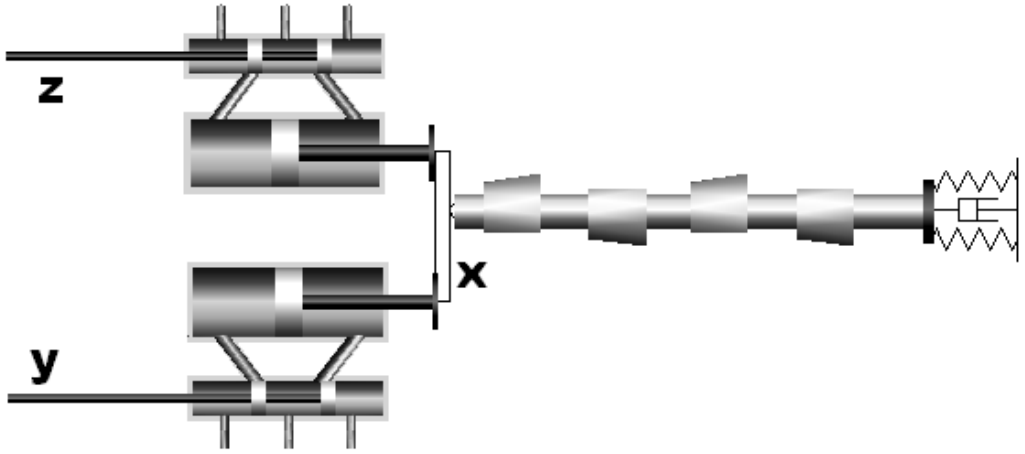
با توجه به شرایط هندسی موتور و ابعاد سیلندر طول بادامک حداکثر 4 cm در نظر گرفته شده است.

لذا لازم است طراحی به گونه ای صورت پذیرد که در صورت اعمال شرایط بحرانی حداکثر جابجایی با در نظر گرفتن ضرایب اطمینان 3.6 cm به دست آید.

مدل سازی سرو موتور با دو ورودی و یک خروجی

سرو موتور ها اجزایی هستند که برای تقویت سیگنال های مکانی به کار می روند ،سرو موتور ها به عنوان انتگرال گیر در طراحی مدارات کنترل مکانیکی به کار می روند ،در حالتی که باری به سرو موتور اعمال نشود در صورت اعمال تغییر مکان پله به اجزاء مذکور شاهد حرکتی با سرعت ثابت خواهیم بود ، هرچند ابعاد فیزیکی سرو موتور اجازه حرکت دائم را به خروجی سرو موتور نمی دهد ، معهذا با توجه به نیاز طراحی لازم است سرو موتور به گونه ای اصلاح شود تا نیاز پروژه حاضر را برآورده سازد.

چرا که با توجه به شرایط پروژه لازم است سیستم در صورت دریافت تحریک پله به صورت محدود به آن پاسخ دهد.

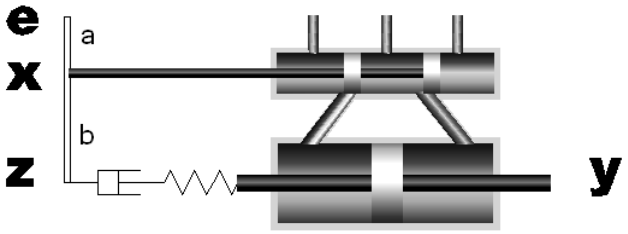


چنان که در شکل نمایش داده شده است ، مکانیزم دارای دو ورودی مکانی است که با تغذیه دو سرو موتور در نهایت میل بادامک را به حرکت در می آورند.

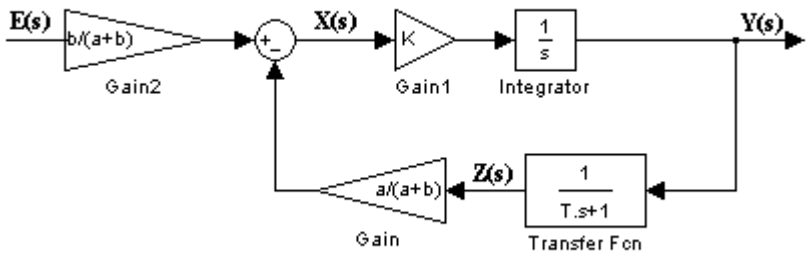
با توجه به نوع اتصالات به کار رفته در مکانیزم سرو موتور حرکت هریک از خروجی های سرو موتور ها برابر با حرکت میل بادامک خواهد بود ،این درحالی است که نیروی محرک میل بادامک مجموع نیرو های ارسالی از سوی سرو موتور هاست.

چنان که می دانیم ،از آنجایی که سرو موتور به عنوان انتگرال گیر در سیستم های مکانیکی مطرح است لذا در صورت ارسال تحریک پله ، پاسخ به صورت شیب خواهد بود . در صورتی با توجه به نیاز مسئله ، در صورت ارسال تحریک پله نیاز است میل بادامک به مکانی خاص منتقل و در آنجا متوقف شود.

لذا به منظور اصلاح سرو موتور از مکانیزم کنترلی ذیل به جای سرو موتور ساده استفاده می نماییم :



لذا تابع کنترلی آن به شکل زیر تغییر خواهد کرد:



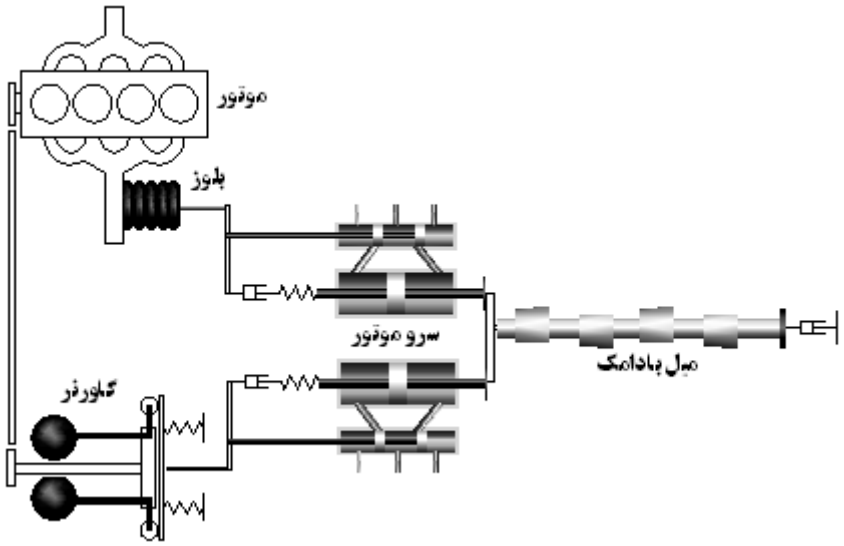
که در آن :

$$T = \frac{R.A^2.\rho}{k}$$

$$K = \frac{K_1}{A\rho}$$

بدین ترتیب امکان ایجاد پاسخ هماهنگ با تحریک در سیستم وجود دارد.

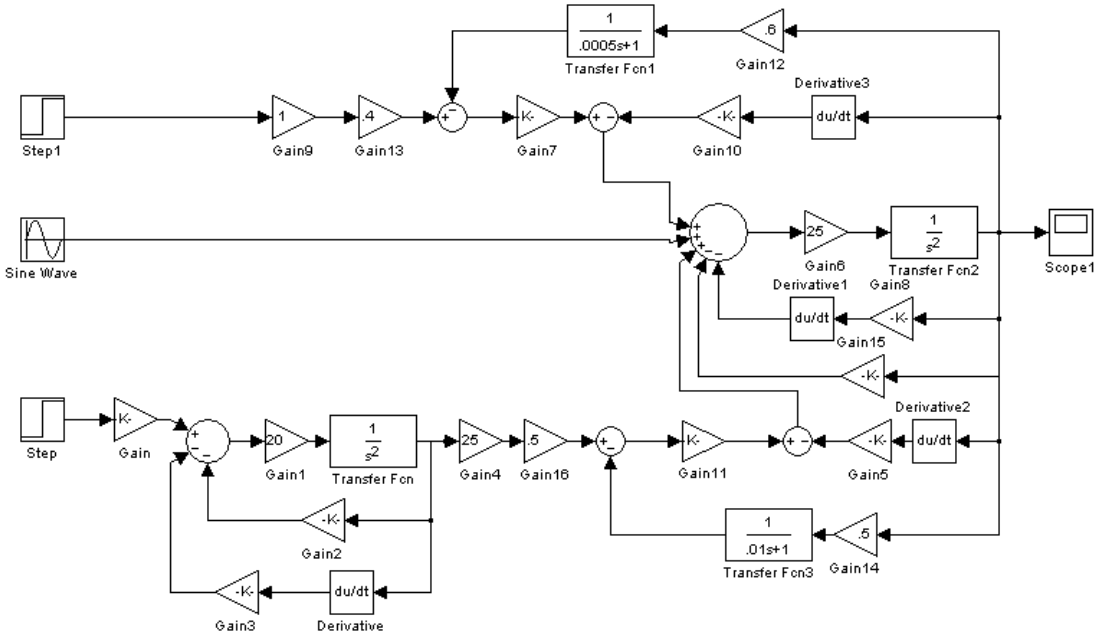
حال با فرض سروموتور های اصلاح شده و نیز با توجه به اثرات برهم نهی دو سرو موتور امکان مدل سازی سیستم میسر می باشد.



سیستم به صورت فوق طراحی شده است ، با توجه به مدل های ارائه شده برای گاورنر و بلوز و نیز مدل های پیشنهادی برای سرو موتور می توان با فرض مقادیر مجهول مکانیزم ، مکانیزم کنترلی را مدل سازی نمود.

مدل سازی سیستم

مدل سازی زیر مدلی اولیه از مکانیزم کنترلی است :



چنان که در شکل آمده است ، دو ورودی پله برای سرعت موتور و نیز فشار مانی فولد در نظر گرفته شده است.

فشار تغذیه هریک از سرو موتور ها 2 Mpa در نظر گرفته شده است ، این مقدار به علت مقابله با نیروهای اغتشاشی خارجی وارد به سیستم در نظر گرفته شده است ، فشار سیال توسط پمپی که مستقیما از موتور تغذیه می شود تامین خواهد شد.

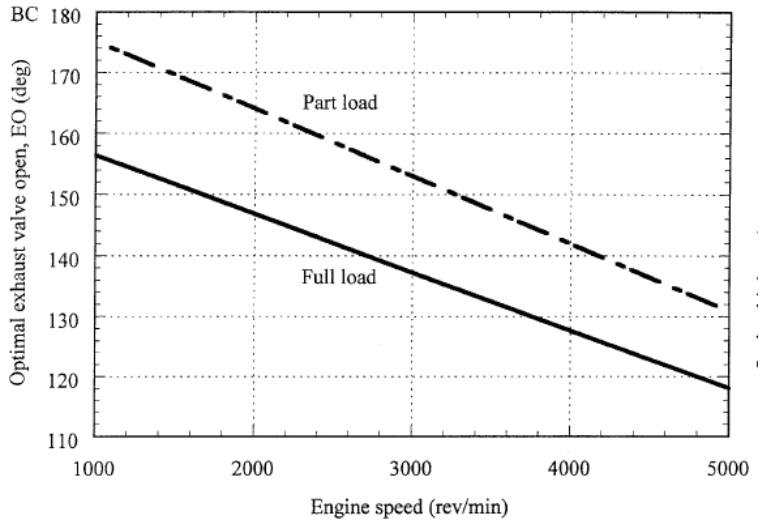
سیال مورد استفاده در مدار هیدرولیکی سیستم با تراکم پذیری بسیار ناچیز و چگالی 800 Kg/m2 در نظر گرفته شده است.

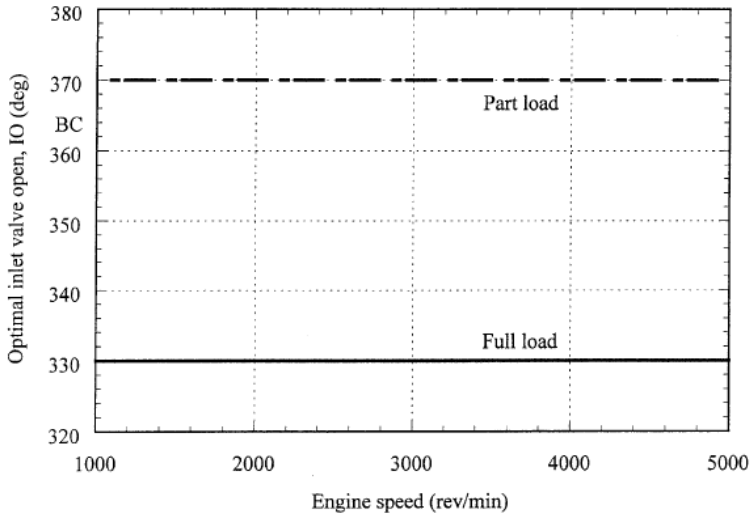
با تغییر مقادیر ثوابت کنترلی تابع کنترلی را به نحوی طراحی می نماییم که در صورت تحریکات بیشینه سیستم و با احتساب ضریب اطمینانی معادل 1.12 ، حداکثر جابجایی میل بادامک 4 cm باشد.

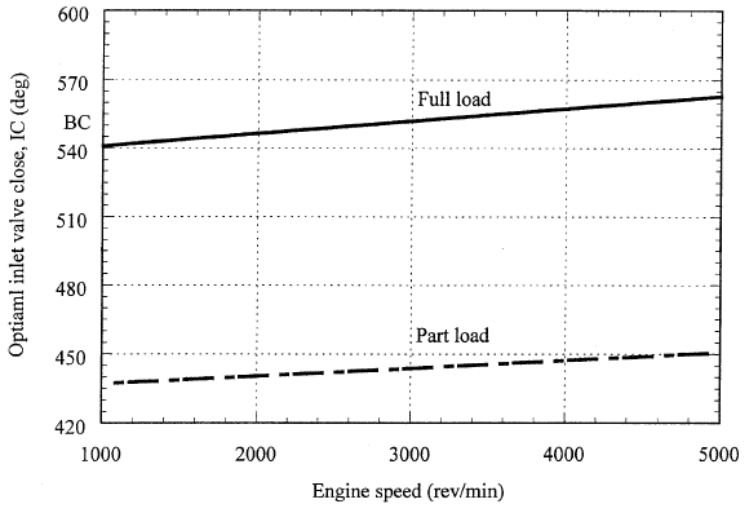
کالیبره کردن سیستم

با توجه به این که تغییرات همزمان سرعت و بار شرایط مختلفی را برای مکان میل بادامک تعیین می کند ، لازم است ترتیبی اتخاذ شود که پاسخ ها به صورت صحیح داده شود.

با توجه به نمودار های زوایا بر حسب شرایط :



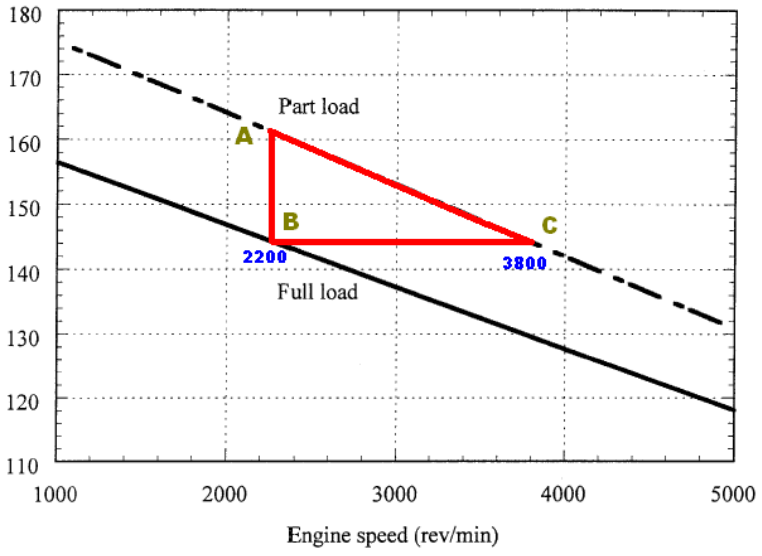




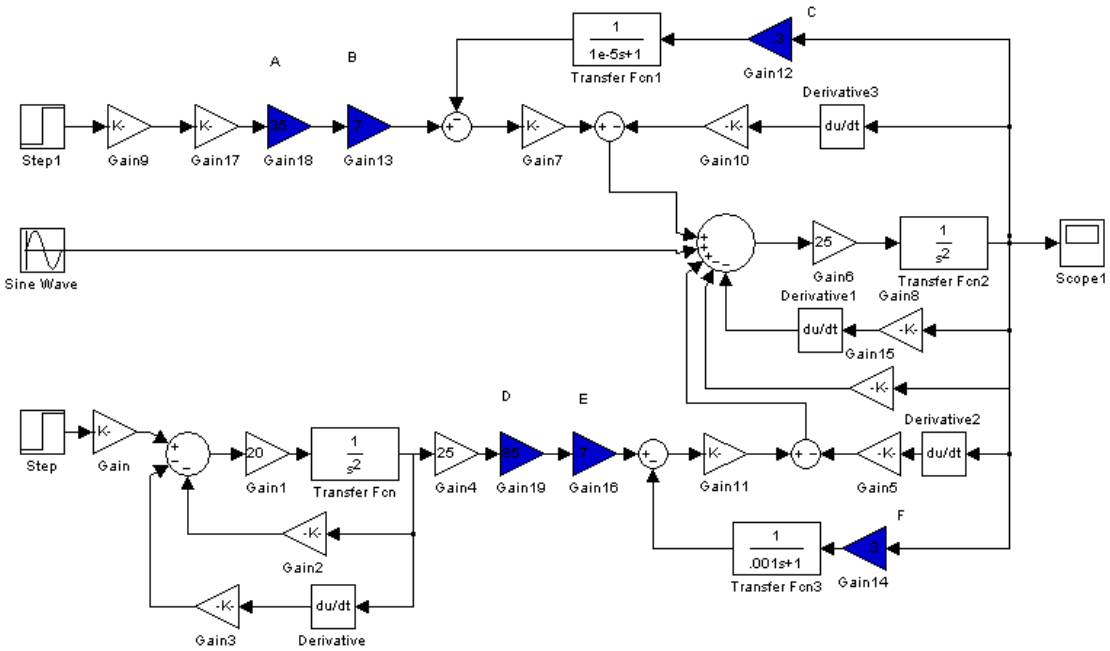
چنان که در نمودار های فوق آمده است ، سرعت موتور در زوایای تایمینگ ورودی موتور تاثیری چندانی ندارد و بار موتور به عنوان پارامتر غالب مطرح است.

این در حالی است که در تعیین زوایای بهینه تایمینگ سوپاپ خروجی ، بار موتور و سرعت موتور دارای تاثیرات نسبتا هم اندازه هستند. لذا لازم است به طریقی مقادیر نسبی تاثیر این دو پارامتر لحاظ شود.

همچنین چنان که در شکل زیر نشان داده شده است :

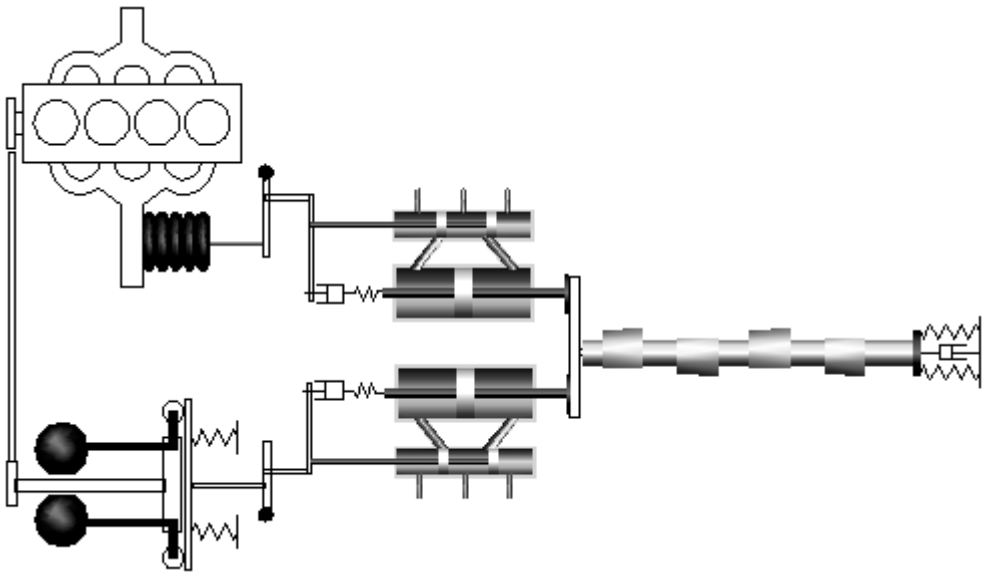


لازم است کنترلر به گونه ای طراحی شود که در صورت تغییر حالت ورودی از A به B پاسخ با تحریک ناشی از تغییر حالت از A به C یکسان باشد. به این منظور با تغییر در ضرایب پـر رنـگ شده در شکل زیر به طراحی مناسب کنترلر می پردازیم :



ضرایب A و B به ترتیب نشان دهنده مقادیر نسبت تناسبی ارسال سیگنال مکانی ناشی از بلوز و گاورنر می باشد.

ضرایب F,E,C,B نیز نشان دهنده نسبت تناسبی اصلاح کننده سرو موتور است.

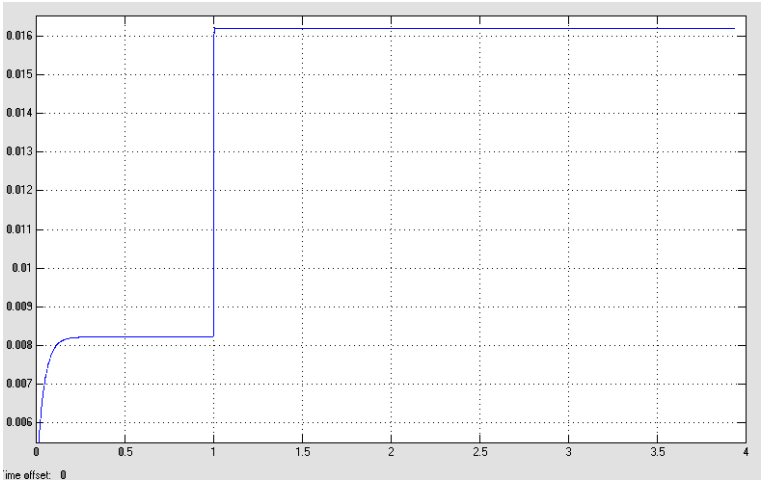


شکل فوق نمایی کلی از مکانیزم کنترل مکان سیستم می باشد. نتایج حاصل از تحریـک هـای A به B و تحریک A به C می باشد.

نتایج حاصل از تحریک از حالت A به حالت B :

بار موتور 35٪ در حالت A و 100٪ در حالت B

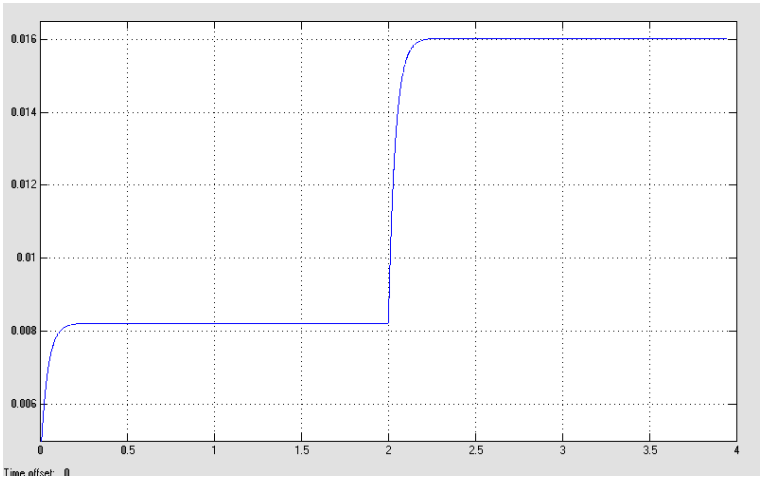
سرعت موتور 2200 rpm



نتایج حاصل از تحریک از حالت A به حالت C :

بار موتور 35٪ ثابت

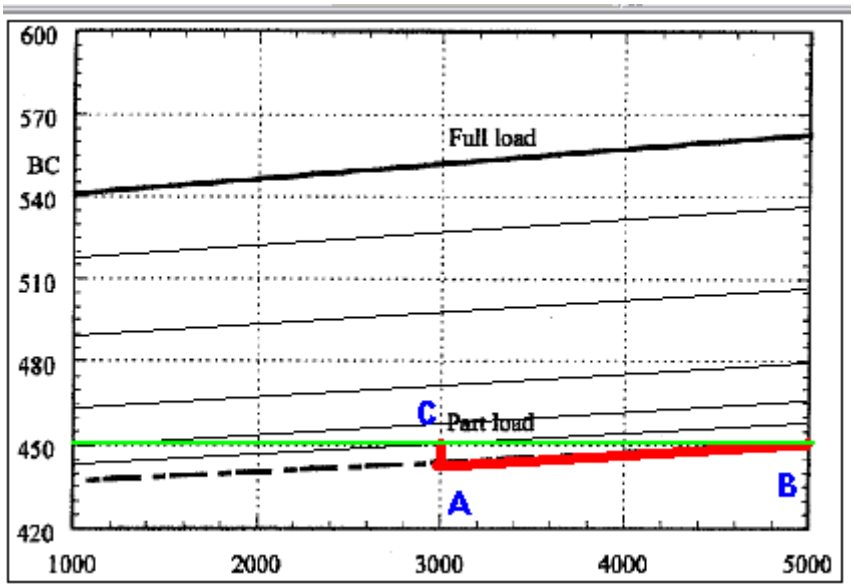
سرعت موتور در حالت A : 2200 rpm و در حالت C : 3800 rpm



از مقایسه نتایج فوق صحت تطابق پاسخ ها مشخص می شود.

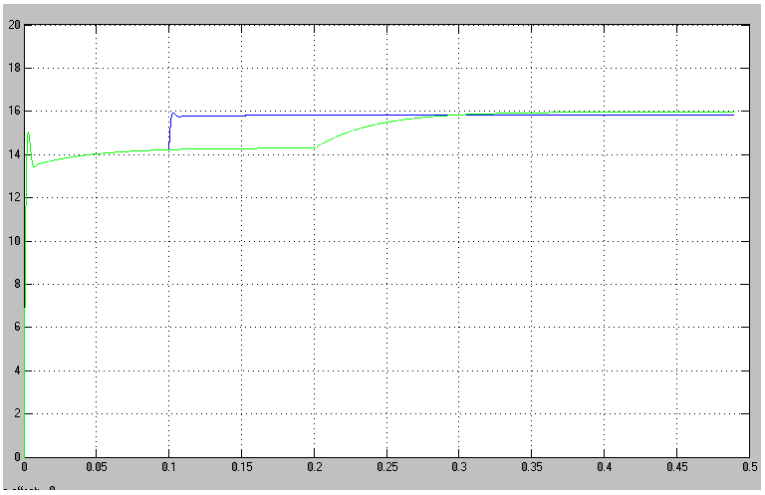
حاصل با تغییر مقادیر تناسبی ، آنها را به گونه ای طراحی و تنظیم مـی نمـاییم کـه بیـشینه تغییـر مکان میل سوپاپ در حالت تمام بار و سرعت نهایی موتور 40 mm گردد.

برای طراحی کنترلر بادامک سوپاپ ورودی نیز از رویه فوق تبعیت می شود.



این بار لازم است تا ضرایب به گونه ای تغییر یابند که میزان تاثیر بـار بـر کنتـرل مکـان بادامـک نسبت به میزان تاثیر سرعت موتور افزایش یابد ، چنان که در نمودار فوق آمـده اسـت ،در صـورت تغییر شرایط از حالت A (دور موتور 3000 rpm و بار موتور 35٪) بـه حالـت B (دور موتـور 5000 rpm و بار موتور 35٪) و نیز تغییر شرایط از حالت A به حالت C (دور موتـور 3000 rpm و بار موتور 39٪) پاسخ ها یکی باشند .

بر همین اساس به طراحی کنترلر می پردازیم.



چنان که در نمودار نتایج مشاهده می شود ، پاسخ نسبت به دو تحریک فوق یکسان می باشد ، لذا طراحی کنترلر به درستی انجام شده است ، با اعمال تغییرات بر ضرایب تناسب ارسال ، بیشینه تغییر مکان میل بادامک در صورت تحریک دور موتور 6000 rpm و بار 100٪ را حدود 40 mm طراحی می نماییم.

پس از اعمال شرایط فوق ، پاسخ سیستم را بازای شرایط مختلف بار و سرعت موتور به دست می آوریم و با مقایسه نتایج با اطلاعات فصول قبل به طراحی بادامک خواهیم پرداخت.

بررسی پاسخ های ناشی از توابع کنترلی

به منظور طراحی بادامک ، لازم است پروفیل مقطعی بادامک در دست باشد. به همین منظور پاسخ تابع کنترلی طراحی شده در فصل پیشین به گونه ای مورد تحلیل قرار گیرد .

تابع کنترلی تحت شرایط مختلف کاری مورد تحلیل قرار گرفته است.

تحلیل توابع کنترلی توسط نرم افزار شبیه ساز Matlab صورت گرفته است.

بررسی پاسخ های میل بادامک سوپاپ خروجی

ابتدا تابع کنترلی میل سوپاپ خروجی مورد بررسی قرار گرفته . مکانیزم کنترلی تحت شرایط 35٪ بار و نیز تمام بار و در گستره سرعت موتور 1000-6000 rpm مورد بررسی قرار گرفته است.

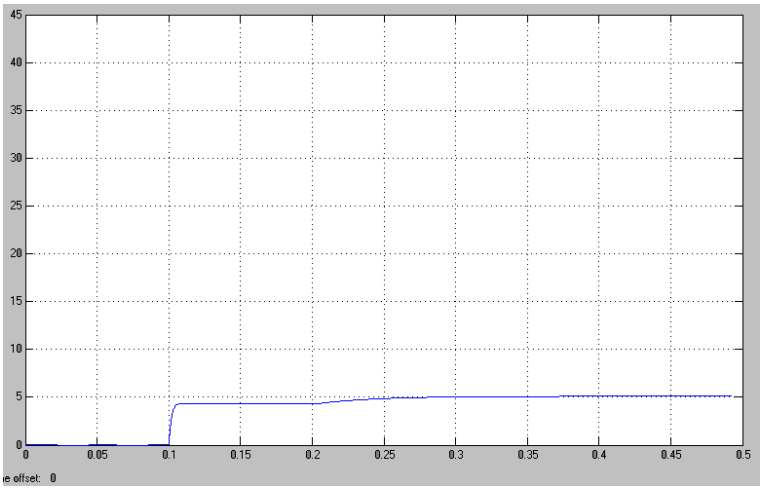
برای بررسی مکانیزم ابتدا در زمان 0.1 sec بار موتور و در زمان 0.2 sec سرعت موتور به مکانیزم تحمیل شده است.

- شرایط نیمه بار

بار :35٪

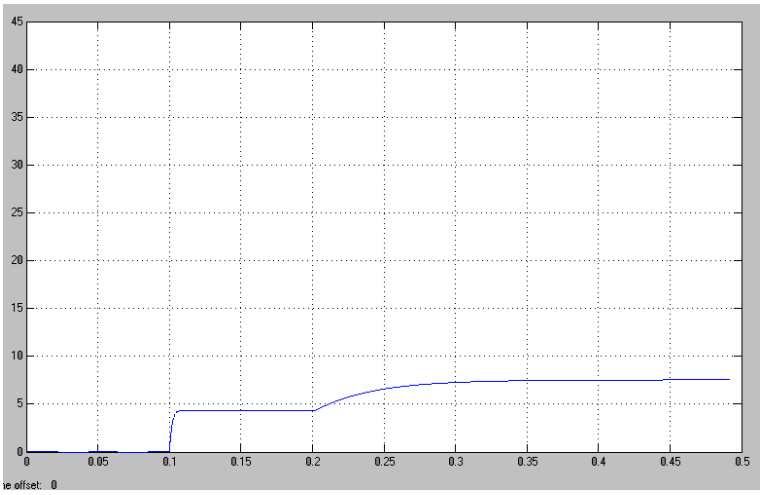
سرعت : 1000 rpm

مقدار نهایی :5.101 mm



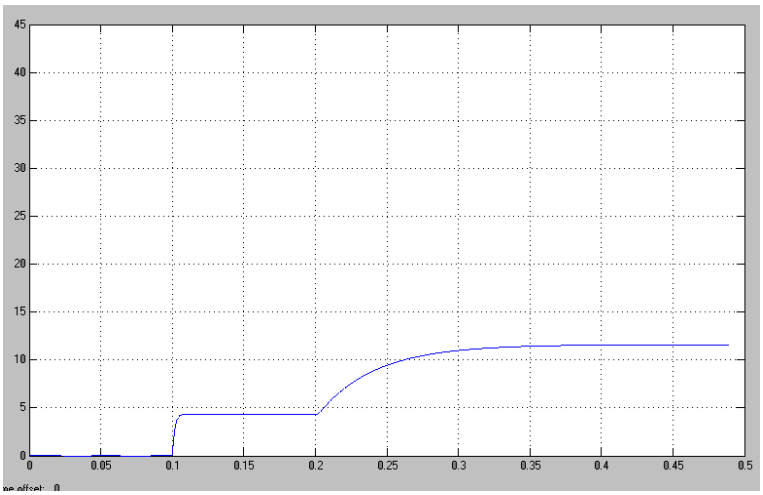
سرعت : 2000 rpm

مقدار نهایی :7.539 mm



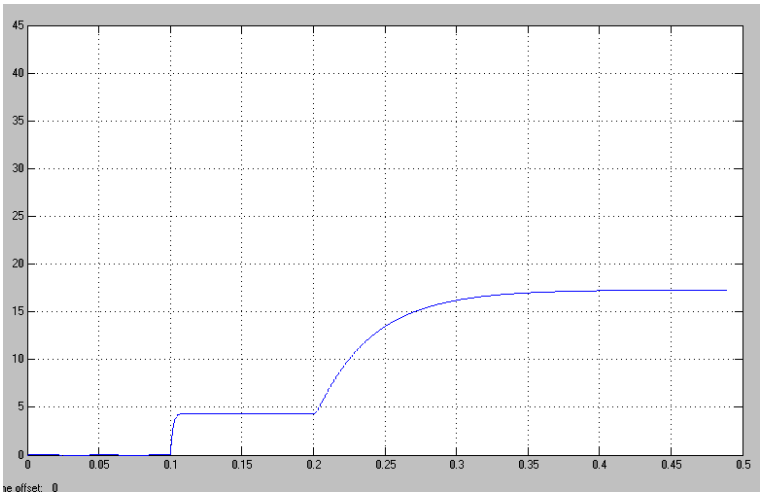
سرعت : 3000 rpm

مقدار نهایی : 11.6 mm



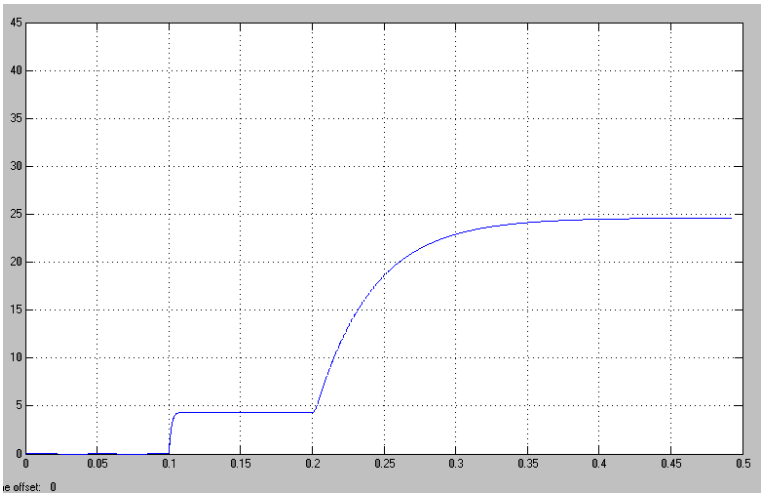
سرعت : 4000 rpm

مقدار نهایی :17.29 mm



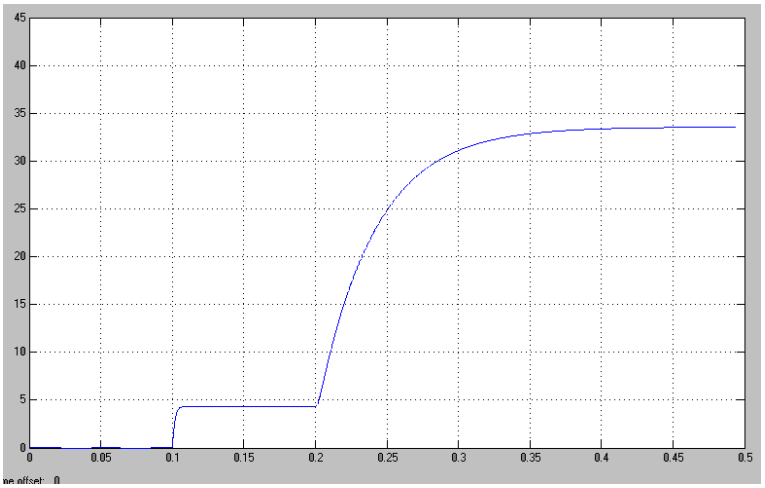
سرعت : 5000 rpm

مقدار نهایی : 24.61 mm



سرعت : 6000 rpm

مقدار نهایی :33.55 mm

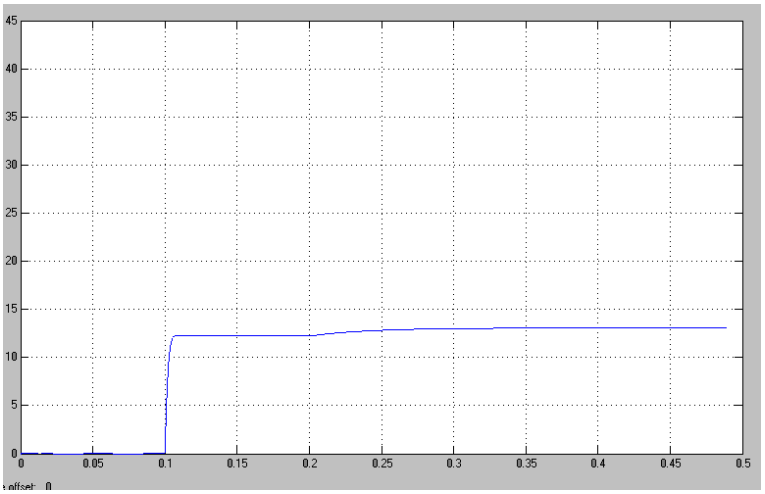


- شرایط تمام بار

بار : 100٪

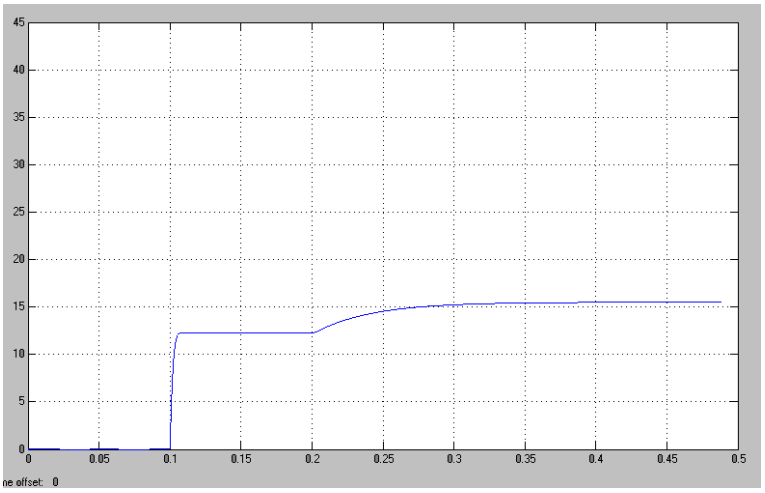
سرعت : 1000 rpm

مقدار نهایی : 13.07 mm



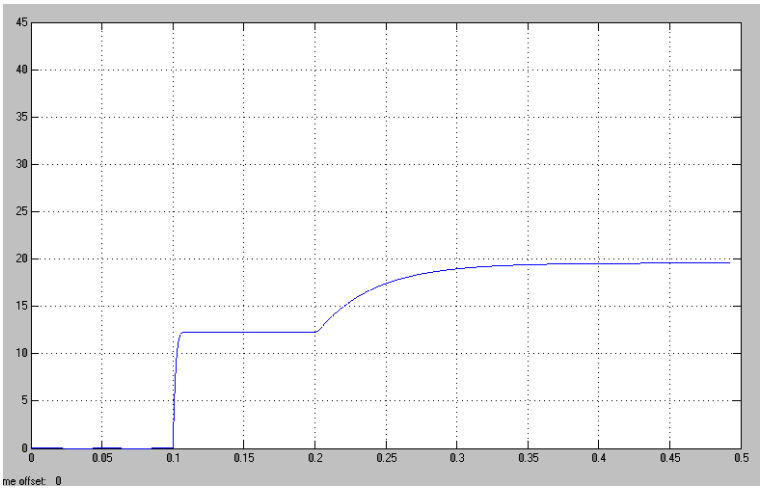
سرعت : 2000 rpm

مقدار نهایی :15.5 mm



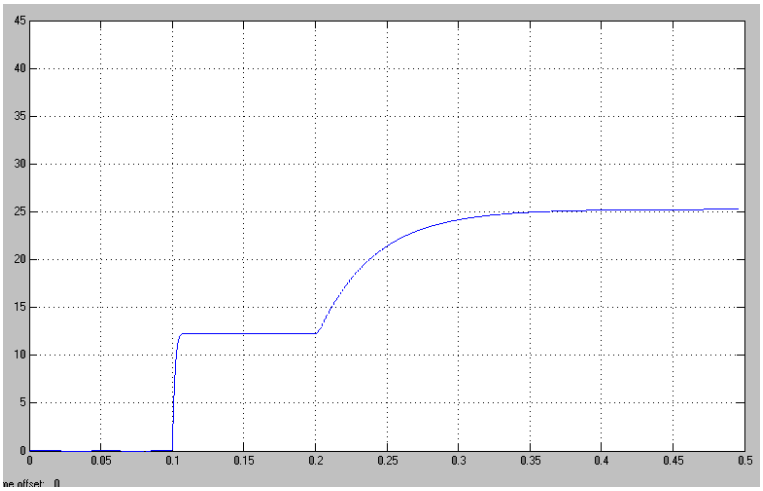
سرعت : 3000 rpm

مقدار نهایی : 19.57 mm



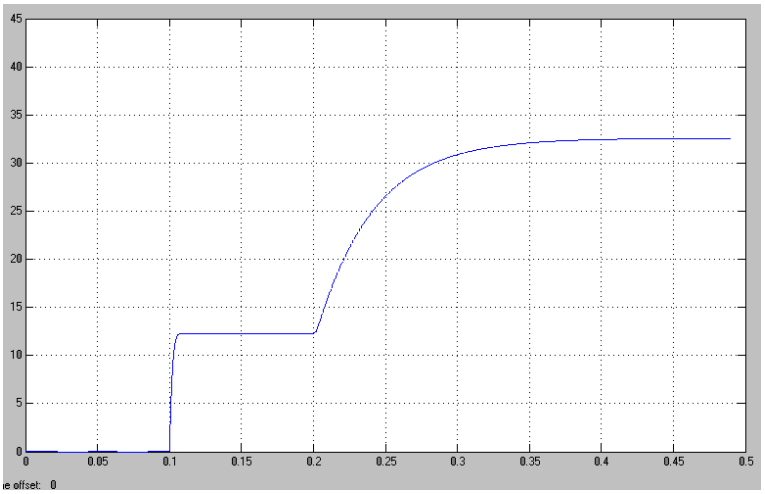
سرعت : 4000 rpm

مقدار نهایی :25.26 mm



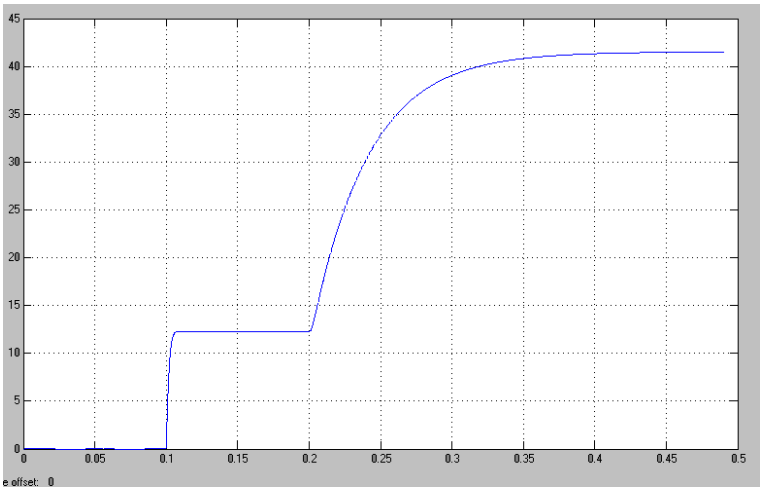
سرعت : 3000 rpm

مقدار نهایی : 32.57 mm



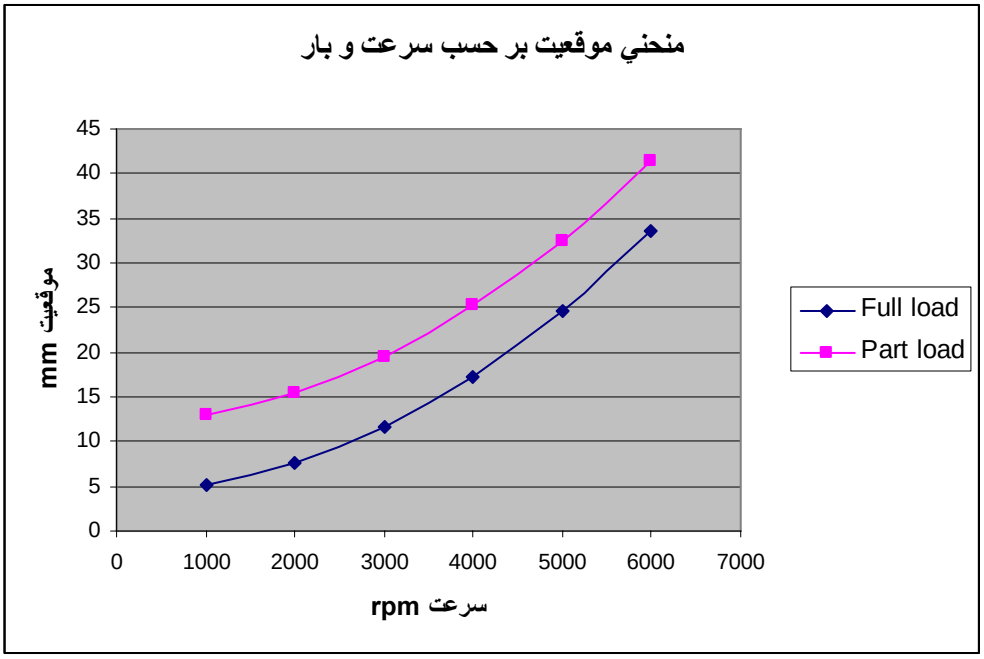
سرعت : 6000 rpm

مقدار نهایی :41.51 mm



بدین ترتیب جدول زیر به عنوان موقعیت یاب بادامک طراحی خواهد شد:

دور موتور	**35%**	**100%**
1000	5.101	13.07
2000	7.539	15.5
3000	11.6	19.57
4000	17.29	25.26
5000	24.61	32.57
6000	33.55	41.51



با استفاده از نمودار زوایای بهینه باز شدن سوپاپ خروجی و در نظـر گـرفتن مقـدار 22 درجـه برای زاویه بسته شدن سوپاپ خروجی ، جدولی مطابق ذیل به عنوان زوایای بهینه به ازای شـرایط کاری موتور به دست می آید ، با توجه به ثابت بودن زاویه EVC ، جدول زیـر بـر حـسب طـول زاویه باز بودن سوپاپ طرح شده است :

دور موتور	35%	100%
1000	103.25	113.25
2000	109.25	118.25
3000	114.25	122.75
4000	120.25	127.25
5000	126.25	132.25
6000	131.25	136.25

حال می توان زوایای مختلف را به مکان طولی متناظر آن روی بادامک منتسب کرد :

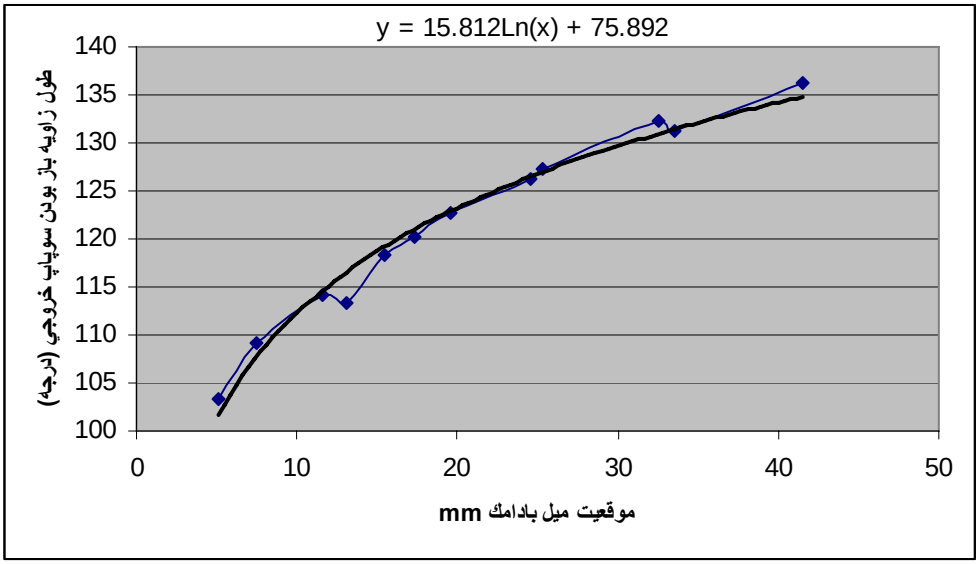
در شرایط بار 35٪

دور موتور	موقعیت	زاویه
1000	5.101	103.25
2000	7.539	109.25
3000	11.6	114.25
4000	17.29	120.25
5000	24.61	126.25
6000	33.55	131.25

در شرایط تمام بار :

دور موتور	موقعیت	زاویه
1000	13.07	113.25
2000	15.5	118.25
3000	19.57	122.75
4000	25.26	127.25
5000	32.57	132.25
6000	41.51	136.25

در نهایت با استفاده از جداول فوق و تلفیق آن ها نمودار زیر به دست خواهد آمد . در این نمودار طول زاویه خروج بادامک بر حسب موقعیت طولی بادامک به دست خواهد آمد که نهایتا برای طراحی بادامک مورد استفاده قرار خواهد گرفت.



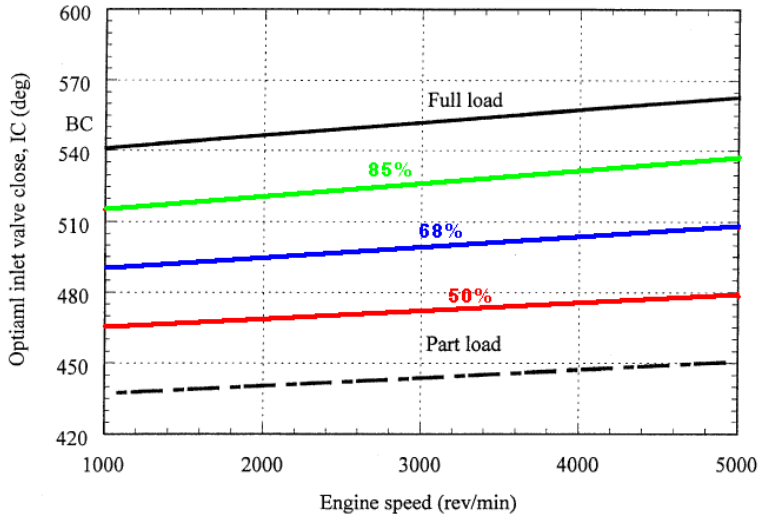
با استفاده از منحنی درونیاب زوایای خروج بادامک بر اساس موقعیت بادامک به شکل زیر جدول بندی می شود وبرای طراحی بادامک مورد استفاده قرار خواهد گرفت :

موقعیت	5	10	15	20	25	30	35	40	45
زاویه	102	112	119	123	127	130	132	134	136

بررسی پاسخ میل بادامک سوپاپ ورودی

به منظور بررسی نتایج حاصل از تست تابع کنترلی میل سوپاپ ورودی ، لازم است تـا نتـایج در گستره ای از بار های موتور و تحت دو سرعت 2000 rpm و 5000 rpm تست شود. چنان کـه در نمودار زیر آمده است زاویه بهینه باز شدن سوپاپ بر حسب گستره ای بار ها منطقه بندی شـده است.

در ایـن حالـت نتـایج را در بـار هـای 35٪ ، 50٪ ، 65٪ ، 85٪ و 100٪ و تحـت دو سـرعت 2000 rpm و 5000 rpm تست و نتایج را به دست می آوریم.

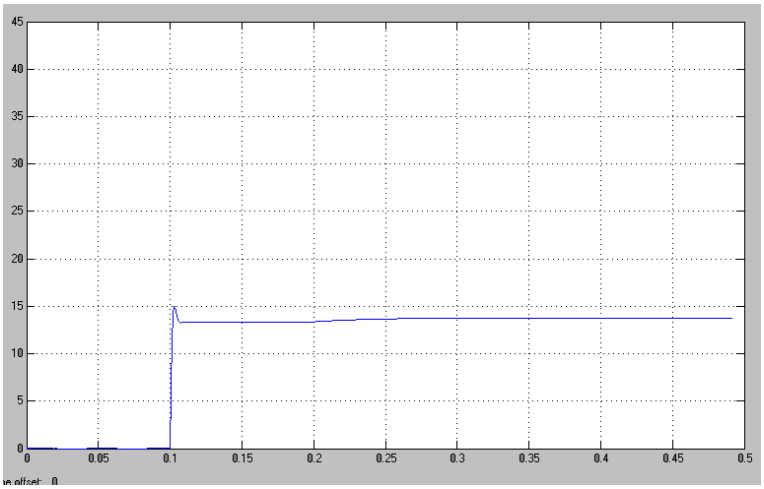


برای بررسی مکانیزم ابتدا در زمان 0.1 sec بار موتور و در زمـان 0.2 sec سـرعت موتـور بـه مکانیزم تحمیل شده است.

- شرایط سرعت 2000 rpm

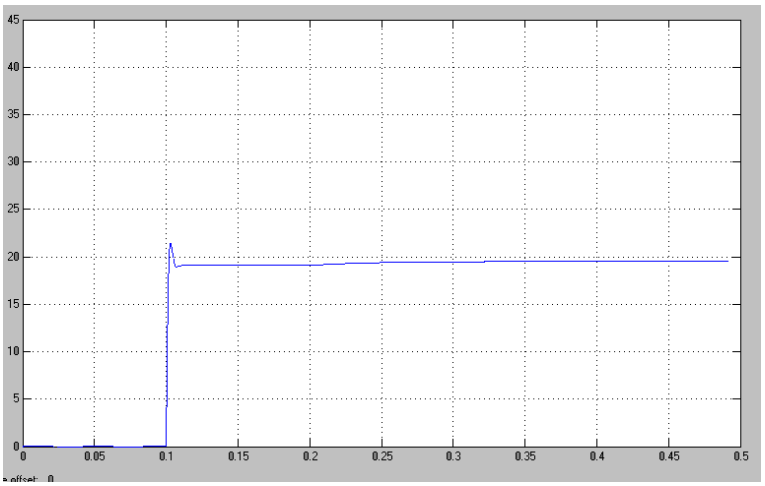
بار :35٪

مقدار نهایی : 13.78 mm



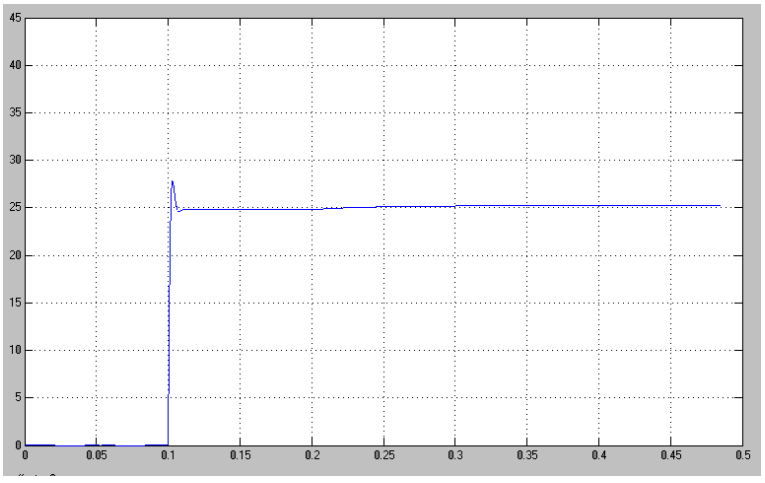
بار : ٪50

مقدار نهایی :19.51 mm



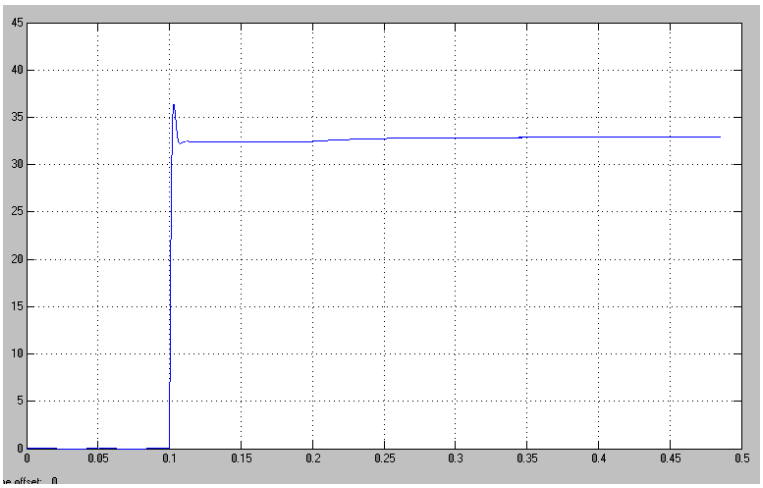
بار : ٪65

مقدار نهایی : 25.23 mm



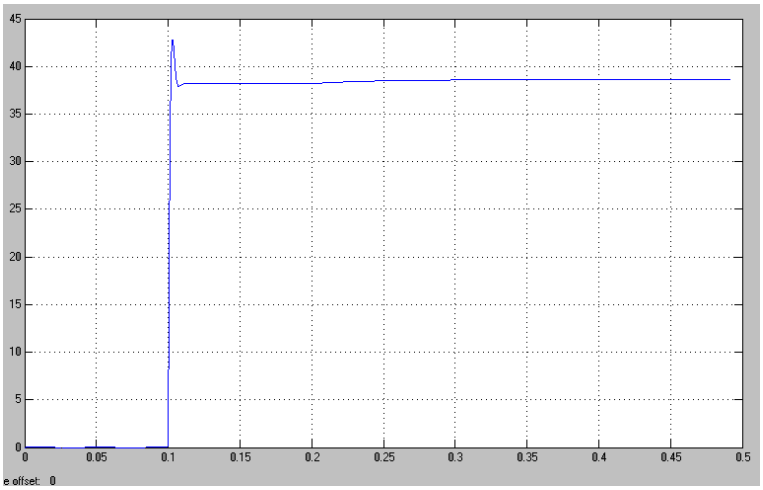
بار : 85٪

مقدار نهایی :32.88 mm



بار : 100٪

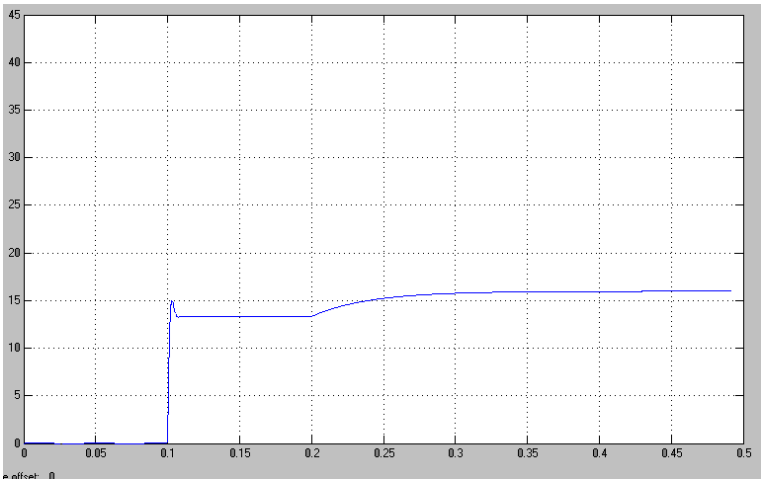
مقدار نهایی : 38.61 mm



- شرایط سرعت 5000 rpm

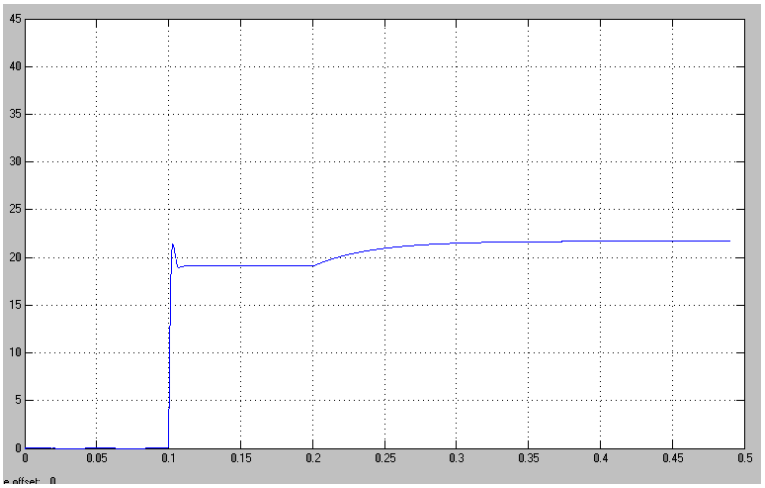
بار : 35٪

مقدار نهایی : 15.97 mm



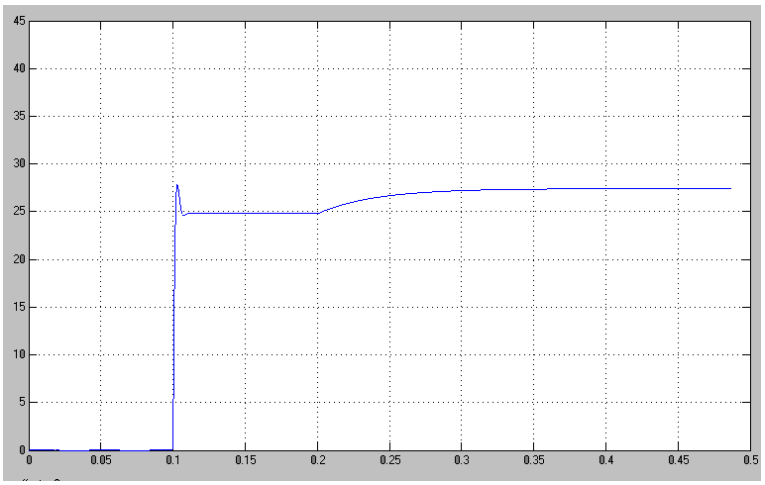
بار : 50٪

مقدار نهایی :21.7 mm



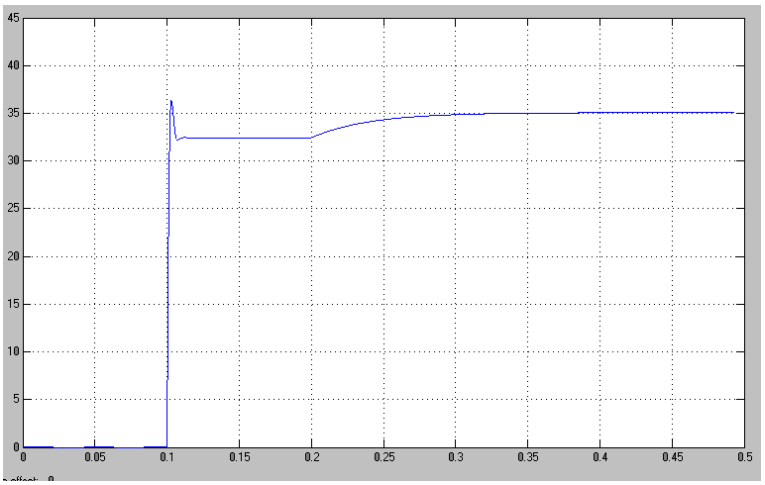
بار : 65٪

مقدار نهایی : 27.42 mm



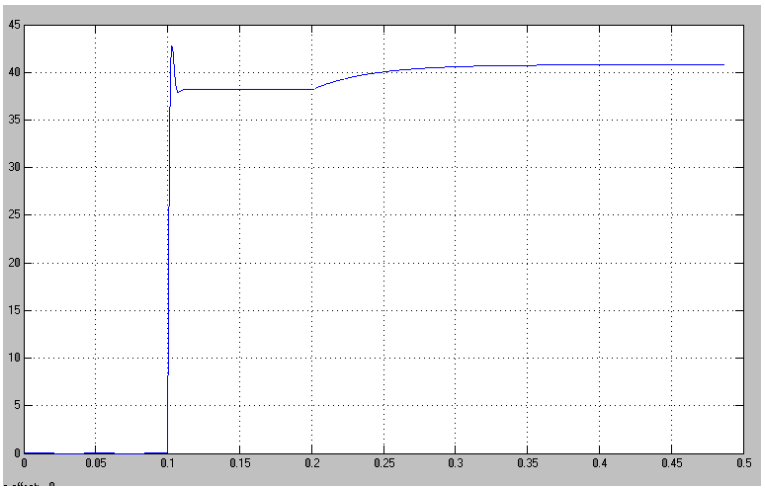
بار : 85٪

مقدار نهایی :35.07 mm



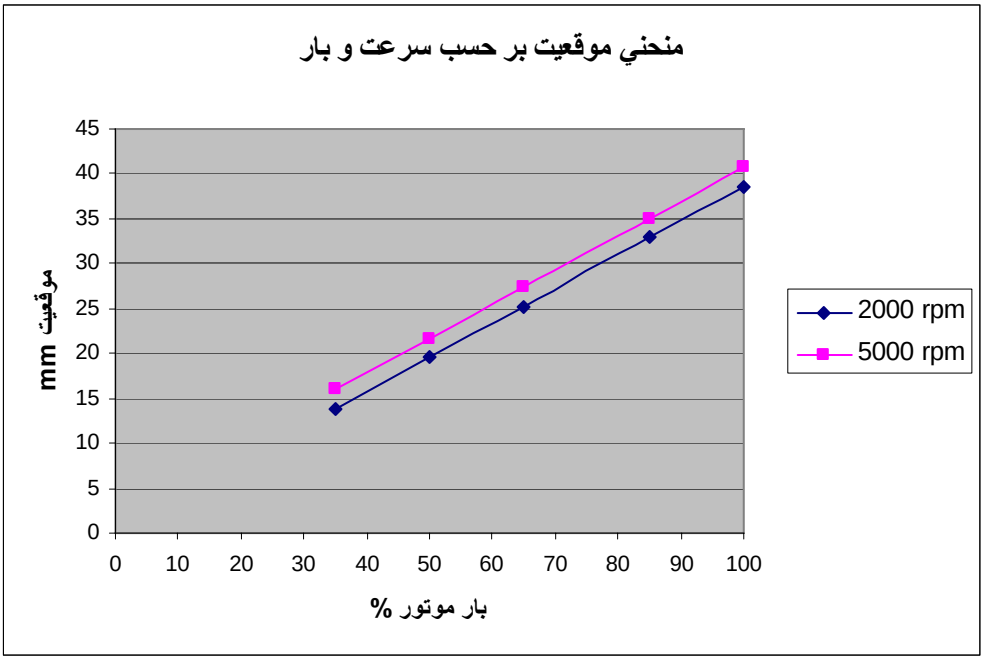
بار : ٪100

مقدار نهایی : 40.8 mm



بدین ترتیب جدول زیر به عنوان موقعیت یاب بادامک طراحی خواهد شد:

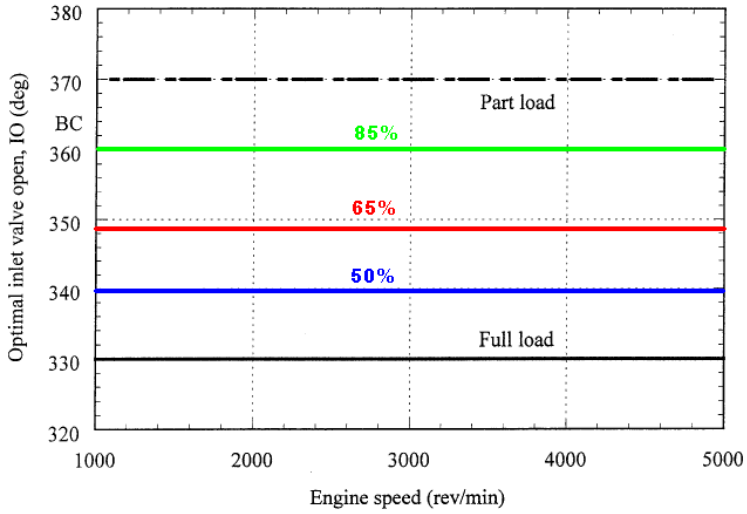
بار موتور	2000 rpm	5000 rpm
35	13.78	15.97
50	19.51	21.7
65	25.23	27.42
85	32.88	35.05
100	38.61	40.8



تعیین پروفیل بادامک سوپاپ ورودی

تعیین زاویه خروج

با استفاده از نمودار زوایای بهینه باز و بسته شدن شدن سوپاپ و فرض تغییرات خطی زاویه بهینه بر حسب بار ، جدولی مطابق ذیل به عنوان زوایای بهینه بازای شرایط کاری موتور به دست می آید.



زاویه بهینه باز شدن سوپاپ ورودی :

بار موتور	2000 rpm	5000 rpm
35	330	330
50	339	339
65	348	348
85	361	361
100	370	370

حال می توان زوایای مختلف را به مکان طولی متناظر آن روی بادامک منتسب کرد :

در شرایط دور 2000 rpm

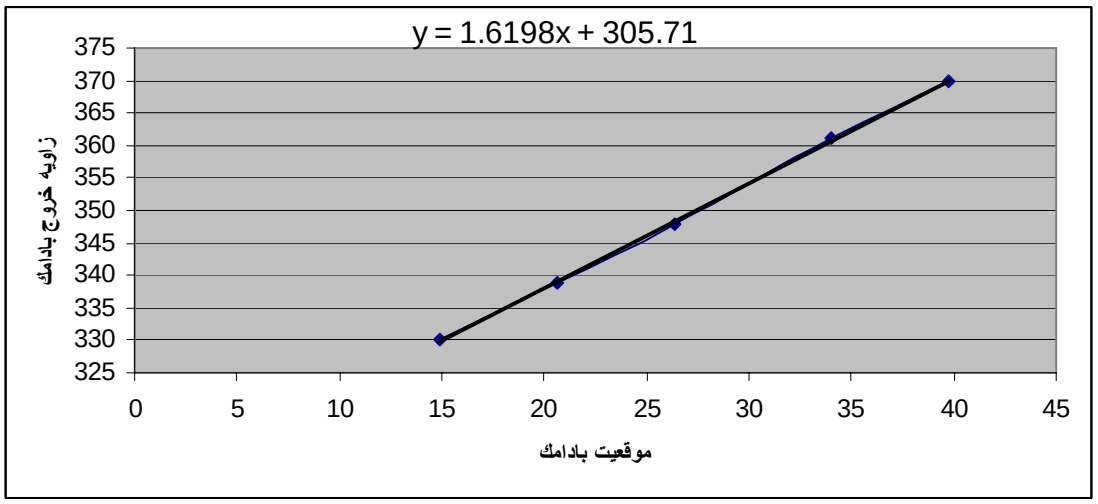
بار	موقعیت	زاویه
35	13.78	330
50	19.51	339
65	25.23	348
85	32.88	361
100	38.61	370

در شرایط دور 5000 rpm

زاویه	موقعیت	بار
330	15.97	35
339	21.7	50
348	27.42	65
361	35.05	85
370	40.8	100

در نهایت با استفاده از جداول فوق و تلفیق آن ها نمودار زیر به دست خواهد آمد . در این نمودار طول زاویه ابتدایی خروج بادامک بر حسب موقعیت طولی بادامک به دست خواهد آمد که نهایتا برای طراحی بادامک مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

با توجه به این مطلب که زاویه تنها بر اثر تغییرات بار موتور تغییر پیدا می کند مقادیر میانی به عنوان مشخصه طراحی بکار برده خواهد شد.

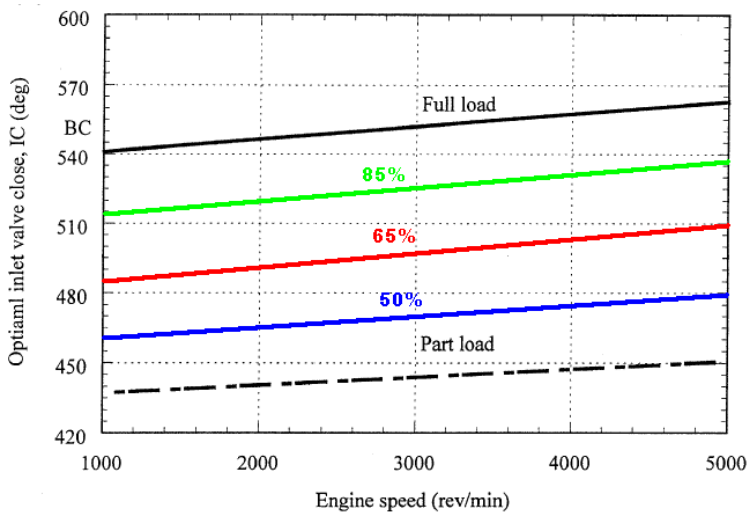


با استفاده از منحنی درونیاب زوایای خروج بادامک بر اساس موقعیت بادامک به شکل زیر جدول بندی می شود وبرای طراحی بادامک مورد استفاده قرار خواهد گرفت :

موقعیت	5	10	15	20	25	30	35	40	45
زاویه	314	322	330	338	346	354	362	370	378

تعیین زاویه ورود

با فرض تغییرات خطی زاویه بهینه بر حسب بار ، نمودار زاویه بهینه بسته شدن سوپاپ ورودی به شکل زیر تقسیم بندی می شود.



بار موتور	2000 rpm	5000 rpm
35	440	450
50	466	478
65	492	505
85	519	533
100	545	560

حال می توان زوایای مختلف را به مکان طولی متناظر آن روی بادامک منتسب کرد :

در شرایط دور 2000 rpm

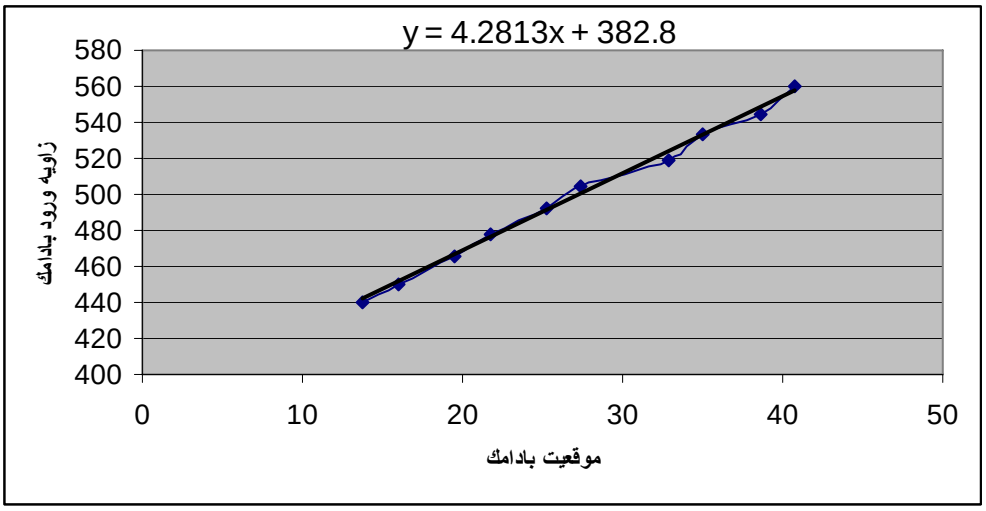
بار	موقعیت	زاویه
35	13.78	440
50	19.51	466
65	25.23	492
85	32.88	519

100	38.61	545

در شرایط دور 5000 rpm

بار	موقعیت	زاویه
35	15.97	450
50	21.7	478
65	27.42	505
85	35.05	533
100	40.8	560

با مرتب سازی جداول فوق می توان منحنی طراحی بادامک را به شکل زیر به دست آورد



با استفاده از منحنی درونیاب زوایای خروج بادامک بر اساس موقعیت بادامک به شکل زیر جدول بندی می شود وبرای طراحی بادامک مورد استفاده قرار خواهد گرفت :

موقعیت	5	10	15	20	25	30	35	40	45
زاویه	404	426	447	468	490	511	533	554	575

طراحی اجزاء مکانیکی

طراحی بادامک

طراحی بادامک با استفاده از اطلاعات حاصل از بررسی پاسخ توابع کنترلی میسر می باشد.

با توجه به اطلاعات بدست آمده و نیز شرایط هندسی موتور می توان بادامک مناسب را طراحی نمود . در طراحی موتور های احتراقی معمولا $1/12$ قطر سیلندر به عنوان مقدار پایین آمدن سوپاپ لحاظ می شود . در پروژه حاضر lobe بادامک 6 میلیمتر در نظر گرفته شده است و به لحاظ در نظر گرفتن محدودیت های چیدمانی موتور قطر دایره بادامک 27 mm در نظر گرفته می شود .

در طراحی بادامک سوپاپ خروجی تنها طول زاویه بازشدگی سوپاپ در نظر گرفته می شود و زاویه ورود بادامک ثابت در نظر گرفته میشود حال آنکه در طراحی سوپاپ ورودی علاوه بر طول زاویه باز ماندگی هر دو زاویه خروج و ورود بادامک نیز متغییرند.

طراحی بادامک سوپاپ خروجی

چنان که آمد در طراحی بادامک سوپاپ خروجی زاویه باز شدن سوپاپ متغییر است ولی زاویه بسته شدن سوپاپ خروجی مقداری ثابت دارد.

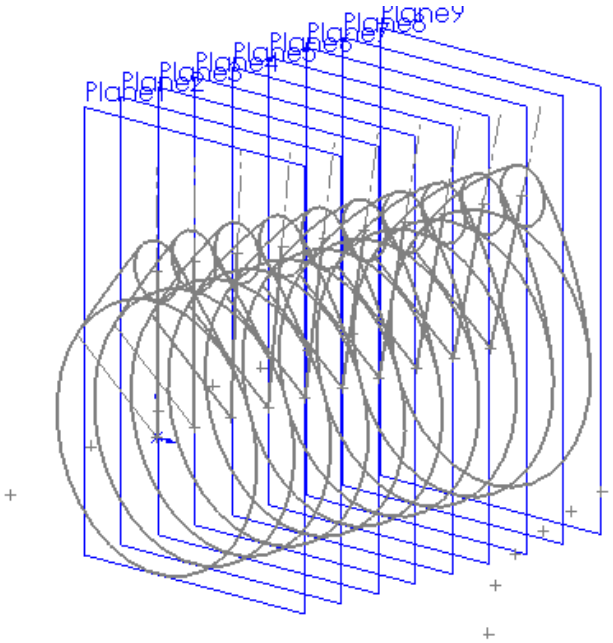
مقادیر زوایای خروج بادامک بر حسب طول در جدول زیر آمده است :

موقعیت	5	10	15	20	25	30	35	40	45
زاویه	102	112	119	123	127	130	132	134	136

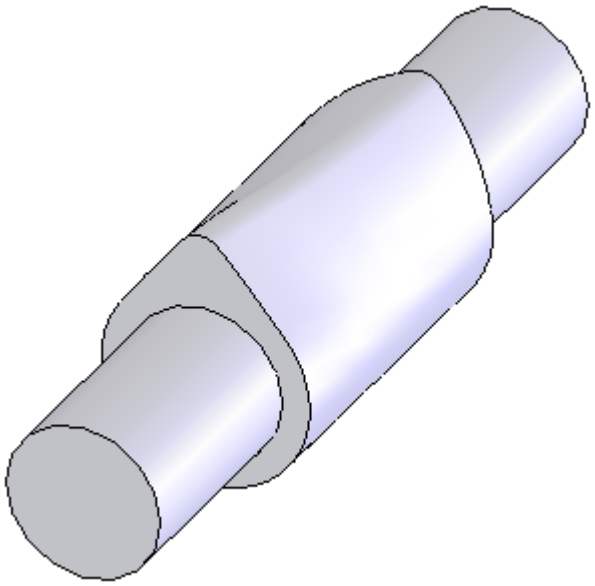
با استفاده از اطلاعات درج شده در جدول فوق می توان بادامک را توسط نرم افزار Solid works به شکل زیر ترسیم نمود.

به این منظور اطلاعات فوق را در صفحاتی با فاصله 5 میلیمتر از یکدیگر رسم می نماییم.

حاصل اعمال اطلاعات فوق بادامکی به شکل زیر خواهد بود :



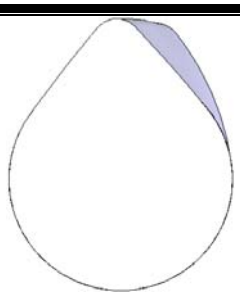
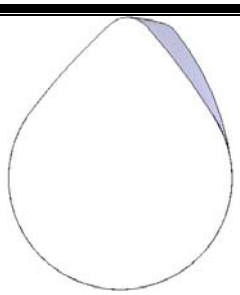
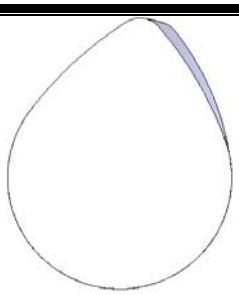
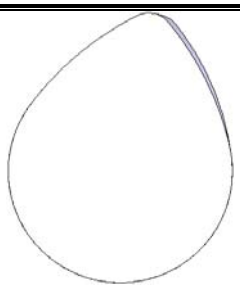
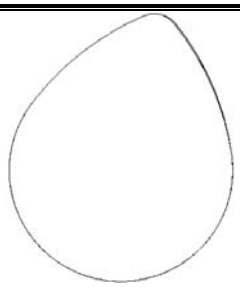
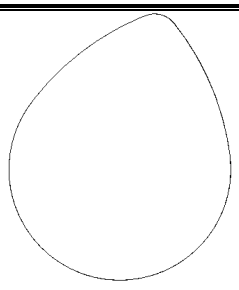
ساختار بادامک نیز به شکل زیر طراحی شده است :



شکل زیر بادامک را از نمای فوقانی مورد بررسی قرار داده است :

چنان که دیده می شود خط تاج بادامک به صورت یک منحنی نشان داده شده است.

پروفیل بادامک در مقاطع مختلف محوری آن نیز در شکل زیر نمایش داده شده است :

		
0	10	20
		
30	40	45

چنان که در شکل بالا آمده است ، تنها یکی از زوایا به طور پیوسته تغییر می کند و زاویه خروج بادامک ثابت می باشد.طراحی بادامک سوپاپ خروجی به علت ثابت بودن زاویه بسته شدن سوپاپ به آسانی صورت می پذیرد .

به طور کلی ساخت این گونه بادامک ها تنها با استفاده از دستگاههای کنترل عددی (C.N.C.) صورت می پذیرد . این بادامک بسته به نوع و پارامتر های موتور متغییر است و لازم است برای ساخت آن آزمایشات مربوط به یافتن زوایای بهینه تنفسی صورت پذیرد.

طراحی بادامک سوپاپ ورودی

طراحی بادامک سوپاپ ورودی نیز مانند بادامک سوپاپ خروجی انجام می شود .

نمودار های ذیل زوایای باز و بسته شدن سوپاپ ورودی را بر حسب موقعیت طولی بادامک نشان می دهد.

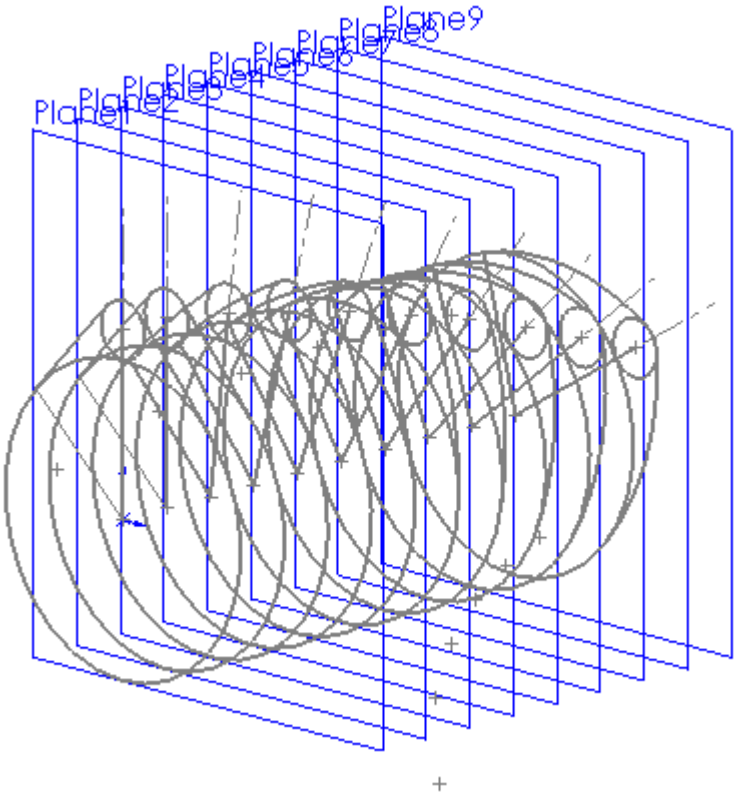
جدول زاویه باز شدن سوپاپ ورودی :

موقعیت	5	10	15	20	25	30	35	40	45
زاویه	314	322	330	338	346	354	362	370	378

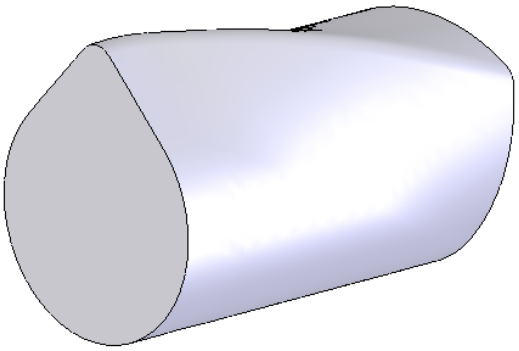
جدول زاویه بسته شدن سوپاپ ورودی :

موقعیت	5	10	15	20	25	30	35	40	45
زاویه	404	426	447	468	490	511	533	554	575

با توجه به این مطلب که سرعت زاویه میل سوپاپ نصف سرعت دوران میل لنگ است به طراحی بادامک می پردازیم.



پس از طراحی کامل بادامک ، بادامک به شکل زیر خواهد بود :



توضیح آنکه بادامک سوپاپ ورودی دارای شیب بیشتر و نتیجتا امکان پرش سوپاپ بیشتر خواهد بود.

استفاده از فنر با میرایی هیسترزیس بالاتر ، موجب کاهش پرش سوپاپ خواهد شد. لذا استفاده از فنرهایی از فلزاتی با دمپینگ هیسترزیس بالا و یا استفاده از اجزاء میرا کننده نظیر دمپرهای روغنی برای کاهش پرش سوپاپ مفید به نظر می آید.

طراحی مکانیکی سر سیلندر

آنچه تا کنون آمد ، طراحی کنترلر و اسباب کنترلی مکانیزم موتور VVT بود ، برای عملی شدن مکانیزم و تولید آن لازم است اجزاء آن به نحوی صحیح طراحی شود ، قدم ابتدایی در طراحی مکانیزم ، طراحی اجزاء و اتصالات موجود در مکانیزم می باشد ، طراحی هندسی و نیز اعمال شرایط هندسی عدم تداخل از عمده مسائل تعیین کننده در طراحی مکانیکی طرح می باشد.

چنان که می دانیم سر سیلندر بخشی از موتور است که در قسمت فوقانی بلوکه سیلندر تعبیه می شود. این قسمت از موتور شامل محفظه احتراق ، راهگاههای ورود و خروج هوا و دود ، گیت سوپاپ ، سوپاپ و احتمالا میل بادامک و اجزاء نگه دارنده آن می باشد[1]. در طراحی اخیر حالات کلی سر سیلندر به قوت خود باقی است ولی در نحوه اتصال میل بادامک به سر سیلندر و نیز موقعیت درگاههای ورودی و خروجی و نیز نحوه تماس میل بادامک با پولی متصلی به تسمه میل لنگ تغییراتی حاصل شده است.

با توجه به مسائل مطرح شده در فصول پیش به طراحی سرسیلندر و اجزاء موجود روی آن می پردازیم.

چنان که آمد پروفیل حرکت بادامک با توجه به مکان محوری میل بادامک تعیین می شود ، موقعیت محوری میل بادامک نیز با توجه به موقعیت سرو موتور ها تعیین می شود.

با توجه به این که شرایط تعیین کننده مکان میل بادامک های سوپاپ های خروجی و ورودی با یکدیگر تفاوت دارند ، لذا ملزم به استفاده از دو میل بادامک مجزا خواهیم بود.

همچنین با توجه به پارامترهای هندسی موتور و نیز مسائل مربوط به تداخل بادامک های موجود روی دو میل بادامک لازم است دو سوپاپ موجود در قسمت فوقانی هر سیلندر در امتداد عمود بر میل لنگ قرار گیرند.

با توجه به ابعاد هندسی سر سیلندر و نیز توجه به ابعاد بادامک به طراحی هندسی و چیدمانی سر سیلندر مناسب موتور می پردازیم.

---

[1] - در موتور های OHC

ابعاد و پارامترهای اساسی سر سیلندر به شرح زیر است :

تعداد سیلندر : 4

قطر سیلندر : 87 میلیمتر

قطر دایره اصلی بادامک : 27 میلیمتر

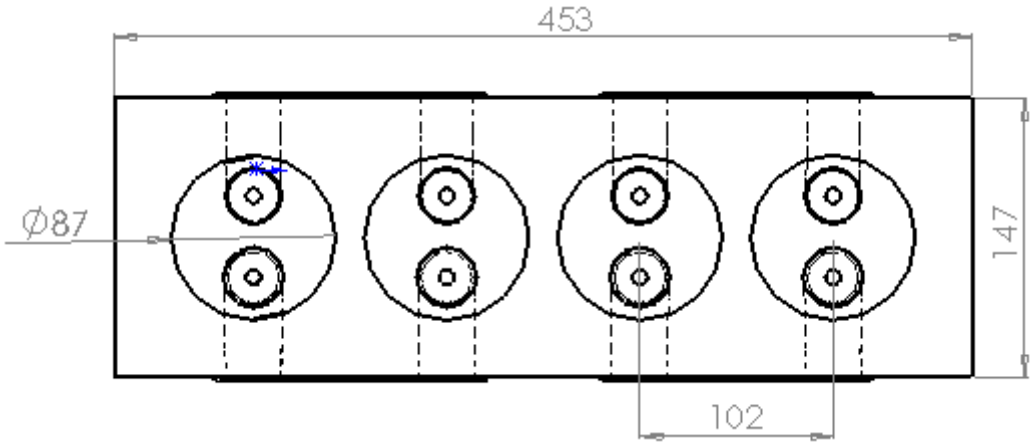
تاج بادامک : 6 میلیمتر

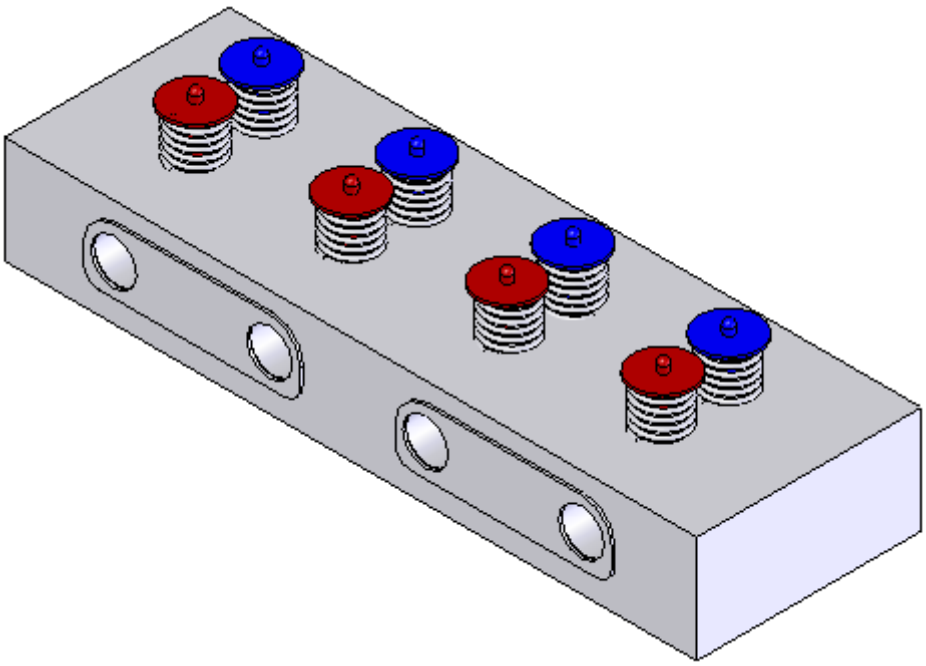
طول محوری بادامک : 45 میلیمتر

قطر سوپاپ خروجی : 30 میلیمتر

قطر سوپاپ ورودی : 32 میلیمتر

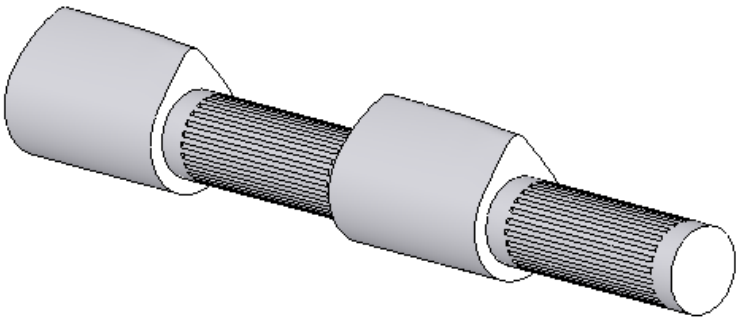
با توجه به ابعاد فوق و در نظر گرفتن شرایط هندسی موتور و نیز شرط عدم تـداخل دو بادامـک در حین دوران و نیز توجه به شروط عدم تداخل بادامک با اجزاء سیلندرهای جانبی و نهایتا اعمـال ضرایب اطمینان به طرح ، هندسه سر سیلندر به شکل زیر طراحی می شود.





با توجه به حرکت محوری میل بادامک در حین حرکت دورانی ملزم به استفاده از هزار خار برای اتصال میل بادامک به سر سیلندر و نیز اتصال آن به پولی محرک می باشیم.

همچنین با توجه به خیز میل بادامک در هنگام اعمال نیروی فنرهای سوپاپ باید میل بادامک بـه گونه ای مناسب توسط اجزاء هزار خار دار به سر سیلندر متصل شود.



به این ترتیب یکی از تفاوت های سیستم پیشنهادی با سیستم های معمول اسـتفاده از هـزار خـار در میل بادامک است.

استفاده از هزار خار های متعدد باعث افزایش اصطکاک میل بادامک در هنگـام حرکـت محـوری خواهد شد ، با توجه به استفاده از سرو موتور با فشار روغن 2Mpa اصطکاک ناشی از هزار خـار

تاثیر چندانی در موقعیت گیری محوری میل بادامک نخواهد داشت. با این وجود کالیبره کردن مجدد سرو موتور الزامی می نماید.

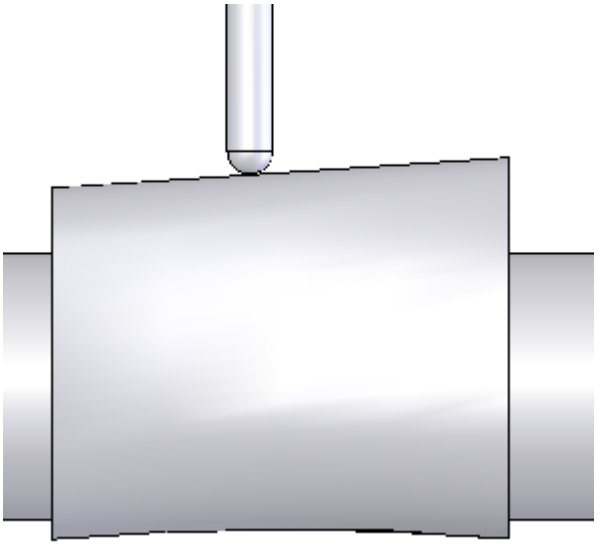
میل بادامک ها در دو انتها توسط فنر و دمپر به سر سیلندر متصل می شوند .با توجه به این که میل بادامک در دو انتهای خود 22.5 میلیمتر مجاز به حرکت است ، لذا طراحی باید به گونه ای باشد که این آزادی حرکتی به میل بادامک داده شود.

نکته مهم دیگری که در طراحی اتصالات میل بادامک باید مورد توجه قرار گیرد ، نحوه اتصال خروجی سرو موتور به میل بادامک است ، طرح پیشنهادی برای اتصال مناسب این دو جزء ، استفاده از بازو های چنگکی شکل برای اتصال است. این نوع اتصال ، ضمن امکان جابجایی میل بادامک در حین دوران آن ، امکان قرارگیری سرو موتور و اجزاء محرک میل بادامک در موقعیت های مناسب را نیز فراهم می آورد .

همچنین به منظور اتصال مناسب میل بادامک در دو انتها استفاده از یاتاقان های کف گرد و یا تاقان های بال بیرینگ در دو انتها توصیه می شود. این نحوه اتصال از آن روی مورد توصیه قرار می گیرد که دوران فنر و دمپر موجود در دو انتهای میل بادامک مجاز نیست و انتقال حرکت دورانی باید به گونه ای مهار گردد و نیز امکان انتقال حرکت محوری میل بادامک موجود باشد . به همین منظور برای تماس میل بادامک با اجزاء ارتعاشاتی دو انتهای میل بادامک ، باید از اجزاء دارای درجه آزادی دورانی استفاده شود.

مسئله اساسی دیگری که در طراحی باید مورد توجه قرار گیرد مسئله تماس سوپاپ با بادامک است ، در این طرح با توجه به شکل بادامک استفاده از سوپاپ با تماس خطی امکان پذیر نمی باشد و ملزم به استفاده از تماس نقطه ای بین سوپاپ و بادامک می باشیم.

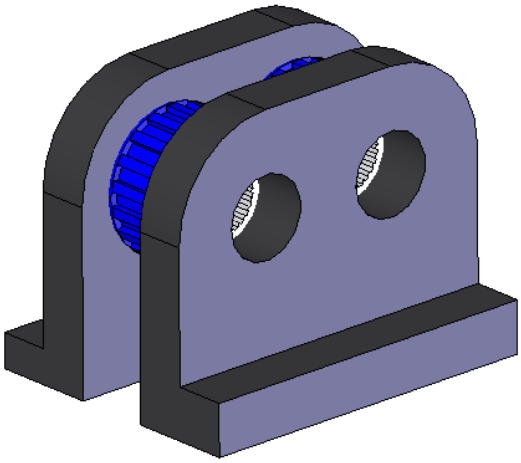
این نحوه تماس در شکل زیر نشان داده شده است.



روغن کاری صحیح اجزاء متحرک موجود در سرسیلندر یکی از مسائلی است که باید به طور دقیق بررسی و مورد محاسبه قرار گیرد.

روغن کاری صحیح بادامک موجبات سایش دیر هنگام بادامک می شود و نیز احتمال تغییر شکل های ناشی از حرارت و سایش قسمت کروی پیرو بادامک را کاهش می دهد.

از آنجا که در اتصال تسمه تامینگ به سر سیلندر باید دارای دو درجه آزادی حرکت محوری و نیز حرکت دورانی باشد استفاده از هزار خار همراه با رولربیرینک برای اتصال میل بادامک به محل تماس تسمه پیشنهاد می شود.

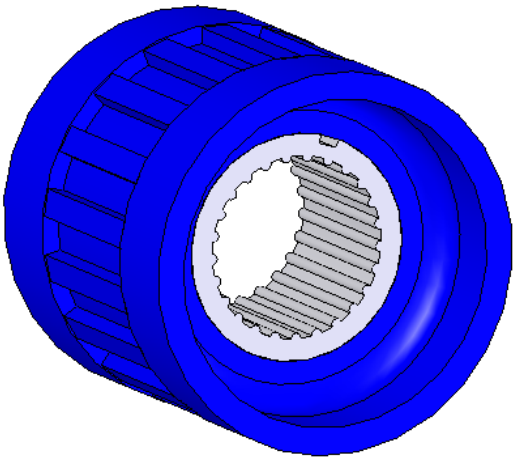


شکل فوق قطعه در بر گیرنده را نشان می دهد.

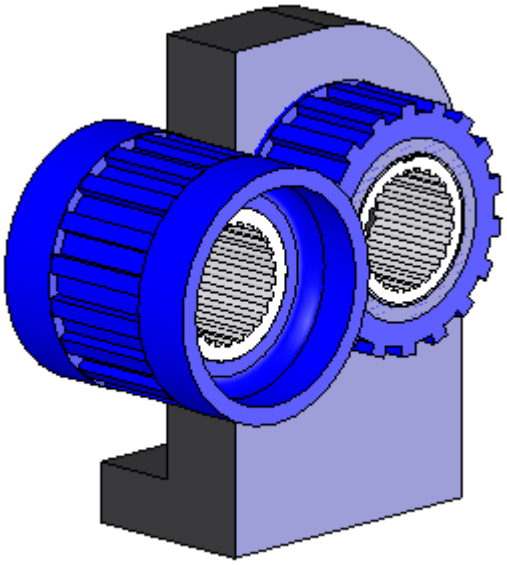
این قطعه که مستقیما روی سر سیلندر نصب می شود ، امکان حرکت طولی میل بادامک در حین دوران آن را فراهم می آورد ، ضمنا موجبات ثبوت مکان محوری تسمه تایم را نیز فراهم خواهد آورد.

نکته قابل توجه این که قطعه مغزی شامل هزار خار داخلی و تسمه خور خارجی توسط دو بال بیرینگ در طرفین مغزی ، آن را به پایه متصل می کند.

شکل زیر مغزی را نشان می دهد ، چنان که دیده می شود داخل مغزی هزار خار و در خارج آن محل قرار گیری تسمه تایم می باشد.

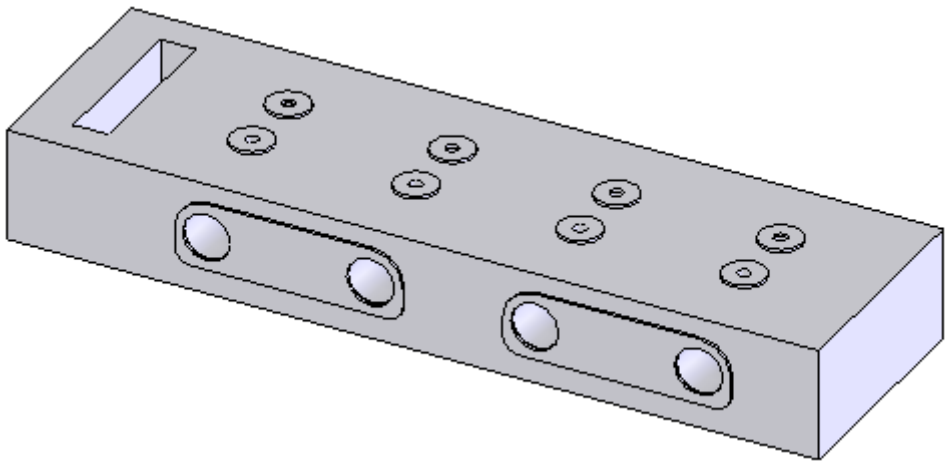


نحوه اتصال مغزی به پایه در شکل زیر به صورت برش خورده نشان داده شده است ، دو عدد مغزی برای دو میل بادامک در نظر گرفته شده است.



پایه های مذکور توسط پیچ به سرسیلندر متصل می شوند و تسمه تایم از شکافی که روی سر سیلندر تعبیه شده است با میل لنگ مرتبط می شود.

شکل زیر شکاف تعبیه شده را در سمت چپ سر سیلندر نشان می دهد.



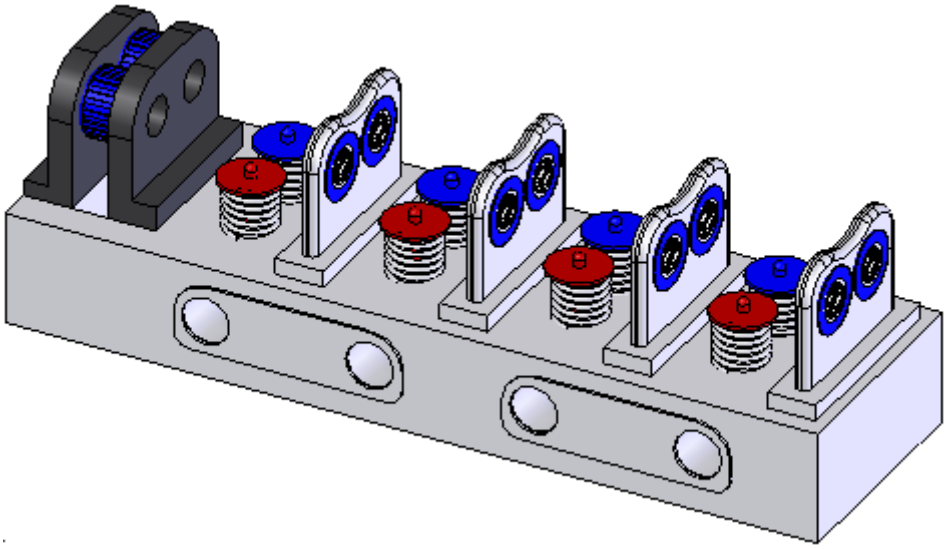
به علت نیروهایی که از فشردگی فنرها به میل بادامک وارد می شود ، احتمال ایجاد خیز در میل بادامک وجود دارد ، لذا لازم است تا با تعبیه پایه های مناسب از ایجاد چنین خیزی جلوگیری شود.

این پایه ها باید به گونه ای طراحی شوند که امکان حرکت میل بادامک را در جهت محوری میسر سازند همچنین پایه ها باید به گونه ای باشند که امکان چرخش میل بادامک نیز در آنها وجود داشته باشد.

محل اتصال تسمه تایم ، به عنوان یکی از پایه های انتهایی تلقی می شود و نیازی به قرار گیری پایه در سمت چپ سر سیلندر احساس نمی شود.

با این وجود ملزم به طراحی پایه های نگه دارنده میل بادامک در انتهای سمت راست و نیز بین سیلندر ها می باشیم.

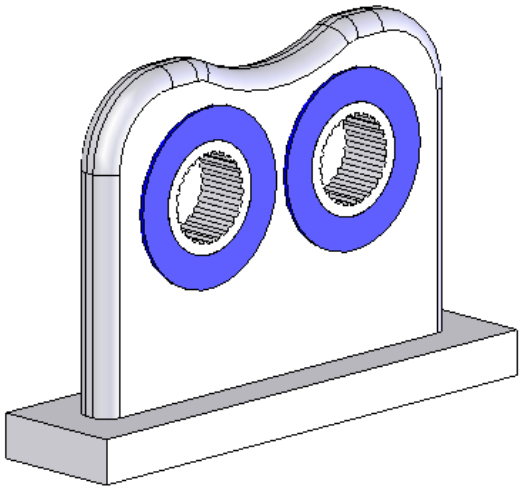
طراحی پایه های ثابت نیز همچون محل اتصال تسمه تایمینگ صورت می پذیرد.



شکل فوق پایه های ثابت و نیز پایه اتصال تسمه تایمینگ را روی سر سیلندر نشان می دهد.

پایه های ثابت متشکل از هزار خار هایی هستند که داخل بال بیرینگ جای داده شده اند. به این ترتیب امکان حرکت میل بادامک در داخل آن ، ضمن حرکت دورانی میل بادامک فراهم خواهد شد.

پایه ها و بال بیرینگ های موجود روی سر سیلندر باید مقاومت لازم را در برابر نیروهایی اعمالی از طرف فنر سوپاپ ها داشته باشد.

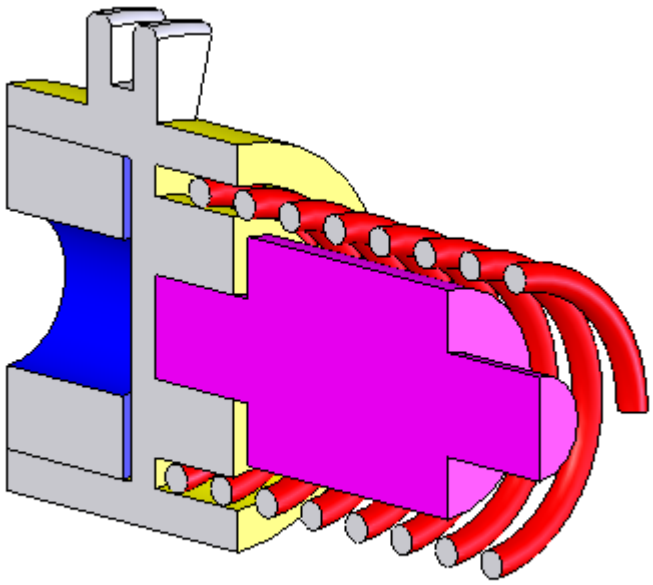


شکل فوق نمایشگر پایه ثابت نگاه دارنده میل بادامک است. هزار خار و بال بیرینگ در شکل نمایش داده شده است. پایه توسط پیچ به سر سیلندر متصل می شود.

طراحی دو طرف سر سیلندر و قطعات اتصال دهنده میل بادامک به سر سیلندر از دیگر مسائلی است که در طراحی اجزاء سر سیلندر مورد توجه قرار گرفته است.

اتصال انتهایی میل بادامک به فنر و دمپر باید به گونه ای باشد که امکان دوران میل بادامک حین اتصال محوری آن فراهم آید.به این منظور از بال بیرینگ برای اتصال میل بادامک به قطعه واسطه استفاده شده است .

در شکل زائده اتصال چنگک سرو موتور به قطعه انتهایی نیز نشان داده شده است.

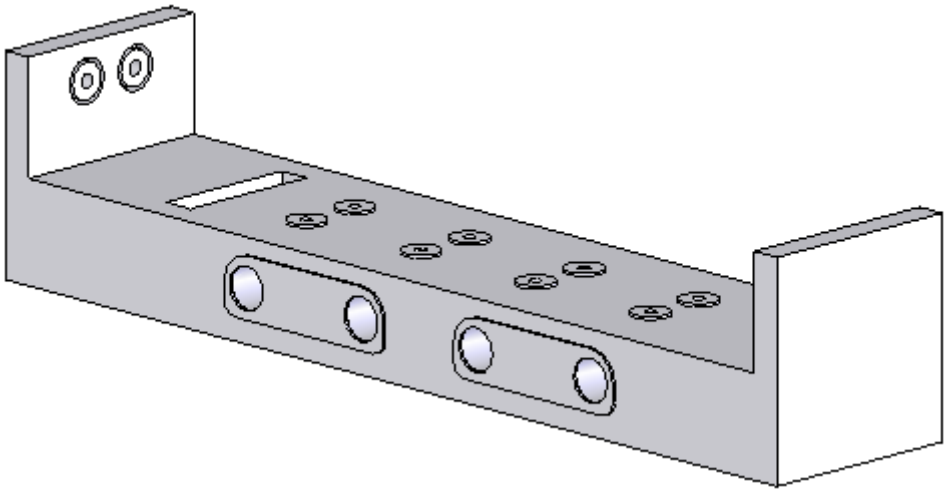


بال بیرینگ در داخل قطعه پرس می شود و فنر و دمپر در داخل شیار های تعبیه شده قرار می گیرند ، طول فنرها باید به گونه ای باشد که میل بادامک در دو حالت بیشینه خود نیز تماس خود را با فنرها قطع نکند.

انتهای آزاد فنر و دمپر در محل های تعبیه شده روی سر سیلندر ثابت خواهد شد.

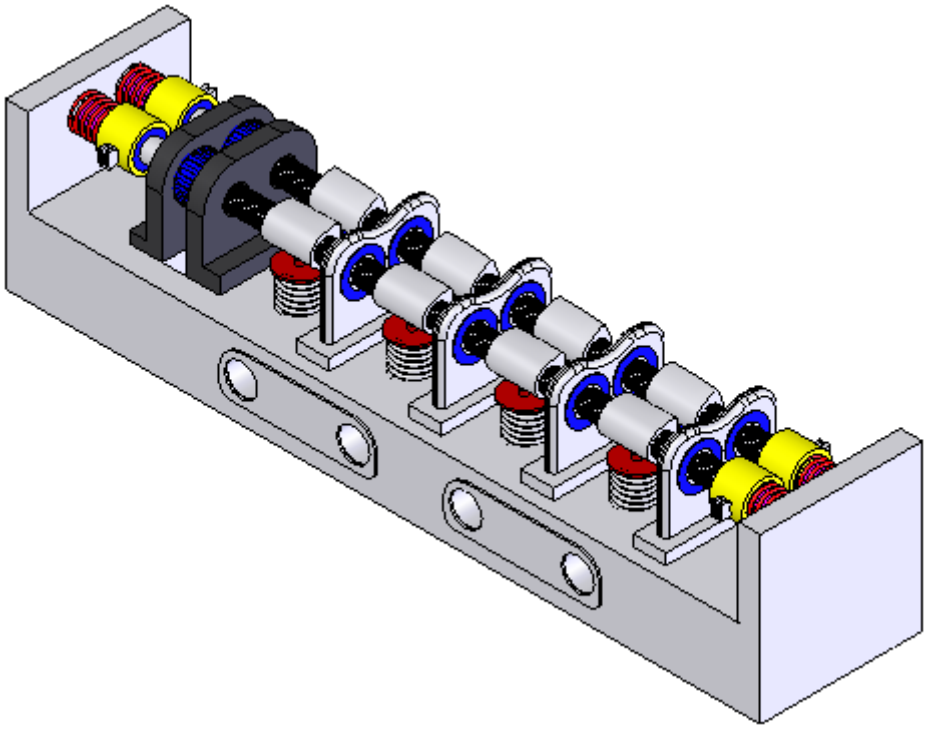
قطعه مذکور همچنین امکان اتصال سرو موتور با میل بادامک را نیز فراهم خواهد آورد ، این امر توسط خار تعبیه شده روی قطعه انجام می شود.

سر سیلندر به شکل زیر طراحی می شود ، در این حالت تکیه گاههای فنر و دمپر روی دو زائده که در طرفین سرسیلندر تعبیه شده است قرار گرفته است.



با تکمیل طراحی بلوکه سر سیلندر ، می توان قطعات طراحی شده را روی سر سیلندر مونتاژ کرد و نهایتا سر سیلندر مناسب برای استفاده در مکانیزم پیشنهادی پروژه را از نظر قیود و الزامات هندسی طراحی نمود.

شکل زیر سرسیلندر طراحی شده را با تمام قیود و متعلقات نمایش می دهد.



پایه های چنگکی سرو موتور ها ، خروجی سرو موتور را به قطعات انتهایی میل بادامک متصل می نمایند ، محل سرو موتور بسته به انتخاب طراح قابل تغییر است.

پیشنهاد پروژه های مرتبط

1-مدل سازی دینامیکی بادامک و پیرو در حالت تماس نقطه ای و بررسی شرایط لازم برای عدم پرش سوپاپ

2-طراحی کنترلر های الکترونیکی به منظور هدایت مکانیزم

3-تحلیل عددی و آزمایشگاهی جریان دود و هوا و تعیین زوایای مناسب تنفسی برای موتورهای تولید داخل

4-طراحی مکانیزم های روغن کاری به منظور جلوگیری از فرسایش بادامک و پیرو با تماس نقطه ای

5- ارائه راهکارهایی به منظور کاهش نیروهای اصطکاکی ناشی از وجود هزار خار در میل سوپاپ

6-بررسی تاثیرات لیفت بادامک در راندمان حجمی موتور

منابع و مآخذ

فهرست منابع و ماخذ :

1- "Internal Combustion Engines Fundamentals" by : John B.Heywood , 1988 , McGraw-Hill
2- " Internal Combustion Engines (Applied Thermosciences)" 2nd edition , by : Colin R. Ferguson and Allan T,Kirkpatrick , 2001 , John Wiley & Sons.
3- "Computerzized Engine Controls" , 5th edition , by :Dick H. King and Gary R. Watson , 2002 , Delmar pub.
4- "Control Systems Engineering " , 3rd edition , by : Norman S. Nise , 2000 , John Wiley & Sons.
5- "Modern Control Engineering" 4th edintion , by :Katsuhiko Ogata , 2002 , Prentice Hall.
6- Optimization of variavle valve timing for maximizing performance of an unthrottled SU engine – a theoretical study by : E.Sher , T.Bar-Kohany , April 2002
7- "Elektronisch gesteuerte Benzineinspritzung- Weiterentwicklung der Jetronic", Von Hermann Scholl, Bosch Technical Report 3, Issue 1 (November 1969).
8- Lenz HP, Wichart K, Gruden D. Variable valve timing - a possibility to control engine load without throttle, SAE paper 880388 , 1988
9- Ma TH. Effect of variable engine valve timing on fuel economy, SAE paper 880390,1988