

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Моторна возила и Мотори

Предмет: Конструкција и прорачун мотора СУС

Број индекса: 358/2011

Марко М. Младеновић

**Теоријска и конструктивна анализа система
са променљивом шемом развода
савремених мотора СУС**

мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Проф. Др Драгољуб Радоњић - ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог мастер рада кандидат треба да обради следеће:

1. Улога и конструктивна извођења разводних механизма мотора СУС
2. Анализа утицаја шеме развода на излазне параметре мотора
3. Моделирање процеса измене радне материје код четворотактних мотора СУС
4. Преглед различитих концепција разводних механизма савремених мотора СУС
5. Критички приказ оптималног система са променљивом шемом развода
6. Правци даљег развоја у овој области
7. Закључци

Препоручена литература:

- [1] Д. Радоњић, Р. Пешић, Топлотни прорачун мотора СУС, Машински факултет у Крагујевцу 1996., књига од 171 страна
- [2] Д. Радоњић, Могућност моделирања струјних процеса у моторима са унутрашњим сагоревањем, Југословенски конгрес теоријске и примењене механике, Крагујевац, 1993.
- [3] Р. Јанков, Мотори унутрашњег сагоревања - термодинамика и гасодинамика мотора, Машински факултет у Крагујевцу, 1972.

Крагујевац, 24.05.2013

ментор:

Драгољуб Радоњић проф. др.

Резиме

У овом раду биће описана улога и значај разводних механизма у моторима СУС на правилно одвијање измене радне материје у току циклуса као и њихов утицај на емисију штетних издувних гасова, потрошњу горива и снагу мотора.

Класични системи разводних механизма који су коришћени у моторима СУС због својих механичких аномалија ограничавале су мотор на рад у одређеном пољу који би представљао оптимални рад тог мотора током експлоатације.

Због све строжијих емисионих норми произвођачи аутомобила су били приморани да пронађу систем који ће смањити емисију штетних издувних гасова, потрошњу горива а повећати снагу мотора.

Кључ овог проблема је био у разводном механизму јер је он уствари ограничавао мотор и његове перформансе. Стандардни систем је омогућавао рад мотора у оптималном режиму рада који се користи током експлоатације. Нови системи који су унапредили разводне механизме су омогућили да се у току рада мотора и измене радне материје тренутак отварања вентила као и време отворености вентила буде променљиво.

Ови системи омогућују променљиву шему развода односно променљиве тренутке отварања и затварања вентила. Систем VVT је коришћен као унапређење стандардних система разводних механизма који се уграђивао на самој ременици брегастог вратила и омогућавао њено заокретање у односу на број обртаја мотора.

Унапређење представља систем VTEC који својом конструкцијом може да регулише тренутке почетка отварања вентила као и ход вентила што знатно утиче на побољшавање перформанси мотора. Коришћењем ових система могуће је направити мотор који може имати карактеристике путничког и тркачког мотора а све у зависности од режима његовог рада.

Даљи корак представљају мотори који немају брегаста вратила, већ њихову улогу преузимају електромагнети који врше отварање и затварање вентила. Овим системом је могуће потпуно контролисати вентиле па се систем још назива потпуно варијабилни.

Собзиром да је системом потпуно електронски, постоји централна јединица која врши контролу тих електромагнета. Централна јединица скупља податке са сензора који се налазе на мотору, врши њихову обраду и прерачунавање и на основу тога врши отварање и затварање вентила које је оптимално за тај режим рада мотора.

Фиатов Multi-Air систем представља најновији систем у подручју варијабилних разводних механизма. Својом конструкцијом омогућава избацивање лептира за гас јер његову улогу преузимају актуатори који се налазе на усисним вентилима.

Собзиром да је време отварања и затварања вентила варијабилно и контролисано рад EGR вентила и рецикулација издувних гасова је знатно побољшана па је самим тим и смањена емисија издувних гасова.

Ови системи се стално унапређују како би се постигло што веће искоришћење мотора са што мањом емисијом штетних издувних гасова и што мањом потрошњом горива.

Кључне речи: Променљива шема развода, VVA - променљиво отварање и ход вентила, VVT - променљив тренутак отварања вентила, VTEC - променљиво отварање вентила и електронски контролисан ход

Summary

This paper will describe the role and importance of the distribution mechanism in engines with internal combustion on proper exchange of working substance during cycles and their effect on the emission of harmful exhaust gases, fuel economy and power of the engine.

Classical systems of distribution mechanisms that are used in IC engines due to their mechanical anomalies limited the engine to work in a particular field that would represent the optimal work for that engine during operation.

Due to the more stringent emission standards, car manufacturers were forced to find a system that will reduce emission of harmful exhaust gases, fuel economy and increase engine power.

The key to this problem was in the distribution mechanism because he actually limited the engine and its performance. Standard system allowed the engine operation in optimal working mode that is used during exploitation. New systems that improved distribution mechanisms have made possible that during engine operation and exchange of working substance, moment of valve opening and time for which the valve is opened can be changed.

These systems allow a variable pattern of distribution, and possibility to change the time of opening and closing of valves. VVT system is used as an enhancement of the standard systems of distribution mechanisms that are where installed on the camshaft pulley and allowed its swing in relation to engine rpm.

VTEC system represents improvement, thanks to his construction he can regulate moments of beginning of valve opening and valve stroke, which significantly affects on improvement of engine performances. Using this system it is possible to construct engine that can have characteristics of passenger and racing engine, depending on his operation mode.

Further step represent engines that don't have camshafts, and opening and closing of the valves is done by electromagnets. With this system it is possible to obtain complete control of valves so the system is also referred as completely variable.

Given that the system is completely electronic, there is a central unit that controls the electromagnets. The central unit collects data from sensors located on the engine, process them and makes calculations, and based on that performs the opening and closing of valves which is optimal for that mode of operation.

Fiat's Multi-Air system is the latest system in the area of variable distribution mechanisms. Its design makes possible to remove carburettor throttle plate because its role is assigned to actuators that are placed on intake valves.

Given that the time of opening and closing of valves is variable and controlled, operation of the EGR valve and the exhaust gas recirculation is much improved and so, therefore, the emissions are also reduced.

These systems are constantly updated in order to achieve the highest possible utilization of the engine with the lowest emissions of exhaust gases and the reduction in fuel consumption.

Keywords: Variable valve timing, VVA - Variable valve actuating, VVT - variable valve timing, VTEC - variable valve timing and electronically lift controlled

Садржај

1. Увод.....	8
2. Улога и конструктивна извођења разводних механизма мотора СУС.....	9
2.1. Елементи разводног механизма четворотактних мотора.....	9
3. Анализа утицаја шеме развода на излазне параметре мотора.....	15
3.1. Системи разводних механитама код савремених мотора VVA.....	15
3.2. VVT систем.....	18
3.3. VTEC систем.....	20
3.4. Фиат MultiAir.....	21
4. Моделирање процеса измене радне материје код четворотактних мотора СУС26	
5. Критички приказ оптималног система са променљивом шемом развода.....	40
5.1. Конструкција и развој VVT и VTEC система.....	40
5.2. Конструкција електромагнетног система за отварање и затварање вентила.....	58
5.3. Фиатов систем контроле отварања и затварања вентила MultiAir.....	60
6. Критички приказ оптималног система са променљивом шемом развода.....	63
7. Правци даљег еазвоја у овој области.....	65
8. Закључци.....	67
9. Литература.....	68

1. Увод

Систем разводног механизма у моторима СУС имам велики значај и улогу, јер треба својим правовременим отварањем и затварањем вентила да обезбеди нормално одвијање процеса измене радне материје и да обезбеди несметано одвијање рада мотора.

Постоје разне изведбе разводних механизма и оне су углавном биле механичке и непроменљиве, односно мотору се задаје шема развода у којој мотор ради најоптималније у свим режимима рада у експлоатацији.

Коришћењем ових система перформансе мотора су знатно смањене и уколико се мотор не налази у свом оптималном подручју рада долази до повећања емисије штетних издувних гасова, повећања горива као и смањења снаге мотора.

Овај проблем настаје зато што се са повећањем броја обртаја мотора скраћује време потребно за обављање циклуса у мотору а самим тим се скраћује и време усисавања свеже радне материје. Овај проблем је могуће решити ранијим почетком отварања вентила или повећањем његовог хода при већим бројевима обртаја али са стандардним системима разводних механизма то није било могуће.

Системи разводних механизма код савремених мотора садрже варијабилне системе који могу да врше промену тренутка отварања вентила и његов ход у односу на број обртаја мотора и оптерећење.

У данашње време постоји доста оваквих система јер се тиме осим повећања снаге врши и смањење емисије штетних издувних гасова као и смањење потрошње горива а повећање снаге мотора јер мотор ради увек у оптималним условима.

Ови системи су преживели доста модификација, и у зависности од произвођача разликоваће се и њихова конструкција и сложеност. Хонда је направила свој систем који носи име VVT (променљиво време отварања вентила) i VTEC (променљиво време и ход вентила). VVT систем користи класичан систем разводног механизма, разлика је у томе што је систем додат у ременици која погони брегасто вратило и која има могућност заокретања брегастог вратила. При већим бројевима обртаја систем се активира и заокреће брегасто вратило како би дошло до ранијег отварања вентила док VTEC систем користи притисак уља у мотору. Са повећањем броја обртаја мотора расте и притисак уља у мотору што доводи до активирања система који тада повећава сам ход вентила па је тиме и његово време отворености дужи.

Ови системи представљају унапређење досадашњих система разводних механизма и њихово побољшање. Право унапређење система разводних механизма представљају системи са електромагнетима који немају брегасто вратило већ његову улогу преузимају електромагнети. Предност овог система је што је могуће електронским путем контролисати време отварања вентила, време његове отворености, тренутак почетка отварања и затварања. За ово је задужена управљачка јединица која скупља податке са сензора на мотору и врши корекцију како би мотор увек радио у оптималном режиму.

Један од најновијих система као и мотора представља систем Мултиаир који је на тржиште избацила фирма Фиат. Овај систем је јединствен по томе што мотор нема усисно брегасто вратило већ његово место заузимају хидраулично-електронски актуатори.

Овај систем представља будућност зато што се њиме могу избацити одређене компоненте које су коришћењем претходних система биле обавезне, а то је лептир гаса. код овог система ту улогу преузимају сами актуатори па је могућ рад мотора без лептира за гас јер се вишеделним отварањем и затварањем усисних вентила врши симулација лептира за гас што мотору обезбеђује у сваком режиму рада довољну количину свеже радне материје потребну за нормално одвијање циклуса.

Улога ових система је првенствено смањење загађења животне средине и потрошње горива. Собзиром да се то постиже оптималним радом мотора у свим режимима рада долази и до повећања његове снаге. Предност ових система је што се из једног аутомобила може добити класичан путнички ауто који има малу емисију штетних издувних гасова када се вози у одређеном броју обртака, а када се мотор вози у већем броју обртаја и када дође до активирања система добијамо прави спортски аутомобил што са претходним класичним системима није било могуће.

Системи разводних механизма као и системи разводних механизма код савремених мотора, њихове предности, мане, конструктивне изведбе и принцип рада биће описани у даљем тексту.

2. Улога и конструктивна извођења разводних механизма мотора СУС

2.1. Елементи разводног механизма четворотактних мотора

Типови, карактеристике и конструктивна извођења

Разводни механизам мотора СУС има за циљ да обезбеди нормално одвијање процеса измене радне материје тј. да у тачно утврђеним тренутцима омогући улазак свежег пуњења у цилиндар мотора и излазак гасова (продуката сагоревања горива). Разводни механизам обухвата следеће елементе:

- Органе који врше непосредно отварање и затварање посебних отвора на цилиндру мотора или глави цилиндра кроз које се убацује свеже пуњење односно избацују продукти сагоревања.
- Елементе који остварују кинематичку везу између коленастог вратила мотора и органа за измену радне материје.
- Цевоводе за довод свежег пуњења и избацивање продуката сагоревања.

Према типу органа за измену радне материје, разводне механизме мотора можемо поделити у две групе:

1. Разводни механизми са вентилима – вентилски разводни механизми (четворотактни мотори).
2. Разводни механизми са шиберима (дво и четворотактни мотори)
3. Комбиновани вентилско – шиберски разводни механизми (двотактни мотори са вентилско – каналским једносмерним испирањем).

Вентилски разводни механизми могу се даље разврстати:

- Према распореду вентила
 1. Разводни механизми са висећим вентилима
 2. Разводни механизми са стојећим вентилима
 3. Разводни механизми са висећим усисним и стојећим издувним или
 4. Разводни механизми са лежећим вентилима.

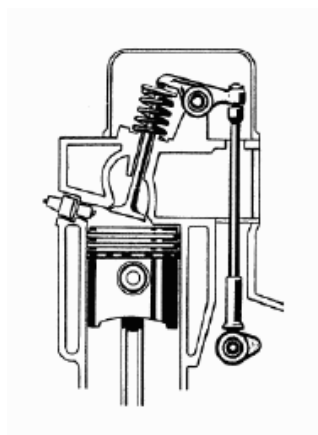
Вентили могу бити постављени у односу на осу цилиндра :а) паралелно, б)косо

- Према положају брегастих вратила у кинематском ланцу разводног механизма
 1. Разводни механизам са доњим разводом – брегасто вратило у кућишту мотора
 2. Разводни механизам са горњим разводом – брегасто вратило у цилиндарској глави мотора

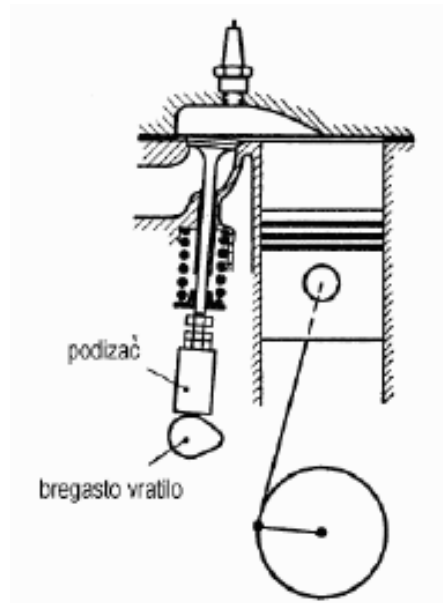
Код шиберских разводних механизма разликујемо:

1. Разводни механизми код којих улогу шибера игра клип(двотактни мотори)
2. Разводни механизми са цилиндарским кошуљицама (једном или две)
3. Разводни механизми са ротирајућим цилиндричним или равним разводима у глави мотора.

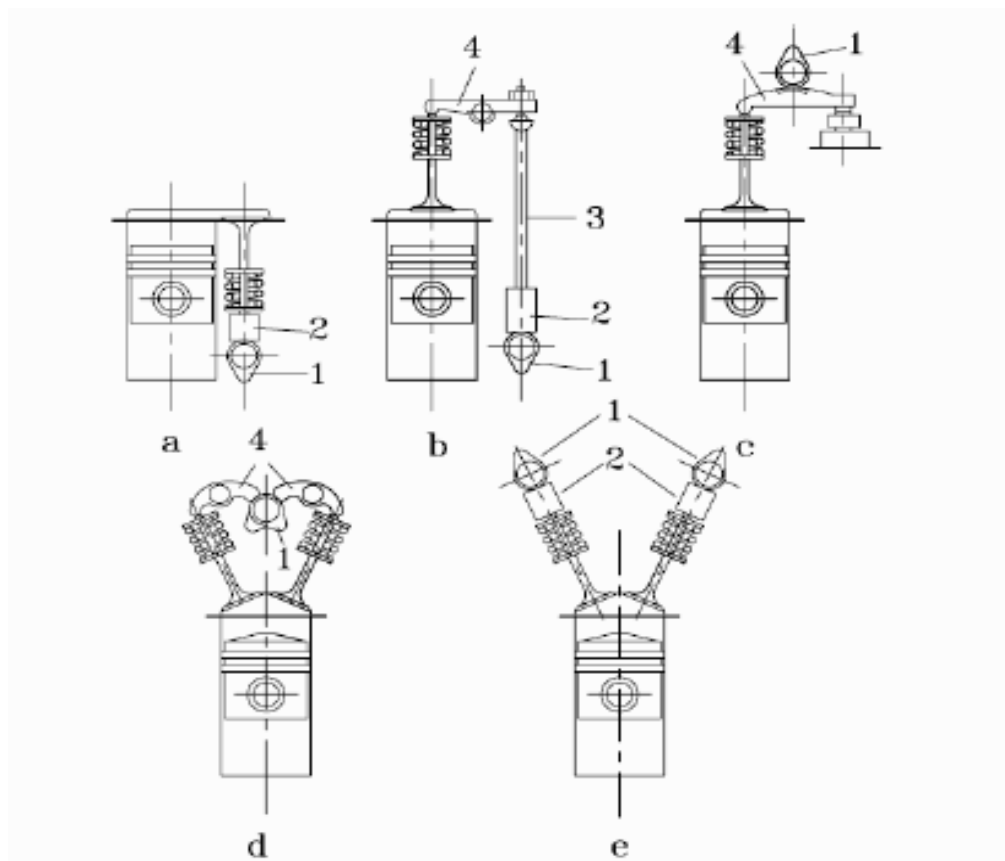
На следећим скицама приказани су неки од наведених типова разводних механизма



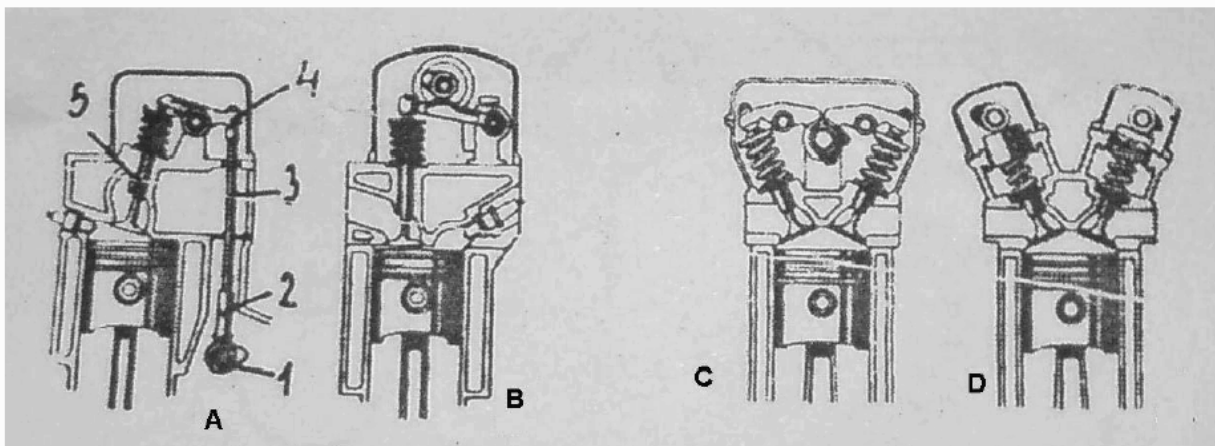
Слика 1. Вентилски разводни механизам са висећим паралелним вентилима и доњим разводом [2]



Слика 2. Вентилски разводни механизам са висећим косим вентилима и доњим разводом[2]



Слика 3. Разводни механизам са стојећим паралелним вентилима и доњим разводом[2]

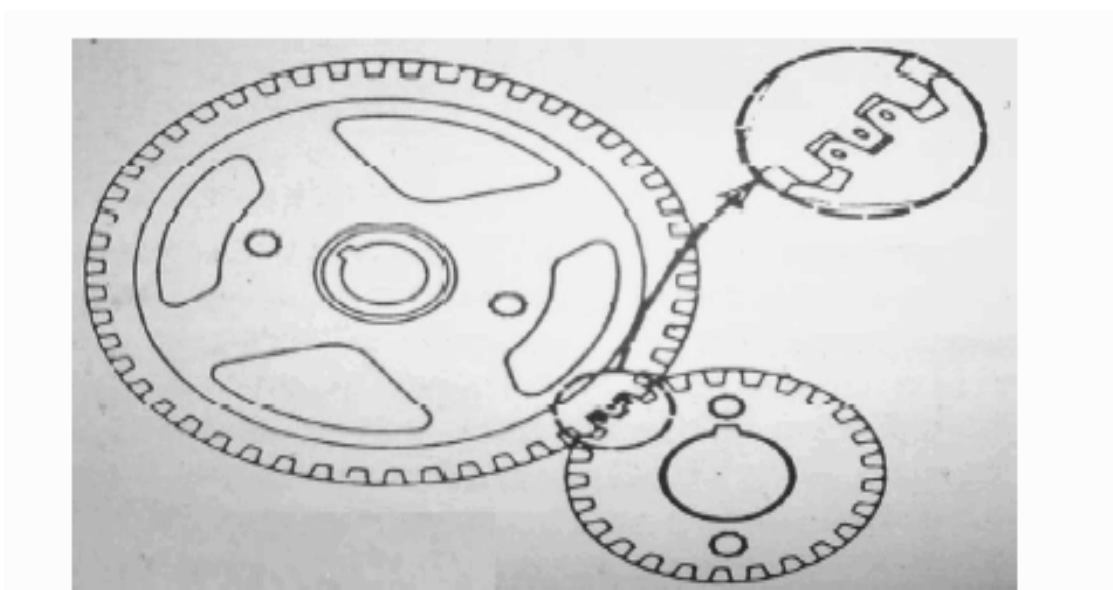


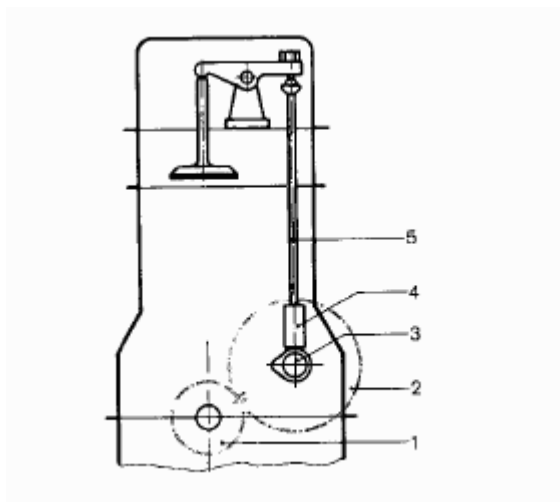
Слика 4. Разводни механизам са брегастим вратилом смештеним у блоку мотора[2]

Брегасто вратило добија погон од коленастог вратила преко:

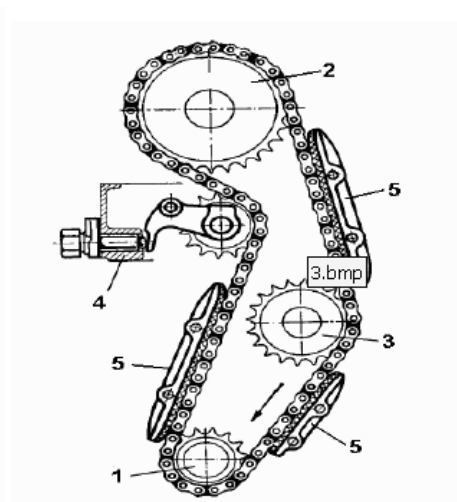
1. Пара зупчаника
2. Ланца
3. Зупчастог каиша
4. Међу вратила са коничним зупчаницима

Код четворотактних мотора број обрта брегастог вратила упола је мањи од броја обртаја коленастог вратила. n_{kv} ($n_b = \frac{1}{2} n_{kv}$) док је код двотактних мотора $n_b = n_{kv}$ па се преносници тако димензионишу да обезбеде одговарајући преносни однос. На неколико наредних скица приказани су изведени типови преносника.

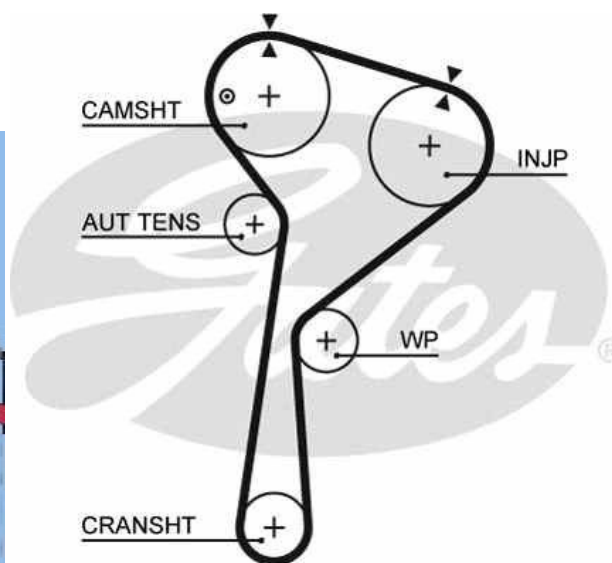
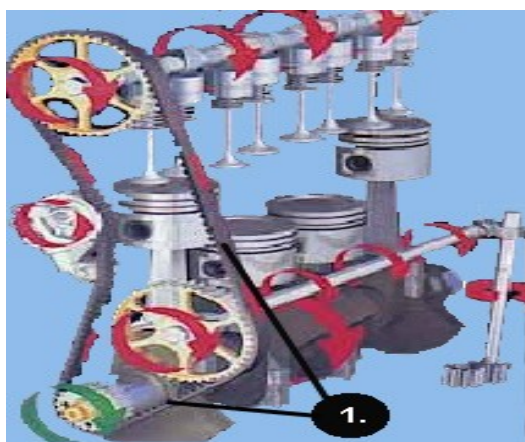




Слика 5. Погон зупчаника (један пар)



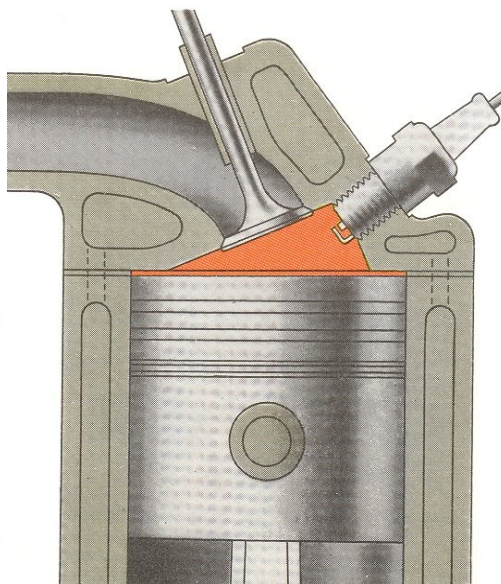
Слика 6. Погон ланцем



Слика 7. Погон зупчастим каишем[2]



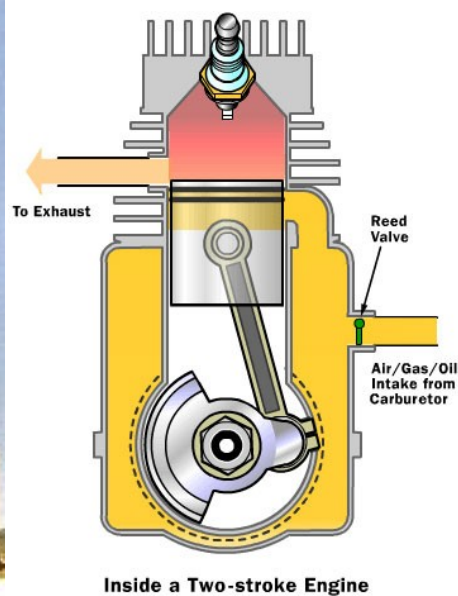
Слика 8. Склоп вентила и вентилске опруге



Слика 9. Седиште вентила



Слика 10. Облици вентила

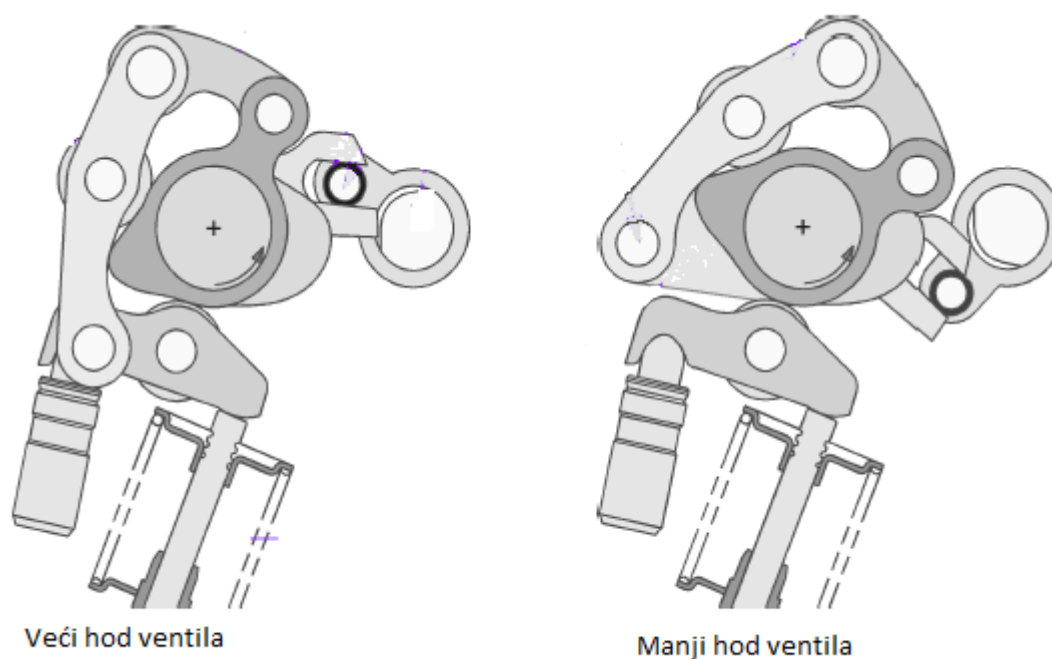


Слика 11. Двотактни мотор са једносмерним вентилом

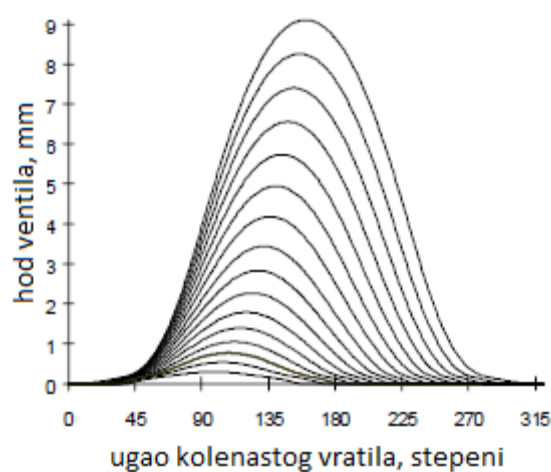
3. Анализа утицаја шеме развода на излазне параметре мотора

3.1. Системи разводних механизма код савремених мотора VVA (променљиво отварање вентила)

VVA (променљиво отварање вентила) је систем који је привукао велику пажњу и представља будућност у смањењу емисије штетних издувних гасова и повећању снаге мотора. За разлику од компликованих система за убризгавање VVA не захтева компликовану технологију. Систем је механички и може контролисати време и тренутке отварања и затварања вентила.

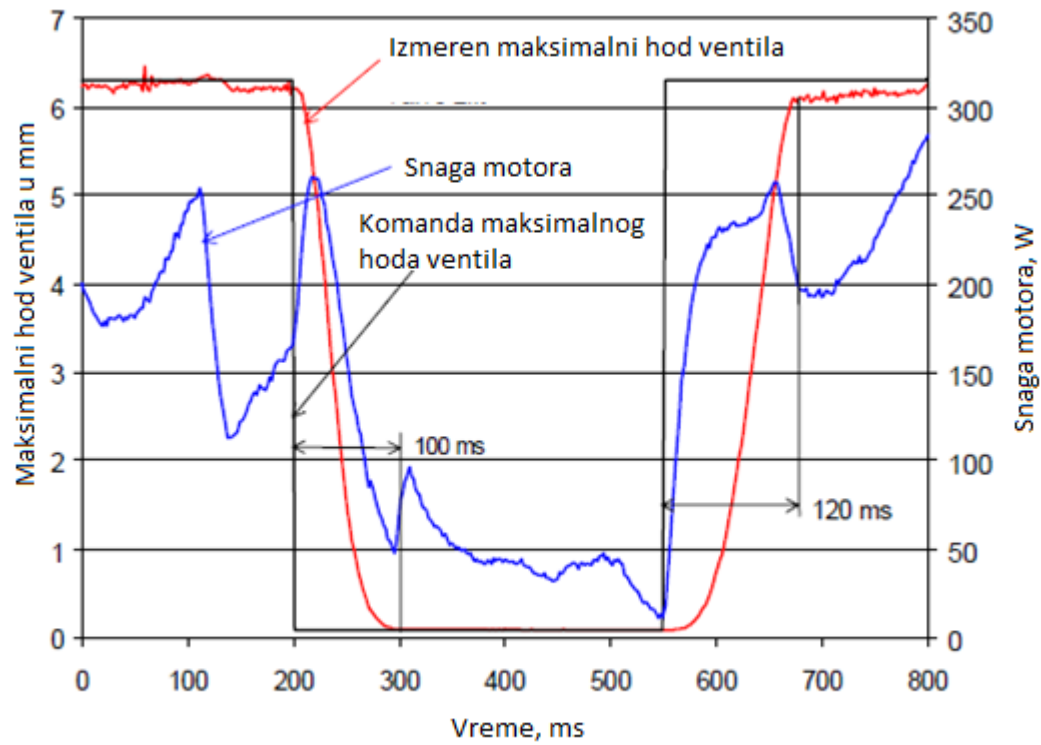


Слика 12. Приказ механизма за промену хода вентила[6]

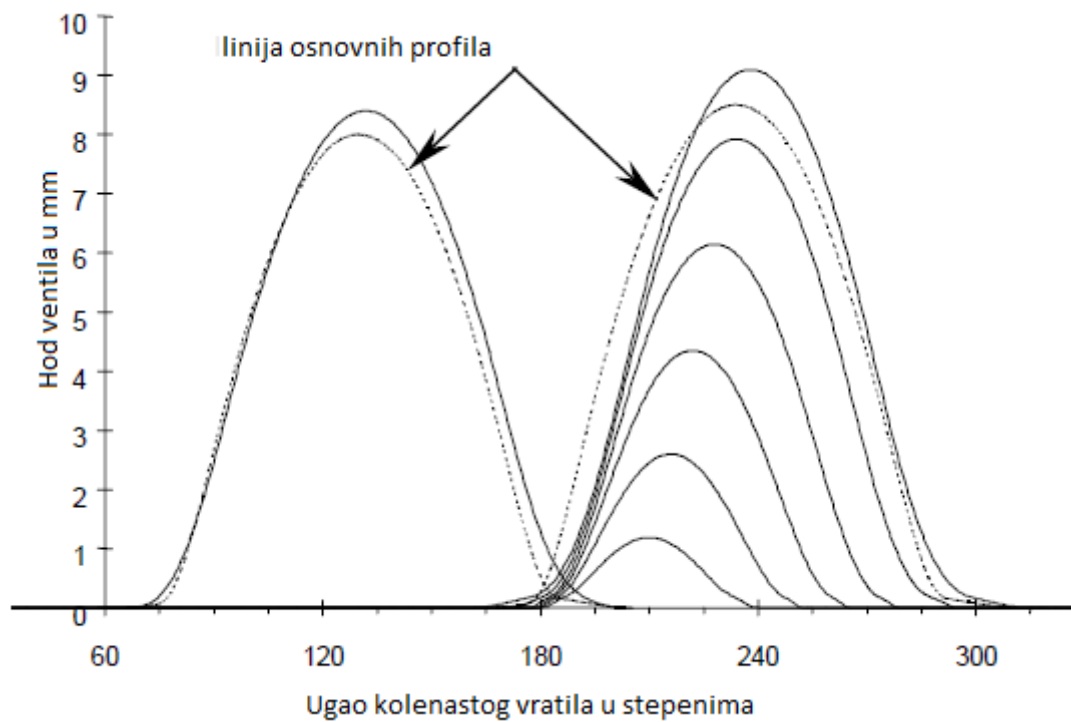


Слика 28. Дијаграм ход вентила у односу на положај коленастог вратила[6]

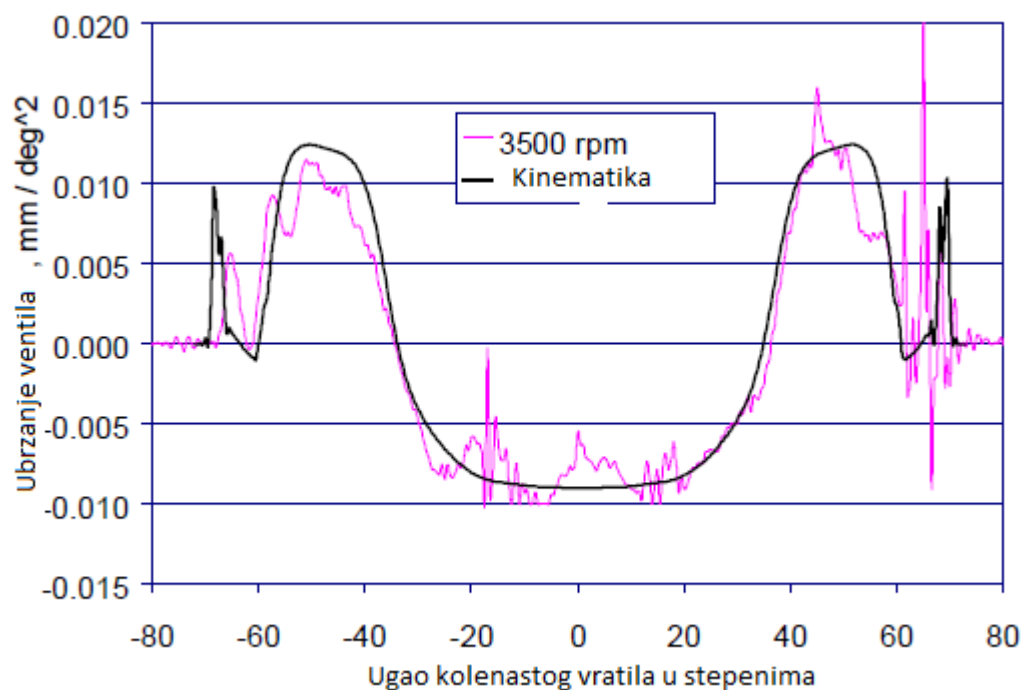
Дијаграм приказује празан ход мотора и отварање вентила од 6,3 мм па до 0,1мм приближно за 100 мс и затварање приближно за 120 мс. Одзив затварања зависи од карактеристике актуатора.



Слика 13. Дијаграм снаге мотора у односу на различите ходове вентила[7]



Слика 14. Дијаграм поређења хода у тренутка отварања вентила са и без система VVA[6]

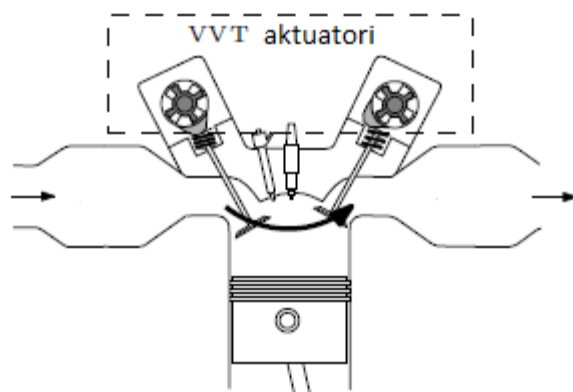


Слика15. Дијаграм система VVA при 3500 обртаја и отварање вентила од 8.9 mm[7]

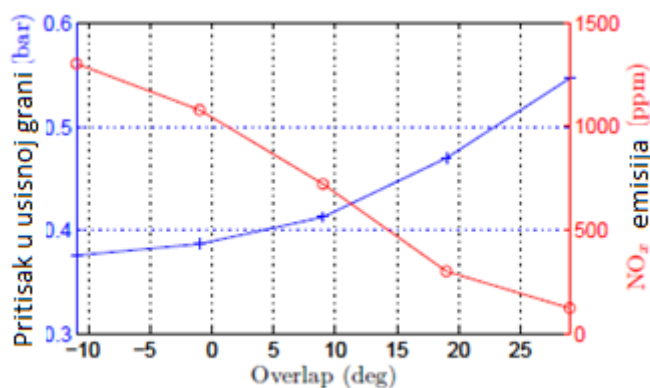
Усавршавање VVA технологије се наставља. Циљ је да се у будућности смањи емисија издувних гасова на што мању меру а повећа снага мотора.

3.2. VVT систем

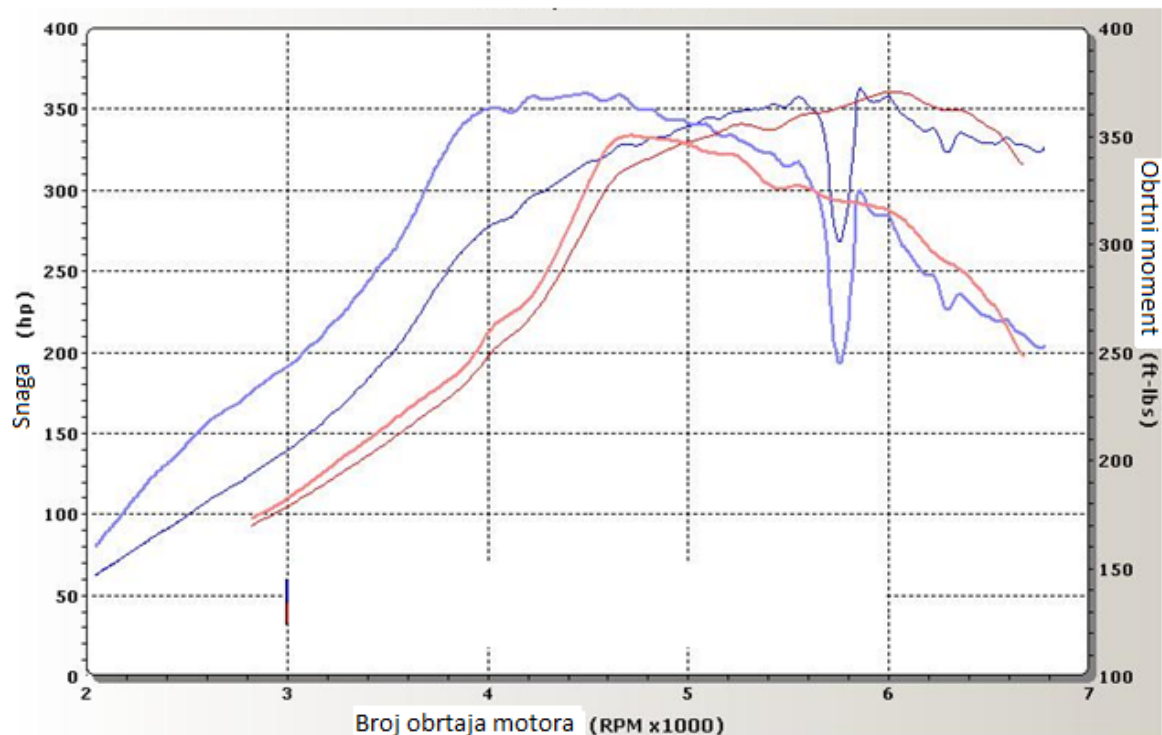
VVT систем представља систем који врши регулацију променљивог времена отварања и затварања вентила, док се њихов ход не мења. Овај систем је конструисала и прва уградила хонда на својим аутомобилима и моторима. Систем регулише и врши промену тренутка отварања вентила заокретањем брегастих вратила. Овим системом се постиже већа снага мотора при већим бројевима обртаја, док се при нижим бројевима обртаја мотор понаша нормално као серијски мотор чиме добијамо смањену емисију издувних гасова као и мању потрошњу горива. Када се мотор вози у већим бројевима обртаја систем се активира, долази до заокретања брегастог вратила а самим тим и променом тренутка отварања вентила што доводи до ранијег отварања вентила, већег пуњења цилиндра а самим тим и повећање снаге мотора.



Слика 16. VVT систем са својим актуаторима[7]



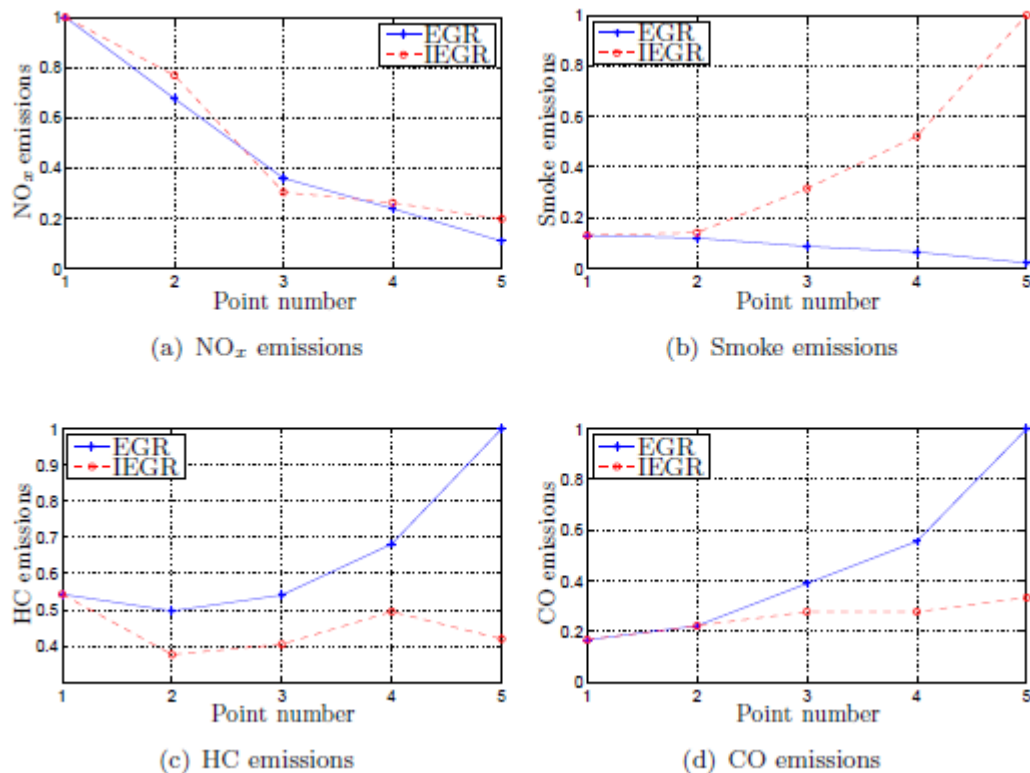
Слика 33. Дијаграм повећања притиска у уисној грани и смањење емисије издувних гасова[8]



Слика 17. Дијаграм снаге и обртног момента мотора са и без VVT система[6]

VVT системи значајно смањују емисију штетних издувних гасова, а у комбинацији са спољним и унутрашњим EGR вентилом ова емисија је сведена на минимум.

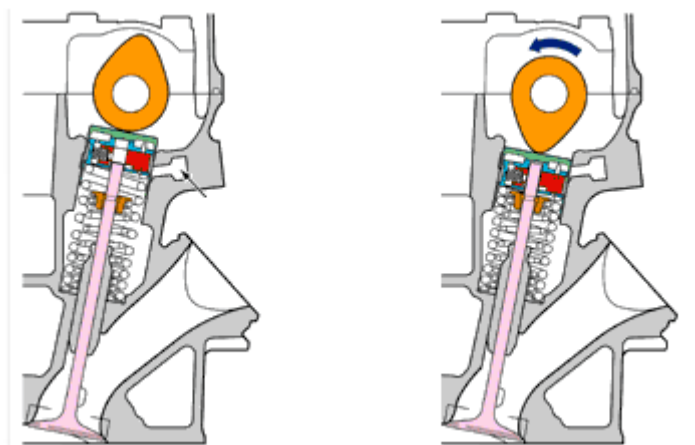
EGR вентил омогућава да се део издувних гасова врати у уисни део мотора где ће поново ући у цилиндар и учествовати у образовању смеше и сагоревању, на тај начин се смањује емисија штетних издувних гасова. Коришћењем овог система имаћемо већу рецикулацију тих гасова што директно утиче на смањење емисије штетних издувних гасова.



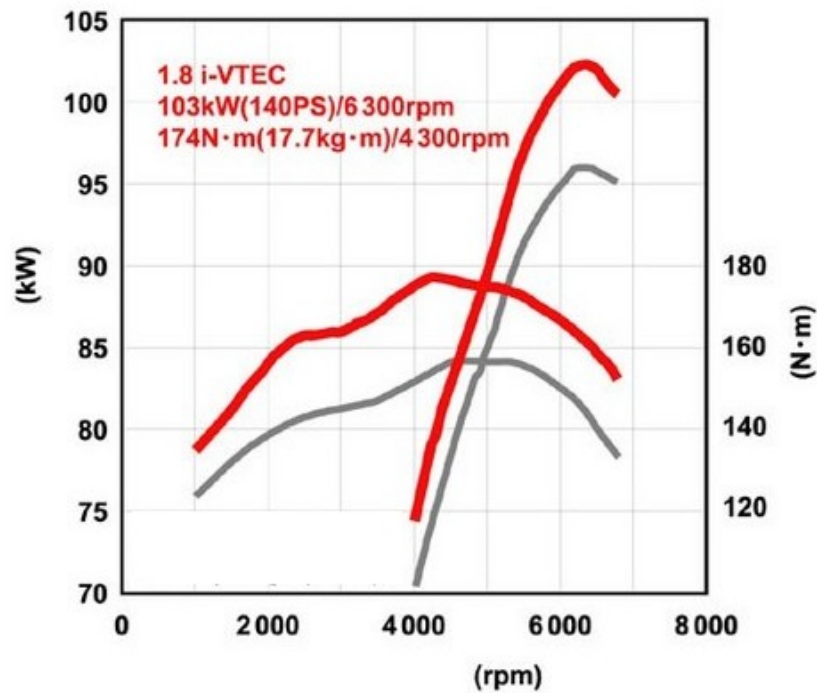
Слика 18. Дијаграм смањења емисије издувних гасова коришћењем VVT система[7]

3.3. VTEC систем

VTEC систем за разлику од претходног VVT осим регулације тренутка отварања вентила регулише и његов ход. Ово омогућавају хидраулични актуатори који у зависности од притиска уља у мотору што је повезано са бројем обртаја мотора регулише овај систем и његов тренутка укључивања и гашења.



Слика19. Приказ укљученог и искљученог VTEC система[6]

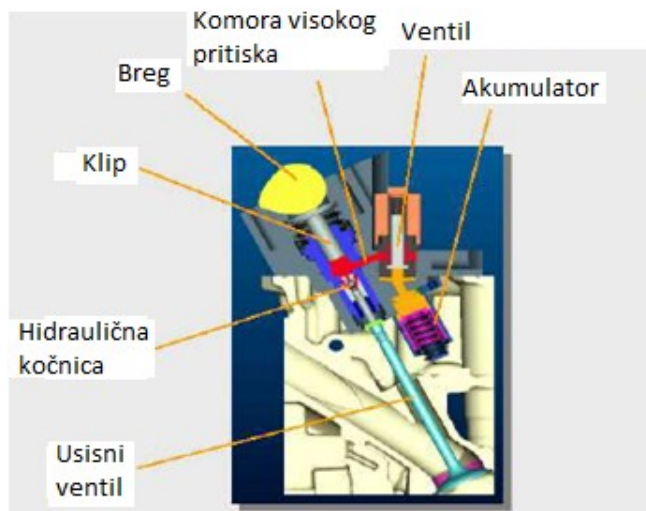


Слика 20. Дијаграм снаге са и без система VTEC[6]

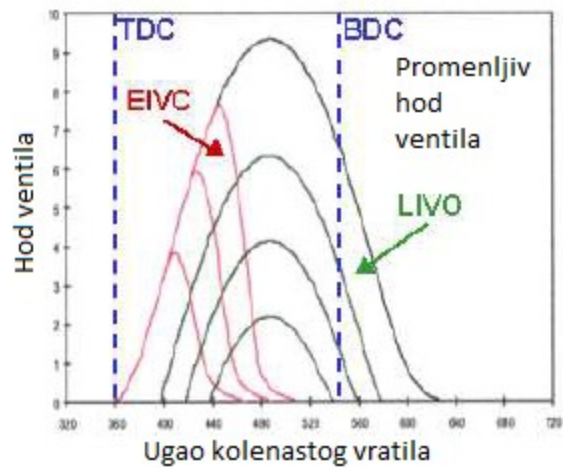
Развој ових система свакодневно расте а циљ је постићи што већу снагу из мотора са што мањом емисијом штетних издувних гасова.

3.4. Фиат MultiAir

Фиат је на тржиште избацио свој најновији систем разводних механизма где се избацује усисно брегасто вратило. Уместо брегастог вратила уграђени су хидраулични актуатори електронски контролисани који осим тренутка отварања и затварања вентила могу да регулишу и његов ход као и време отворености. Због ове карактеристике могуће је избацити лептир гаса у овом мотору јер његову улогу преузима овај систем односно његови актуатори.

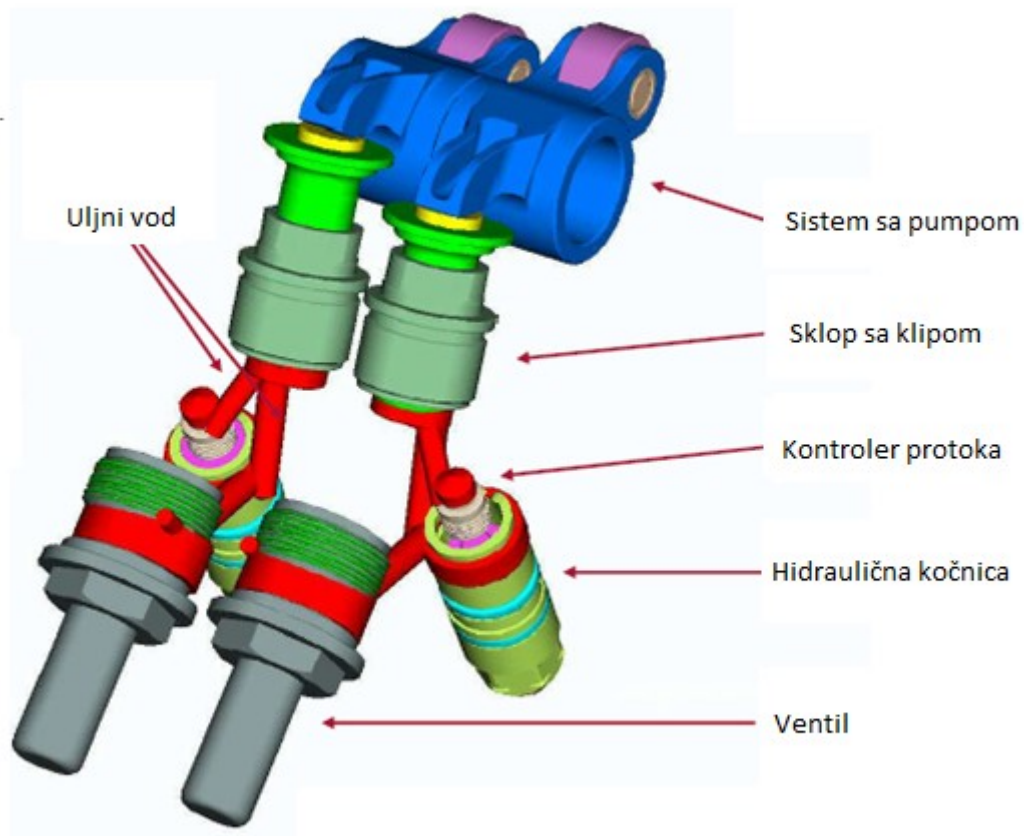


Слика 21. Шематски приказ система Multi-Air[9]

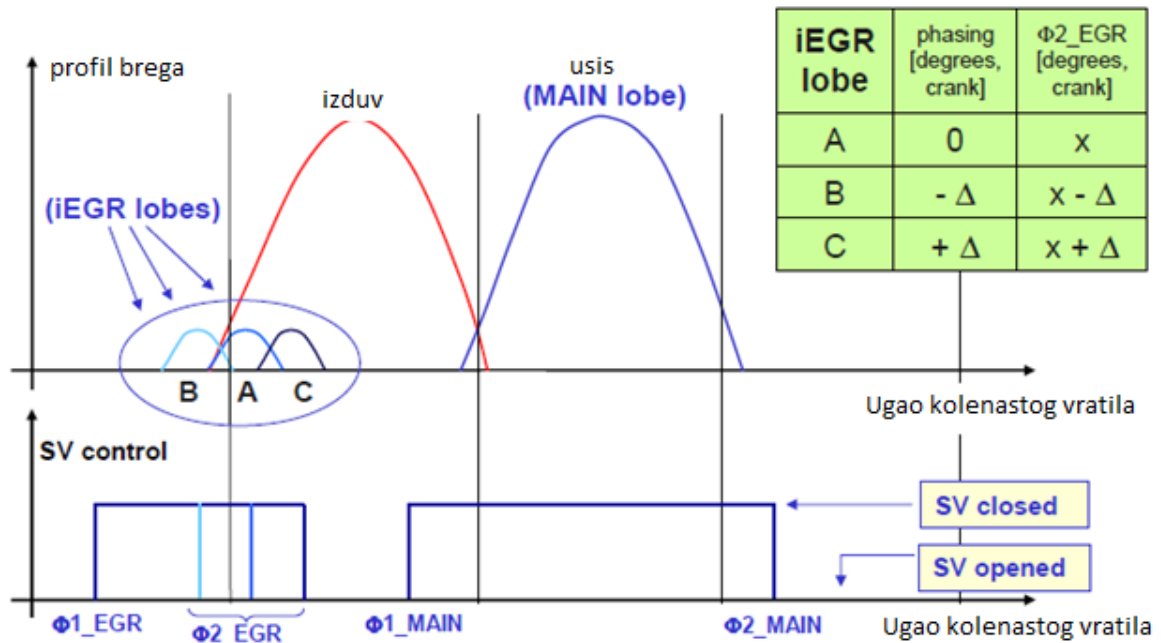


Слика 22. Дијаграм отварања и затварање вентила у односу на положај коленастог вратила[9]

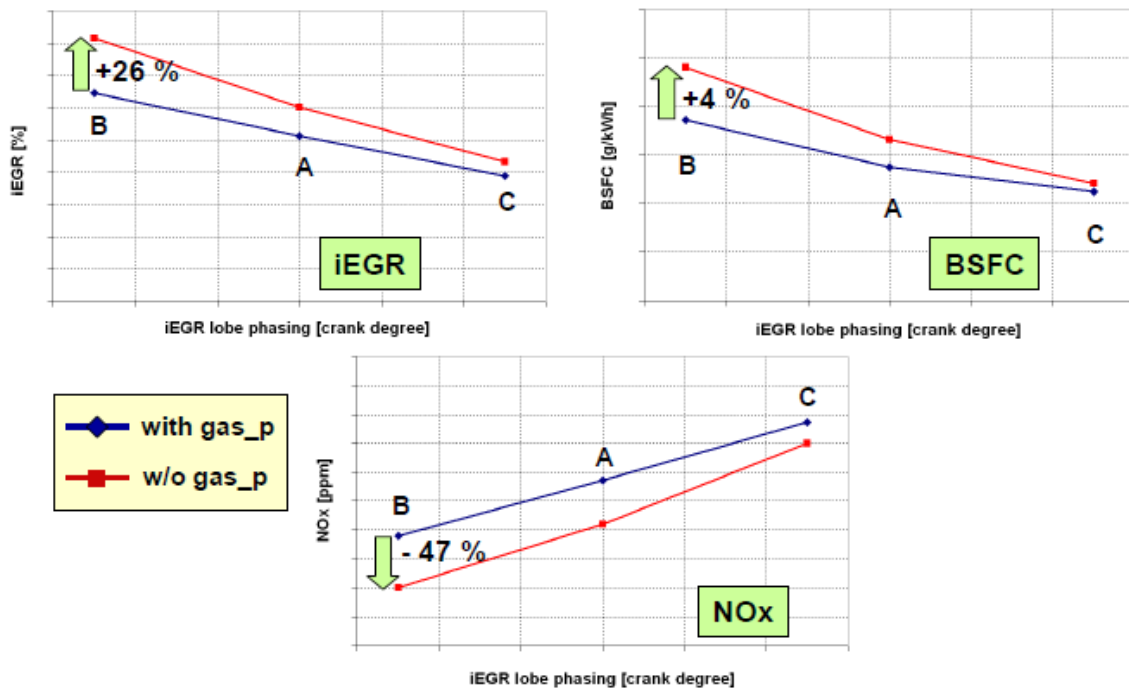
Овај систем спада у потпуно варијабилне системе и у обезбеђује оптимални рад мотора у свим режимима рада.



Слика 23. Изглед актуатора у систему MultiaAir[9]



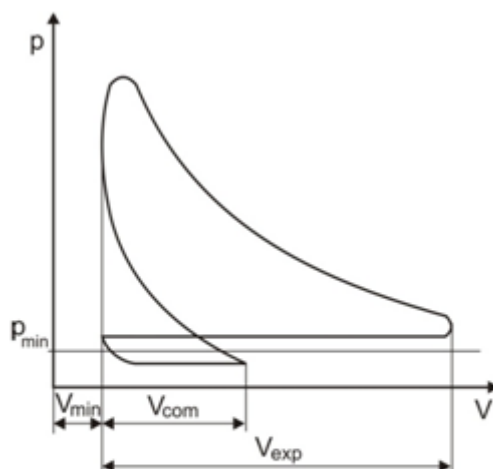
Слика 24. Приказ контроле унутрашњег IEGR-а у односу на тренутке отварања вентила[9]



Слика 25. Дијаграм утицаја система Multi-Air на емисију штетних издувних гасова[9]

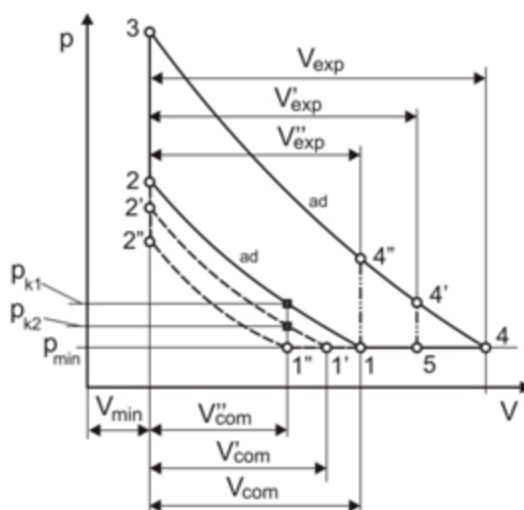
Фиатов систем Мултиаир се показао као добар у сваком радном опсегу мотора који осим повећања снаге мотора врши и знатно смањење емисије штетних издувних гасова. Овим системом је побољшана и рецикулација издувних гасова па сам мотор мање загађује животну средину.

Коришћењем ових система код савремених мотора а нарочито код хибридних могућа је употреба нових циклуса као што су Аткинсонов и Милеров циклус.



Слика 26. Приказ дијаграма Аткинсоновог циклуса са посебним клипним механизмом

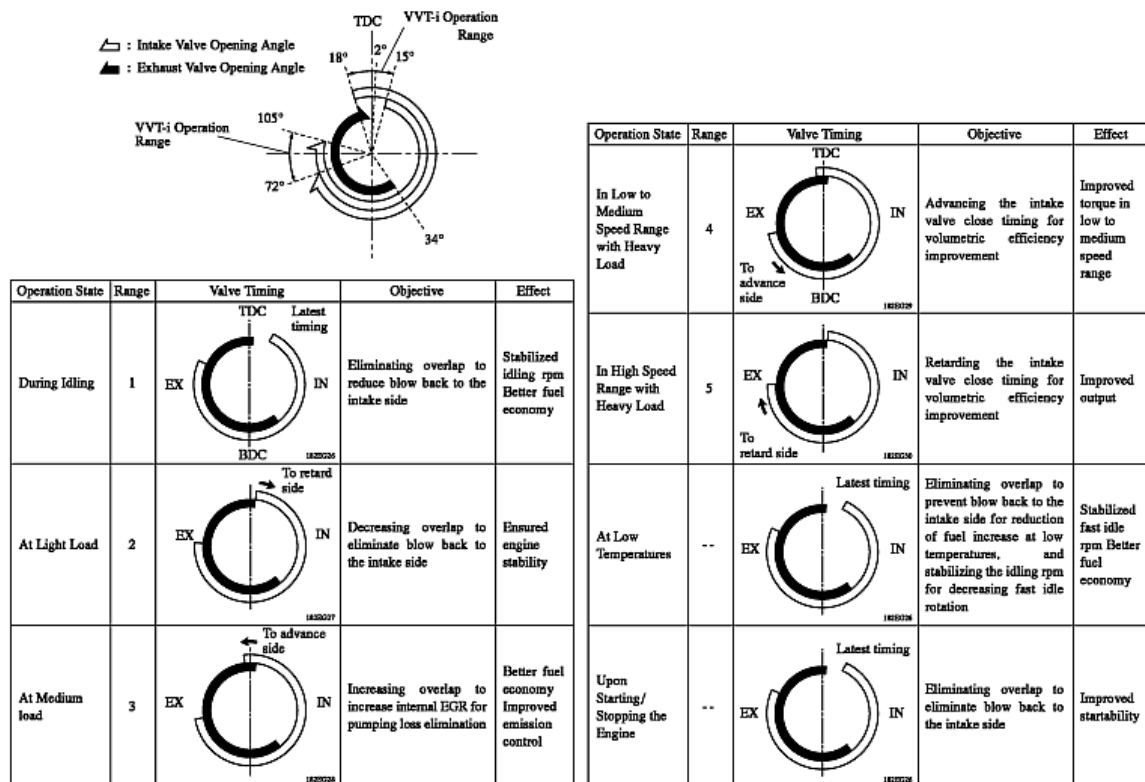
Као што се види на дијаграму који описује Аркинсонов циклус рада мотора, види се да је време усисавања знатно скраћено што је уједно и представљао проблем рада таквог мотора, међутим ту аномалију данас коригујемо уградњом хибридног погона. Мотор који ради по Аткинсоновм циклуса поседује клипни механизам који има променљив ход усисавања због свог јединственог механизма.



Слика 27. Приказ дијаграма Милеровог циклуса са променљивом шемом развода

За разлику од Аткинсоновог циклуса Милеров циклус је применљивији јер за његов рад није потребан посебан клипни механизам већ се рад мотора по Милеровом циклусу може регулисати уградњом система који регулишу шему развода.

Као што се са дијаграма може видети мотор може имати различит дијапазон рада, међутим због тога долази до проблема пуњења цилиндра. Овај проблем се решава уградњом компресора на усисном воду који помаже да се за краће време пуњења усиса довољна количина радне материје за несметано одвијање циклуса.

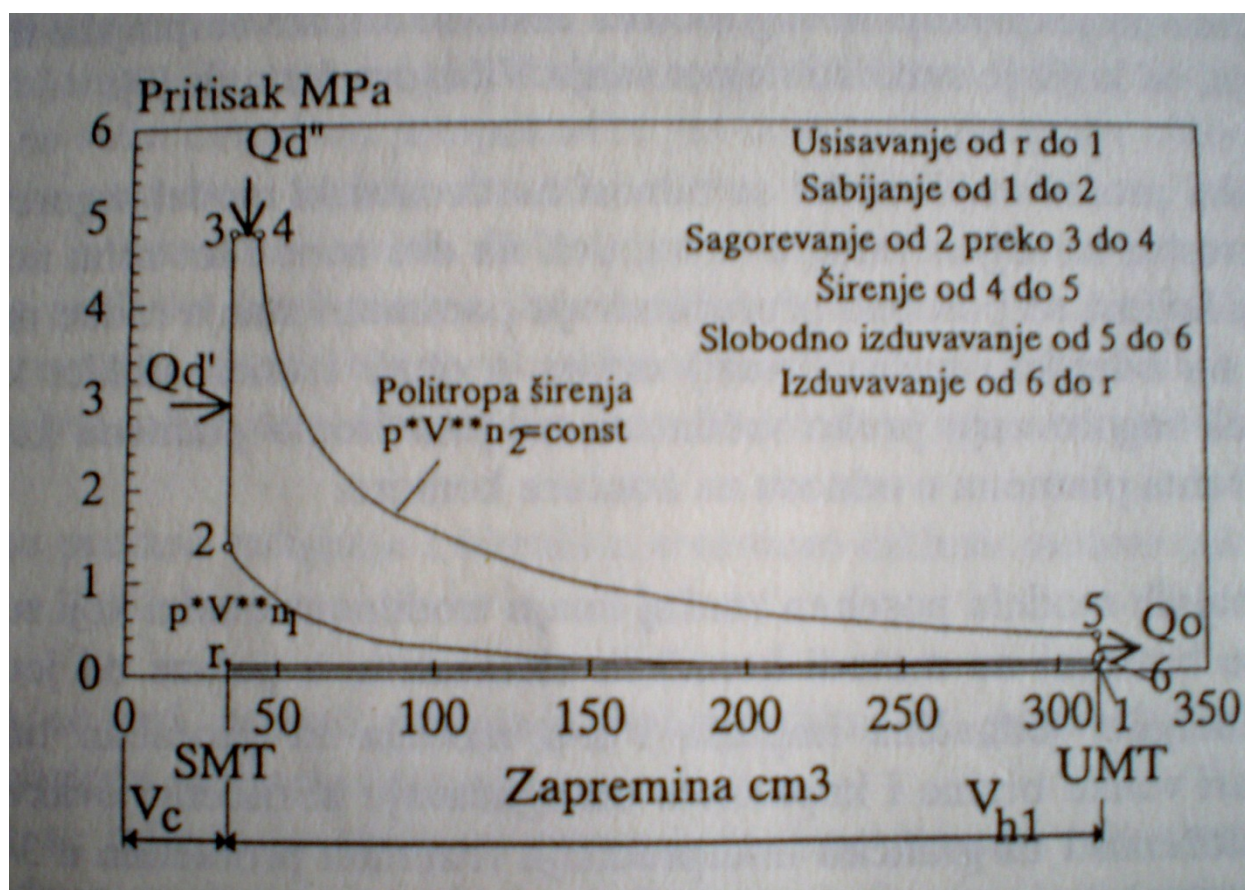


Слика 28. Приказ шеме развода неопходне за реализацију Милеровог циклуса

Собзиром да је за рад мотора по Милеровом циклусу неопходна променљива шема развода у табели су приказане разне могућности шеме развода за различита оптерећења мотора

4. Моделирање процеса измене радне материје код четворотактних мотора СУС

Под процесом измене радне материје подразумевамо одстрањивање, из цилиндра, продуката сагоревања од претходног циклуса и увођење, на њихово место, свежег пуњења. Од количине и састава свежег пуњења у великом степену зависи остварени рад у циклусу, а према томе, и снага мотора. Нормално, да количина свежег пуњења, која улази у цилиндар у току процеса усисавања, зависи од тога колико смо добро очистили цилиндар од продуката сагоревања из претходног циклуса. На тај начин, процеси усисавања и издувавања су међусобно повезани. Карактер кретања радне материје у току процеса усисавања и издувавања такође битно утиче на остале фазе циклуса. Тако вртложно кретање пуњења, створено у току усисавања, путем одговарајућег обликовања и положаја усисног канала у глави представља један од основних фактора, који погодује побољшању припреме смеше и сагоревања у цилиндру дизел мотора. Код бензинских мотора процес усисавања је битно повезан са процесом припремања смеше за сагоревање при њеном увођењу у цилиндар.



Слика 29, Прорачунски циклус за моторе СУС[1]

Процес издувавања. У реалном мотору издувавање почиње пре краја ширења, пре УМТ за 40° - 70° угла коленастог вратила. Тада је притисак у цилиндру 0.4 до 0.6 МПа, а у издувном систему 0.105 до 0.12 МПа. Зато издувни гасови излазе из цилиндра, кроз проточни пресек издувног вентила, надкритичном брзином и то је период *слободног истицања*. Као резултат имамо брзо смањење количине продуката сагоревања у цилиндру и пад притиска. За реално кратко време слободног истицања из цилиндра се удаљи 60-70% продуката сагоревања.

За време другог периода, тј. при кретању клипа од УМТ ка СМТ издување се остварује под дејством клипа то је период *истискивања продуката сагоревања* из цилиндра.

Притисак гасова у цилиндра тада, због дејства таласних појава, није константан већ је у извесном степену променљив.

У прорачунском циклусу први период слободног истицања се замењује изохорским одвођењем топлоте Q_o од тачке 5 до 6. Док се за процес истискивања усваја да се он одвија, од тачке 6 до тачке γ (слика 1), при константном притиску у цилиндру који износи:

$$p_r = 0,105 \div 0,128 \dots (MPa)$$

Промена пуњења у периоду преклопа вентила. Експерименти показују, да за добру промену пуњења у цилиндру усисни вентил треба отворити 5 до 30° пре него што клип дође у СМТ а издувни вентил затворити 5 до 50° после СМТ. Период, када су једновременно отворена оба вентила се назива *преклоп вентила*. За време преклопа вентила у зависности од односа вредности притиска у цилиндру, у усисном и издувном воду гасови се могу кретати у различитим смеровима. Најоптималнији је случај када је притисак у цилиндру мањи од притиска у усисном воду а већи од притиска у издувном воду, тада свеже пуњење из усисног вода улази у цилиндар а продукти сагоревања излазе из цилиндра. Таква промена пуњења се назива *продувавањем или испирањем цилиндра*. Најтипичнији случај неповољног кретања гасова се остварује на режиму празног хода бензинских мотора. На тим режимима притисак у издувном воду је вишеструко (више од 2 пута) већи од притиска у усисном воду мотора, па због тога у периоду преклопа вентила издувни гасови кроз издувни вентил улазе назад у цилиндар, а кроз усисни вентил излазе из цилиндра у усисни вод.

Процес усисавања. При кретању клипа од СМТ ка УМТ због пада притиска у цилиндру испод притиска околине, кроз отворени усисни вентил у цилиндар улази свеже пуњење. При томе разлика притисака у цилиндру и усисном воду, која одређује брзину гасова кроз проточни пресек вентила, није константна током целог процеса. Количина свежег пуњења, које улази у цилиндар у току усисавања, зависи од општег аеродинамичног отпора усисног система, тј. од разлике између притиска околине и притиска у цилиндру, које се такође мења са променом хода клипа од СМТ ка УМТ. Нормално, сто је мања разлика притисака у тренутку када клип долази у УМТ то је већа количина свежег пуњења која уђе у цилиндар у току усисавања.

При средњим и високим бројевима обртаја струја ваздуха (или смеше) креће се кроз усисни систем са већом брзином, па услед дејства инерције гасне струје, и због таласних појава у усисном систему долази до пораста притиска испред усисног вентила. Због тога је на почетку хода сабијања притисак у цилиндру мањи од притиска у усисном воду и улазак свеже смеше се наставља, тај процес се назива *допуњавање*. Ради остваривања допуњавања усисни вентил се затвара пре УМТ за 35° до 85° угла коленастог вратила и тек тада почиње фаза сабијања. На ниским бројевима обртаја, када је инерција свежег пуњења мала, у току каснијег затварања усисног вентила клип истискује из цилиндра извесну количину свежег пуњења у усисни вод.

У овом прорачунском циклусу, слика 1, процес усисавања се одвија од тачке γ до тачке 1 при константном притиску у цилиндру, $p_1 = const$.

Шема развода. Шема развода дефинише тренутке отварања и затварања вентила, па самим тим и дужине трајања периода усисавања и издувавања израженим у степенима коленастог вратила. При правилном избору шеме развода побољшава се не само процес пуњења него се може и смањити потребна енергија која се троши на измену пуњења. Избор шеме развода и основних геометријских димензија усисног система врши се на основу регулационих испитивања мотора. Сваки бензински режим има своју оптималну шему развода, па би идеални систем за измену радне материје требао да има променљиву шему развода која се усваја према најважнијим (најчешћим) режимима рада мотора.

Параметри процеса измене радне материје. Квалитет чишћења цилиндра од продуката сагоревања карактерише односом количине молова заосталих продуката сагоревања из претходног циклуса M_r , према количини свежег пуњења M_s , која уђе у цилиндар у току усисавања. Тај однос се назива *коэффициентом количине заосталих продуката сагоревања* и може се одредити постављањем једначина стања у тачкама γ и 1, слика 1:

$$\gamma_r = \frac{M_r}{M_s} = \frac{p_r}{p_o} \frac{1}{\eta_v} \frac{1}{\varepsilon - 1} \frac{T_o}{T_r} \quad (-)$$

где су: p_r и T_r апсолутни притисак, M_{ra} и апсолутна температура, К, заосталих продуката сагоревања респективно; η_v степен пуњења цилиндра мотора; ε степен компресије мотора и p_o и T_o притисак, M_{ra} и апсолутна температура, К, околине. Прорачуне треба радити за стандардне услове околине $p_o = 0,1 \text{ Мра}$ и $T_o = 298 \text{ К}$. Ове вредности су, у међународним стандардима, усвојене као референтне за корекцију снаге при испитивању мотора.

Основна карактеристика процеса измене радне материје *степен пуњења* η_v , представља однос количине радне материје која стварно уђе у цилиндар мотора у току усисавања M_s , према теоријски могућој количини M_t која би ушла у цилиндар када би у цилиндру владали услови непосредно испред усисних органа (код мотора са нормалним пуњењем: притисак и температура околине):

$$\eta_v = \frac{M_s}{M_t} = \frac{G_s}{G_t} = \frac{G_s}{\rho_o * V_h} \quad (-)$$

где су: M_s и G_s респективно број молова и маса, kg, свежег пуњења, које стварно уђе у цилиндар, M_t и G_t респективно број молова и маса, kg, свежег пуњења, које може да уђе у цилиндар када би у цилиндру владали услови околине (за моторе са нормалним пуњењем); V_h радна запремина цилиндра, m^3 , и ρ_o густина ваздуха у околини, $\frac{kg}{m^3}$.

У топлотним прорачунима степен пуњења се обично усваја на бази препоручених вредности.

Пораст температуре свежег пуњења услед додира са загрејаним деловима мотора. На нормалном радном режиму делови мотора су загрејани (зидови цилиндра $150-200^\circ\text{C}$, чело клипа $250-300^\circ\text{C}$ итд.) па се свеже пуњење (ваздух из околине код дизел мотора и смеше ваздуха и горива код ото мотора) загрева услед додира са загрејаним деловима. Пораст температуре свежег пуњења ΔT , К, се смањује при повећању броја обртаја мотора и са смањењем топлотног оптерећења мотора. Код бензинских мотора ΔT још зависи и од испаравања горива у процесу припреме смеше. Веће вредности ΔT гарантују мању густину свежег пуњења у цилиндру, а то значи, при истим осталим условима, смањење степена пуњења и малу снагу. У топлотним прорачунима ова вредност се обично усваја на бази препоручених вредности.

Притисак на крају хода усисавања. Под претпоставком да се процес усисавања завешава у УМТ, користећи биланс енталпија и једначину стања, притисак на крају хода усисавања се рачуна:

$$p_1 = \frac{1}{k \varepsilon - 1 + 1} p_r + p_o k \varepsilon - 1 \eta_v \frac{T_o + \Delta T}{T_o} \quad (\text{Мра})$$

У овој једначини k је однос специфичних топлота за свеже пуњење. У упрошћеним топлотним прорачунима усваја се да је свеже пуњење чист ваздух, што одговара дизел моторима, а за бензинске моторе замењује присуство горива па је $k = 1,4$.

Температура на крају хода усисавања. Овај параметар процеса усисавања се одређује из израза који је изведен из биланса енталпија на почетку усисавања, СМТ, и на крају усисавања, УМТ:

$$T_1 = \frac{T_o}{1 + \gamma_r} \frac{\varepsilon}{\eta_v} \frac{p_1}{\varepsilon - 1 p_o} \quad K$$

Параметри	Дизел мотор	Ото мотор
Коефицијент заосталих продуката сагоревања γ_r	0,03-0,06	0,045-0,08
Притисак заосталих продук.сагоревања p_r (Мра)	0,105-0,125	0,102-0,120
Температура заосталих продук.сагоравања T_r (К)	600-900	900-1000
Степен пуњења η_v	0,75-0,9	0,7-0,8 (0,9)*
Притисак на крају хода усисавања p_1 (Мра)	0,075-0,09	0,075-0,09
Загревање пуњења ΔT (К)	10-60	(-5)-(+25)
Температура на крају усисавања T_1 (К)	310-355	320-380

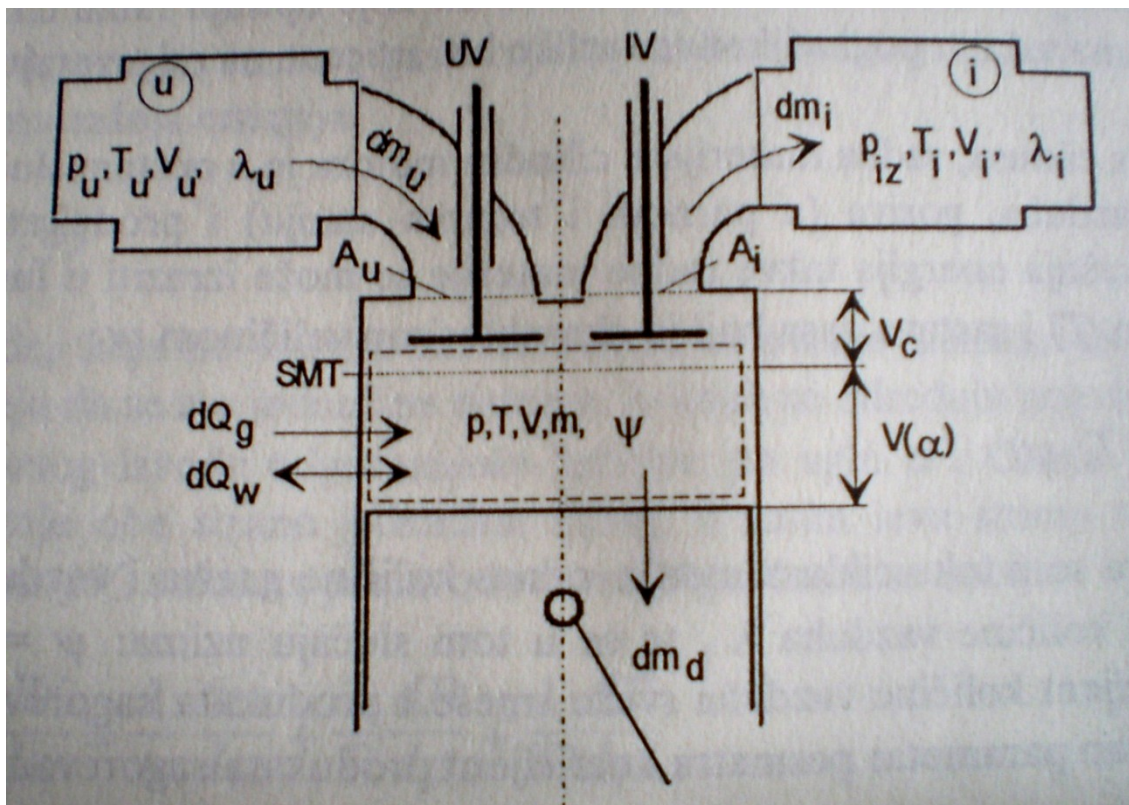
*Код ото мотора са убризгавањем у усисну цев. Четворовентилски мотори могу имати и веће вредности.

Табела 1, Параметри процеса измене радне материје

У табели су приказане вредности за основне параметре процеса измене пуњења, које су добијене експериментално на нормалним режимима рада мотора.

Математички модел процеса измене радне материје код мотора СУС

У току одвијања циклуса рада мотора СУС долази до размене одређене количине радне материје између цилиндра мотора и околине кроз проточне пресеке усисног и изрувног вентила, као и кроз зазоре између клипа и цилиндра (слика 2). За одређивање промене укупне количине радне материје у цилиндру, потребно је у сваком тренутку времена срачунати количину радне материје која устуји, односно, иструји из цилиндра. При томе се мора поћи од општих закона гасодинамике и усвојеног карактера струјања [3].



Слика 30, Прорачунска шема цилиндра[1]

Сходно томе уведеној претпоставци о константности притиска у усисном и издувном колектору, струјање радне материје (гаса) кроз проточне пресеке усисног и издувног вентила, може се посматрати као стационарно и изоентропско струјање стичљивог флуида [2]. Одговарајући масени проток гаса може се одредити из једначине континуитета:

$$m = \frac{dm}{dt} = \mu A w \rho$$

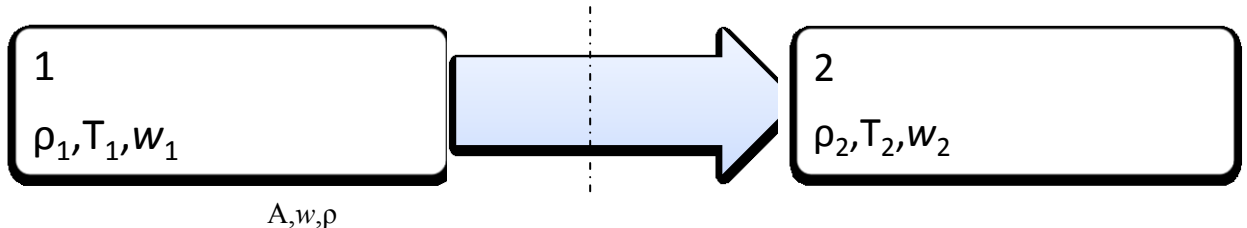
где су:

μ – коефицијент протока отпора пригушног места,

A – површина проточног пресека пригушеног места,

w – брзина струјања радне материје,

ρ – густина радне материје.



Слика 31, Модел струјања радне материје кроз пригушено место

Сведена по углу коленастог вратила, горња једначина има следећи облик:

$$\frac{dm}{d\alpha} = \mu A w \rho \frac{1}{\omega}$$

где је: $\omega = 2\pi n$ - угаона брзина коленастог вратила ($n = 0$ - број обртаја коленастог вратила). Струјање кроз пригушно место (проточни пресек усисног и издувног вентила), одвија се под дејством разлике притисака, сагласно шеми на слици 3.

Интензитет брзине ω очигледно зависи од величине односа притисака p_2/p_1 , а из означеног смера брзине следи да је $p_1 \geq p_2$. При некој, довољно малој вредности односа p_2/p_1 , брзина радне материје у најужем пресеку пригушног места (A) може достићи вредност брзине звука у тој средини при датим условима. Такав однос притисака назива се критичним и за случај изоентропског струјања стишљивог флуида износи:

$$\frac{p_2}{p_{1 \text{ krit}}} = \frac{2}{k+1} \frac{k}{k-1}$$

где је $k = c_p/c_v$ – експонент адијабате. Уколико је стварни однос већи од критичног, $p_2/p_1 > p_{2 \text{ krit}}/p_{1 \text{ krit}}$, тада имамо тзв. подкритично струјање, чија брзина је одређена из Бернулијеве једначине за овакав вид струјања, и износи:

$$w = \sqrt{2R_1T_1 \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{p_2}{p_1} \frac{k-1}{k} \right)}$$

где је: R_1 – гасна константа радне материје у простору у коме влада притисак p_1 . При извођењу последњег израза коришћено је упрошћење: $w_1 \approx 0$.

Густина радне материје, у овом случају, се може одредити по формули:

$$\rho = \frac{p_1}{R_1T_1} \frac{p_2}{p_1} \frac{1}{k}$$

За надкритични однос притисака, $p_2/p_1 < p_{2 \text{ krit}}/p_{1 \text{ krit}}$, брзина струјања и густине не зависи од односа притисака:

$$w = \sqrt{2R_1T_1 \frac{k}{k-1}}$$

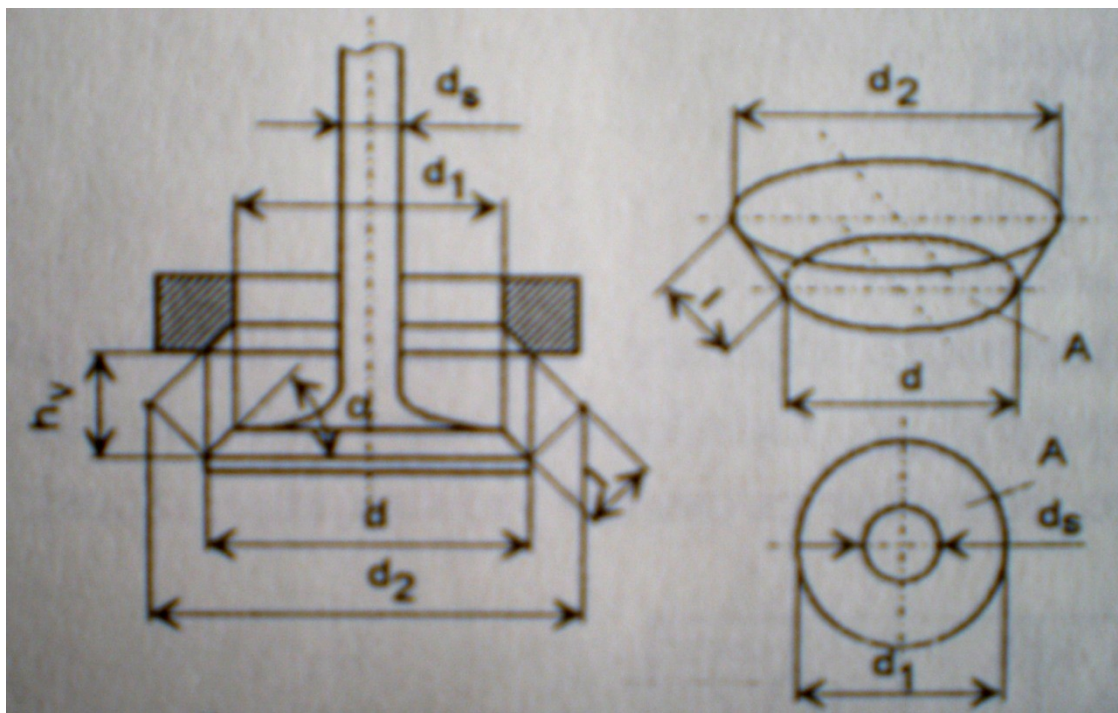
$$\rho = \frac{p_1}{R_1T_1} \frac{2}{k+1} \frac{k}{k-1}$$

У изразу где је количина радне материје сведена по углу коленастог вратила, величина A представља геометријски проточни пресек пригушног места, док се производ μA често назива ефективни проточни пресек:

$$A_{ef} = \mu A$$

и меродаван је за прорачун протока радне материје. У овом случају треба одредити геометријски проточни пресек усисног или издувног вентила у функцији његовог хода (величине подизања), односно, угла коленастог вратила. Полазећи од геометријских односа и ознака датих на слици 3, може се доћи до следеће зависности:

$$A = \pi h_v \alpha d + 0,5 h_v \alpha \sin 2\beta \cos \beta$$



Слика 32, Шема проточног пресека вентила[1]

Величина $h_v \alpha$ представља закон подизања вентила који је одрађен обликом профила брега брегастог вратила и преносним односом клацкалице уколико иста постоји у разводном механизму. Према неким ауторима формула се може користити при мањим вредностима подизања вентила ($h_v d_1 \leq 0,125$), када је проточни пресек представљен омотачем зарубљене

купе, док се при већим вредностима подизања ($h_v d_1 > 0,125$), може занемарити утицај печурке вентила и проточни пресек узети као кружни прстен:

$$A = \frac{\pi d_1^2 - d_s^2}{4}$$

У литератури се такође могу наћи тачније формуле за одређивање геометријског проточниг пресека вентила које потпуније узимају у обзир стварни облик склопа вентил – седиште

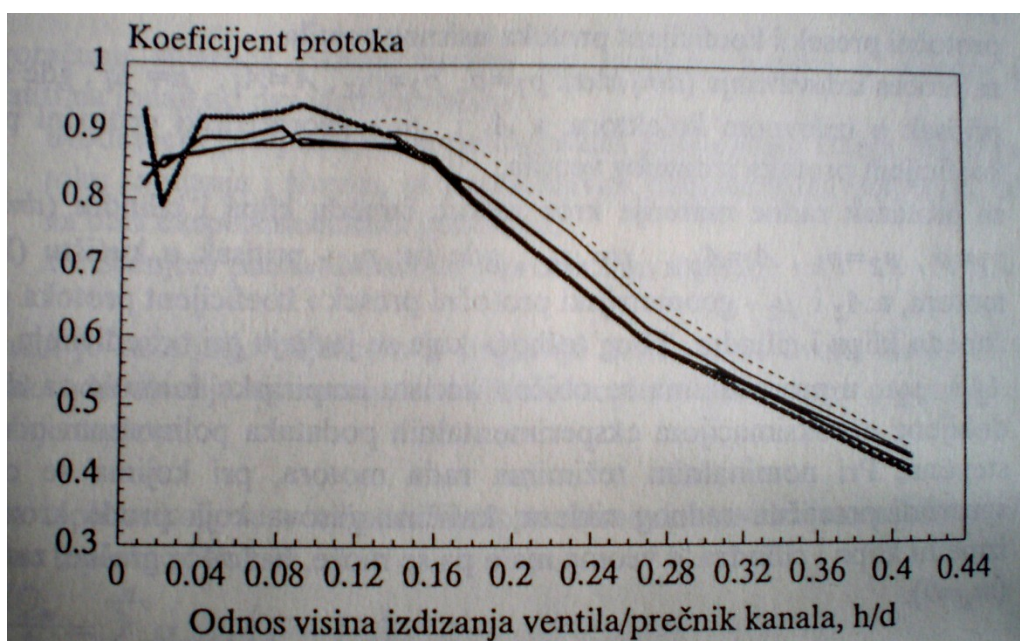
вентила, при чему се укупан интервал подизања дели на већи број подинтервала у којима се проточни пресек рачуна по различитим формулама.

Коефицијент протока вентила се дефинише као однос стварне количине радне материје m_{stv} која у датом тренутку прође кроз његов проточни пресек и теоријске m_{teor} која би прошла при $\mu = 1$:

$$\mu = \frac{m_{stv}}{m_{teor}} = \frac{A_{ef}}{A}$$

При истом односу притисака испред и иза вентила, коефицијент протока зависи од величине подизања вентила, тако што се у почетку отварања, при малим вредностима хода вентила, остварује ефекат Лавал-ове млазнице када се брзина струјања знатно повећава, па самим тим и проток радне материје, односно, вредност коефицијента протока. Карактер промене коефицијента протока једног издувног вентила у функцији његовог хода, приказане на слици 5 [4], управо илустује горње тврдње.

Вредност коефицијента протока μ за дати мотор јантачније се могу одредити експерименталним путем, продувавањем и просисавањем физичког модела вентила на специфичној мерној инсталацији. При томе се, помоћу одговарајућих давача, за сваки положај вентила мере: притисак испред и иза вентила, проток и температура радне материје, а затим срачунавају одговарајућа брзина струјања и густина и на крају ефективни проточни пресек вентила $A_{ef} = \mu A$. наравно, уколико се предходно одреди геометријски пресек A могуће је срачунати и вредност коефицијента протока μ за сваки случај вентила.



Слика 33, Промена коефицијента протока издувног вентила[1]
за различите односе притисака испред и иза вентила: угао седишта је 45° ,
а смер струјања из цилиндра (мотор 128 А.064)

При пројектовању новог мотора није могуће користити експериментални метод за одређивање коефицијента протока па се у том случају користе одговарајуће аналитичке зависности добијене обрадом експерименталних података снимљених на постојећим моторима сличних карактеристика. У литератури [4], се користи једна таква зависност дата изразом облика:

$$\mu = a \frac{h_v}{d_1} + b \frac{h_v}{d_1} + c e^{-r \frac{h_v}{d_1}} + f$$

где су: a, b, c, r, f – коефицијенти који се одређују на бази експерименталних података, неком од статистичких метода, например, методом најмањег квадрата. Очигледно да су ови коефицијенти функције односа притиска испред и иза вентила, смера струјања радне материје (продувавање или просисавање) и конструктивних карактеристика вентила, например, угао належаће површине. Дијаграм на слици 3. је управо добијен коришћењем једне такве формуле, при чему су тако добијене вредности за различите односе притиска упоређене са експерименталним подацима за дати мотор.

У прорачунима од којих се не захтева посебна тачност могуће је радити са осредњим константним вредностима коефицијента протока који, у том случају, не зависе од положаја вентила.

Користећи се описаним поступком и једначином континуитета сведену по углу коленастог вратила, могуће је одредити чланове: $\frac{dm_u}{d\alpha}$, $\frac{dm_i}{d\alpha}$ и $\frac{dm_d}{d\alpha}$. При томе се за сваки од

наведених случајева морају узети у обзир одговарајући услови:

- за процес усисавања $\frac{dm_u}{d\alpha}$: $p_1 = p_u, p_2 = p, A = A_u, \mu = \mu_u$ где су: p_u и p - притисци у усисном колектору и цилиндру мотора, а A_u и μ_u - геометријски проточни пресек и коефицијент протока издувног вентила,
- за процес издувавања $\frac{dm_i}{d\alpha}$: $p_1 = p, p_2 = p_{iz}, A = A_i, \mu = \mu_i$, где су: p_{iz} - притисак у издувном колектору, а A_i и μ_i - геометријски проточни пресек и коефицијент протока издувног вентила,
- за пролазак радне материје кроз зазоре између клипа и цилиндра $\frac{dm_d}{d\alpha}$: $p_1 = p, p_2 = p_k, A = A_z, \mu = \mu_z$, где су: p_k - притисак у кућишту (картеру) мотора, а A_z и μ_z - геометријски проточни пресек и коефицијент протока процепа између клипа и цилиндра. Због тешкоћа које се јављају при одређивању величина A_z и μ_z , у прорачунима се обично користе емпиријске формуле за $\frac{dm_d}{d\alpha}$ добијене апроксимацијом експерименталних података полиномом одређеног степена. При нормалним режимима рада мотора, при којима се обично и спроводи прорачун радног циклуса, количина гасова која прође кроз зазоре између клипа и цилиндра је веома мала па се може, без веће грешке, занемарити ($dm_d \approx 0$).

У једначини за промену количине радне материје, осим горе наведених чланова, јавља се и

члан $\delta \frac{dm_g}{d\alpha}$ који представља промену количине горива у току одвијања циклуса. Код ото мотора смеша горива и ваздуха, образована ван цилиндра, је доста хомогена (гориво у парном стању) па се утицај члана $\frac{dm_g}{d\alpha}$ на укупну промену количине радне материје може

занемарити одакле следи да је за ото мотор $\delta = 0$. За одређивање количине топлоте у овом случају потребно је познавати само укупну количину горива (m_{go}) која се унесе у цилиндар мотора за један циклус. Код дизел мотора се са започињањем убризгавања (почетак процеса сагоревања) у цилиндар уноси количина горива m_g по закону $\frac{dm_g}{d\alpha}$ који представља диференцијални закон убризгавања. Према томе, уколико је задат закон убризгавања

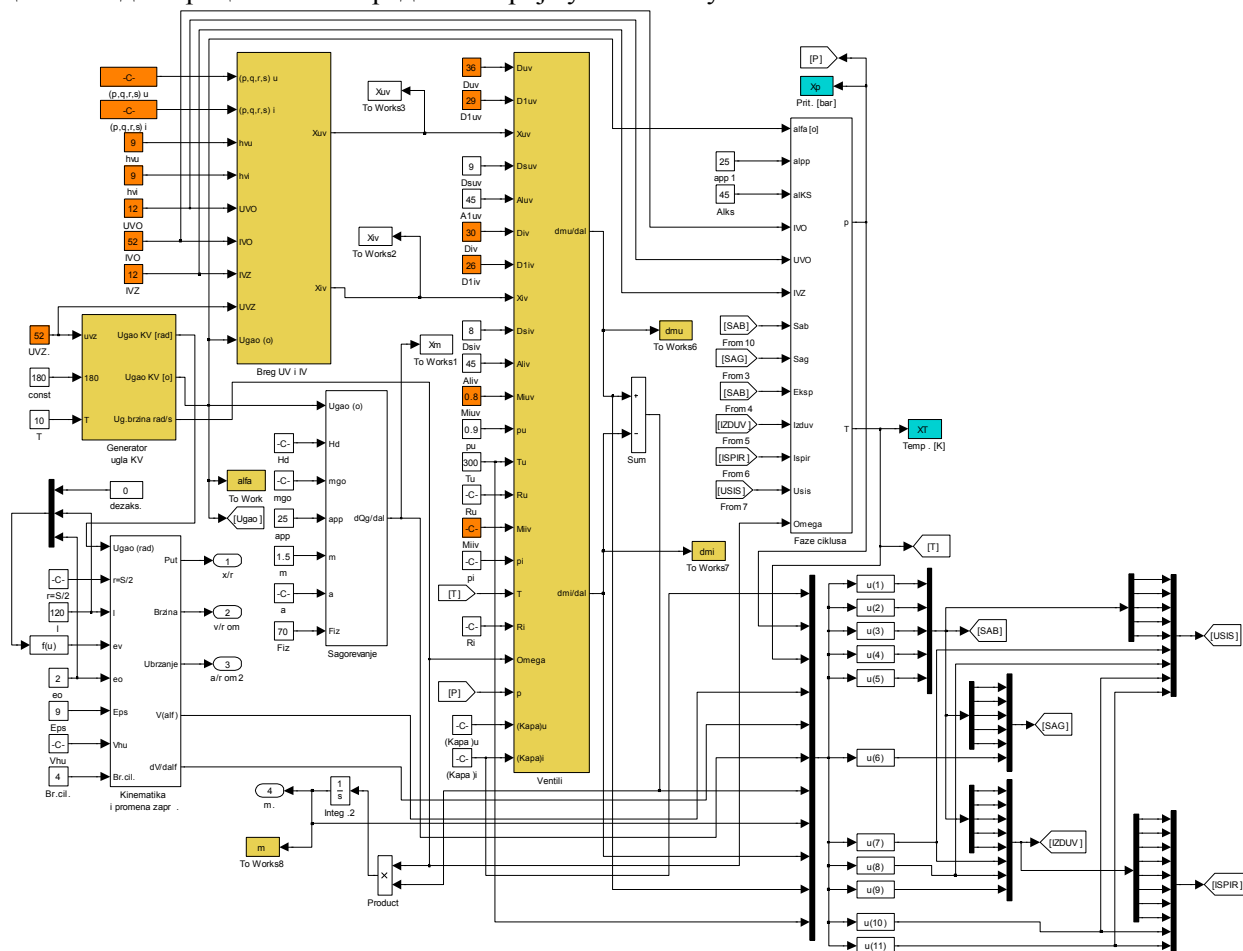
аутоматски је дефинисана и промена количине горива $\frac{dm_g}{d\alpha}$ као и укупна количина горива

по циклусу m_{go} . У овом случају, вредност коефицијента δ у једначини је 1. Уколико се претпостави да свака количина горива која уђе у цилиндар тренутно сагори, тада ће се закон убризгавања практично поклопити са законом сагоревања, па се добија:

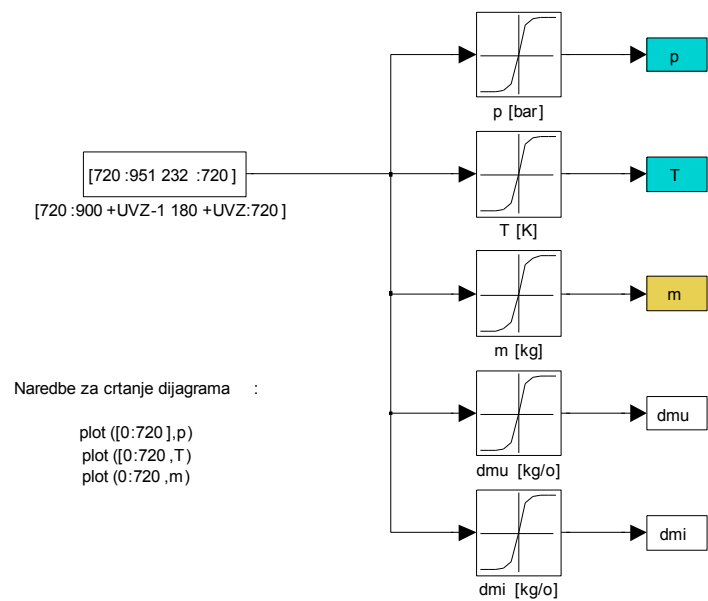
$$\frac{dm_g}{d\alpha} = \frac{1}{H_d} \frac{dQ_g}{d\alpha}$$

што се често користи у прорачунима с обзиром да се закон сагоревања лакше одређује. Тако да се за једначину проточног пресека као кружни прстен подразумева, да се занемарују сви губици горива кроз усисно-издувне органе у току процеса измене радне материје, као и губици кроз незаптивена места (зazor између клипа и цилиндра) у току високопритисног дела циклуса [1].

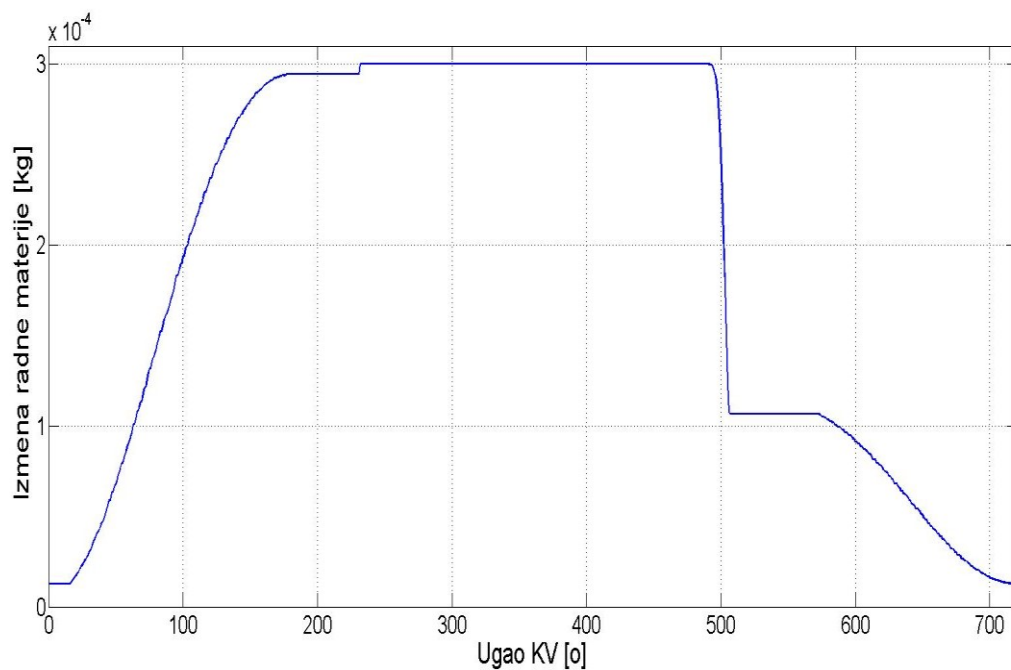
Симулациони модел процеса измене радне материје у Simulink-y



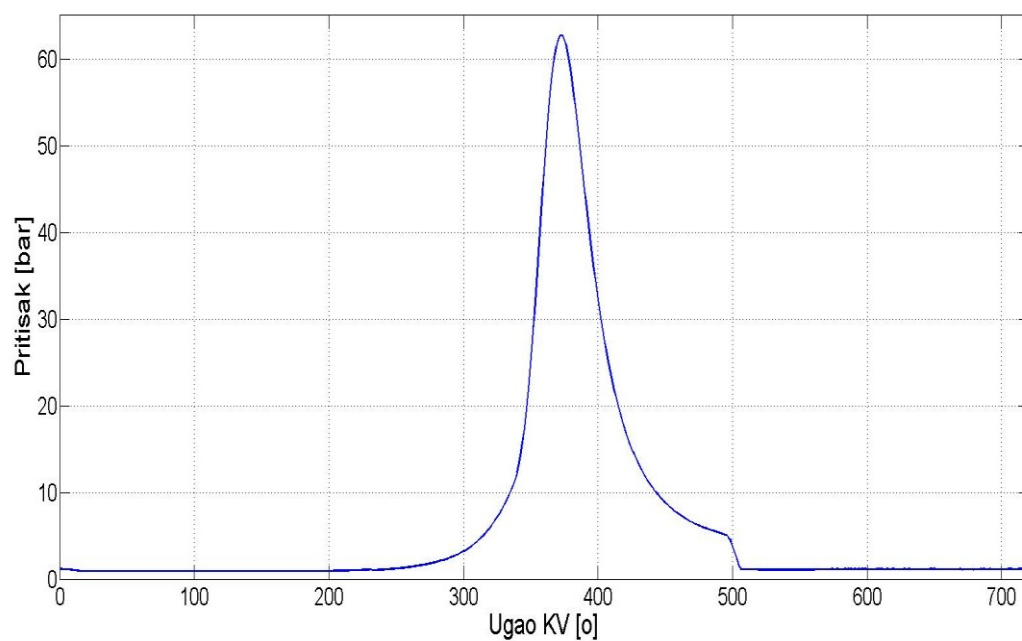
Слика 34, Симулациони модел процеса измене радне материје у Simulink-y



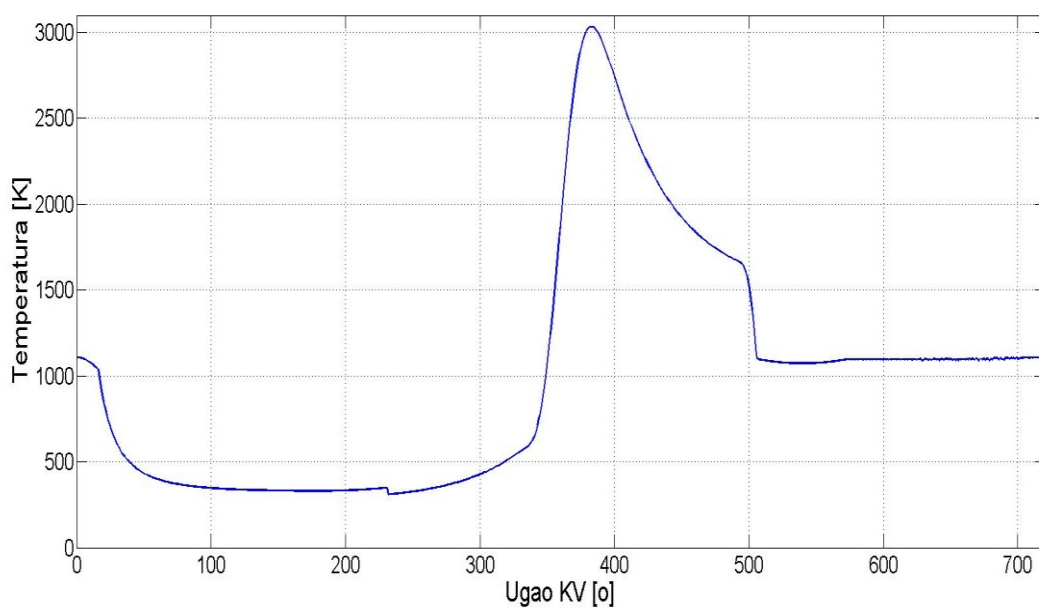
Слика 35, Модел за исправљање цртања дијаграма у Simulink-у
 Параметри мотора који се посматрају, прво ћемо показати невариране параметре за мотор 128A.064, приказани на следећим сликама:



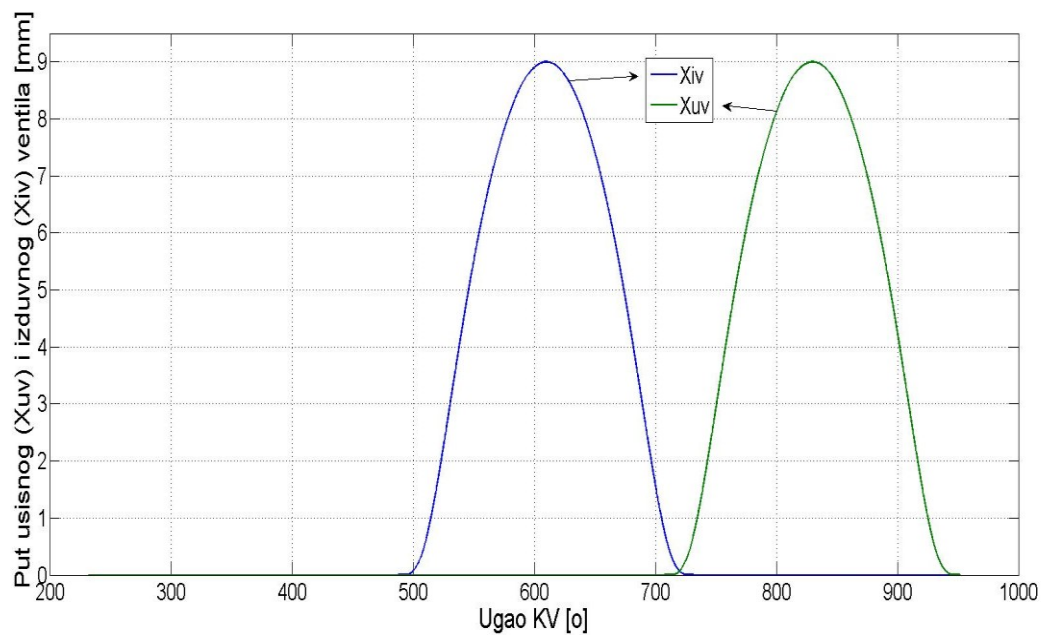
Слика 36, Измена радне материје, по углу коленастог вратила



Слика20, Притисак мотора у функцији од угла коленастог вратила

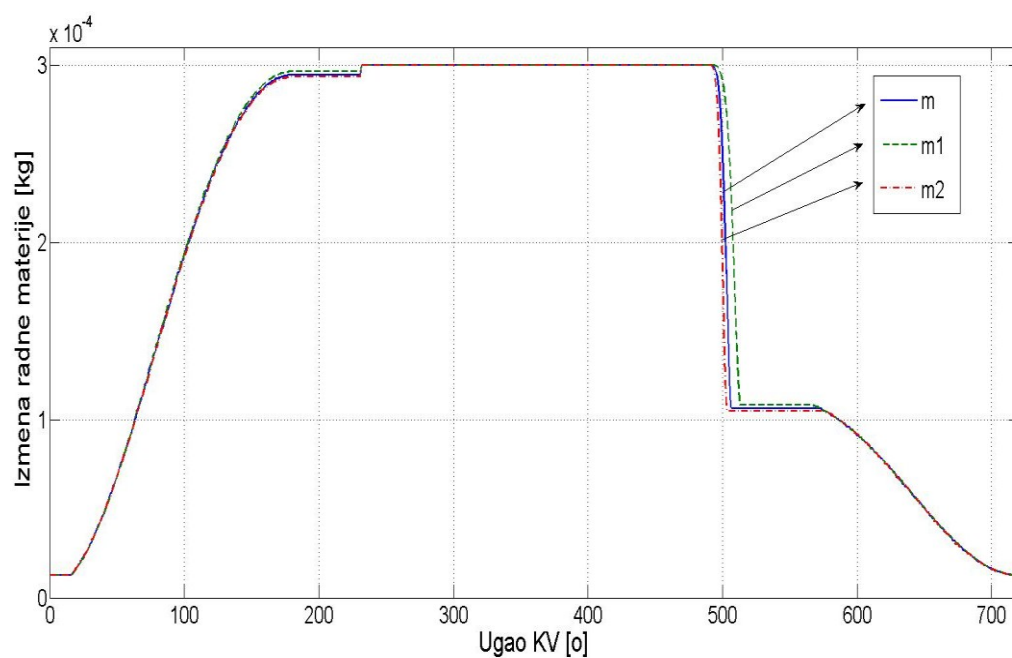


Слика 37, Температура у функцији угла коленастог вратила

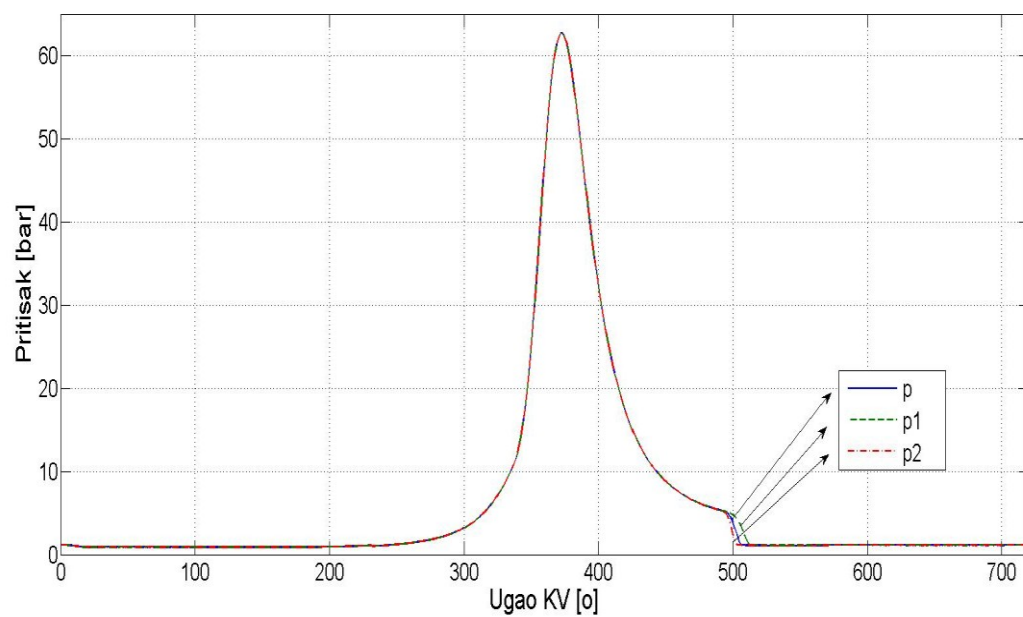


Слика 38, Пут усисног и издувног вентила у функцији времена

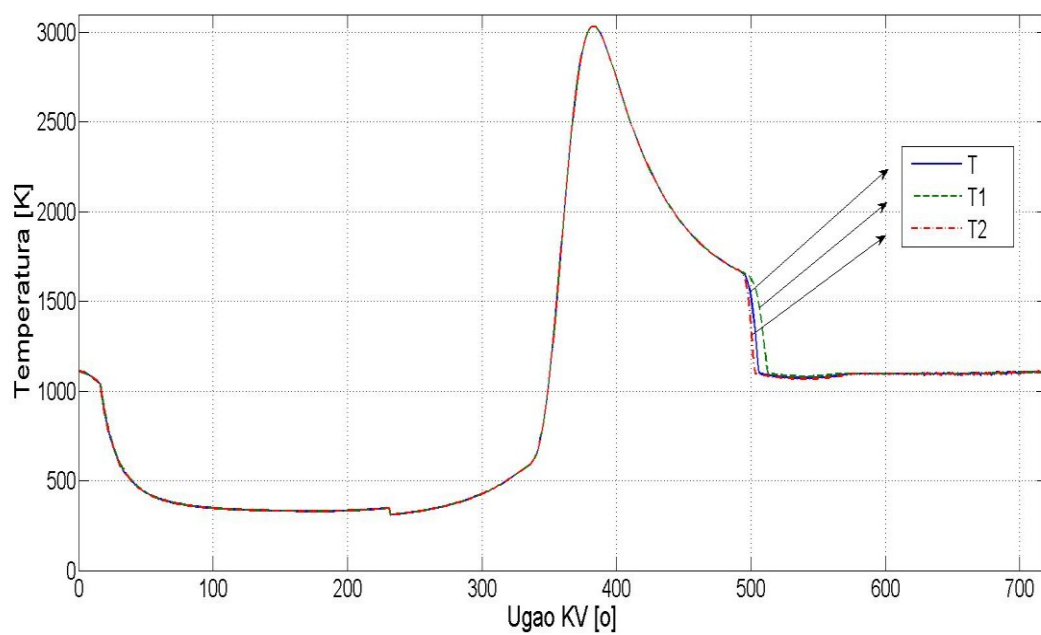
Сада ћемо приказати ове исте параметре на следећим сликама, за пример варијације параметара једначина стања:



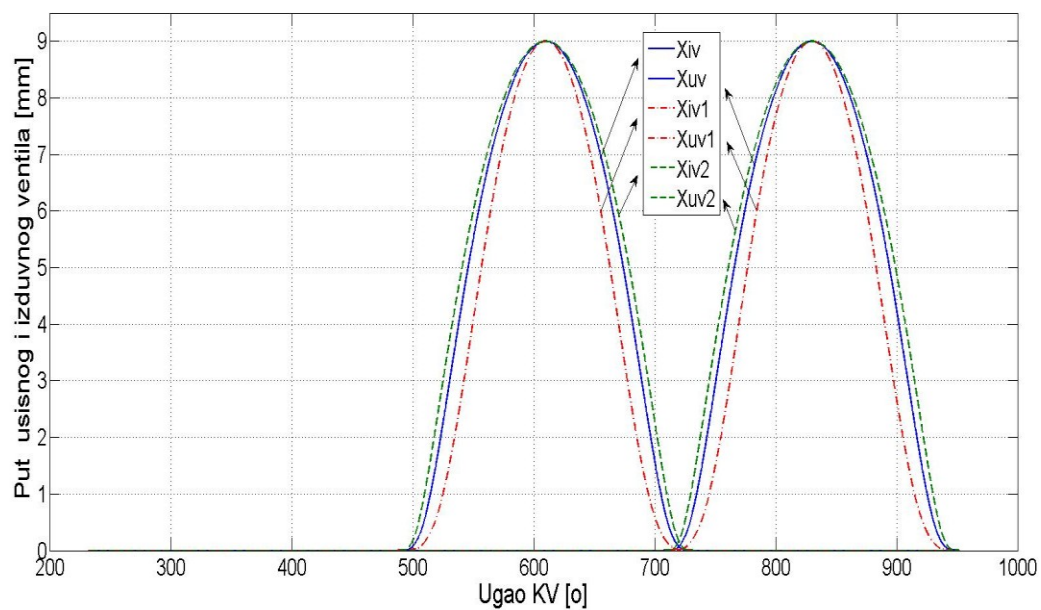
Слика 39, Измена радне материје по углу коленастог вратила



Слика 24, Притисак у функцији угла коленастог вратила



Слика 40, Температура у функцији угла коленастог вратила



Слика 41, Пут уисног и издувног вентила у односу на положај коленастог вратила

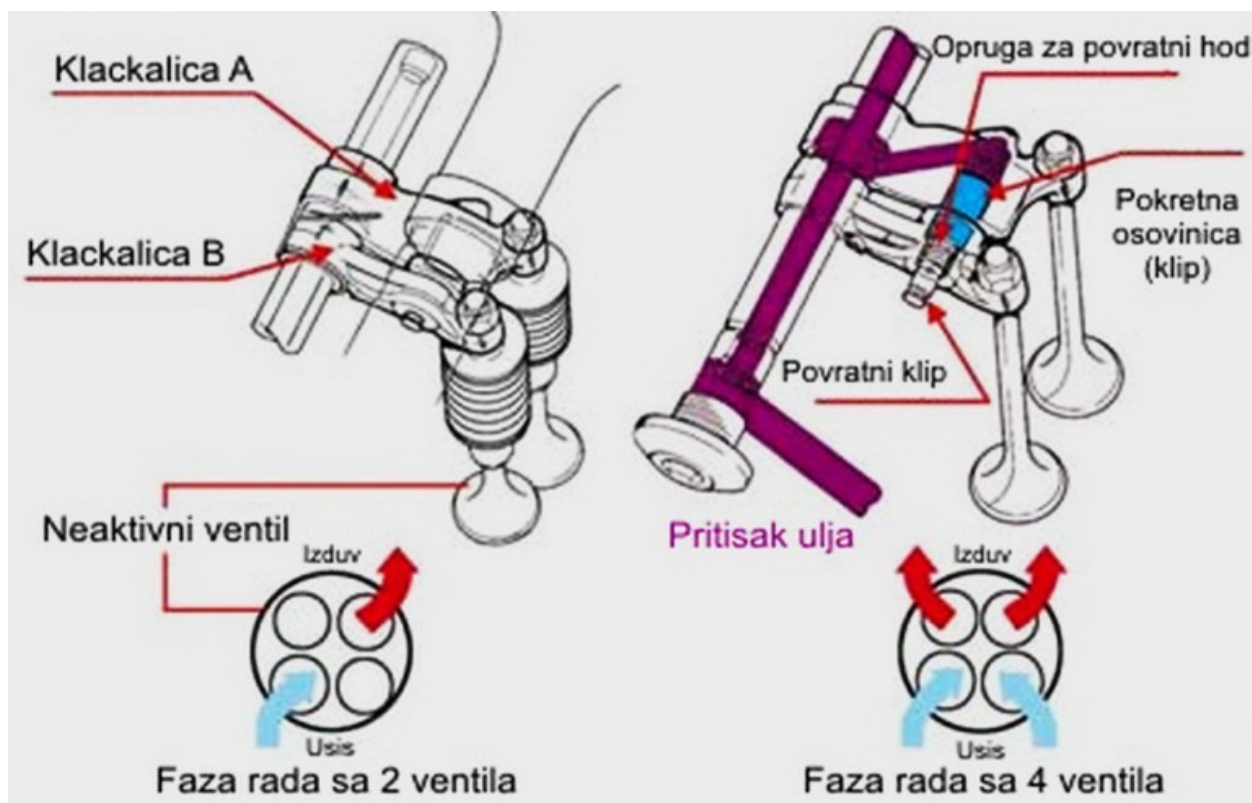
Варирани параметри једначина стања за модел где су показни параметри $m_1, p_1, T_1, Xiv_1, Xuv_1$: $p = 6, q = 10, r = 14, s = 18$, а за модел $m_2, p_2, T_2, Xiv_2, Xuv_2$ гласе: $p = 14, q = 26, r = 38, s = 50$, док за основни модел имају вредности: $p = 10, q = 18, r = 26, s = 34$.

5. Преглед различитих концепција разводних механизма савремених мотора СУС

5.1. Конструкција и развој VVT i VTEC система

Код обичних четвортактних мотора са унутрашњим сагоревањем, отварање усисних и издувних вентила је контролисано бреговима брегасте осовине. Облик брега одређује време отварања, величину подизања и трајање отворености сваког вентила. Време отварања вентила се дефинише угаоном мером окретања радилице. При томе се узима да нулти степен одговара СКП (спољни крајњи положај) а 180 степени одговара УКП (унутрашњи крајњи положај). Величина подизања вентила се односи на висину за коју се вентил подиже од свог седишта. Трајање отворености вентила се такође дефинише угаоном величином окретања радилице као и време отварања, с тим што представља угао окретања радилице током кога је вентил отворен. Због особина смеше горива и ваздуха, оптимални параметри рада, тј. време отварања, величина подизања и трајање отворености вентила, у ниским обртајима мотора се потпуно разликују од оних у високим обртајима. Када би се применили оптимални параметри за ниске обртаје у подручју високих, имали би за циљ недовољно пуњење цилиндара смешом и то би резултовало драстичним смањењем снаге. У обрнутом случају, параметри високих обртаја имали би за циљ прекомерно пуњење цилиндара смешом и то би резултовало грубим радом мотора у ниским обртајима као и тешким радом у неоптерећеном стању (на тзв. леру). Идеални мотор би требао да има потпуно варијабилно време отварања, величину подизања и трајање отворености вентила, како би се вентили увек отварали у правом тренутку, подизали довољно високо и остајали отворени довољно дуго у односу на обртаје мотора.

Прича о VTEC-у почиње осамдесетих година у мотоциклистичком делу Хонде. Појављивањем модела CBR 400F, представљен је REV-систем који је при 8200 о/мин омогућавао мотору прелаз рада са 2 на 4 вентила по цилиндру. Модел опремљен овим системом је Хонда CBR 400F. REV-систем је помирио две неспојиве ствари: миран рад и добра возна својства у свакодневnoj употреби мотора са 2 вентила по цилиндру, као и велику снагу у високим обртајима мотора са два вентила више.



Слика 42. Систем за промену вазе развода са својим деловима[7]

Јануара 1983. године је окупљена група инжењера која је требала да проучава варирање времена отварања вентила у сврху смањења потрошње горива. Већ у октобру исте године, група је подељена на такав начин да прва група наставља да се бави проблемима смањења потрошње, док друга група ради на усавршавању развода вентила. Марта 1984. године, први тим лансира свој нови програм са циљем развоја генерације нових мотора које ће одликовати велики обртни момент, како у ниским, тако и у високим обртајима уз значајно повећање специфичне снаге. Успешност је доказана 1985. када су Integra и Civic добили DOHC моторе који су штедљиви и имају малу емисију штетних гасова, а у исто време обилују обртним моментом и снагом.

Варирање времена отварања вентила је дошло на ред тек након процене потребног пречника вентила, величине њиховог подизања и облика усисних и издувних канала. Тако је нпр. пречник усисних вентила у односу на актуелни DOHC мотор, повећан са 30 mm на 33 mm чиме је повећана снага током целог опсега обртаја. Повећање обртног момента у ниским обртајима, што је и једна од смерница пројекта, постигнуто је смањењем угла радилице при коме брегови, који су у функцији у овом опсегу обртаја, затварају усисне вентиле. Смањење са уобичајених 35 на 20/30 степени НУКП (након унутрашњег крајњег положаја), омогућило је усисним вентилима да се брже затварају повећавајући тако ефикасније искоришћење мотора.

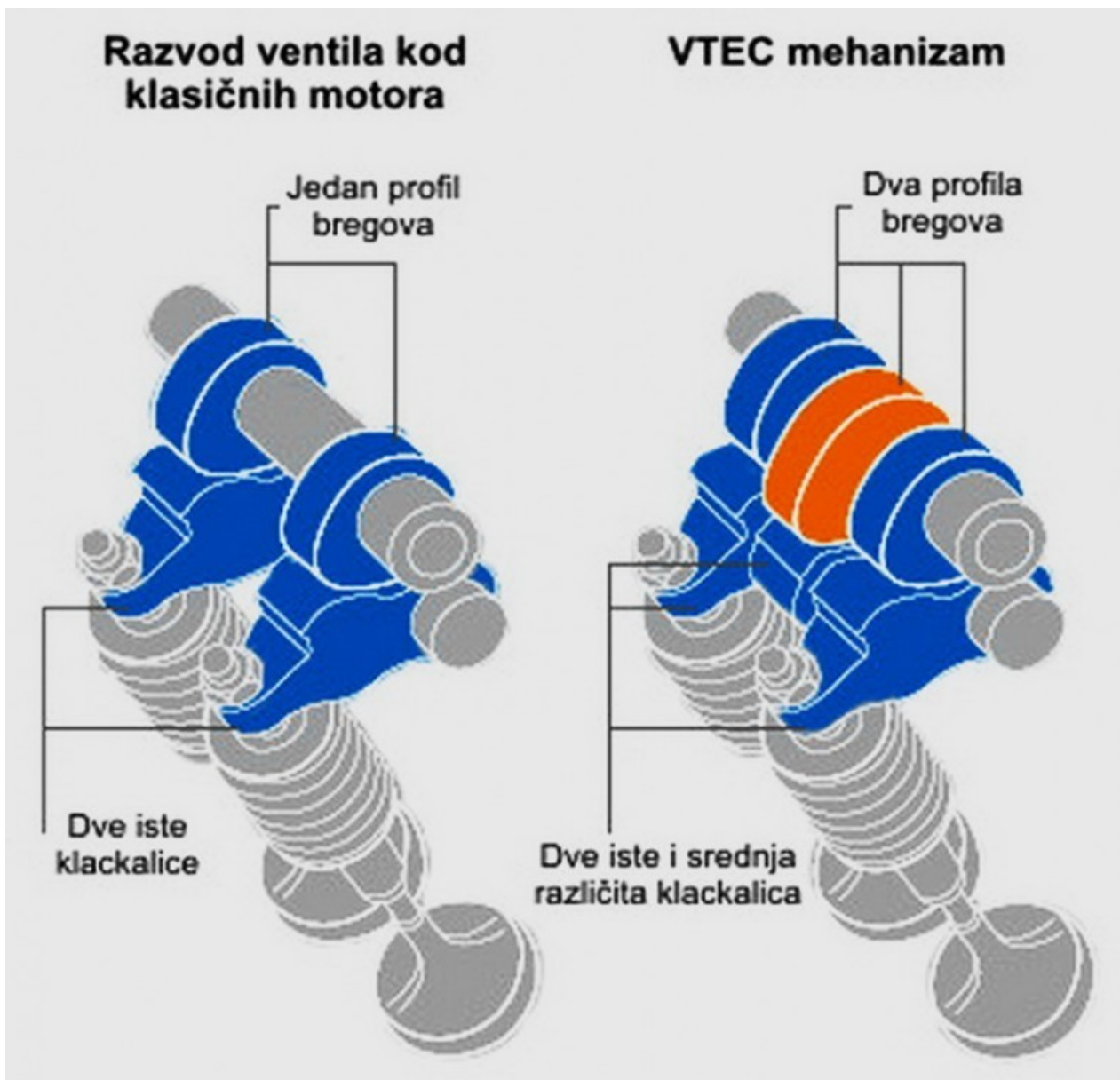
Такође је време отварања и величину подизања вентила (у другој фази рада), слично тркачким верзијама Хондиних мотора, чиме је повећана ефикасност искоришћења запремине мотора на високим обртајима. Додатне мере су предузете и да се смање отпори у такту усисавања.

Ременица мале масе и малог отпора обртању је такође једна од иновација. Направљена од легуре метала синтероване под великим притиском, оваква ременица је имала тање зидове од конвенцијалних. Момент инерцијалних сила је тако смањен за 10%. Због свега наведеног, драстично је смањено оптерећење зупчастог ремена у тренуцима остваривања велике снаге.



Слика 43. Ременице брегастих вратила[7]

Имплементација нових материјала је сигурно била фактор успешне примене нових технологија. Нпр. како функција VTEC система захтева смештање три брега у простору изнад сваког цилиндра, како за брегасту која управља усисним тако и за ону која покреће издувне вентиле, ширина брегова мора бити релативно мала. Ово смањење доводи до повећања површинског притиска. Произведена је брегаста осовина од нове врсте, хромом легираног челика са високим процентом угљеника која се подвргава комбинацији термичких обрада и површинских заштита. Као резултат је добијена брегаста осовина чија је тврдоћа повећана за 40%.



Слика 44. Упоредни приказ класичног и VTEC система[7]



Слика 45. Брегаста вртила која се користе код система са варијабилном шемом развода[6]

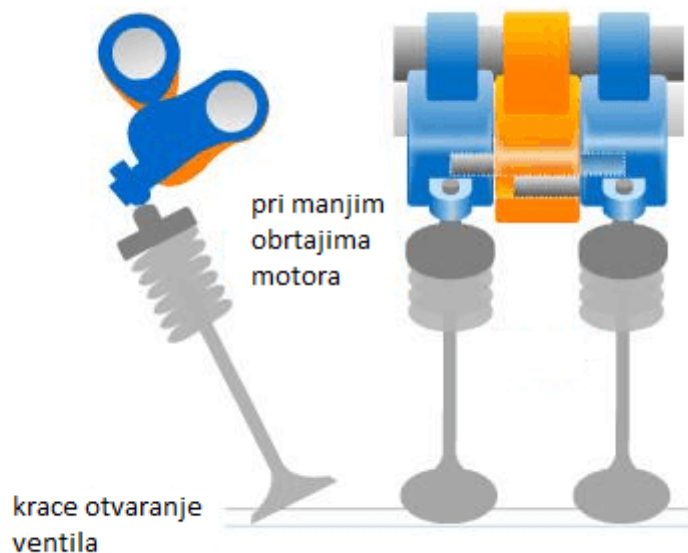
Издувни вентили су такође захтевали употребу ново-развијеног челика, легираног никлом, молибденом, титанијумом и волфрамом. Отпорност на високе температуре се повећала за 30%. Чак шта више, вентили повећаног пречника али зато смањене дебљине стабла, имали су смањење масе за скоро 20%. Ове су идеје и напори постепено обликовали поуздани VTEC мотор.

Уместо да један брег покреће сваки вентил, сада постоје два: брег умереног профила оптимизован за повећање ефикасности мотора у ниским обртајима; оштар брег конструисан по угледу на Хондине тркачке моторе, да повећа снагу у високим обртајима. Прелаз са једног режима рада на други је контролисан ECU-ом (електронска управљачка јединица), који узима у обзир три фактора:

- температуру расхладне течности мотора (мора бити већа од 60 степени Ц),
- брзину кретања возила (изнад 30Км/х),
- број обртаја мотора (изнад 5500о/мин).

Када се испуне претходно наведени услови, активира се соленоид (вентил) који дозвољава притиску уља да помери осовиницу која тада повезује клацкалице брегова умереног профила са клацкалицом оштрог (тркачког) брега. Од тог тренутка су вентили покретани средњим, оштрим бреговима који их "гурају" дубље и држе их дуже отвореним. Када се број обртаја мотора смањи, соленоид се враћа у првобитан положај чиме нестаје притисак уља који делује

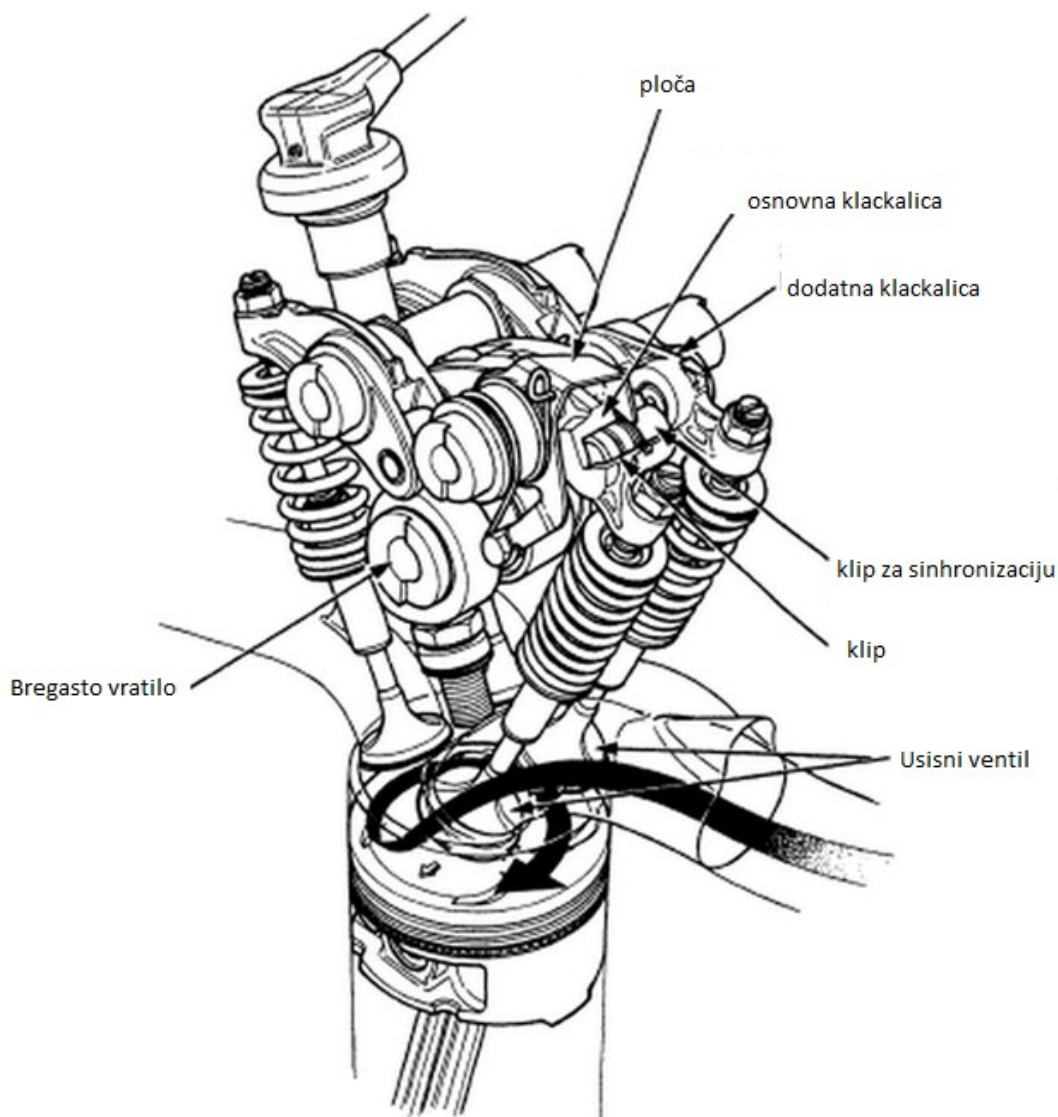
на осовиницу, тако да се она под дејством претходно сабијене спиралне опруге враћа у почетни положај. Померање клацкалица умереног и оштрог брега је раздвојено, тако да су вентили опет покретани бреговима умереног профила. Број обртаја деактивације VTEC-а је подешен да буде испод броја обртаја активације како би се спречило наизменично укључивање и искључивање система ако се мотор задржи у том подручју рада.



Слика 46. Механизам за отварање вентила при мањим бројевима обртаја[6]

Због наведеног је примена ове технологије лимитирана и искоришћена само за усисне вентиле. Такође је и број обртаја ових мотора нижи него код DOHC VTEC-а, тако да се и прелаз из прве у другу фазу рада обавља на нижих 4800 о/мин. Како се режим рада мења само за усисне вентиле, ова промена се не одражава променом звука мотора.

SONIX VTEC-E – Следећа верзија ове Хондине технологије је искоришћена на мало другачији начин. Како је сам назив система назван VTEC-E (VTEC-Економу), закључујемо да он није конструисан за побољшање перформанси већ економије мотора. На ниским обртајима, један од два усисна вентила је покретан брегом који му дозвољава једва приметно подизање. На овај начин у овом режиму рада, агрегат ради у 12В-моду (активна су 4 усисна и свих 8 издувних вентила), чиме је мотор приморан да ради са осиромашеном смешом. Како би се остварило ефикасније мешање ваздуха и горива у цилиндру, овај агрегат користи принцип вртложења ваздуха у цилиндру.



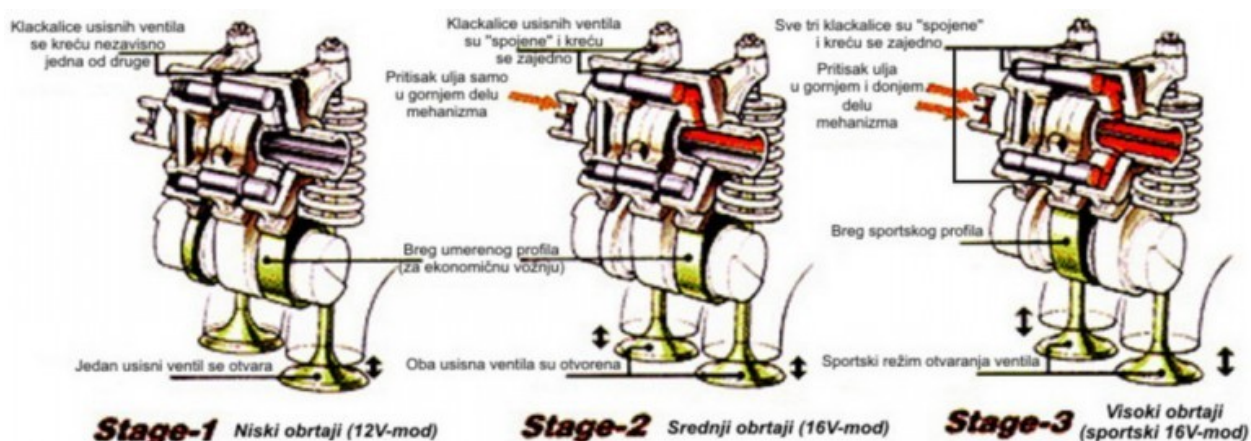
Слика 47. Делови механизма за варијабилно отварање вентила[7]

Када се број обртаја повећа потребна су оба уисна вентила која ће снабдети мотор потребном смешом. Осовиница покретана притиском уља, као и у осталим VTEC агрегатима, се користи да повеже рад клацкалица које покрећу вентиле. На тај начин се постиже потпуно отварање другог уисног вентила и мотор сада ради са свих 16 вентила.

VTEC – Ако упоредимо SOHC VTEC и SOHC VTEC-E имплементације, видећемо њихову сличност која је и довела до логичног корака њиховог спајања. Другим речима, Хонда је створила агрегат који испуњава захтеве оних који желе више снаге уз смањење потрошње.

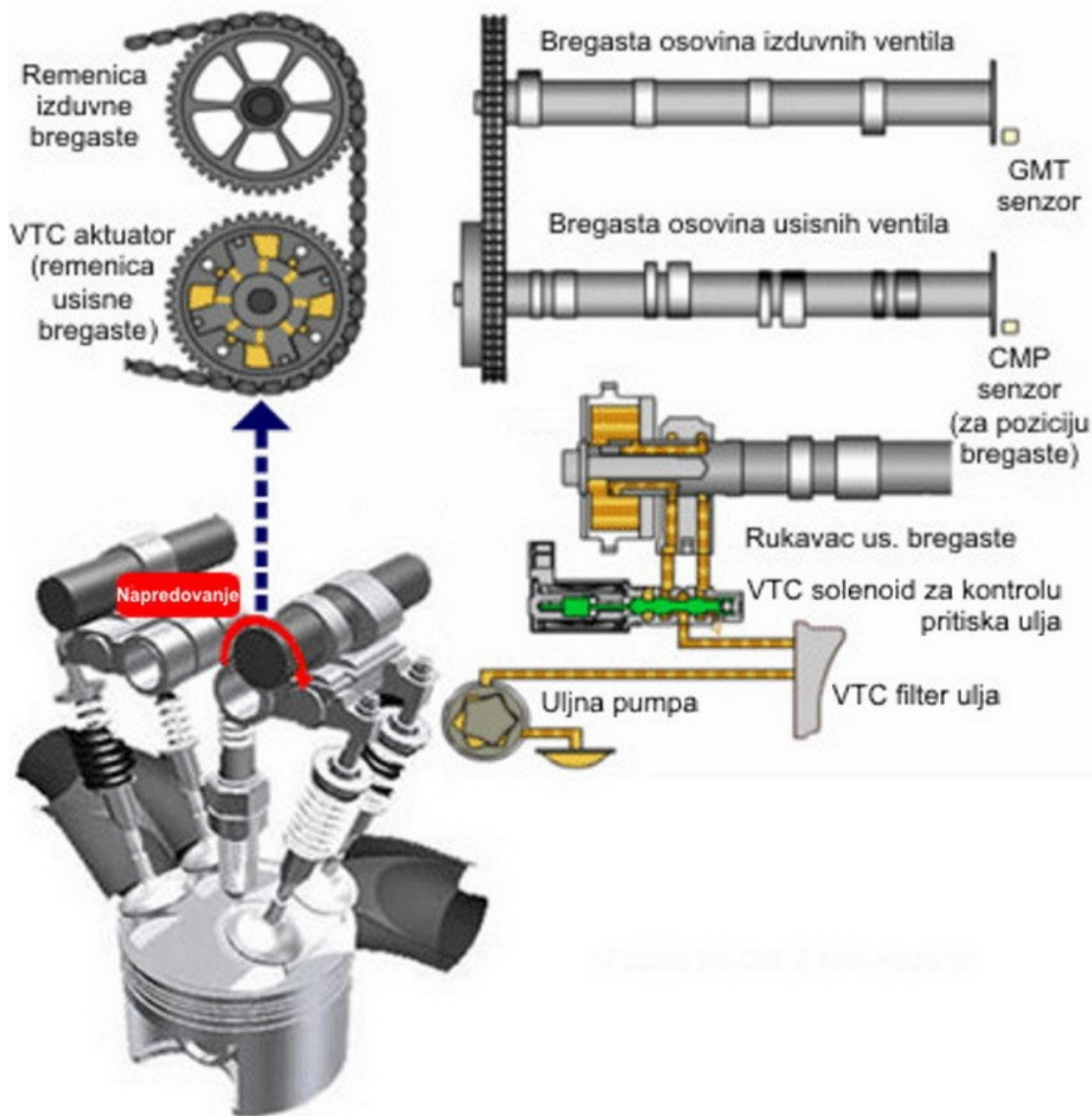
Слика испод илуструје принцип VTEC мотора са 3 фазе рада. Он је опремљен са два VTEC механизма која управљају клацкалицама уисних вентила. На ниским обртајима (испод 2500

о/мин) ниједан механизам није активиран, тј. мотор ради у 12В-моду (један усисни вентил се отвара док је други скоро затворен). Овај режим рада је најекономичнији што показује и потрошња од 3.3 л/100Км ако се вози при константној брзини од 60 Км/х. Ако се педала гаса јаче притисне или се пређе 2500 о/мин, VTEC механизам са горње стране се активира и то је почетак друге фазе. Сада оба вентила покреће брег који обезбеђује економичну вожњу али у 16В-моду што значи да мотор сада располаже са више снаге. Овде је уствари описан рад VTEC-E механизма. Када обртаји пређу 6000 о/мин, активира се и VTEC механизам са доње стране, тако да су оба усисна вентила сада покретана средњим, оштрим брегом. Мотор је ушао у трећу фазу, производи највише снаге али на уштрб економичности.



Слика 48. Приказ отварања вентила при различитим режимима рада мотора[8]

Много је иновација имплементирано, али је најзначајнија VTC (контрола времена отварања). Под овим називом се крије технологија рачунарски контролисаног покретача брегасте осовине који је у стању да додатно заокрене исту за угао од 50 степени независно од окретања радилице. Ово варирање угла брегасте у односу на радилицу се изводи коришћењем притиска уља који делује на покретач. Читав механизам се налази на крају брегасте усисних вентила.



Слика 49. Делови варијабилног система VTEC[8]

Док је код уобичајених мотора веза ременице и брегасте непосредна, код и-VTEC-а се као посредник у преношењу обртног кретања јавља зупчаник са косим зупцима. Главчина ременице која представља озубљени венац, и претходно поменути зупчаник чине заједно један унутрашњи зупчасти пар. Са друге стране, посредни зупчаник је ожљебљеним спојем везан за брегасту на такав начин да му је омогућено аксијално кретање у односу на исту. Притиском уља на посредни зупчаник, остварује се његово аксијално кретање али зато што је косим зупцима везан за ременицу, ово аксијално кретање се претвара у обртно померање брегасте за известан угао.

Варирањем притиска уља, којим управља рачунар, мења се и угао окретања брегасте, а све то доводи до промене величине преклапања вентила. Преклапање вентила (валве оверлап) је временски интервал када су усисни и издувни вентили отворени истовремено. Назадовањем брегасте (фаза рада када се усисни вентили раније затварају) смањује се величина преклапања вентила, за разлику од напредовања брегасте када се преклапање увећава.

Преклапање вентила игра веома важну улогу у раду мотора. Веома мало преклапање даје мотору углађен рад на леру и добар обртни момент при ниским обртајима, али онемогућава перформансе мотора у високим обртајима. Веома велико преклапање дозвољава "дисање" мотора на високим, али проузрокује груб рад на леру и слабе перформансе у ниским обртајима. Варирањем окретања брегасте, а самим тим и величине преклапања, Хондини и-VTEC агрегати имају изврсне перформансе у било ком режиму рада. Напоменимо још и да рад VTC система зависи од нивоа оптерећења мотора, а не само од броја обртаја.

Варијабилна величина подизања вентила је остварена преко две клацкалице за разлику од ранијих система VTEC-а који су користили три клацкалице. Са новим дизајном, само се један усисни вентил отвара на ниским обртајима што побољшава вртложење смеше у цилиндру и самим тим оптимизује сагоревање. На програмираном броју обртаја, као и код осталих варијанти VTEC-а, притисак уља се користи за "спајање" клацкалица и тада се оба вентила заједно отварају путем оштрог брега.

Најпознатија серија ових мотора је К-серија код које се могу приметити две варијанте и-VTEC система: економичан и спортски. Економична варијанта овог мотора има принцип рада какав је горе описан, тј. усисна брегаста има само два брега као и то да нема VTEC на издувној брегастој (слично као код SOHC VTEC-E). Спортска варијанта је заправо у основи иста као DOHC VTEC систем у Б16А, и усис и издув имају 3 брега по цилиндру.



Слика 50. Изглед главе мотора са системом VTEC[8]

Међутим ова варијанта има и два додатка код развода вентила у односу на B16A, а то су клацкалице са лежајем (роллер роцкерс) и поменути VTC на усису.

Међутим осим Хонде, Италијани су измислили и први пут применили VVT на путничком аутомобилу – Фиат током 60-тих и 70-тих на концепт-возилима, а Алфа Ромео почетком 1980. на серијским аутомобилима. Тада је и глобална ауто-индустрија постала заинтересована за овај систем, па је тако јапански Ниссан преузео иницијативу средином 80-тих. Популарни, спортски Ниссан 300ZX је крајем 1987. године постао први аутомобил са електронски контролисаним VVT системом. Направљен ради бољих перформанси, овај модел је био један од главних промотера VVT-а у широј јавности. Међутим, крајем ове деценије, Хонда долази до сличног, али еволутивнијег решења. То је био V-TEC, који се благо модификован и данас користи. Конкурентска компанија Тоуота почетком 90-тих креира једноставан VVT систем, са циљем да на најлакши и најјефтинији начин имплементира исти у сва серијска возила. Иако су касније готово сви велики светски произвођачи понудили неко своје решење на ову тему, Хонда (VTEC) и Тоуота (VVT) су остале запамцене као најефикаснији промотери ове технологије.

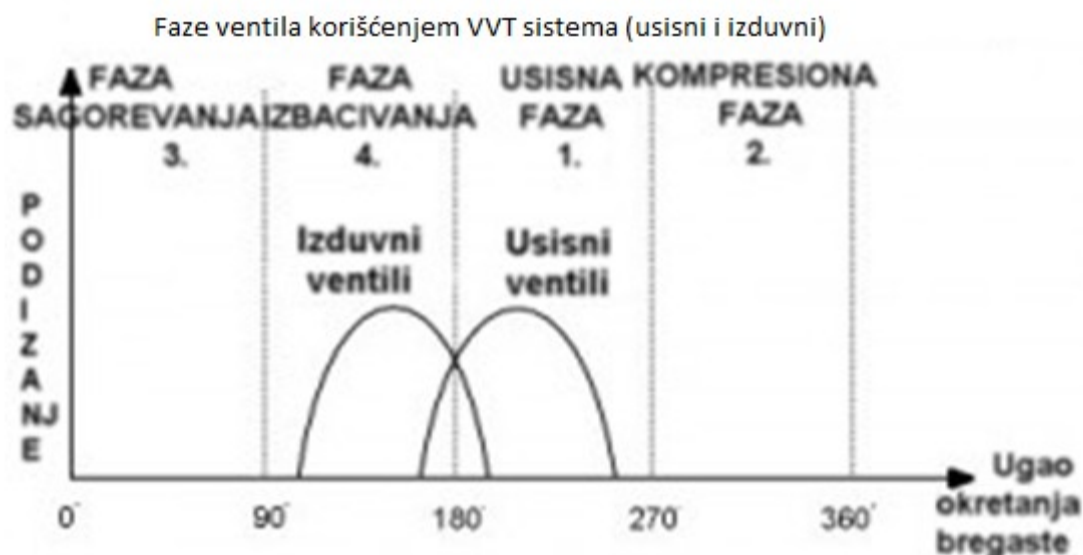


Слика 51. Дијаграм нормалне фазе развода[7]

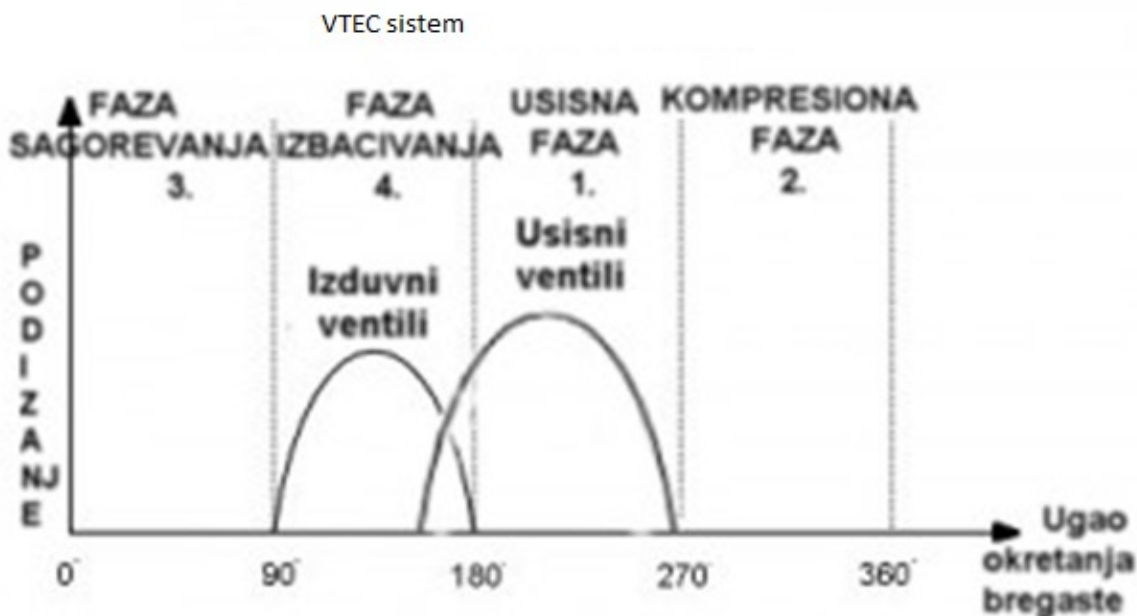
Нови светски стандарди о очувању околине, као и тежња купаца за што економичнијим аутомобилом доводи до серијске примене VVT-а. Поред наведеног, трећу димензију чине боље перформансе мотора, чиме су произвођачи и успели да изграде позитиван имиџ новог система. Можда на први поглед то не делује могуће, али то само показује колико је потенцијал Отто-вог циклуса заправо велики. Само објашњење функционисања се може извести поређењем нормалног, путничког аутомобила са спортским, тркачким. Између њих постоје бројне и значајне разлике, али основне су оне у погонском агрегату. Путнички аутомобили су прављени компромисно – рад мотора им је подешен на оптимум перформанси, потрошње и нивоа загађења околине. Код тркачких аутомобила компромиса нема, већ се све своди на што већу снагу мотора.

Произвођачи су ипак желели да део искуства са тркачких стаза пренесу на фабричке моделе, па тиме чак и да редукују потрошњу и емисију штетних гасова. Највећи проблем читаве приче јесте задржавање култивисане вожње у нижим и средњим, односно примена агресивног, тркачког подешавања само при вишим обртајима.

Ово је уједно и разлог зашто се VVT не може применити на дизел-агрегате, јер они раде на врло ограниченом броју обртаја. Основни принцип рада и сам циљ VVT-а је мењање тајминга отварања/затварања усисних, али и издувних вентила. Отто-ов циклус инкорпорира четири фазе рада. У нормалним околностима имамо врло правилно отварање и затварање свих вентила, које се прецизно може пренети на графикон по фазама. Ипак, ефикасније решење је мало померити тајминг отварања или затварања вентила напред или назад, чиме би потенцијално омогућили боље дисање мотора. Наиме, при нешто вишем режиму обртаја, померање вентила горе-доле постаје толико брзо да цилиндри не добијају довољну количину ваздуха за максимално ефикасан рад. Са VVT системом мотору се омогућава раније отварање усисних вентила и већа количина ваздуха у смеши. Поред бољих перформанси, овим се остварује и ефикасније сагоревање бензина, односно мања потрошња истог. Са друге стране, нешто раније затварање издувног вентила омогућава задржавање издувних гасова унутар цилиндра и у наредним циклусима. Како овај остатак не утиче на стварање експлозије јер је тај гас углавном незапаљив, његово задржавање се уствари резултује само смањеном емисијом штетних гасова кроз издувни систем (ауспух). Овај ефекат се остварује путем сложеног система који сачињава VVT.



Слика 52. Дијаграм фазе развода коришћењем система VVT

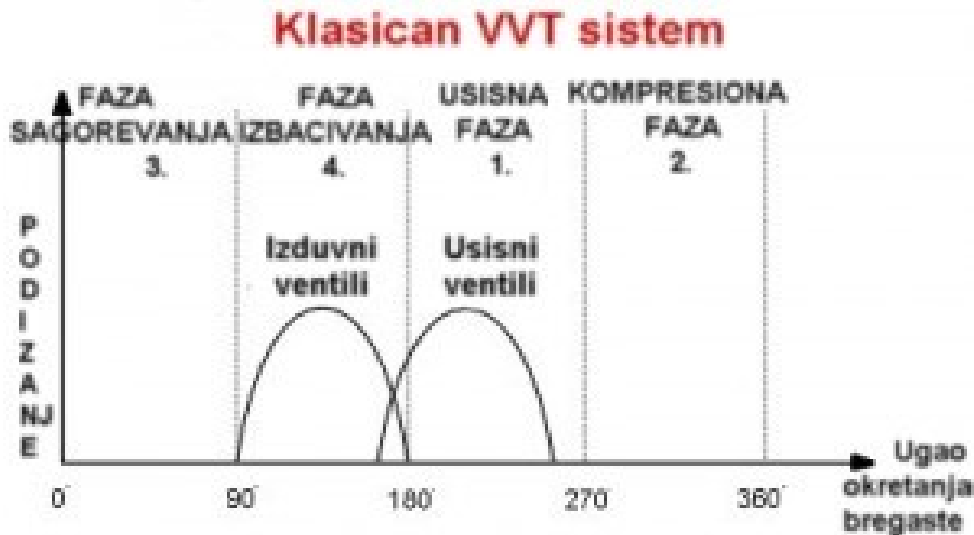


Слика 53. Дијаграм фазе развода коришћењем VTEC система[7]

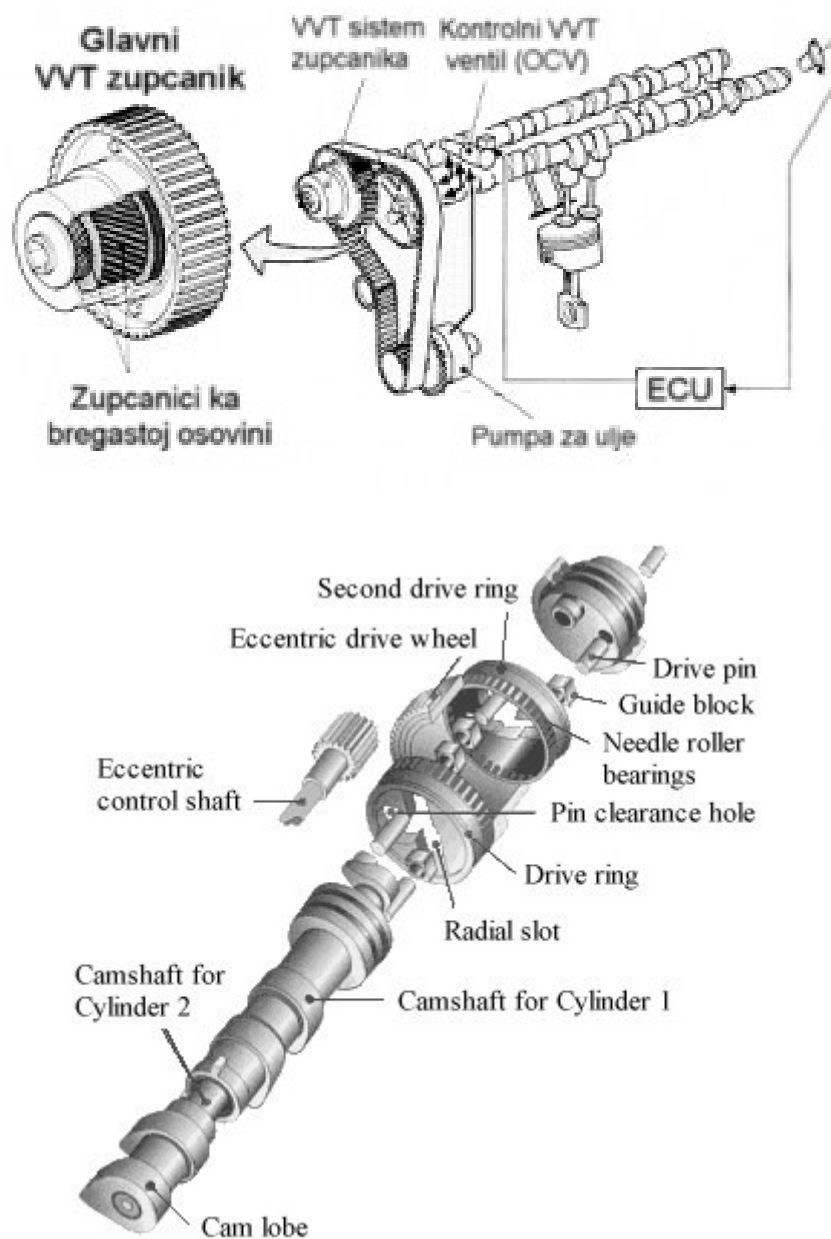
Хондин VTEC је практично имплементација VVT система у серијске аутомобиле. Код Хонде, примаран је био аспект бољих перформанси мотора. Класични бензински мотори се сматрају ефикасним када постигну излаз од приближно 85-90 коњских снага по литру запремине. Са VTEC системом се врло лако може прећи и граница од 100 КС/лит, па све до неких 120 КС/лит. колико постиже бриљантни 2,0 VTEC из спортског роудстера [Хонда С2000](#)! Овде се ради о атмосферским машинама, дакле без примене турбо-пуњача. VTEC постиже велике резултате на пољу перформанси, али његова сложеност и велика цена коштања му не иду у прилог. Принцип рада овог система се своди на повећање ефикасности рада мотора у вишим обртајима. Ово бензинском агрегату олакшава рад при брзом окретању, што је Хондиним инжењерима омогућило да подигну црвену област обртаја. Због тога Хонда С2000 може без проблема да се врти чак и до 9000 обртаја у минути. Сам VTEC систем се састоји из великог броја малих, активних делова и то изнад сваког од цилиндара. Овај систем је повезан са [главним компјутером аутомобила \(ECU\)](#), као и са притиском система дистрибуције уља у самом мотору. Модификована је и стандардна брегаста осовина, која сада садржи три уместо само једног брега који је задужен за померање вентила. Дакле, број ових брегова је утростручен, што само говори о сложености ове технологије. Та технологија се заснива на правовременом додатном подизању вентила. Право време за то јесте након 4-5000 обртаја, зависно од модела, када је потребна већа количина свежег ваздуха унутар мотора. Јасно да ако додатно подигнете вентил при раду, он дуже остаје отворен због већег времена које је потребно да би он дошао у амплитудан положај и да би се из истог вратио назад. Тако се практично омогућава улаз веће количине ваздуха, а самим тим и више снаге мотора када би, у нормалним околностима, кривуља обртног момента почела да опада. само на уисне вентиле, који су и пресудни за побољшање перформанси агрегата.

Када мотор достигне одговарајући (фабрички прописан) број обртаја, ECU возила активира мали вентил на сваком од VTEC јединица изнад цилиндара. Тај вентил пропушта притисак који ствара пумпа за уље мотора, који даље, унутар саме VTEC јединице, активира сложен систем који зауставља рад два до сада активна брега са брегасте. Тако се сада рад пребацује на унутрашњи брег, док спољашња два (укупно их је три) постају неактивни. Личицно, унутрашњи брег је испупченији од спољашњих, чиме се омогућује подизање вентила. Поређења ради, тркачки аутомобили поседују брегасту осовину која се састоји искључиво само од оваквих, већих брегова, што значи да Хондини мотори ефикасно комбинују рад класичног, економичног бензинца са спортским, који се јавља само након одређеног броја обртаја.

Одлука већег броја произвођача је да крену Тојотиним стопама. Њихов јефтинији и једноставнији VVT систем се показао одличним када је потребно смањити емисију штетних гасова, као и ограничити потрошњу бензина. Поред тога, добија се и на перформансама возила, али не у оноликој мери као код VTEC система. Базични VVT се своди на једноставно померање циклуса отварања вентила, у зависности од броја обртаја, или неког од других фактора. Дакле, нема подизања вентила и повећавања тог циклуса – само се мења тајминг њиховог отварања/затварања. На крају брегастог вратила се налази овај VVT систем, који путем неколико зупчаника регулише њену револуцију тако да се тајминг отварања помера мало напред или мало уназад. Како данашњи мотори са 16 вентила (неопходни да би аутомобил уопште поседовао овакву технологију) имају две брегасте осовине изнад главе мотора, активирање VVT-а на једној од осовина не утиче на рад друге и тако ствара варијабилни тајминг. Наравно, VVT се може налазити и на другој брегастој, али ови системи углавном не раде симултано. Код Хонде имамо сложен систем изнад сваког од цилиндра, а овде један, евентално два система који су уграђени на брегастој осовини, чиме се одједном регулише рад свих цилиндара.



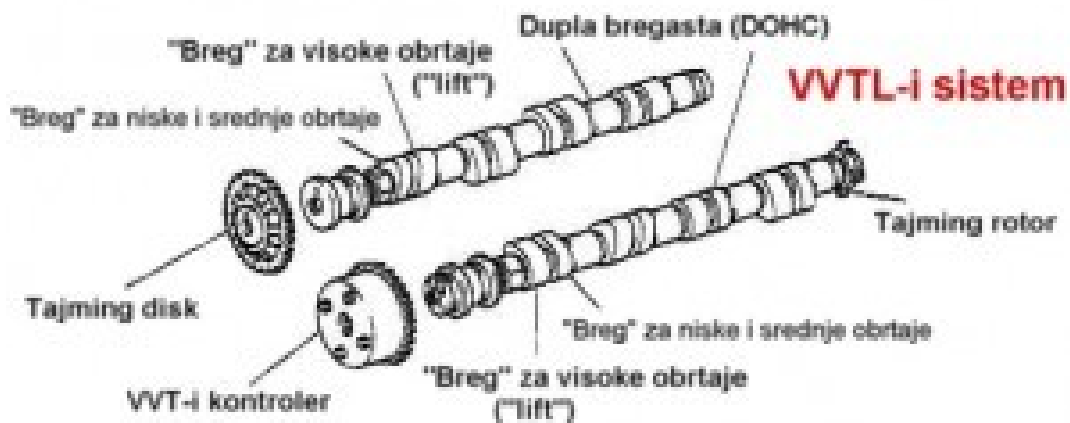
Слика 54. Дијаграм фазе развода коришћењем класично VVT система[7]



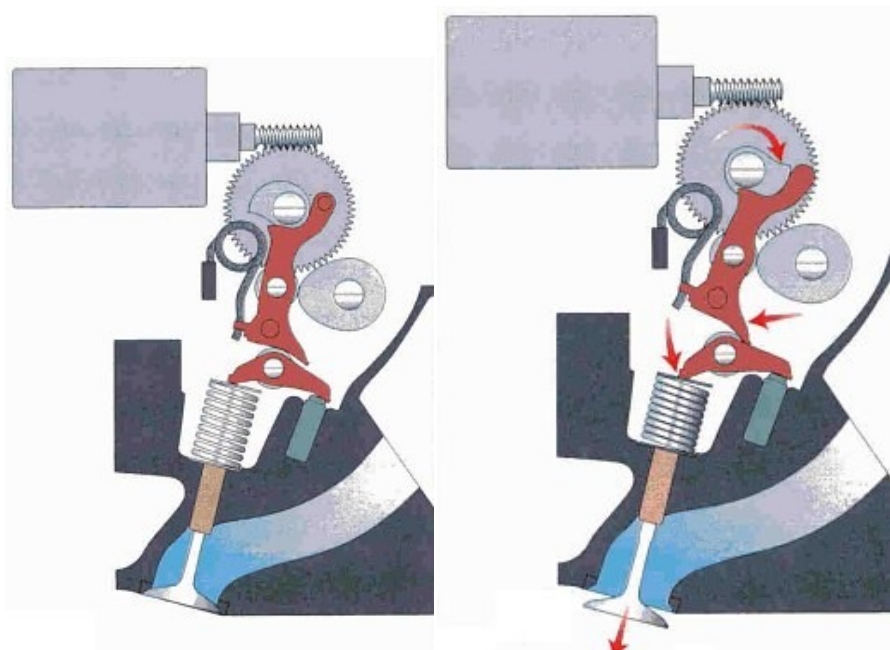
Слика 55. Делови система VVT[8]

Тоуота у другој половини деведесетих година представља своју другу генерацију VVT агрегата. Тада ова скраћеница добија једно мало >i<, што је скраћено од >inteligente<. VVT-i системи, за разлику од претходних, инкорпорирају много више фактора за варијабилно померање вентила. Поред броја обртаја, то сад може бити оптерећење мотора, брзина у којој се трансмисија налази, да ли се крећете узбрдо или низбрдо итд. Тоуота Јарис је био први аутомобил са VVT-i бензинским агрегатом. Из 1000 ccm и 68 ks је извлачио сасвим солидне перформансе уз, до тада невиђену штедљивост и флексибилност рада. Касније су сви бензинци добили VVT-i, што због конкретног побољшања, што због потреба за Еуро-3 стандардом о загађивању околине. Све до појаве треће генерације ових Тојотиних агрегата, Хондине варијанте су биле познатије и признатије, просто зато што се промена у вожњи код њих лакше уочавала.

Комбинацијом Тојотиног и Хондиног система дошло се до нове конструкције варијабилног система под називом VVTL-и (променљиво време и ход вентила), овај агрегат је добио сјајне возне карактеристике и у нижим режимима обртаја. Поред тога, у нижем режиму је имао и сјајну економичност. Максималан излаз ове машине је 192 кс, без турбо-компресора. По званичним подацима, максимални обртни моменат је остварив при веома високих 6000 обртаја, али овај податак скрива чињеницу колико је ова крива обртног момента уствари равна. Сличан број Њутн-метара (око 190) ћете имати и око 3-4000, али и око 7000 обртаја. Као и код Хонде и у овом случају је карактеристичан ход вентила при 6000 обртаја, када се овај агрегат претвара у праву спортски. Када дође до промене степена преноса, Тојотин VVTL-и тада задаје финални ударац и до 8000+ обртаја константно испоручује снагу. Изглед овог система се базира на истој логици као и VTEC, али се ипак остварује на специфичан начин. Уместо три брега, на брегастој осовини постоје само два брега, физички одвојени један од другог. Принцип померања и елиминисања једног од брега се такође остварује путем притиска са пумпе за уље, али на другачији, ништа мање сложен начин. Поред свега тога, VVTL-и поседује и стандардни VVT систем на крајевима брегасте, што додатно компликује функционисање читавог агрегата.

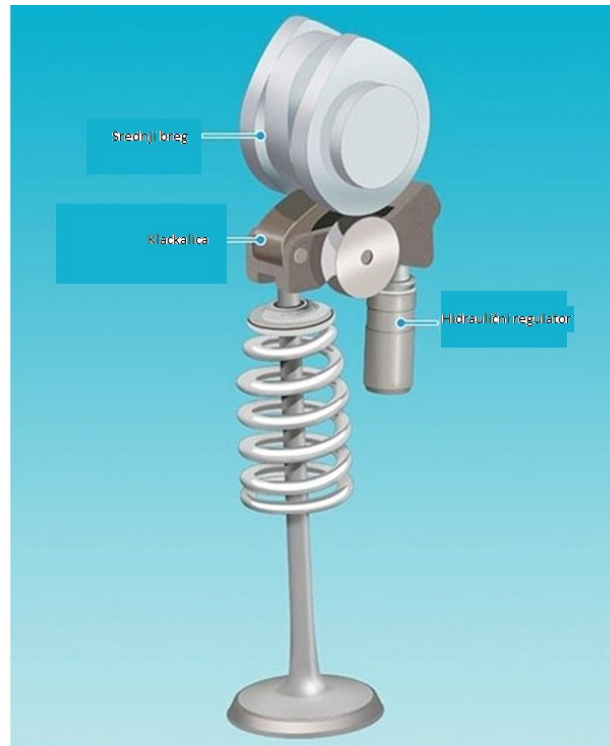


Слика 56. Делови система VVTL-i[8]

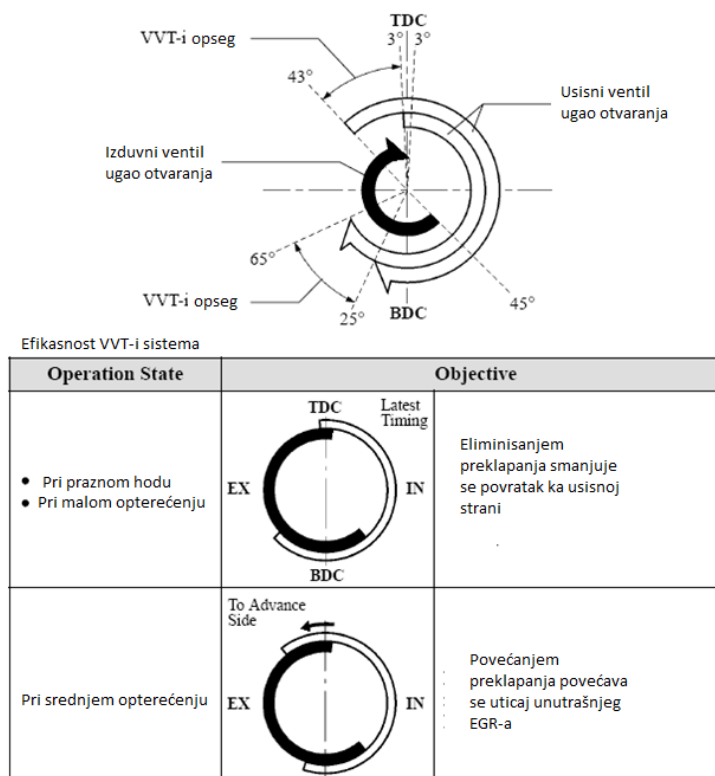


Слика 57. Пресек главе која поседује варијабилни систем отварања вентила[7]

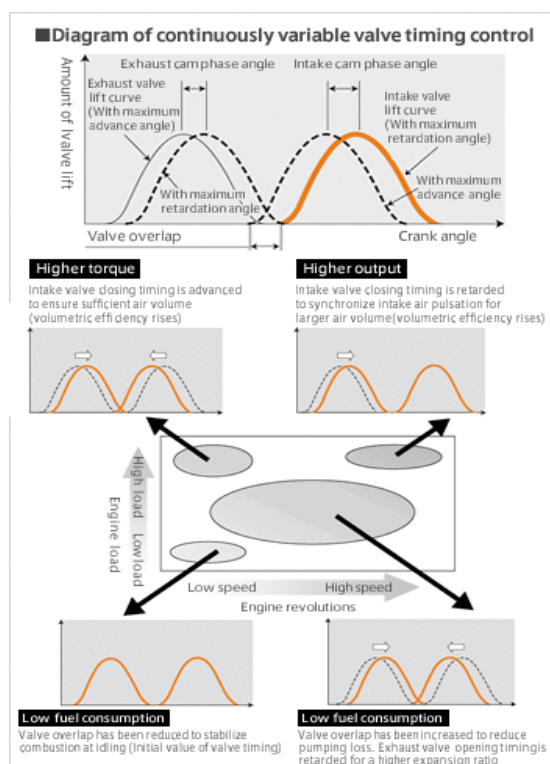
Сада, VVT агрегате можемо поделити у три групе: Системи који се базирају на подизању вентила (VTEC), системи који се базирају на промени тајминга отварања/затварања вентила (BBT-и) и системи који инкорпорирају и једно и друго (VVTL-и). Данас су готово сви важнији произвођачи прихватили неки од ових система, било лиценчно, било саморазвојно. У сваком случају, сви се они свде на исте циљеве и сличне начине функционисања.



Слика 58, Систем за варијабилно отварање вентила са својим компонентама[7]



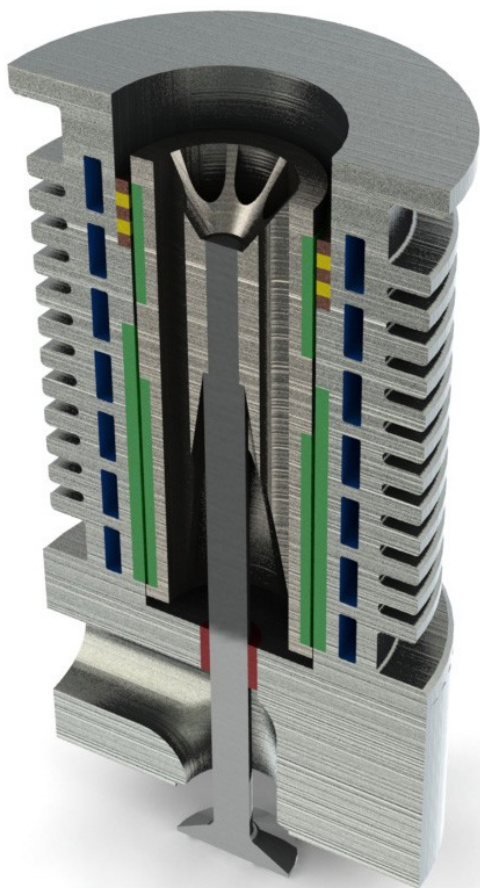
Слика 59. Приказане шеме развода при различитим оптерећењима и режимима рада мотора[7]



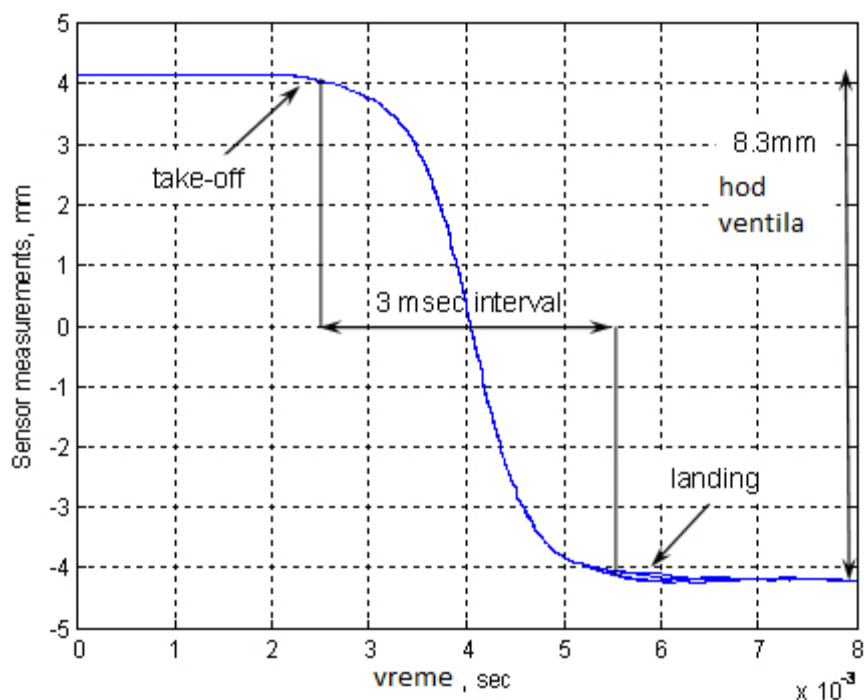
Слика 60. Оптималне шеме развода за добијање одређених карактеристика мотора[7]

5.2. Конструкција електромагнетног система за отварање и затварање вентила

Осим ових система разводних механизма, постоје и системи код којих је избачено брегасто вратило, а уместо њега се за отварање вентила користе електро магнети, који отварају у датом тренутку вентиле. Код брегастог вратила за промену шеме развода потребно је правити одговарајуће сложене системе док се код система са електро магнетима шема развода мења компјутерски преко електромагнета који има улогу да отвара вентиле. Још једна предност овог система је што се вентил може отворити моментално у максимални положај али и у неки други у зависности од броја обртаја и оптерећења мотора, док се код мотора са брегастим вратилом отвара постепено при деловању брега са брегастог вратила а крива отварања зависи од облика и профила брега.



Слика 61. Пресек електро магнета који се користи за отварање вентила[8]



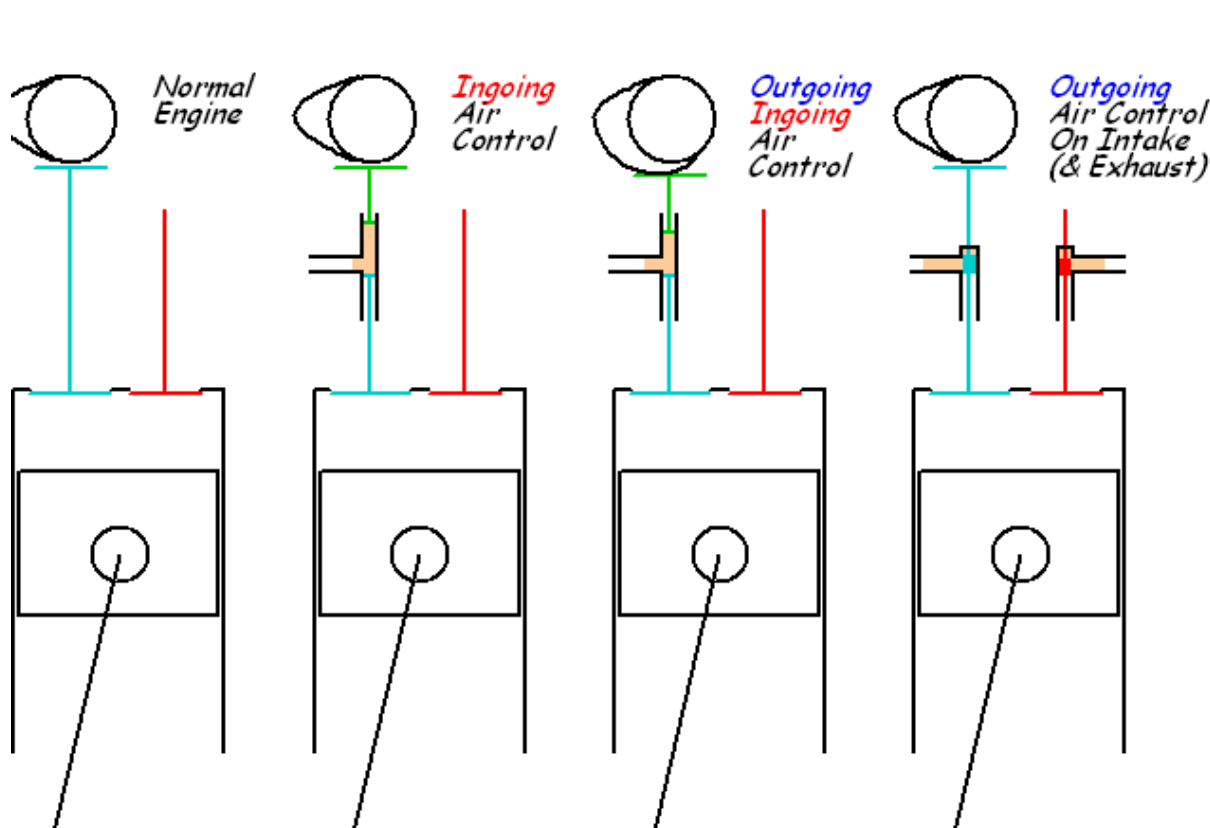
Слика 62. Дијаграм отварања вентила код система са електро магнетима без брегастог вратила[8]

Дијаграм приказују потребно време да се вентил максимално отвори и његов ход. Све ово контролише управљачка јединица па је самим тим и ход вентила променљив. Овакви системи се називају потпуно варијабилни системи јер се електронским путем шема развода потпуно контролише и мења. Са овим системом је могуће контролисати мотор у свим режимима рада јер се постиже правовремена измена радне материје у свим режимима рада.

Проблем код оваквог система могу представљати актуатори и компоненте код којих при свом раду може доћи до одређеног кашњења а самим тим и до одступања од електронски задате регулације, због тога се треба радити на усавршавању актуатора овог вида контролисања отварања вентила.

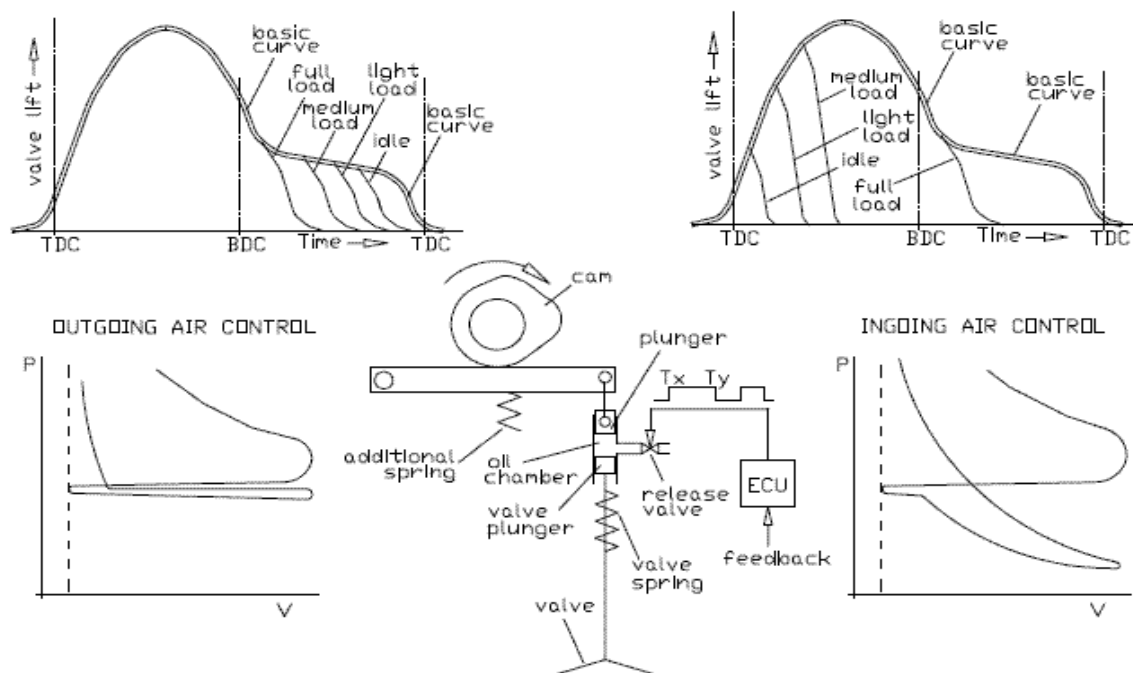
5.3. Фиатов систем контроле отварања и затварања вентила MultiAir

Нова генерација фиатових бензинских мотора представља моторе који су значајно унапређени по питању ефикасности (више снаге, мања потрошња и смањена емисија штетних гасова). Фиатов систем за контролу отварања и затварања усисних вентила је заслужан за то.



Слика 63. Упоредна слика обичног мотора са Фиатовим новим системом[9]

На слици 63 је приказана слика мотора са класичним системо за контролу отварања и затварања вентила као и Фиатов MultiAir систем. Као што се може видети код фиатовог система је могуће вршити контролу тренутка отварања и затварања вентила, као и његов ход и време отворености док је код класичног система то регулисано профилем брега на брегастом вратилу и не може се мењати у току рада мотора.



Слика 64. Дијаграми који описују рад Фиатовог система MultiAir[9]

На дијаграму 64 је описан рад система MultiAir за различита оптерећења мотора као и за различит број обртаја мотора. Као што се може видети најмања отвореност вентила је на празном ходу мотора док је највећа при максималном броју обртаја.

Нова серија мотора коју је фиат лансирао требало би знатно да смањи потрошњу горива коришћењем нових система контроле отварања вентила.



Слика 65. Пресек главе са компонентама система MultiAir[9]

Овај систем омогућује велику снагу и обртни момент, а смањује емисију штетних издувних гасова и до 60%. Овај систем је уграђен на двоцилиндрични фиатов мотор за који тврде да је револуционарног дизајна, и за који тврде да смањује потрошњу горива као и емисију штетних издувних гасова користећи контролу усисаног ваздуха током процеса сагоревања. Смањење са цетри на два цилиндра знатно смањује тежину мотора. Овај систем је јединствен и користи комбинацију електронике и хидраулике која служи за отварање вентила. У зависности од потребне снаге у датом тренутку систем сам одређује колико је потребно отворити вентил а самим тим регулише и снагу мотора.

Овај систем омогућује повећање снаге мотора до 10% у већим бројевима обртаја и повећање од 15% у нижим бројевима обртаја, као и смањену потрошњу горива сто директно утиче и на смањење штетни издувних гасова.



Слика 66. Актуатори система MultiAir[9]



Слика67. Пресек главе мотора са актуаторима и системом MultiAir[9]

Код оваквог система лептир гаса није потребан јер његову улогу преузима сам вентил који се контролише преко одговарајућих електронских и хидрауличних система.

6. Критички приказ оптималног система са променљивом шемом развода

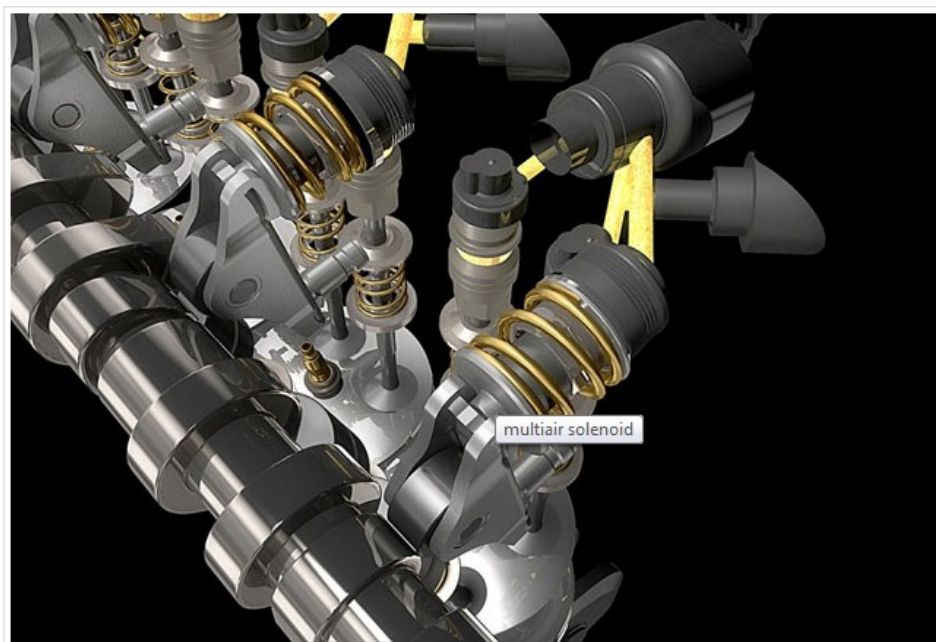
Узимајући у обзир до сада поменуте конструкције система за променљиво отварање и затварање вентила може се закључити да је оптимално решење коришћење Фиатовог система MultiAir који представља и будућност даљег развоја мотора СУС.

Овим системом мотор добија више снаге а емисија CO₂ се смањује за 10-25% док се емисија осталих штетних материја смањује и до 60%. Осим смањења емисије штетних материја овим системом се добија повећање снаге за око 10 %.

Систем MultiAir захваљујући специјалном програму ранијег затварања усисног вентила обезбеђује максимално искоришћење ваздуха у цилиндрима што повећава искоришћење обртног момента у ниским бројевима обртаја. Ако се упореде класични мотори исте запремине са турбо пуњачима као и мотори са MultiAir технологијом, видеће се да мотори са MultiAir системом имају и до 25% мању потрошњу него класични мотори. Систем MultiAir користи посебне програме контроле рада вентила и рецикулације гасова док је мотор хладан, који се реализују поновним отварањем усисних вентила током издувне фазе рада мотора. Резултат је смањење штетних емисија од 40% за несагорели хидрокарбон и карбон диоксид (HC/CO), па до 60% смањења емисије нитрогена (NO_x).

За разлику од других конструкција MultiAir технологија може бити примењена на било који мотор са унутрашњим сагоревањем без обзира на погонско гориво. Ова технологија може бити примењена и на дизел моторе како би се смањила штетна емисија NO_x, као и да учини филтере дизел честица још ефикаснијим.

Систем MultiAir врши потпуну контролу отварања и затварања усисних вентила па се тиме практично управља радом мотора, чиме се добија оптималан рад мотора у широком дијапазону рада.



Слика 68. Актуатори код система MultiAir са својом хидрауликом[9]

Уколико се жели максимална снага мотора, соленоид је отворен, а максимално отварање усисног вентила се постиже помоћу брегасте осовине, која је посебно пројектована да омогући максималну снагу при високим обртајима.



Слика 69. Дијапазон рада MultiAir система при различитим обртајима мотора[9]

На ниским обртајима соленоид се отвара на ободима профила брегасте, како би се омогућило кратко отварање усисног вентила што спречава повратно струјање ваздуха из цилиндара и максимизује количину ваздуха у цилиндрима.

Приликом делимично оптерећеног мотора соленоид се рано отвара тако да је усисни вентил само делимично отворен, чиме се контролише количина ваздуха у зависности колико је обртног момента у датом моменту потребно.

Као и код сваког новог система, прва генерација никада не искоришћава све могућности у потпуности. Унапређење система MultiAir обухватиће интеграцију MultiAir контроле протока ваздуха са директним убризгавањем бензина како би се додатно унапредила брзина реакције мотора на команде и повећала економичност.

Увођењем још комплекснијих програма контроле отварања усисних вентила, како би се додатно смањиле штетне емисије. Побољшано усаглашавање MultiAir система са турбо пуњачима, како би се у потпуности искористиле специфичности турбо мотора.

7. Правци даљег развоја у овој области

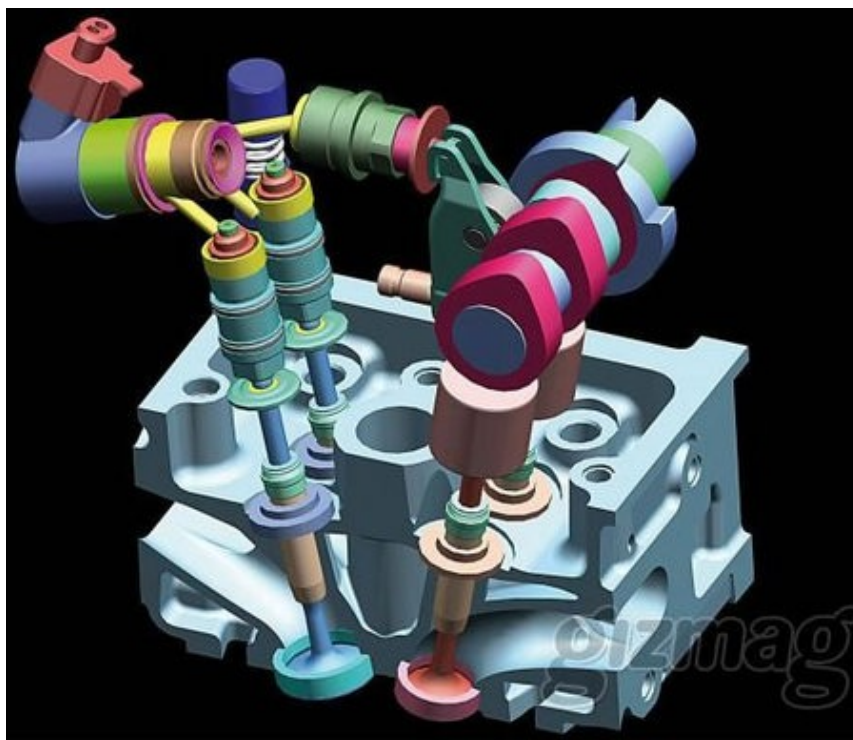
Мотори са унутрашњим сагоревањем ће се користити и у будућности па ће се наставити и са усавршавањем свих ових система и наставити ка тежњи да се емитовање штетних издувних гасова сведе на што мању меру.

Усавршавање VVA технологије се наставља. Циљ је да се у будућности смањи емисија издувних гасова а повећа снага мотора. Ови системи омогућују бољу искоришћеност EGR система и ранијим затварањем издувног вентила задржавају део продуката сагоревања у цилиндар како би учествовали у поновном процесу сагоревања тако да на тај начин смањују емисију издувних гасова.

EGR вентил омогућава да се део издувних гасова врати у уласни део мотора где ће поново ући у цилиндар и учествовати у образовању смеше и сагоревању, на тај начин се такође смањује емисија штетних издувних гасова. Коришћењем овог система имаћемо већу рецикулацију тих гасова.

Фиатов систем Мултиаир се показао као добар у сваком радном опсегу мотора који осим повећања снаге мотора врши и знатно смањење емисије штетних издувних гасова. Овим системом је побољшана и рецикулација издувних гасова па сам мотор мање загађује животну средину.

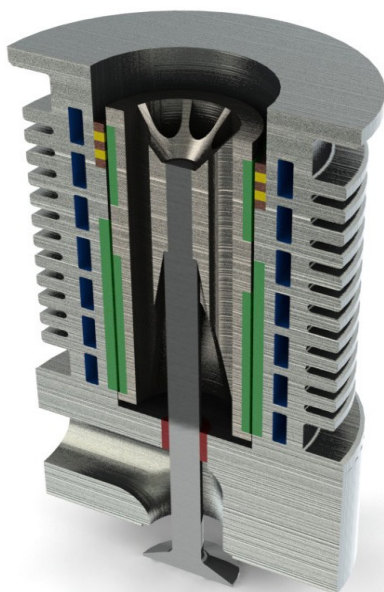
Будућност ових система представљаће системи који избацују одређене компоненте на мотору које су код претходних мотора биле неопходне да би рад мотора уопште био могућ. Неке од тих компоненти су брегасто вратило мотора и лептира за гас.



Слика 72. Пресек главе фиатовог MultiAir система[9]

Собзиром да Фиатов MultiAir систем не поседује брегасто вратило на усисним вентилима већ његову улогу преузимају хидраулично-електронски актуатори, даљи развој система би представљао избацивање брегастог вратила на издувним вентилима. На тај начин би се добила потпуно варијабилна шема развода која би се контролисала у свим режимима рада мотора.

Конструкције разводних механизма без брегастог вратила већ постоје, то су системи са електромагнетима где електромагнет служи као актуатор који отвара вентиле у задатом тренутку и приказан је на следећој слици.



Слика 73. Електро магнет за отварање вентила[8]

Системи за променљиву шему развода код које се користе електромагнети спадају у потпуно варијабилне системе јер се тренутак и ход отварања вентила контролише електронским путем, тако да за сваки режим рада мотора можемо задати жељени тренутак и ход отварања вентила. Собзиром да код ових система актуатори могу представљати проблем због извесног кашњења одзива и сигнала у будућности ће се радити на њиховом усавршавању и унапређењу па ће на моторима наћи већу примену.

Због даљег развоја варијабилних система и увођења нових циклуса као што су Аткинсонов и Милеров у даљим развојем ових система доћи ће до све веће њихове примене јер ће у комбинацији са хибридном поγοном чинити даљу будућност мотора са унутрашњим сагоревањем а све у циљу смањења емисије штетних издувних гасова.

8. Закључци

Задатак разводног механизма јесте да обезбеди правовремено отварање и затварање уисних и издувних вентила како би се обезбедило што потпунија и квалитетнија измена радне материје, пражњење од продуката сагоревања, као и пуњење свежом радном материјом.

Код четворотактних мотора разводни органи су искључиво вентили мада је било конструкција мотора код којих се развод вршио помоћу ротационих разводника или покретљиве цилиндарске кошуљице.

Код двотактних мотора се примењује шиберски развод вентила, а улогу шибера најчешће игра сам клип или комбиновани шиберско – вентилски систем развода.

Системи развода са променљивом шемом развода представљају будућност савремених мотора. Са овим системима је могуће контролисати рад мотора у различитим режимима рада као и довести до смањења штетних емисија издувних гасова и смањити загађење околине. Овим системима конторлишемо отварање и затварање вентила па нам то омогућава боље искоришћење EGR система и бољу рецикулацију издувних гасова што додатно и знатно смањује загађење околине.

Будућност ових система представља фиатов систем, који осим смањења штетних издувних гасова и потрошње горива избацује и одређене системе без којих претходне изведбе мотора са променљивом шемом развода нису могле да раде, а то је лептир гаса. Код овог система улогу лептира за гас преузима сам актуатор уисног вентила који је хидраулично-електронски и контролише га централна јединица. Актуатор у току циклуса може да изврши вишеделно отварање и затварање уисног вентила и на тај начин врши симулацију лептира за гас.

Употреба Аткинсоновог и Милеровог циклуса ће наћи већу примену код мотора јер ће се коришћењем хибридног погона и система за променљиво отварање и затварање вентила обављати несметана реализација ових циклуса.

Сваки од поменутих система има своје предности и мане тако да ће се у будућности радити на њиховом усавршавању и отклањању, што ће довести до максималног искоришћења мотора, првенствено повећања снаге, смањења емисије штетних издувних гасова и потрошње горива.

9. Литература

- [1] Д. Радоњић, Р. Пешић, Топлотни прорачун мотора СУС, Машински факултет у Крагујевцу 1996., књига од 171 страна
- [2] Д. Радоњић, Могућност моделирања струјних процеса у моторима са унутрашњим сагоревањем, Југословенски конгрес теоријске и примењене механике, Крагујевац, 1993.
- [3] Р. Јанков, Мотори унутрашњег сагоревања - термодинамика и гасодинамика мотора, Машински факултет у Крагујевцу, 1972.
- [4] Р. Пешић, С. Петковић, С. Веиновић- ОПРЕМА МВМ, Бања Лука- Крагујевац, 2008.
- [5] З. Филипи, Компјутерска симулација радног циклуса турбопуњеног ОТО мотора, Докторска дисертација, Машински факултет у Београду, 1992.
- [6] Pradeep Gillella, Zongxuan Sun, Modeling and Control Design of a Cambless Valve Actuating System, American ControlConference, Hyatt Regency Riverfront, St. Louis, MO, USA, June, 10-12.2009, no.2696- 2701.
- [7] Ronald J. Pierik, James F. Burkhard, Design and Development of a Mechanical Variable Valve Actuating System, SAE 2000 World Congress Detroit, Michigan, 6-9.3.2000.
- [8] Paolo Ferreri, Fiat Variable Valve Actuating System Modelling and Integration, Frankfurt am Maint, October, 20th.
- [9] Yang Wang, Anna Stefanopoulou, Roy Smith, Inherent limitations and control design for camless engine idle speed dynamics, University of California, Santa Barbara, USA, 2011.

