

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу

Никола Р. Радојичић

**САВРЕМЕНИ СИСТЕМИ ПАЉЕЊА СМЕШЕ
КОД ОТО МОТОРА**

Завршни рад

Крагујевац, 2020.

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Моторна возила и мотори

Предмет: Опрема МВМ

Број индекса: 35/2016

Никола Р. Радојичић

САВРЕМЕНИ СИСТЕМИ ПАЉЕЊА СМЕШЕ

КОД ОТО МОТОРА

Завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Др Радивоје Пешић, проф. - ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да

Опише и анализира:

- Анализа утицаја система паљења смеше ото мотора на штетне емисије издувних гасова, потрошње горива и буке,
- Развој и поделе система паљења смеше ото мотора
- Детаљан опис савременог система за паљење смеше ото мотора и свих његових делова, као и начини ОБД дијагностике и
- Перспективе и трендове развоја система паљења смеше ото мотора

Препоручена литература:

- [1] Пешић Р., Петковић С., И Веиновић С.: Моторна возила – Опрема, Машински факултет у Крагујевцу и Бања Луци, 2008.
- [2] А. Давинић, Р. Пешић: Погонски системи у транспорту, Факултет инжењерских наука Универзитет у Крагујевцу, Крагујевац, 2018.

У Крагујевцу, 2020.

Ментор:

Др Радивоје Пешић, проф.



Универзитет у Крагујевцу
Факултет инжењерских наука



Основне студије: **Машинско инжењерство**

Студијско подручје (усмерење): **Моторна возила у мотори**

Име и презиме: **Никола Р. Радојичић**

Број индекса: **35/2016**

Предмет: **Опрема МВМ**

ПРИЈАВА ЗАВРШНОГ РАДА

Тема рада: **САВРЕМЕНИ СИСТЕМИ ПАЉЕЊА СМЕШЕ КОД ОТО МОТОРА**

Задатак: У оквиру завршног рада кандидат треба да опише и анализира:

- Анализа утицаја система паљења смеше ото мотора на штетне емисије издувних гасова, потрошње горива и буке,
- Развој и поделе система паљења смеше ото мотора
- Детаљан опис савременог система за паљење смеше ото мотора и свих његових делова, као и начини ОБД дијагностике и
- Перспективе и трендове развоја система паљења смеше ото мотора

Ментор:

др Радивоје Пешић, редовни професор

Крагујевац, 27.08.2020.

Summary

This final paper will describe in detail the otto engine as well as its working principle. One part of the paper is dedicated to harmful gases, ie. emissions, fuel consumption and noise generated by these systems. At the very beginning of the work, introductory remarks were given as well as the historical development of the engine, how it looked and worked in the past and how it works and looks today. The following paper describes in detail the principle of operation of the engine, all cycles and processes from supply, injection, ignition of the mixture to combustion and the final cycle. One part of the paper is based only on ecology, on indicators of ecological and energy efficiency, European norms, etc. In addition to environmental and energy efficiency, the air purification system is described in detail. The central part of the work is based on the types and methods of ignition of the mixture in otto engines, the development of these systems and different ways of execution and construction. At the very end of the paper, modern systems for ignition of the mixture in otto engines are described in detail, some of the construction designs are pictorially presented, but also possible tendencies and perspectives of development are described.

Keywords: *Otto engine, a modern system for starting a mixture of otto engines*

Резиме

У оквиру овог завршног рада детаљно ће се описати ото мотор као и његов принцип рада. Један део рада је посвећен штетним гасовима тј. емисији штетних издувних гасова, потрошње горива као и буке коју системи паљења смеше стварају. На самом почетку рада дате су уводне напомене као и историјски развој ото мотора, како је изгледао и радио некада а како ради и изгледа данас. У даљем раду детаљно се описује принцип рада мотора, сви циклуси и процеси од довода, убрризгавања, запаљења смеше до сагоревања и крајњег циклуса. Један део рада је базиран само на екологији, на показатељима еколошке и енергетске ефикасности, европским нормама и тсл. Поред еколошке и енергетске ефикасности детаљно је описан и систем за пречишћавање ваздуха. Средишњи део рада се базира на врстама и начинима паљења смеше код ото мотора, развојем тих система и различитим начинима извођења и конструкција. Један део ће се базирати на ОБД дијагностици и на њеној самој употреби а и опцијама исте. На самом крају рада детаљно се описују савремени системи за паљење смеше код ото мотора, сликовито се приказују неке од конструкционих изведби али се описују и могуће тенденције и перспективе развоја.

Кључне речи: *Ото мотор, савремени систем за паљење смеше ото мотора*

Садржај

1. УВОД.....	7
2. ИСТОРИЈСКИ РАЗВОЈ ОТО МОТОРА.....	10
3. ПРИНЦИП РАДА ОТО МОТОРА	12
3.1 Принцип рада четворотактних ото мотора	13
4. ПОКАЗАТЕЉИ ЕКОЛОШКЕ И ЕНЕРГЕТСКЕ ЕФИКАСНОСТИ	17
4.1 Емисија са издувним гасовима	18
4.2 Емисија испарења из возила.....	20
4.3 Удео емисије возила у укупном загађењу	21
4.4 Бука и вибрације.....	22
5. СИСТЕМ ЗА ПАЉЕЊЕ СМЕШЕ ОТО МОТОРА	24
5.1 Конвенционални систем паљења.....	24
5.2 Транзисторско паљење	26
5.3 Транзисторско паљење са Холовим давачем	27
5.4 Електронско паљење.....	29
6. СИСТЕМИ ПАЉЕЊА	31
6.1 Основне напомене	31
6.2 Батеријски системи паљења	32
6.3 Магнетни - индукциони системи паљења.....	34
6.4 Моменат паљења и свећице	34
6.5 Спрегнути системи за паљење смеше и за напајање горивом ото мотора	37
7. ОБД ДИЈАГНОСТИКА	411
8. САВРЕМЕНИ СИСТЕМИ ПАЉЕЊА, ПЕРСПЕКТИВЕ И ТРЕНДОВИ РАЗВОЈА... 56	
9. ЗАКЉУЧАК.....	70
10. ЛИТЕРАТУРА.....	711

1. УВОД

Погонски систем (*powertrain* или *power-plant*) савременог аутомобила састоји се од мотора (са издвним системом), трансмисије, погонских вратила, огибљења и точкова. У моторном возилу, појам погон или погонски система у општем случају подразумева главне компоненте које: стварају снагу и испоручују је на површину пута, воду или ваздух. Ово укључује мотор, трансмисију, погонска вратила, диференцијале и крајње погонске елементе (погонски точкови, „гусенице“ као код војних возила и грађевинских машина или пропелер-елиса код авиона, бродова, чамаца итд.). Код хибридних погона батерија, електромотор и контролни системи се такође укључују у елементе погонског система [1, 2].

Систем за пренос погона (*driveline* или *drivetrain*) моторног возила састоји се од свих осталих делова погонског система искључујући мотор. То је део возила, после мотора, чија конструкција зависи од тога да ли је возило са погоном на предњим точковима, задњим точковима или са погоном на сва четири точка, или на шест, или осам точкова. Одвојена дефиниција система за пренос снаге довела је до тога да се у стручној пракси под погонским системом најчешће подразумева само мотор са својим системима. Надаље, у овом уџбенику, под погонским системом подразумеваће се само мотор и његови системи [1, 2].

Људи не смеју пркосити природи већ морају учити од ње и радити тако да сваком својом активношћу помажу природи у њеном саморегулационом деловању. Поред тога људи морају да пронађу начине да корисно употребе макропратиоце трансформације енергије (електрични потенцијал из громава, топлота из вулкана, гас и нафта из труљења био маса итд.) које покреће сама природа, јер тако смањују потребу за ангажовањем примарних облика енергија. Такав укупни однос људи према природи називамо интелигентно понашање људи. За стварање укупне количине нафте, испод површине Земље, било је потребно више од 200 милиона година. Људи су половину тих резерви успели да потроше за само 200 година. Уколико се настави са садашњим темпом потрошње, преостале резерве биће потрошене у наредних 50 година. Због тога се постојеће количине нафте морају рационално искористити у уређајима са повећаним степенима корисности и смањеним негативним дејствима на околину. Тиме ће инжењери добити времена да развију нове уређаје за трансформацију енергије у којима су енергенти алтернативна горива пријатељски оријентисана према околини [1, 2].

Мотори са страним извором паљења - ото мотори - имају историју дужу од једног века. Захваљујући малом габариту, умереној тежини и конструктивној једноставности потпуно су освојили путничка возила. Задатак система паљења је да произведе електричну варницу високе енергије између електрода свећице. Јак електрични шок (до 20 kV и 0,003 J) има задатак да активира смешу и створи стабилно жариште првог паљења у цилиндру. Мотор не може да пали (*релативно богату смешу*) ако је напон на секундару нижи од 7.000 V; код хладног мотора напон мора бити око 16.000 V, а код загрејаног мотора између 10 и 15 kV. Данас је у употреби већи број различитих система за паљење, који се, иако обављају исте функције, међусобно разликују по конструктивним карактеристикама [1, 2].

Према извору електричне енергије која се користи за стварање варнице на свећици, разликују се две врсте инсталација [1, 2]:

- батеријско паљење, код кога је извор енергије која се трансформише у варницу акумулатор (батерија),
- магнетно паљење, где се енергија индукује у „магнету“. Ови системи не захтевају никакав додатни извор енергије. Користе се тамо где је тешко поставити акумулатор (батерију). То су: мотоцикли, мали мотори за чамце, мотори мањих радних машина итд.

Савременим системима управљања мотором СУС неопходне су повратне информације о процесу сагоревања. Иако су директна мерења термодинамичких величина у простору сагоревања најнепосреднији начин за екстракцију ових информација, постоје бројне препреке њиховој имплементацији у масовној производњи, које се махом огледају у високој цени и недовољној поузданости и трајности. Моделски заснован приступ мерењу, виртуелним сензорима, пружа низ предности омогућавајући прибављање квалитетних информација о процесу сагоревања на основу информација, које су расположиве са уобичајених, већ постојећих мерних сигнала на мотору [3].

Модели, који описују термодинамичке процесе унутар мотора СУС, као и динамику моторског механизма, су изразито нелинеарни. У контексту коришћења модела процеса, као виртуелног сензора, вештачке неуронске мреже (*ANN*) су веома интересантне управо због њихових изузетних могућности на пољу моделирања нелинеарних процеса. Овај рад у својим деловима пружа кратак увод у основне концепте моделирања помоћу вештачких неуронских мрежа, коришћених у моторима

СУС, теоријски осврт на термодинамичке основе везе фазе процеса сагоревања и степена корисности мотора, као и прегледно поређење различитих показатеља процеса сагоревања, као и систем паљења смеше. Део рада бави се експериментално заснованим истраживањима могућности примене ANN у мерењу показатеља сагоравања, као и савременим системима за паљење смеше код ото мотора на основу мерења тренутне угаоне брзине и убрзања коленастог вратила мотора. Ради добијања што квалитетније информације о процесу сагоревања и паљења измерена угаона брзина је предпроцесирана, у циљу што већег умањења нелинеарног утицаја инерцијалних момената осцилујућих маса моторског механизма. Оваквим приступом генерише се нов, синтетички сигнал са богатијим информатичким садржајем о процесу сагоревања, и о процесу паљења (запаљења) смеше који се посредством нелинеарне трансформације у ANN може превести у одговарајући показатељ. Савремени системи могу бити једноставнији од оних класичних али и неупоредиво комплекснији, у зависности од произвођача до произвођача и у зависности од пројектног решења [3].

2. ИСТОРИЈСКИ РАЗВОЈ ОТО МОТОРА

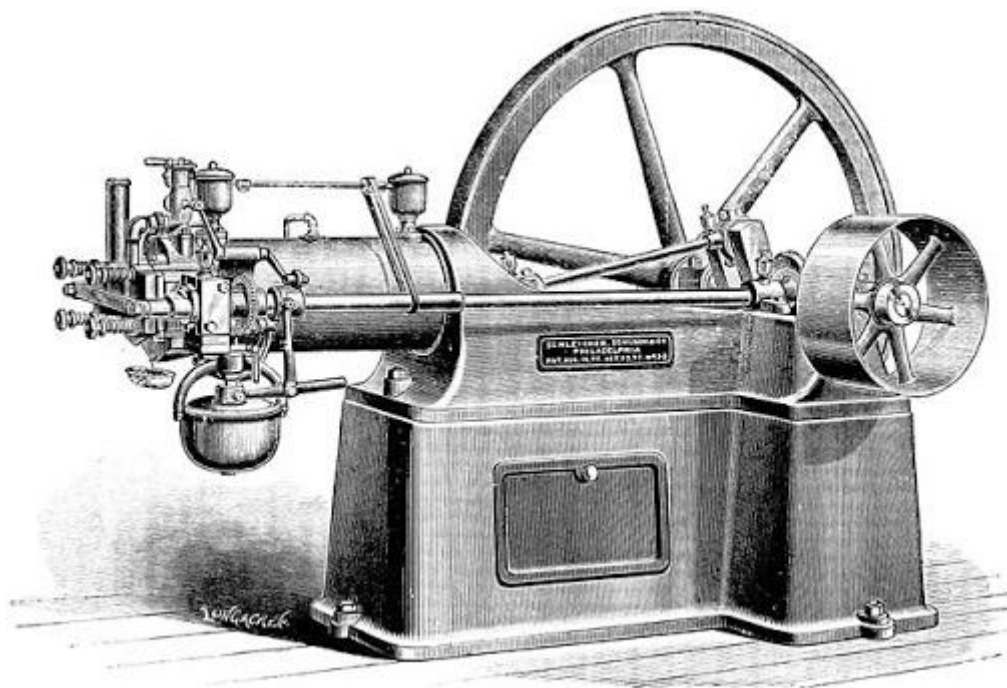
Први бензински мотор је конструисан пре 140 година, а и дан данас дели радни принцип с модерним јединицама. Идеја око које се све врти је да се у радне цилиндрице убризгава мешавина бензина и ваздуха, која се затим пали уз помоћ свећице. Неке ствари су остале неизмењене, али се на плану смањене потрошње и емисије издувних гасова, много тога учинило у последњим година. Први бензински агрегати су користили карбураторе, а ова солуција још увек није „избрисана“ с лица „аутомобилске планете“, јер је још увек проналази код много олдтајмера и јангтајмера [3]. На слици 2.1 приказан је један од првих система који ради на отовом принципу док је на слици 2.2 приказан систем и целокупна машина која ради по отовом принципу.



Слика 2.1 Један од првих система који је радио на отовом принципу [4]

Наравно, карбуратори нису били најефикаснији начин да се меша ваздух и бензин, тако да су инжењери радили на унапређењу мотора с унутрашњим сагоревањем, да би из мање количине горива извукли више снаге. Некада, настојање да се достигне већи број коњских снага од конкуренције, није ишло упоредо са смањеном емисијом издувних гасова, тако да је у међувремену ефикасност постала главни параметар. Данас постоје различите изведбе целокупних система како за убризгавање тако и за паљење смеше код ото мотора било да су они четворотактни или двотактни. Данас такође у свим овим системима постоји много електронике и сензора који

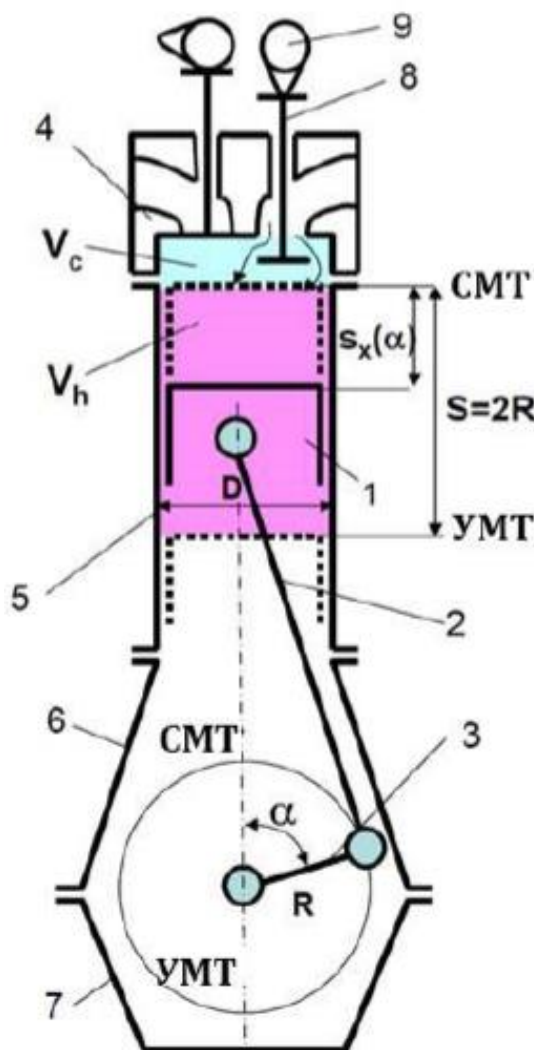
контролишу и прате рад целокупног система. Електроника и примена претходно поменутих система је у огромној мери утицала на побољшање процеса рада мотора са унутрашњим сагоревањем како дизел тако и ото мотора. Посебни и савремени рачунарски системи додатно су допринели ефикаснијем и продуктивнијем раду ових мотора [3].



Слика 2.2 Ото мотор са почетка 20. века [4]

3. ПРИНЦИП РАДА ОТО МОТОРА

Због лакшег праћења даљих објашњења, овде ће бити приказана скица моторног механизма са главним деловима четвортактног мотора (слика 3.1). Радни простор је формиран цилиндром (5), који је са једне стране затворен цилиндарском главом (4), а са друге стране покретним клипом (1). Радни простор се састоји од: компресионе запремине V_c и радне запремине V_h [2].



Слика 3.1 Скица главног моторног механизма клипног мотора са праволинијским кретањем клипа [2]

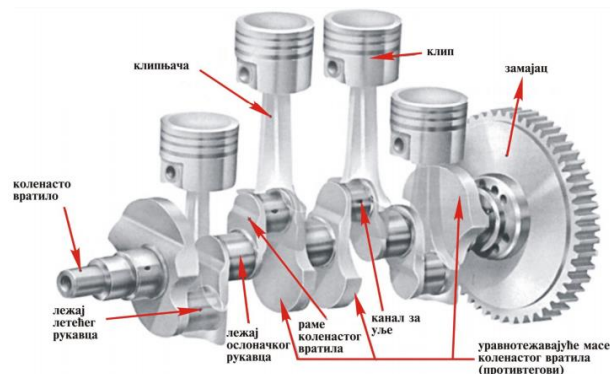
На следећим позицијама су приказани: 1- клип, 2- клипни попуњача, 3- коленасто вратило, 4- цилиндарска глава, 5- цилиндар, 6- горњи део моторске кућице, 7- доњи део моторске кућице, 8- вентил, 9- брегасто вратило, S - ход клипа, $S_x(\alpha)$ - текућа вредност хода клипа ($0 - S$), R - полупречник колена коленастог вратила, V_h - радна (ходна) запремина цилиндра, V_c - компресиона запремина.

3.1 Принцип рада четворотактних ото мотора

Ото мотор је мотор са унутрашњим сагоревањем који ради по отовом циклусу. Мешање се раније обављало у карбуратору, али се данас (осим у мањим моторима) обавља електронски контролисаним убризгавањем горива, обично у усисну грану испред усисних вентила, или у комон реил, а ређе директно у цилиндри. Ото мотори се могу хладити расхладном течностју или ваздухом који до цилиндара допире кроз посебне отворе. Расхладна течност је мешавина воде и етилен гликола. Расхладна течност има нижу тачку смрзавања (теже смрзава), а и вишу тачку кључања (теже прокључа) у односу на обичну или деминерализовану (дестиловану) воду, која се раније користила за хлађење мотора. Расхладна течност циркулише кроз систем за хлађење мотора, чији најважнији део је хладњак. Овај систем може бити под одређеним надпритиском, да би се спречило сувишно испаравање течности [5]. На слици 3.2 су приказани непокретни делови мотора док су на слици 3.3 приказани покретни делови мотора.



Слика 3.2 Непокретни делови мотора [6]



Слика 3.3 Покретни делови мотора [6]

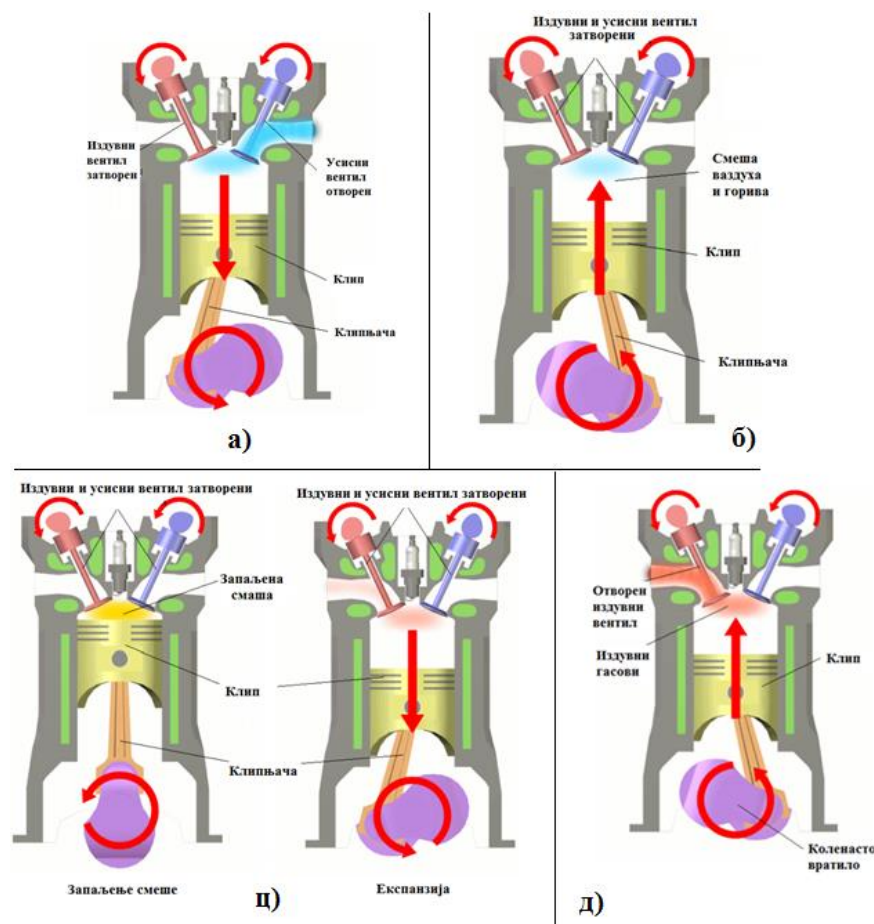
Први такт (усис) почиње отварањем уисног вентила 10° до 30° пре горње мртве тачке, а завршава затварањем 40° до 60° после доње мртве тачке. Клип се креће од горње мртве тачке према доњој и запремина се повећава чиме у цилиндру настаје потпритисак од 0,7 до 0,8 бара, па у њега улази смеша горива и ваздуха брзином од око 100 m/s. Код старијих мотора код којих се клип и вентили не дотичу уисни вентил је у потпуности отворен у горњој мртвој тачки па усис може почети раније, али у већини случајева усис почиње касније. Код неких мотора су, пак, у клипу урезани слотови за вентиле како би усис могао почети раније. Како год било, вентил је у потпуности отворен тек кад се клип довољно одмакне од горње мртве тачке. Угао отварања и затварања вентила зависи од форме брегова брегасте осовине па се тако оштријим бреговима вентили отварају и затварају брже што утиче и на почетак њиховог покретања. Касније затварање уисног вентила може се догодити због тога што смеша која струји уисним каналима има одређену инерцију или због скраћења другог такта [7]. На слици 3.4а приказан је први такт (усис).

Други такт (компресија) почиње затварањем уисног вентила 40° до 60° после доње мртве тачке и траје све до горње мртве тачке. Клип се креће према ГМТ, јачина се смањује, а притисак и температура расту. Тако уисана смеша компримује се на 7 до 12 пута мању запремину од уисне. Однос компресије назива се однос између укупне запремине цилиндара и компресијске запремине, а што је он већи то је бољи степен искориштења мотора. Дакле, то значи да мотори за једнаку потрошњу горива с вишим односом компресије имају и већу снагу. Однос компресије ограничен је температуром samozапалења горива, јер с повишењем притиска расте и температура, а температура компресије је приближно 400 до 500 $^\circ\text{C}$, док притисак компресије износи 10 до 20 бара. Узрок смањења притиска компресије може бити проузрокован пропуштањем компримоване смеше између прстена и цилиндра, пропуштањем кроз уисне и издувне цилиндрице, или пропуштањем кроз пукотине у глави или цилиндру. Узрок повећања притиска, компресије пропуштање уља у цилиндар мотора [7]. На слици 3.4б приказан је други такт (компресије).

Трећи такт (запаљење и експанзија) почиње у ГМТ запаљењем и сагоревањем смеше, а завршава отварањем издувног вентила 40° до 50° пре ДМТ. Након запаљења долази до сагоревања смеше, због које се температура повећава од 2000 до 2700 $^\circ\text{C}$, а притисак на 40 до 60 бара. Настали притисак делује на чело клипа силом која помиче клип према ДМТ. Сагоревање горива одвија се на првом делу клипа према ДМТ. На другом делу врели гасови експандирају потискујући клип, и то је једини такт у којем се

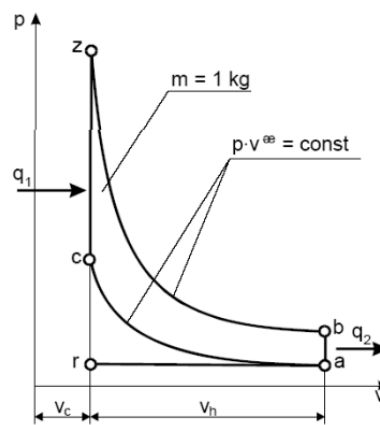
добија корисни рад. Паљење мора уследити у правом тренутку како би максимални притисак био ближе ГМТ, а без негативних последица, чиме се постиже минимална потрошња горива уз максималну снагу. Део корисног рада се губи, јер се издувни вентили отварају 40 до 50° пре него клип уђе у ДМТ, а део гасова излази из цилиндра сопственим притиском. За радни такт је битно да се енергија врелих гасова односно топлина претвара у механички рад [7]. На слици 3.4ц приказан је трећи такт, односно запаљење смеше и експанзија уз одговарајуће положаје клипова.

Четврти такт (издувавање) почиње отварањем издувног вентила од 40° до 50° пре ДМТ, а завршава затварањем 4° до 30° после ГМТ. Издувни гасови из цилиндра потиснути су кретањем клипа од ДМТ до ГМТ, а један део гасова излази у атмосферу чим се отвори издувни вентил и када се клип почне кретати према ГМТ избацује и остатак гасова. На крају радног такта издувни гасови имају од 3 до 5 бара и 900 °С. Проласком преко издувних вентила експандирају и улазе у издувни вод великом брзином што им даје велику инерцију. Вентили се затварају и до 22° након ГМТ да се искористи велика брзина издувних гасова због чишћења простора за сагоревање [7]. На слици 3.4д приказан је четврти такт, односно издувавање.



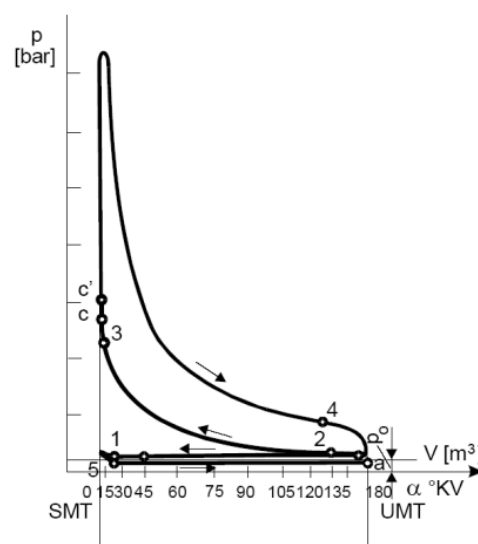
Слика 3.4 Четвортактни циклус ото мотора [7]

Претходни текст који описује сва четири такта, и целоупан рад ото мотора може се дијаграмски приказати. На сликама 3.5 и 3.6 приказани су дијаграми циклуса ото мотора.



Слика 3.5 Ото циклус [8]

Теоријски радни циклус: радни флуид непроменљиве масе и састава, радни флуид је идеалан гас (специфична топлота не зависи од температуре и притиска, унутрашња енергија је функција само температуре), сагоревање је замењено довођењем топлоте, а измена радне материје одвођењем топлоте, измена радне материје одвија се без енергетских губитака, и процеси сабијања и ширења радне материје су адијабатски [8].



Слика 3.6 Затворени индикаторски дијаграм [8]

Стварни радни циклус: радни флуид није идеалан гас, него смеша горива, ваздуха и продуката сагоревања, сабијање и ширење није адијабатско, време сагоревања је коначно и преноси се и у такт ширења: топлота радног флуида прелази на зидове цилиндра и присутни су механички губици [8].

4. ПОКАЗАТЕЉИ ЕКОЛОШКЕ И ЕНЕРГЕТСКЕ ЕФИКАСНОСТИ

У свету је регистровано преко милијарду возила, док се годишња продукција 2017. године приближила цифри од 100 милиона јединица. Ниво ангажовања сировинских и енергетских ресурса у производњи и експлоатацији возила је такав да угрожава одрживост даљег развоја. Током коришћења возила емитују штетне гасове и буку. Зато савремени погонски системи морају да задовоље веома сложене захтеве у погледу погонских карактеристика, економичности и еколошких показатеља. Поузданост у раду, ниски трошкови одржавања, стабилност карактеристика, удобност употребе и могућност рециклирања, допунски су захтеви диктирани од стране законодавца и тржишта. Уз све ово, примењена технолошка решења треба да буду економски оправдана. Деценијама су актуелне углавном исте теме развоја и усавршавања погонских система. Свака генерација конструктора сматра да је достигнут зенит развоја, док наредна то превазилази. Тако је последњих 50 година економичност путничких возила побољшана близу 50%, уз смањење штетне емисије 300 до 500 пута. Овакви домети су резултат синергије са пратећим технологијама из области опреме погонских система, електронике, погонских и машинских материјала [2].

Загађења ваздуха, воде и земљишта су нежељене промене физичких, хемијских и биолошких својстава животне средине, које могу неповољно деловати на жива бића или нарушити њихове екосистеме. Загађујуће материје или загађујуће супстанце (полутанти) су остаци онога што производимо, користимо и одбацујемо. Другим речима, материја и/или енергија постају загађујуће када се појаве на непожељном месту, у непожељном облику, у непожељно време и у непожељним количинама [2].

Према природи загађивања може се направити подела и на следећа три облика [2]:

- загађивање материјама,
- загађивање енергијом (отпадна топлота, бука,...) и
- загађивање пољима сила (нпр. електромагнетским).

Земљина атмосфера је састављена од 21% кисеоника, 78% азота, 0,9% аргона, водене паре и осталих гасова у траговима. Кроз милионе година, садржај атмосфере се мање или више мењао. То се углавном односи на гасове који се у њој налазе у траговима, као што су: угљен диоксид, водена пара, озон, оксиди азота, метан и низ

других. Садашњи садржај атмосфере је резултат међудејстава (настајања и нестајања појединих супстанци) која остварују одговарајућу равнотежу. Огромна количина атмосфере и одговарајући процеси у њој омогућује да се природне катастрофе, као што су ерупције вулкана, могу се компензовати без изазивања колапса у екосистему. У току последњих 100 година примећено је повећање интензитета промена концентрације појединих гасова, који се у атмосфери налазе у траговима и који су до сада праћени. Те промене се, углавном, приписују људским активностима. Феномен се објашњава наглим повећањем светске популације људи и повећаним ангажовањем енергије, а такође порастом индустријализације и пољопривреде. Компоненте које доводе до промене природног садржаја атмосфере су садржане у штетним - загађујућим материјама. Те штетне материје може створити сама природа - природни извори или оне настају услед антропогених активности. Природни извори тих супстанци су флора и фауна, вулкани, површине океана и разна дешавања у атмосфери. У антропогене изворе спадају све активности људи као што су: стварање електричне струје, индустрија, саобраћај, грејање станова, спаљивање отпада, пољопривредне активности и на крају (строго говорећи), умирање људи, животиња и биљака [2].

4.1 Емисија са издувним гасовима

Несагорели угљоводоници (НС). Емисија несагорелих угљоводоника је последица непотпуног сагоревања молекула горива. Основни узрок је локални недостатак кисеоника и ниске температуре у зонама уз зидове коморе. Угљоводоници реагују у присуству оксида азота и сунчевог светла и доприносе формирању приземног озона, главне компоненте фотохемијског смога. Већина угљоводоника у издувним гасовима су такође и токсични, са могућим канцерогеним дејствима [2].

Оксиди азота (NO_x). Главни извори азота у ваздуху су природни извори, пре свега активности неких бактерија. Оксиди азота из природних извора равномерно су распоређени у атмосфери, док се њихова концентрација у урбаним и индустријским зонама и поред већих саобраћајница повећава као последица разних активности људи. У условима високих температура и притисака у мотору, атоми азота и кисеоника из ваздуха реагују стварајући низ азотових оксида, које све заједно обележавамо са NO_x. Утврђено је токсично деловање азот-моноксида на човека и животиње. Азот-диоксид изазива едем плућа са смртоносним последицама. Оксиди азота, као и угљоводоници, су гласници формирања озона. Они такође доприносе формирању киселих киша [2].

Угљен-моноксид (CO). Он је отрован гас без боје и мириса. Угљен-моноксид (CO) је продукт непотпуног сагоревања и ствара се у случају рада мотора са богатом смешом. У тим условима угљеник из горива само делимично оксидише. Он смањује проток кисеоника кроз крвоток и ризичан је за људе са болесним срцем. Више од 90% угљен-моноксида у урбаним срединама потиче из издувних гасова возила и ложишта [2].

Честице (енгл. PM - particulate matter). У издувним гасовима возила честице најчешће потичу од несагорелог угљеника из горива. Такве честице би биле само механички загађивачи. Међутим, у комори мотора те честице упију разна једињења из горива и мазива, међу којима су и полициклични угљоводоници. Они су оптужени за изазивање рака плућа, па је тиме и емисија честица потенцијално канцерогена [2].

Угљен-диоксид (CO₂). ЕРА (Environmental Protection Agency) је од недавно почела да прати емисију CO₂. Он не утиче директно на здравље људи, али је један од загушљивих гасова који доприноси повећању глобалног загревања наше планете. Тако је угљен-диоксид, као продукт потпуног сагоревања добио третман загађивача [2].

Водена пара (H₂O). По Међународној Унији за чисту и примењену хемију (енгл. International Union of Pure and Applied Chemistry UIPAC), једињење од два атома водоника и једног кисеоника (водоник оксид или дихидрооксид) је "лака вода" или једноставно вода. Најважнија особина „обичне воде“ је да је лед лакши од течности, па зато штити живи свет на Земљи. Зимом се леде само површински слојеви водене масе. Даље, водене капљице имају висок површински напон који задржава воду у биљкама и олакшава транспорт воде од корена до листова. Питка и здрава вода је присутна у свим живим организмима. Атмосферска вода прекрива 71% глобуса; са 80% је присутна у људском организму; у атмосфери даје 0,3% по маси, од тога је 80% у гасовитој фази, а са 90% учествује у тзв. "greenhouse" (загушљивим) гасовима. Теоријски, топлоте испаравања и кондензовања су једнаке. Али само по теорији. Сунчево зрачење директно изазива стварање облачног прекривача (*global dimming*) који потамни небески свод. Једном дигнути облаци се и даље греју, а онда хемијски процеси потпомогнути прашином, честицама и сулфатима доводе до разлагања свих испарења. Велике масе облака се прегревају и нагомилавају. Једном дигнута маса је физички и хемијски толико измењена да мења климу на земљи [2].

Оксиди сумпора. Процесом биолошке разградње у океанима и на копну настаје сумпор-водоник (H₂S) који се оксидише до сумпор-диоксида. Концентрације CO₂ у атмосфери се разликују у различитим подручјима. У урбаним и индустријским

подручјима концентрација ове загађујуће материје је, по правилу, већа. Ту свој допринос, поред сагоревања угља који има и више од 1% сумпора, даје и емисија издувних гасова из возила када се користи гориво у коме има сумпора. Сумпор-диоксид и његови секундарни производи (сумпораста, сумпорна киселина и сулфиди), могу изазвати озбиљне здравствене проблеме код људи (коњуктивитис, ефекти на респираторном систему), као и код биљака (појава киселих киша и сушења шума), а запажени су штетни ефекти на метале, кожу, папир и текстил [2].

Озон. Представља алотропску модификацију кисеоника. Молекули озона се састоје од три атома кисеоника. Лако се распада и представља снажно оксидационо средство. У природи настаје приликом електричних пражњења и под дејством ултраљубичастих зрака. Озон иритира очи, оштећује плућа и доводи до проблема са дисањем. Озон који се ствара у приземним слојевима је посебан проблем загађења у урбаним зонама. На интензитет стварања озона утиче присутна концентрација угљоводоника и азотових оксида. Такође је интензитет стварања пропорционалан температури и зрачењу сунца, тако да су дуги и топло летњи дани, пре свега поподне, најпогоднији за стварање озона. Озон који се ствара у горњим слојевима атмосфере има позитивну заштитну улогу у филтрирању ултра-љубичастог зрачења сунца [2].

4.2 Емисија испарења из возила

Угљоводоници такође доспевају у ваздух и преко испаравања горива и уља. Данашњи ниво издувне емисије је такав да губици на испаравање могу одговорати за главни део у укупној емисији НС из возила у току топлог дана. Емисија испаравања настаје са неколико места и због следећих узрока [2]:

- у току стајања возила, како расте температура у току дана, загрева се гориво у резервоару и испарава кроз одушку резервоара,
- врућ мотор и издувни систем могу поспешити испаравање горива када мотор ради кроз евентуално незаптивена места у систему за напајање,
- код заустављања мотора после дуже вожње мотор остаје топао у току одговарајућег периода времена након искључивања мотора, тада се наставља испаравање горива у околини паркираног возила и
- гориво испарава увек током производње, транспорта и када се точи у резервоар, паре горива су присиљена да из резервоара изађу вани када у резервоар улази течно гориво.

4.3 Удео емисије возила у укупном загађењу

Емисија из возила је генерално мала, у односу на емисију створену антропогеним активностима. Уколико анализирамо удео у односу на укупну емисију (природни + антропогени извори), удео је још мањи. Рецимо у укупној емисији CO₂ природа учествује са 95% а антропогене активности са само 5%. За емисију метана тај однос је 37 према 63%. Док код азот-субоксида тај однос је 69% према 31%. Како број возила на путевима непрекидно расте у многим градовима, аутомобил је један од највећих узрока загађења. Тако је на укупно загађење ваздуха у насељеним местима утицај возила знатан и изазван њиховом великом концентрацијом. Гасови који стварају ефекат стаклене баште су [2]:

- водена пара H₂O (учествује са 90%),
- угљен диоксид CO₂,
- азот субоксид N₂O,
- метан CH₄,
- хидрофлуороугљеник HFC итд.

Ове супстанце имају дуг период распада у атмосфери, и зато имају глобални ефекат на загађење околине. За разлику од њих, азотови оксиди, несагорели угљоводоници, сумпорни оксиди, угљен моноксид, честице имају регионални или локални ефекат на загађење околине. Инжењери у свом животном опредељењу ни једним својим производом не смеју угрожавати ни генетске, ни биолошке основе здравог живота. Стратешка обавеза *C+3E (Сировине + Енергија + Екологија + Економија)* је дефинисана ограниченим капацитетима планете Земље. Глобално размишљање, али локално деловање је правило еколошког понашања за све. Када се мало боље размотре листе потрошних добара, може се закључити да људи и возила егзистирају на истим природним ресурсима: троше кисеоник, а издишу CO₂; троше угљоводонике и нафту као храну или гориво, а емитују загушљиве и отровне гасове; троше сировине и метале претварајући их у отпатке. Код возила се годинама појављује, као крајњи циљ, возило нулте емисије (енгл. ZEV - Zero Emission Vehicle), иако се зна да не постоји ни један људски производ који не утиче на своју околину [2].

Смањење негативног утицаја возила на околину остварује се бројним конструктивним и технолошким новинама, које су повезане са повећањем цене возила. Управо зато одлуку о примени тих решења не смеју доносити сами произвођачи. О

томе морају бринути и одговарајуће државне институције и организације, које сваким даном доносе све већи број законских регулатива. Те регулативе, између осталог, дефинишу штетне материје које су предмет контроле, одговарајуће методе за њихово мерење, постављају одређене граничне вредности и уводе обавезе примене нових технологија и система, као на пример системи дијагностике на возилима (OBD – On Board Diagnostics). OBD системи су уведени да би омогућили ниску емисију возила током експлоатације. OBD систем мора да региструје сваку неисправност било ког система који је одговоран за ниво издувне емисије и да упозори возача [2].

4.4 Бука и вибрације

Бука и вибрације су физички феномени који настају као резултат ударних и осцилаторних процеса у машинским елементима, склоповима и уређајима. Они се могу дешавати у чврстим телима, течним или гасовитим флуидима [2].

Основни узроци појаве вибрација и буке, могу се сврстати у четири групе [2]:

- конструктивни параметри,
- технолошки параметри,
- радни процеси и
- технологија одржавања.

Укупан комфор возила у великој мери зависи од величине амплитуде и учестаности удара и осцилација које настају при кретању возила заједничким дејством пута и еластичног ослањања возила. По карактеру деловања на организам вибрације могу бити опште и локалне. Опште вибрације се јављају у случају када је човек на вибрационом објекту, а локалне делују само на поједине делове тела. Возач је изложен дејству обе врсте вибрација [2].

Дејства вибрација возила на возача се огледају у ометању аутоматизације покрета, отежаном осматрању, замарању вратне мускулатуре, раздражљивости вестибуларног апарата, која се може десетоструко увећати и сл. Најтежа форма је вибрациона болест која има три стадијума развоја од којих су једино прва два излечива. Уопштено се може усвојити да нискофреквентне вибрације (испод 1 Hz) изазивају општу нелагодност са симптомима морске болести, знојењем, бледилом, поремећајем у дисању и повраћањем. Вибрације учестаности између 4 Hz и 10 Hz изазивају болове у грудима и стомаку (резонантна учестаност човечијег тела је око 4-5 Hz), јављају се бројне сметње у психичкој сфери праћене даљим појачањем главобоље, сметњама у

говору и општим повећањем мишићног тонуса са свим последицама које оно повлачи [2].

Профилактичке мере за борбу са вибрацијама могу се поделити на санитарно-хигијенске и техничке. Из прве групе мера се посебно може нагласити потреба десето минутног одмора после сваког сата војње на дужим релацијама. Ова и остале хигијенске предострожности су необично важне за професионалне возаче, јер развој вибрационе болести потпомажу неодговарајући климатски услови у возилу, напрезање мишића, посебно руку, неудобан положај тела, интензивна бука итд. У техничка средства борбе са вибрацијама спада, са једне стране, побољшање конструктивне концепције возила и оптимално вођење радних процеса, а са друге правовремено ремонтовање возила и мотора, подизање техничке културе, одржавања и експлоатације, побољшања обуке возача и слично [2].

На слици 4.1 приказани су основни извори буке и вибрација на путничком моторном возилу. Мотор подстиче вибрације возила неуравнотеженим силама инерције, неравномерним обртним моментом (моментом обарања), неуједначеношћу радног процеса како у једном, тако и међу цилиндрима, уздужним вибрацијама (клаћењем око тежишта), вибрирањем система и уређаја на мотору и оних заједничких са возилом [2].



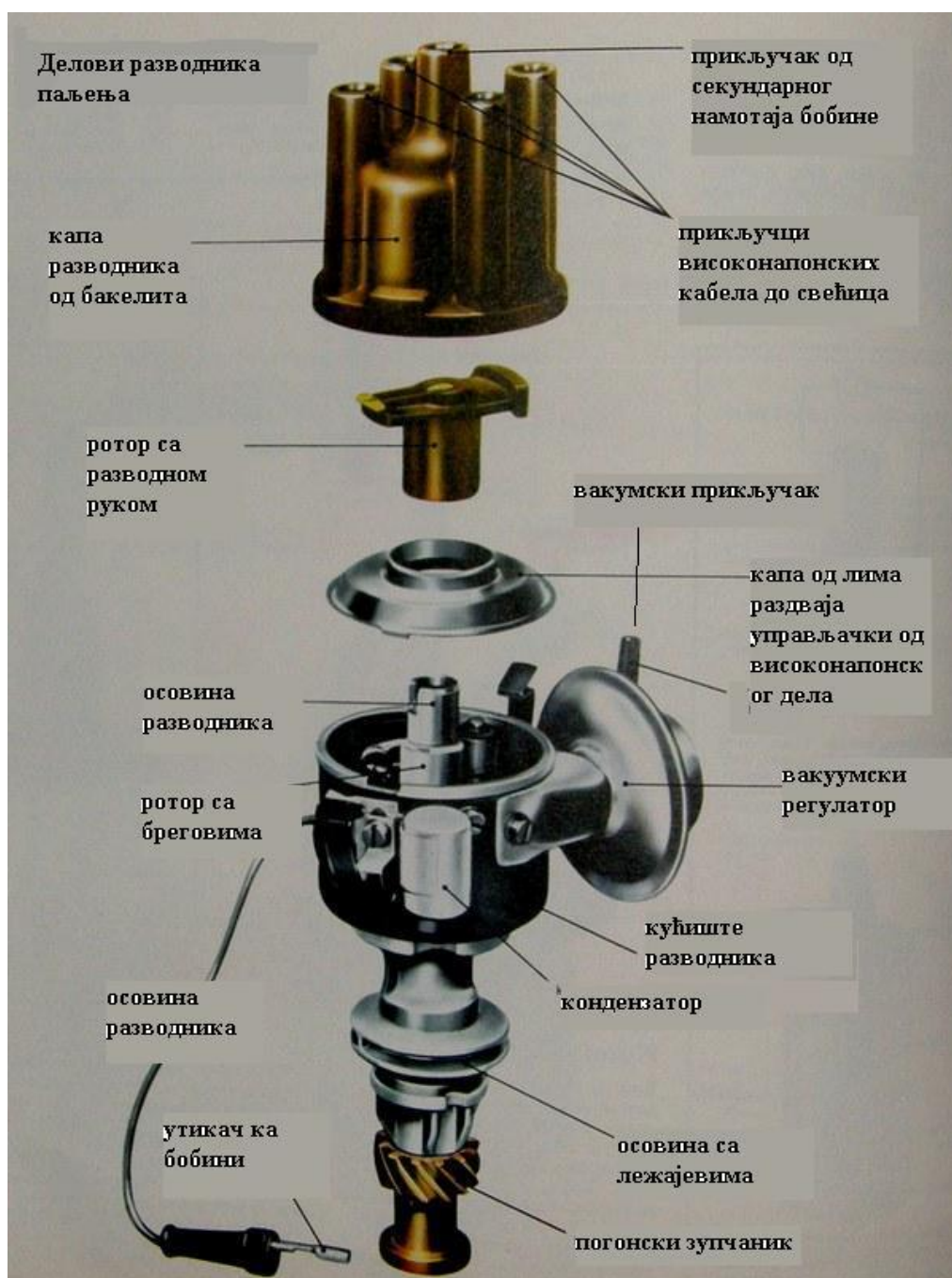
Слика 4.1 Извори буке и вибрација на моторном возилу [2]

Пошто мотор своје вибрације преноси на возило, а и обрнуто, возило преноси своје на мотор, то је систем мотор-возило врло сложен, па је питање везивање мотора са возилом стално актуелно. Ослонци мотора не смеју преносити вибрације мотора на велике површине као што су поклопци, кров, облоге каросерије јер су они врло моћни извори секундарних вибрација и буке [2].

5. СИСТЕМ ЗА ПАЉЕЊЕ СМЕШЕ ОТО МОТОРА

5.1 Конвенционални систем паљења

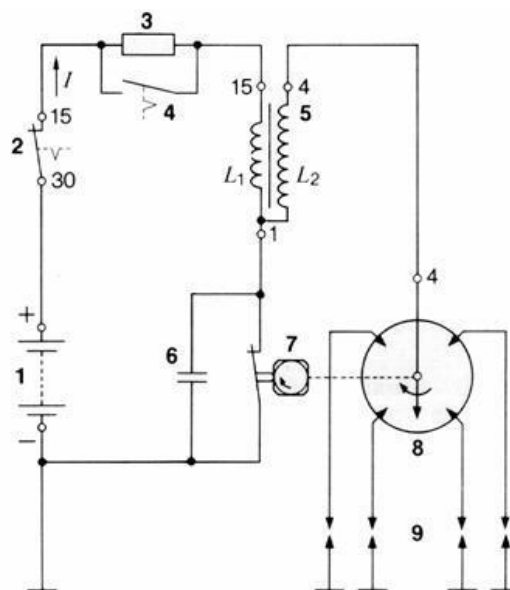
На слици 6.1 приказани су основни елементи разводника паљења, на слици 6.2 приказан је разводник паљења са механичким контактима док је на слици 6.3 приказана шема система паљења. Делови система за паљење су: акумулатор, контакт кључ, предотпорник, контакт за премошћавање предотпорника (баласта), бобина, кондензатор, прекидач паљења и разводник високог напона.



Слика 6.1 Разводник паљења [10]



Слика 6.2 Разводник паљења са механичким контактима [10]

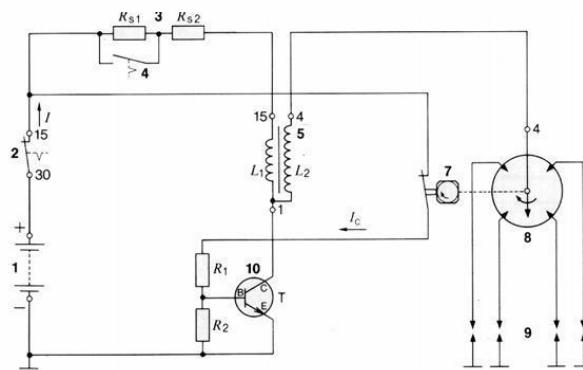


Слика 6.3 Шема система паљења [10]

Затварањем контакт кључа почиње да тече струја од акумулатора ка примару бобине. Струја проласком кроз намотај ствара јако магнетно поље и акумулира енергију паљења. Због отпора калема и индуктивности струја се лагано повећава. То време „пуњења“ подешава се углом затварања контаката прекидача паљења (платина). Док год су платине спојене струја протиче кроз примарни намотај. Окретањем осовине разводника на коју је монтиран четвртасти прстен (ротор) на који належе један платински контакт, долази до прекида контакта између две платинске дугмади и прекида струје кроз примар. Услед промене магнетног поља у секундарном намотају се индукује високи напон који се преко прикључка на капи разводника обртањем разводне руке преноси на непомичне контакте капе разводника на које су монтирани високонапонски кабели, који тај напон преносе до свећице која у том тренутку пали смешу [10].

5.2 Транзисторско паљење

Код конвенционалног паљења недостаци су били велика струјна оптерећења на контактима прекидача (латинама) и њихова спорост услед велике инерције, тако да је при великим брзинама време затварања контаката толико скраћено да је примарна струја смањена, па самим тим и напон паљења недовољан да се произведе варница. Било је потребно повећати струју примара на приближно 5 А, колико се може механички прекидати. То се делимично постигло тзв. високоучинским бобинама са струјом од око 4,5 А, али и то је било недовољно. Тек развојем полупроводничке технологије постигнута су већа побољшања [10].



Слика 6.4 Шематски приказ транзисторског паљења [10]

Ово паљење се разликује од конвенционалног по томе што примарну струју не прекидају механички контакти (платине) него транзистор. Контакти имају управљачку функцију [10].

При затвореним контактима струја протиче кроз разделник напона $R1$ и $R2$ и базе транзистора B . Транзистор постаје проводан и струја потече кроз примарни намотај бобине $L1$. Када се контакти отворе транзистор престаје да проводи па се прекида и струја кроз примар. Промена магнетног поља индукује напон на секундару $L2$, који се преко разводника пренесе до свећице. Отпорници $Rs1$ и $Rs2$ смањују примарну струју и ограничавају је. Једино се приликом старта врши премошћавање контактом 4 да би се компензовао пад напона у колу примара. Због оваквог управљања управљачка струја коју прекидају контакти је мала па се размак између њих може смањити, па се повећава време затварања а самим тим и струја пуњења бобине. Транзистор је тај који прекида већу примарну струју па је самим тим и енергија за варницу већа. Али и даље овакав систем остаје непоуздан на великим обртајима. Било је потребно елиминисати механичке контакте [10].

5.3 Транзисторско паљење са Холовим давачем

Интегрално коло Холовог давача постављено је између два стална магнета са усмерачима поља од меког гвожђа. Када се кроз полупроводник (Холов елемент) пропусти струја долази до појаве поларисања наелектрисања управно на правац магнетног поља и струје, па се јавља потенцијална разлика (напон) на крајевима полупроводника. Ово се зове Холов ефекат [10].

Полупроводник са сталним магнетима и гвожђем постављен је у разводнику паљења тако да између сталног магнета и полупроводника ротира обртно звоно са блендама и шупљинама у односу 70% ширина бленде према 30% ширина шупљине [10].

Бленди и шупљина има онолико колико има цилиндара у мотору (мада се могу наћи и бленде различите ширине и броја независно од броја цилиндара, и тада Холов давач има функцију само да одреди фазу рада мотора, односно да да сигнал за паљење у првом цилиндру. Ово се користи код система где се посебно регулисао хладан старт мотора).

Обртно звоно (бленда) ротира заједно са осовином разводника периодично пресецајући магнетно поље давача. Холов давач ради само када је прикључен на напајање (+12V) па струја протиче кроз полупроводник и услед Холовог ефекта наизменично се мења стање напонског сигнала: када наиђе шупљина, Холов напон U_g је максималан (не мора да буде увек 12V, може бити и мањи) и тада је коло давача затворено. И обрнуто, када наиђе бленда Холов напон U_g је минималан а коло давача отворено тј кроз њега протиче струја, као и кроз примар бобине [10].

Ширина бленде дефинише само максимални угао затварања кола примарне струје, па се он може регулисати само у тим оквирима [10].

Паљење се код овог давача може подешавати и када је мотор угашен, ако командни уређај (комутатор) не искључи струју мировања (старији модели) [10].

Командни уређај или комутатор је електронски склоп преко којег се прикључује Холов давач у инсталацију ниског напона. Он посредује између давача и бобине на тај начин што регулише примарну струју (ограничава је) и угао затварања (време пуњења бобине) [10].

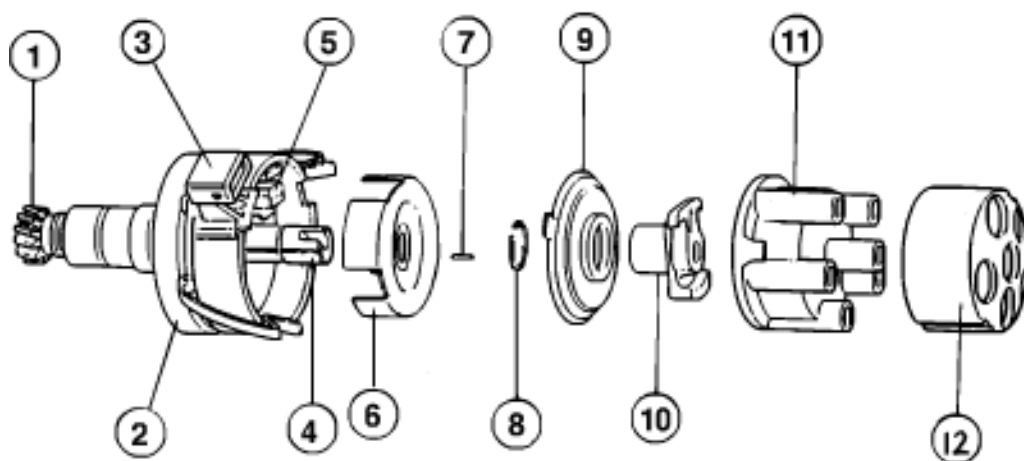
Сигнал давача са правилно распоређеним блендама представља сигнал броја обртаја мотора и тренутак паљења почиње при проласку краја сваке бленде кроз поље

магнета (Tz) . Тај тренутак паљења може да се мења закретањем разводника лево или десно [10].

На следећим сликама приказани су елементи транзисторског паљења са Холовим давачем.



Слика 6.5 Холов давач [10]



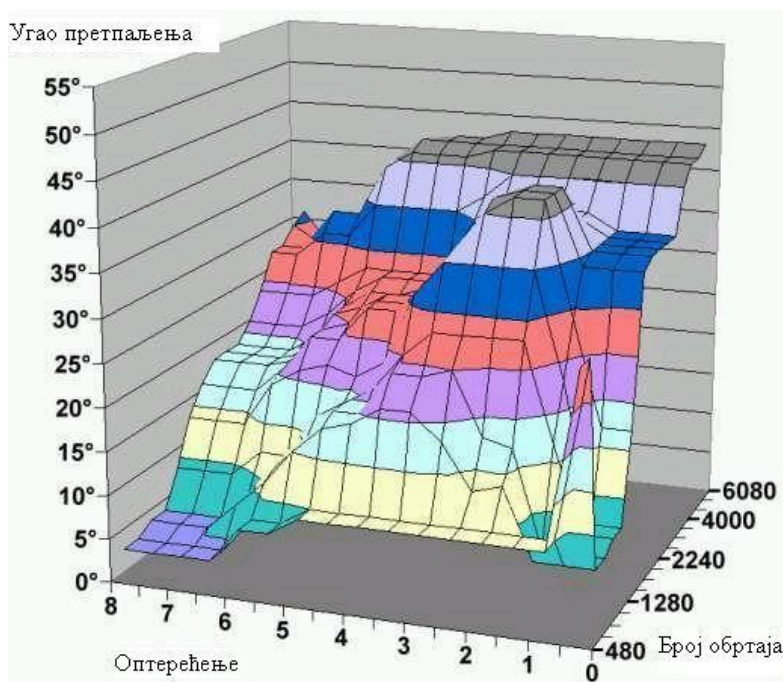
Слика 6.6 Делови разводника са Холовим давачем (1. погонски зупчаник, 2. Кућиште, 3. Прикључак, 4. осовина разводника, 5. Холов давач, 6. звоно са блендама, 7. зуб за одређивање положаја звона, 8. Осигурач, 9. Поклопац, 10. разводна рука, 11. високонапонски изводи 12. капа) [10]

5.4 Електронско паљење

Код електронског паљења нема механичких регулатора паљења већ се регулација врши преко рачунара односно модула за паљење, појачавача паљења или, ако је заједно у истом модулу и управљање убризгавањем, електронског контролног модула (ЕКМ) или електронске управљачке јединице, како се још назива [10].

Овај систем се ослања на улазне сигнале од различитих сензора који читавају сигнале са радних тачака као што су: број обртаја мотора са радилице, број обртаја са брегасте осовине, оптерећење мотора мерењем потпритиска у усисној грани, температуре мотора, температуре усисаног ваздуха, положај пригушног лептира, напон акумулатора, садржај кисеоника у издувним гасовима, појава детонатног паљења [10].

Ови сензори су прикључени на ЕКМ и помоћу напонског сигнала које шаљу, ЕКМ обрађује и упоређује са задатим вредностима који су меморисани у ROM или EPROM (у зависности да ли се меморија може и накнадно подешавати). На основу добијених вредности ЕКМ из мапе паљења одређује тренутак паљења. Та мапа је тродимезионална јер се за сваку радну тачку мотора угао претпаљења одређује према горе наведеним параметрима сензора. Мапа паљења је приказана на слици 6.7.



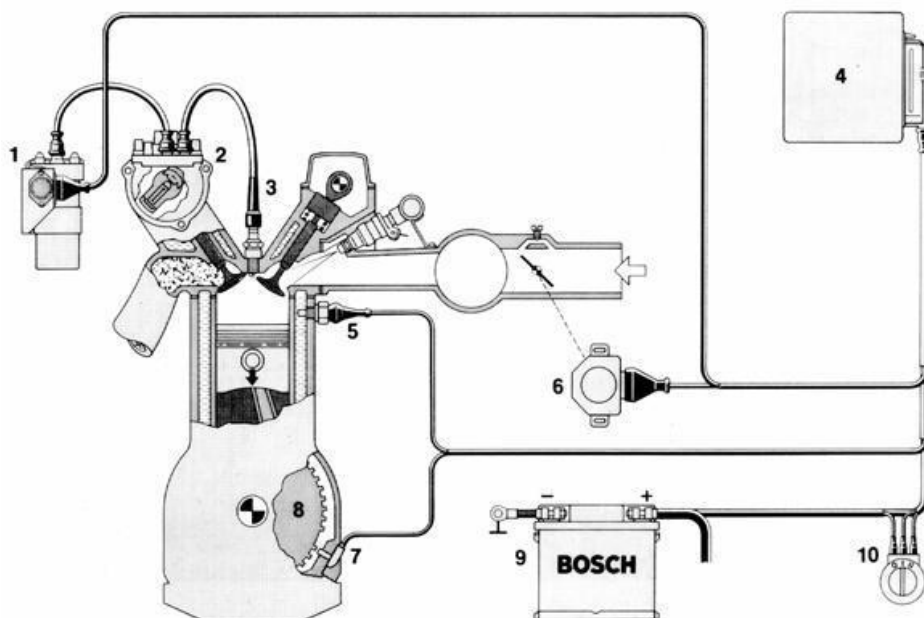
Слика 6.7 Мапа паљења [10]

У целој регулационој области, у зависности од захтева у вожњи, може да постоји од 1000 до 4000 различитих углова паљења. Рачунар возила или ЕКМ садржи микропроцесор једноставније конструкције него рачунари које данас обично

користимо. Да би могао да обради податке од сензора потребно их је „превести“ у рачунару разумљив језик, односно у битове (0 и 1). За то се уграђује претварач сигнала тзв. А/D (аналогно/дигитални) конвертор. Улазни сигнали од појединих сензора као што су индуктивни сензор на радилици, температурни сензори, сензор потпритиска у уписној грани, садржаја кисеоника у издувној грани итд. дају аналогни сигнал, чија је амплитуда променљива у времену. Рачунар препознаје само ON/OFF (укључено/искључено) стање. Зато се ови сигнали морају претворити у серију нула и јединица – дигитални сигнали и као такви представљају информацију за рачунар [10].

Пошто постоји одређено време од пријема сигнала, претварања и обраде, па до извршне команде, јавило би се одређено кашњење у извршавању наредби за прекидање струјног круга примарне струје. То се регулише одређеним тајмерима и бројачима, па се у регулацији врши неопходна корекција времена да би се претпаљење извршило у тачно потребном моменту. Постоји још неопходних корекција али то је посебан део који спада у домен програмирања [10].

Излазни степен за струју примара бобине садржи транзисторе у споју Darlington. Може бити уграђен у ЕКМ или ван ње. Због великих струја примара потребно је обезбедити адекватно хлађење транзистора. Систем електронског паљења од механички покретних делова има још само разводник високог напона [10].



Слика 6.8 Систем за електронско паљење са елементима (1. бобина 2. разводник високог напона 3. високонапонски кабел са свећицом 4. ЕКМ 5. сензор расхладне течности (температуре мотора) 6. сензор пригушног лептира 7. сензор броја обртаја мотора (угао радилице) 8. зупчаник радилице 9. акумулатор) [10]

6. СИСТЕМИ ПАЉЕЊА

6.1 Основне напомене

Мотори са страним извором паљења - ото мотори - имају историју дужу од једног века. Захваљујући малом габариту, умереној тежини и конструктивној једноставности потпуно су освојили путничка возила [2].

Задатак система паљења је да произведе електричну варницу високе енергије између електрода свећице. Јак електрични шок (до 20 kV и 0,003 J) има задатак да активира смешу и створи стабилно жариште првог паљења у цилиндру. Мотор не може да пали (*релативно богату смешу*) ако је напон на секундару нижи од 7.000 V; код хладног мотора напон мора бити око 16.000 V, а код загрејаног мотора између 10 и 15 kV [2].

Данас је у употреби већи број различитих система за паљење, који се, иако обављају исте функције, међусобно разликују по конструктивним карактеристикама.

Према извору електричне енергије која се користи за стварање варнице на свећици, разликују се две врсте инсталација [2]:

- батеријско паљење, код кога је извор енергије која се трансформише у варницу акумулатор (батерија),
- магнетно паљење, где се енергија индукује у „магнету“. Ови системи не захтевају никакав додатни извор енергије. Користе се тамо где је тешко поставити акумулатор (батерију). То су: мотоцикли, мали мотори за чамце, мотори мањих радних машина итд.

Поред ових подела, инсталације за паљење се могу поделити на [2]:

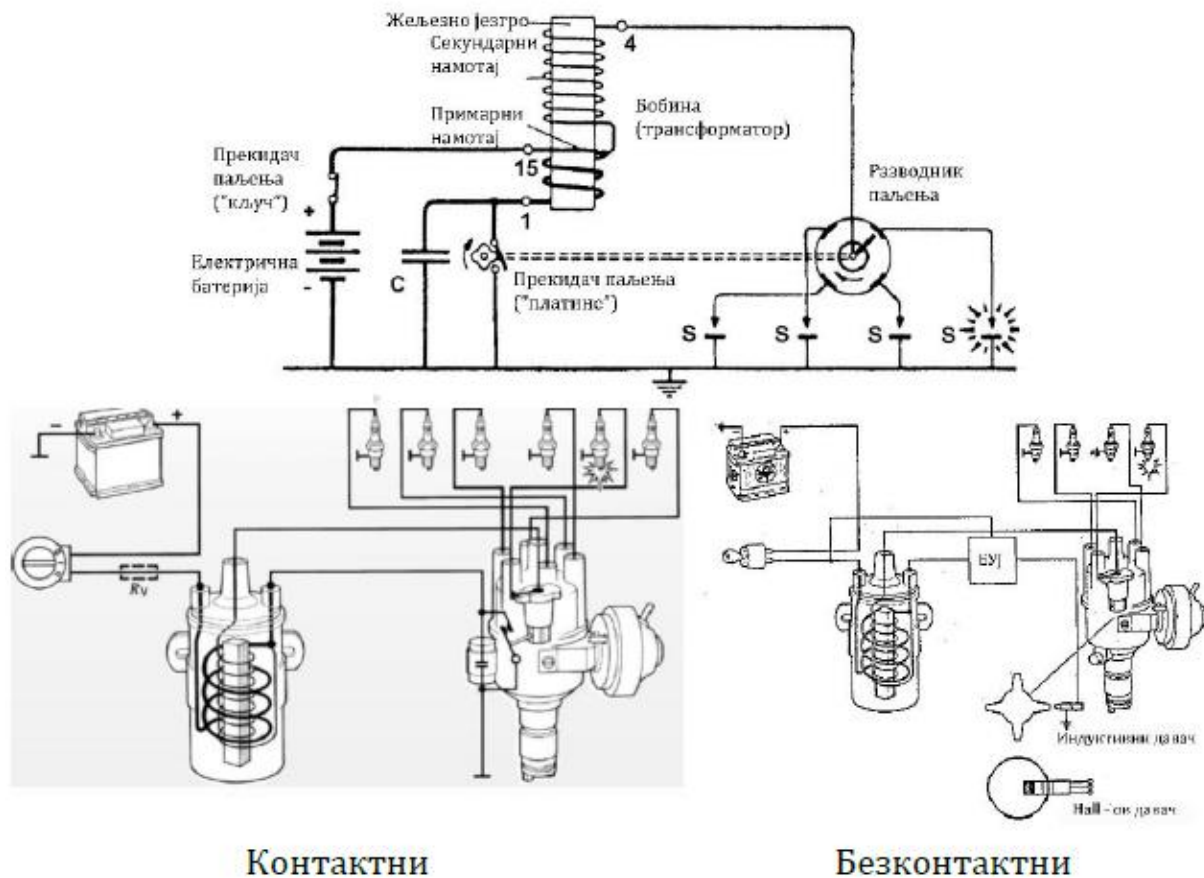
- системе са механичким прекидачем (платинска дугмад) код којих се импулс за паљење изазива механичким путем, раздвајањем контакта прекидача, и
- безконтактне инсталације (систем без механичког прекидача), код којих се импулс за паљење формира електронским путем.

Поред ових подела, системи паљења се деле и према начину регулације угла претпаљења, и то на [2]:

- системе са механичком регулацијом (центрифугални регулатор, вакуумски регулатор), и
- системе са електронском регулацијом.

6.2 Батеријски системи паљења

Принципијелна инсталација за батеријско индуктивно паљење, приказана је на слици 7.1.



Слика 7.1 Батеријски систем паљења [2]

Извор електричне енергије је акумулатор, односно у раду мотора то је електрични генератор (алтернатор) [2].

Кроз примарно коло протиче струја из акумулатора док су контакти затворени. Струја примара i_1 је функција времена затворености контаката, напона акумулатора и активних отпора у примарном колу. Током успостављања примарне струје у бобини се ствара магнетни флукс кроз оба намотаја. Чим се отвори контакт у примарном колу струја примара, у прелазном процесу, тежи вредности од 0 А. Нагла промена - нестанак електромагнетног поља у примарном колу индукује високи напон у секундарном колу U_{2max} бобине који се празни преко свећица, али и одговарајућу самоиндуковану струју у примарном колу. Батеријски систем паљења је добио име по батерији или акумулатору који је извор примарне струје, слика 7.1. Предност батеријског система

паљења је у лакој стартовању мотора и високом напону при ниским бројевима обртаја. Недостаци су релативна сложеност, непоузданост и гломазност. Од квалитетног система паљења се тражи: тачност понављања момента паљења, поузданост, управљање моментом паљења, брза спремност за рад, умерене цене, мали габарити и тежина. Ширим увођењем електронских компоненти у батеријске и магнетне системе, добијамо електронске системе паљења. Заменом најслабијег дела у систему паљења - *платина*- долазимо до прве степеннице у већој примени електронике. Данас сви модерни системи раде без механичког прекидача у колу паљења. Примена безконтактнoг електронског паљења у односу на класично са платинама даје [2]:

- лакше одржавање,
- већи напон паљења у целој радној области мотора,
- боље услове за стартовање у свим условима, и
- све предуслове за прелазак на потпуно дигитално регулисање.

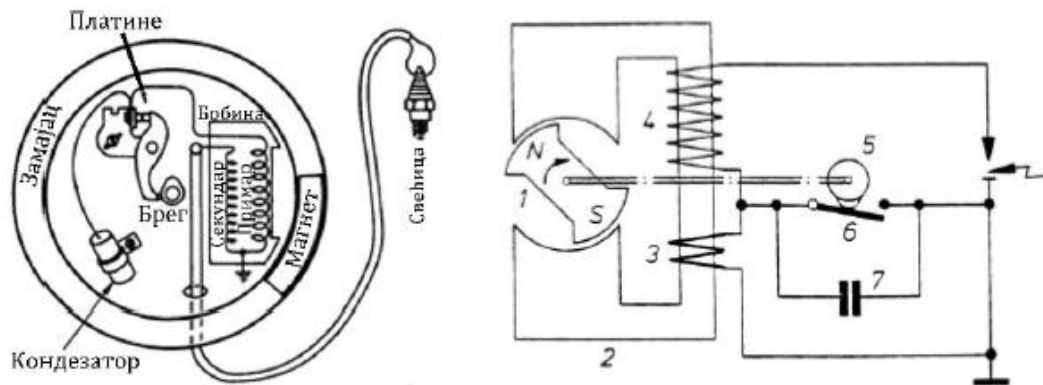
Примарно и секундарно коло се морају посматрати као јединствен, међусобно усклађен систем. Зато нема услова за замену класичних делова деловима са безконтактнoг паљења: ако класичну бобину ставимо на транзисторски систем паљења она ће одмах изгорети, ни транзисторску бобину не смемо ставити на класични систем паљења са платинама јер ће платине одмах прегорети [2].

Као што је речено код безконтактних система уместо платина користи се давац импулса, Халов или индуктивни, у колу примара бобине. Тај се импулс предаје електронском модулу који има већу струју примара у односу на класични систем и скоро два пута већи напон паљења у секундару. Ознаке система потичу од назива "безконтактни систем паљења са транзисторима" на немачком "*TSZ- Transistor Spulen Zundung*", на енглеском "*Transistorized Coil Ignition*". Ако је генератор импулса Hall -ов давац онда у ознаци стоји „Н" итд [2].

Електронски модул у колу примара се изводи у хибридној техници која по функцији не само да замењује већ далеко надмашује платине. Примарна струја је ограничена, а угао затворености регулисан тако да је снага секундара двоструко већа од оне код класичних система у свим режимима рада мотора. Зато је могуће повећати зазор свећица и гарантовати њихов дужи век без обзира на рад са сиромашном смешом и сасвим близу граница детонације [2].

6.3 Магнетни - индукциони системи паљења

У неким областима: мотоцикли, чамци, авиони и сл. већу примену имају магнетни системи паљења, слика 7.2.



Слика 7.2 Батеријски систем паљења [2]

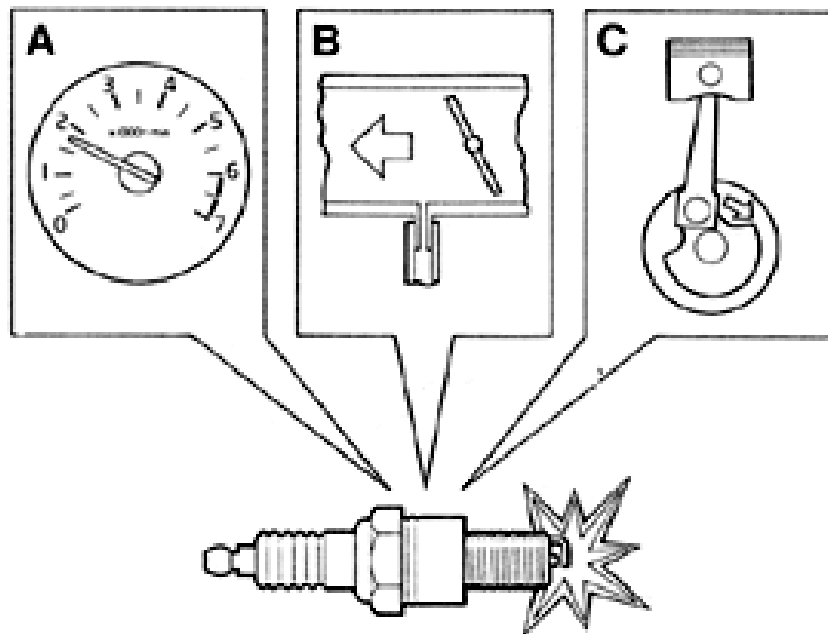
Код магнетног система паљења обртни магнет има улогу магнето - електричне машине мале снаге. Кретање магнета у пољу калема индукује струју у примару и тиме замењује батерију. Код малих мотора магнет се најчешће ставља на замајац. Електрично коло трансформише ниски напон у високи по идентичном поступку као код батеријског паљења. Са порастом броја обртаја, напон варничења расте, али опада са повећањем броја цилиндара [2].

6.4 Моменат паљења и свећице

Тренутак паљења, када скаче варница на свећицама, мери се углом коленастог вратила пре СМТ. Тим тренутком се управља споља. Старији мотори за „Југо“ возила (радне запремине 900-1300 cm³) имају почетне углове паљења од 5° до 10° KV који се подешавају на празном ходу са иск-љученим аутоматима (нпр. пнеуматским регулатором угла паљења). Са променом броја обртаја и оптерећења ступају у дејство подешивачи угла паљења (А- у функцији броја обртаја, В- у функцији оптерећење, С- зависно од типа коморе за сагоревање, радних и термичких стања и пуно других утицаја) слика 7.3. По коме ће закону ти аутомати одређивати моменат паљења зависи од циља [2]:

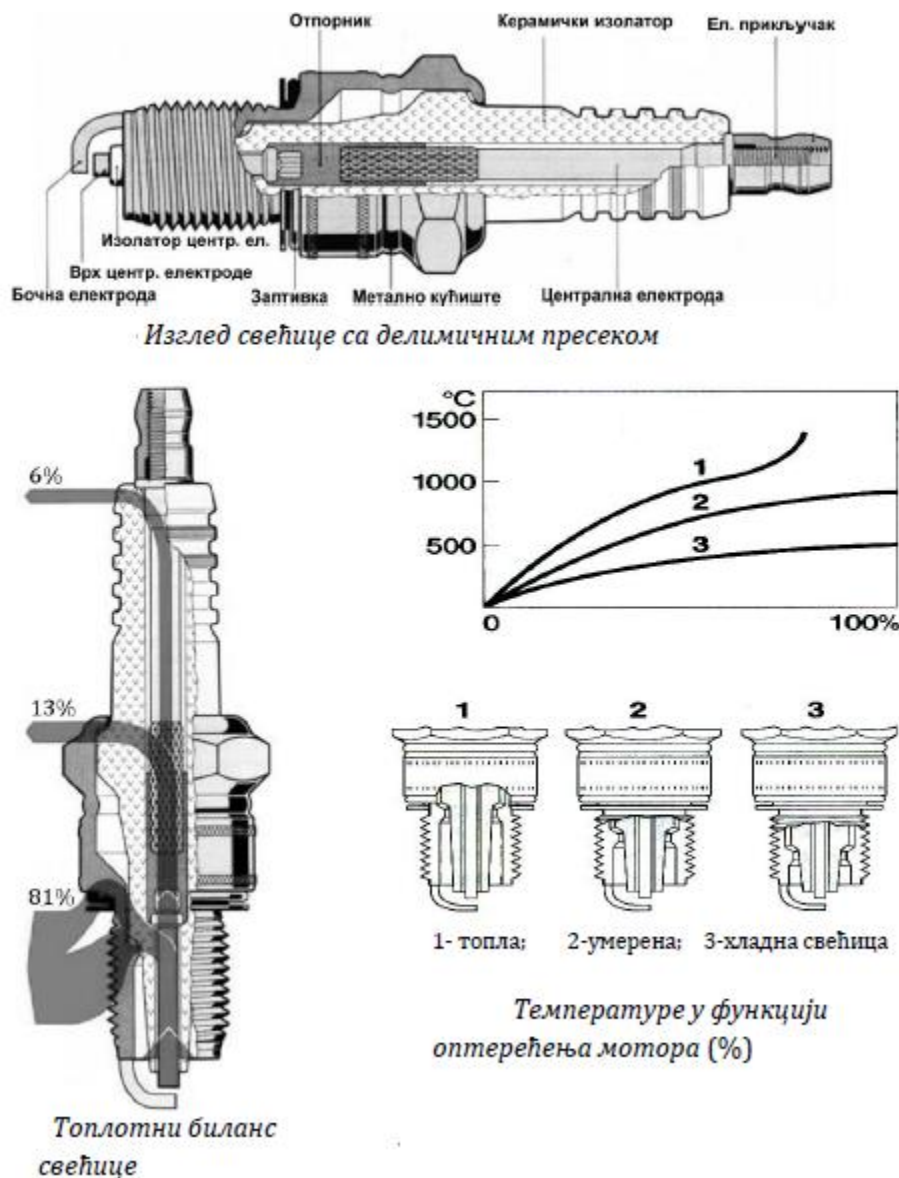
- максимална снага,
- минимална потрошња горива, и
- најмања емисија издувних гасова и буке.

При подешавању мотора за услове ниске токсичности и бучности према термичким стањима и условима околине, класични једноставни регулатори су немоћни. Тада се морају применити комплексни електронски регулатори са меморисаним „мапама“ углова претпаљења [2].



Слика 7.3 Утицаји на угао паљења [2]

Захваљујући дигиталном систему контроле паљења у "Опелу" су свели толеранцијско поље за исто гориво на 10% већи обртни момент у поређењу са класичним системом паљења. Од обичног власника возила је тешко тражити познавање технологије производње и означавања бензина. Зато фирме морају предвидети неспоразуме при куповини горива. На пример, Опел за све своје моторе уводи две категорије горива. За бензин 95 са класичним системом паљења угао је 4° , први трагови детонације су на 8° , а чујна детонација на 10° . Давач детонације и "научена" регулација дозвољава држање угла паљења на око 6° или за 10% већи обртни момент од класичног система уз једновремено економичнији рад мотора. За бензин 98 прва појава детонације је на 11° па се мотор подешава за угао паљења 10° и тако редом. Ове ниске вредности угла паљења важе за моторе са коморама брзог сагоревања, какве имају сви нови мотори. Типична конструкција свећице за паљење смеше, код аутомобилских мотора, је приказана на слици 7.4. Топлотни биланс свећице, слика 7.4, показује да се глави мотора предаје преко 80% топлоте. Бочна електрода свећице је преко тела у вези са главом мотора и масом. Централна електрода пролази кроз изолатор и налази се под високим напоном [2].



Слика 7.4 Делимичан пресек свећице, топлотни биланс свећице и температуре у функцији оптерећења мотора [2]

Ако је свећица тако конструктивно изведена да се топлота краћим и бржим путем одводи са електрода и изолатора, онда је то хладна свећица. Када се пут топлотног флукса продужава, па се спорије одводи топлота онда је то топла свећица. Јако оптерећеним моторима подешеним за максималну снагу одговарају хладне свећице. Такви мотори развијају велике количине топлоте по циклусу па се топлота интензивно одводи. Количина топлоте која се ослобађа у комори за сагоревање зависи од степена компресије, развијене снаге и броја обртаја мотора, слика 8.26. За разне моторе, чак и за исти мотор, у различитим режимима рада имамо променљиво топлотно оптерећење свећице. Час треба одвести већу, а час мању количину топлоте са њених делова. Код нефорсираних и истрошених мотора, свећице морају бити топлије.

Двотактни мотори по-стављају строже захтеве према свећицама од четворотактних због двоструко више циклуса у јединици времена и присуства уља у бензину.

Пошто је тешко истовремено испунити контрадикторне захтеве, добре топлотне проводљивости и постојаности на термичка, хемијска и електрична оптерећења, средња електрода се изводи по комплексном поступку. Изолатор је од керамичког материјала добијен по специјалној рецептури. Нешто једноставнији је избор материјала за бочну электроду. Механичка оптерећења су ударна од радног процеса и од вибрација целог мотора. Поред тога свећица мора гарантовати заптивеност коморе [2].

Температура делова свећица не сме бити ван граница самоочишћења (400 °C до 600 °C). Свећица која би стално била у тој температурској области могла би се звати "идеалном". Ако је температура виша, постоји опасност од површинског паљења, ако је нижа, на деловима свећице остају талози који кваре њене електричне, хемијске и механичке карактеристике. Термичко оптерећење варира од ниских околних температура при усисавању, преко температуре смеше током компресије, до максималних температура од 2500 °C током сагоревања. Краткотрајни радни процеси дају брзе промене температура. Неравномерна термичка оптерећења делова свећице производе допунска механичка оптерећења. Услед различитих коефицијената ширења, спрегнути делови су у стању механичке пренапрегнутости [2].

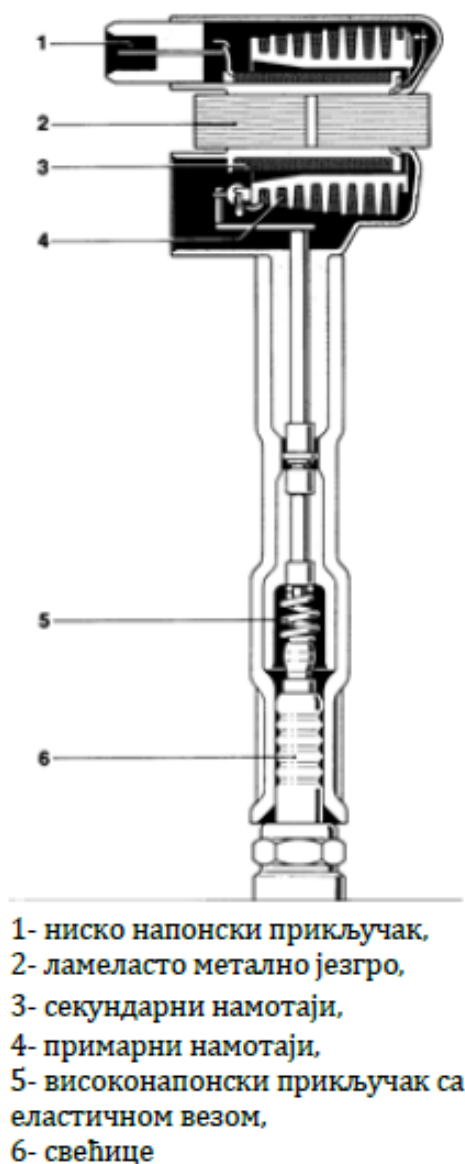
6.5 Спрегнути системи за паљење смеше и за напајање горивом ото мотора

Једини начин да се оптимира и контролише радни процес у сваком цилиндру је примена спрегнутих система. Код дигиталних система користе се све предности модерне електронике за усаглашавање система паљења са бројним захтевима возила. Једноставније варијанте дигиталног паљења су радиле у отвореној петљи, а савршеније оптимирају моменат паљења по снази, економичности, емисији, буци, врсти горива и слично. Како су ти исти критеријуми обавезујући за систем напајања горива, модерни уређаји за контролу рада мотора имају ова два система спрегнута [2].

За сада ће се усвајати модуларни систем паљења као завршна фаза физичког формирања врхунског система паљења, слика 7.5. Сваки модул у целини припада једном цилиндру, а онда се усклађује са системом напајања горивом и осталим функцијама возила уважавајући највиша достигнућа технике. Код електронског паљења се између осталог води рачуна о максималном дозвољеном броју обртаја. Рецимо

систем за мотор од 6.000 min-1 већ на 6.200 min-1 прекида рад. Али због заштите катализатора, захтева се прекид у систему напајања горивом, а не у систему паљења итд [2].

Током рада мотора мењају се бројеви обртаја, састави смеше, положај команде гаса, притисци и температуре у цилиндру. Свакој од тих промена одговара другачија вредност коректног угла паљења. Фабрички угао паљења смеше се бира из услова да мотор ради мирно и поуздано. Пројектант возила се опредељује за минимални број утицаја на основу којих ће формирати закон оптималног паљења смеше. Иначе та вредност зависи од намене мотора, рецимо код спортских мотора је у првом плану максимална снага, а може да варира од земље до земље када су у питању законски прописи [2].



Слика 7.5 Модуларни систем паљења мотора [2]



Слика 7.6 Радна поља мотора у возилу [2]

Слика 7.6 приказује бројне дигиталне законитости које се формирају за сваки цилиндар посебно и мотор у целини. Најважнији радни и дијагностички параметар је угао паљења. Код нормалног одвијања радног процеса варница прескаче пре СМТ. Фронт пламена се креће кроз комору за сагоревања са равномерним порастом брзине пламена, температуре и притиска. Клип прима силу гасова и предаје је преко клипњаче и коленастог вратила као обртни моменат потрошачу - возилу. Овде треба нагласити равномерност пораста притиска и температуре, умерену бучност и уобичајен састав издувних гасова. То су све мерила за нормалан ток сагоревања. Ако варница прескаче раније као резултат се добија: бржи пораст притиска и температуре, већа бучност и тврђи рад (мотор се тресе), већа је количина азотних оксида у издувним гасовима.

Пажљив возач може осетити и рану појаву детонације - кликтања, тврди рад, "сипљивости"- један вида ненормалног сагоревања. Ако је детонација слаба и ако се ретко појављује само у једном цилиндру онда није опасна. Како су савремена возила акустички све савршенија, то је благовремено откривање детонације тешко. Стална и јака детонација води у хаварију- уништење мотора. Један од сигнала за поремећено паљење може бити накнадно окретање мотора после гашења. Ако после оштре вожње зауставимо возило, а мотор настави са окретањем после прекида паљења, прво у истом смеру окретања, онда у обрнутом тада је неопходно одвести возило на сервис. Или је паљење сувише рано, па мотор повремено ради са детонацијом, или је узета свећица погрешне топлотне вредности, или је мотор остарио па је комора за сагоревање пуна талоба па се јавља површинско паљење. Све ово је тешко открити код више-цилиндричних мотора код којих већина цилиндара ради нормално, а проблеми се јављају само у једном цилиндру. Зато се дијагностички параметри морају узети за сваки цилиндар, иначе ће важити "принцип најгорег". У нашој земљи је често проблем у квалитету горива, али у сваком случају следи хитан одлазак у сервис, или ... Касно паљење у близини СМТ или иза ње, даје нижу снагу, већу потрошњу, продужено сагоревање које се може наставити око издувног вентила и у издувном воду. Делови се прегревају, а неки могу изгорети: вентили, глава, лонац или катализатор. Код класичних система, угао паљења се мењао у зависности од броја обртаја (центрифугални регулатор) и положаја лептира (вакумски регулатор). Развој брзих чипова је омогућио формирање оптималног угла паљења обрадом сигнала са бројних давача. Овога пута су захтеви према давачима много строжи јер сви сигнали морају бити тачни и међусобно компатибилни [2].

7. ОБД (OBD) ДИЈАГНОСТИКА

Да би испунила све строжије захтеве и била способна да изврше све сложеније задатке током коришћења, савремена возила су постала јако сложена, састављена од великог броја саставних делова. С друге стране, повећањем броја делова, без обзира на повећање њихове поузданости, поузданост целовитог возила се смањује, а јављају се и низ других проблема у покушају да се обезбеде и друге карактеристике ефективности (готовост, расположивост, погодност одржавања и тд.). Правилно одржавање, при томе, и те како може да допринесе решавању поменутих проблема. Достигнућа у области теорије одржавања и у области технологија одржавања омогућавају правилан избор концепције, организације и технологије одржавања. У области теорије и праксе одржавања возила основни проблем је утврђивање његовог стања. Поред потребе да се детаљно сагледају могући откази возила са својим узроцима, неопходно је идентификовати и симптоме разних видова промене стања. Уколико је могуће извршити ову идентификацију и утврдити тренутак настале промене (појаве отказа) могу се утврдити и негативни ефекти насталог отказа на укупну ефективност возила. Дијагностика возила представља објективну методу утврђивања стања у коме се оно налази. Постављање дијагнозе је поступак који предходи свакој операцији одржавања, тј. представља њену прву фазу. Дијагностиком се углавном обухватају поступци утврђивања стања и његових узрока, који се заснивају на примени средстава дијагностике. У току процеса корективног одржавања захвално је користити тзв. дијагностике алгоритма. Они указују на могуће начине отклањања уочених неисправности (отказа). Постављање дијагнозе служи да се утврди да ли је возило исправно или не и да се утврде узроци евентуалне његове неисправности. Значи, постављање дијагнозе возила се, у суштини, своди на успостављање везе између возила и његовог отказа и утврђивање стања у коме се возило налази, а на основу унапред утврђене функције критеријума. У току процеса дијагностицирања неопходно је направити списак симптома и списак отказа који могу да се манифестују преко наведених симптома. При томе, неопходно је утврдити узрочнопоследичне везе између симптома и отказа. Називи и начини откривања отказа морају такође бити прецизно дефинисани. Када су све ове активности успешно завршене приступа се формирању дијагностичког алгоритма. Уколико се предходно дефинисани процес дијагностицирања аутоматизује, онда се ради о тзв. аутоматизованом дијагностичком систему. Једна од најважнијих компонената логистичке подршке коришћења возила

јесте његово одржавање. Ако се то има у виду, онда је јасна потреба усавршавања поступка одржавања. Шездесетих година овог века дошло се на идеју неопходности утврђивања стања возила објективним, тзв. дијагностичким методама. Лице које спроводи поступак дијагностицирања возила мора да познаје структуру возила и значење многобројних симптома да би успешно утврдило стање у коме се возило налази. Концепција одржавања возила према стању је једино исправно, али не и увек применљива. Сувишно је говорити о неопходности употребе најсавременијих дијагностичких технологија и информатичких система, јер њиховом применом се повећава квалитет коришћења возила и смањују укупни трошкови његовог животног циклуса. Дијагностика је научна дисциплина која се бави истраживањем веза између промена стања техничких система (возило је технички систем) и промена његових структурних параметара. Те промене се упоређују са унапред утврђеним квалитативним и квантитативним критеријумима. На основу резултата упоређења, доноси се закључак о стању у коме се возило налази. Ако се возило налази у отказу, онда се тражи место и узрок настанка тог отказа. Возило као целина може бити дијагностички објекат, али и његови делови (мотор, кочни систем, преносник снаге, управљачки систем итд.). Дијагностички објекат мора да буде погодан за дијагностику [11].

У последњих двадесетак година у аутомобилској индустрији извршена је масовна примена електронских система на возилима у циљу смањења емисије издувних гасова, смањења потрошње горива, побољшања перформанси возила, повећања стабилности, безбедности и комфора. С једне стране све строжија законска регулатива о смањењу емисије штетних издувних гасова, а с друге стране захтеви купаца везани за карактеристике и додатну електронску опрему у возилима, довели су до техничке опремљености возила која захтева стручан сервисни кадар [12].

Основни циљ увођења електронских система на возила био је везан за захтев смањења емисије издувних гасова и поједностављење оправке возила. Аутомобилска индустрија назвала је тај систем „On Board Diagnostic-OBD”, а Калифорнијска агенција за контролу загађења ваздуха – CARB (The California Air Resources Board) израдила је прву законску регулативу која се односила на произвођаче возила и обавезу уградње OBD система. Генерација I (OBD I) почела се примењивати на свим возилима у Калифорнији од моделске 1988 године, а обухватала је следеће [12]:

- уградњу индикаторске сијалице на панелу командне табле у циљу обавештења возача о насталој грешци у систему управљања радом мотора. Сијалица је добила назив MIL сијалица (Malfunction indicator lamp), често познате под називом и као „CHECK ENGINE“ сијалица.
- систем мора имати могућност снимања и читања кода грешке (DTC=Diagnostic Trouble Code) за све компоненте које утичу на емисију издувних гасова возила.
- електронски систем мора нацирати рад Ламбда сонде, EGR -вентил и EVAP -вентил.

Увођењем друге генерације – OBD II од стране CARB и EPA (Environmental Protection Agency), возила су морала бити произведена са опремом која омогућава следеће [12]:

- препознавање компоненте која смањује или потпуно онемогућава ефикасан рад система возила који регулишу емисију издувних гасова,
- обавештавање возача о потреби сервисирања/оправке возила,
- увођење стандардизованих кодова грешака и употребу читача кодова грешака (Generic Scan Tool).

Европска унија је 13. октобра 1988 године усвојила ЕУ Директиву 98/69/ЕС, којом се у све земље чланице Уније уводи ЕОБД, а у Немачкој је проглашена за национални закон. Увођење ЕОБД-а није директно везано за стандарде о издувним гасовима у ЕУ (ЕУ II-V), због чега се одређени датум увођења стандарда и прелазни период морају посматрати независно од различитих стандарда о издувним гасовима. Од 01.01.2000 године аутоиндустрија је у обавези да примени само један тип теста за нова возила погоњена бензинским мотором, а која су опремљена ЕОБД-ом. Законске регулативе које дефинишу емисију издувних гасова за путничка и лака теретна возила (до 2,5 тоне) уведене су [12]:

- ЕУ I - од 01.06.1992 године,
- ЕУ II - од 01.01.1996 године,
- ЕУ III - од 01.01.2000 године,
- ЕУ IV - од 01.01.2005 године и
- ЕУ V - од 01.09.2009 године.

Основни циљ EOBD-a је [12]:

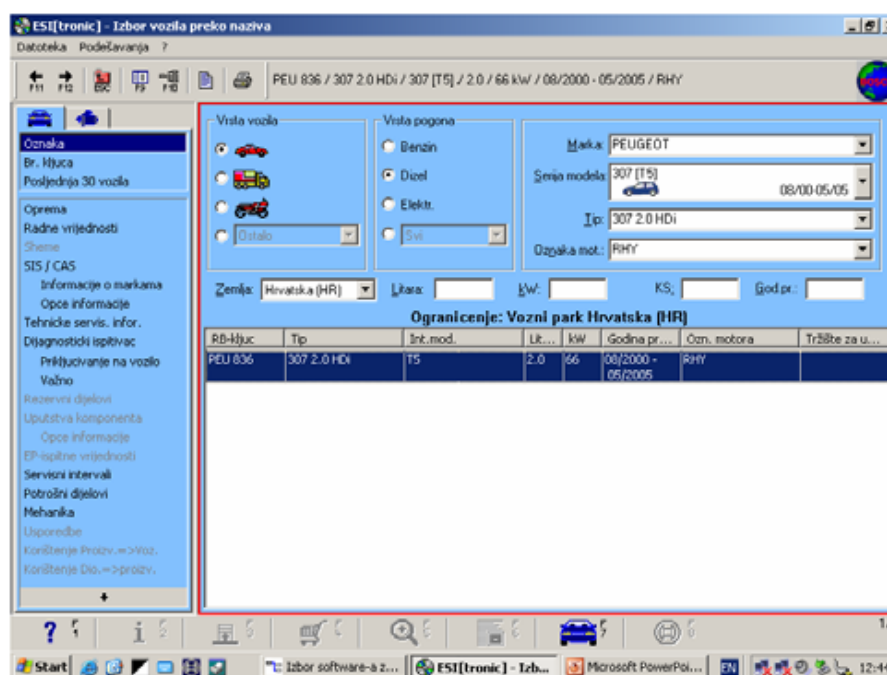
- стални надзор свих компоненти у возилу које су везане за ниво емисије издувних гасова,
- заштита угрожених компоненти (каталитички конвертор, ламбда сонде),
- оптичко упозорење (MIL-лампица) код сметњи у функционисању компонентни релевантних за издувне гасове,
- меморисање грешака са условима рада мотора при којима је грешка меморисана,
- могућност дијагностике.

Најважније разлике између европског EOBD и америчког OBD II су [12]:

- OBD II
за разлику од EOBD-a, захтева функцију провере заптивености система за снабдевање горивом,
- EOBD
препознаје изостанак паљења до 4500 o/min, док OBD II врши надзор све до максималног броја обртаја,
- EOBD
активира MIL-сијалицу након 2-10 циклуса, а OBD II након 2 циклуса,
- EOBD
врши мерење пређеног пута са активираном MIL сијалицом, за разлику од OBD II који не врши мерење.

Босцх-ов дијагностички уређај FSA 750 садржи преносни комуникационо-мерни дијагностички уређај KTS 670 са дијагностичким софтвером ESI [tronic] и моторским тестером са програмским пакетом Compact Soft за различита осцилоскопска мерења на возилима. ESI [tronic] садржи програмски пакет који преко дијагностичког конектора успоставља комуникацију са електронским управљачким јединицама различитих електронских система возила, као и детаљна упутства за тражење грешака у системима управљања радом мотора, системима стабилности, безбедности и комфора [12].

Поступак избора возила приказан је на слици 8.1, а врши се на основу расположивих података из саобраћајне дозволе возила или карактеристичних кодова (најчешће VIN код) на каросерији возила [12].

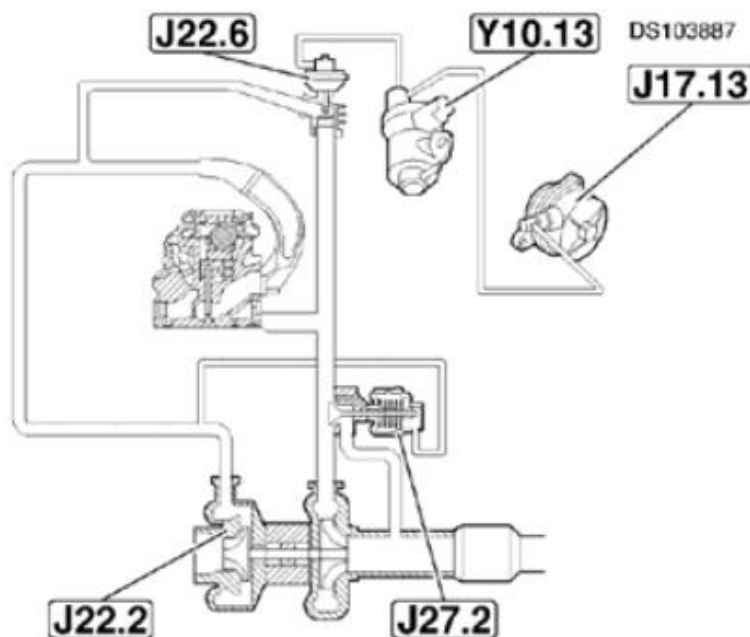


Слика 8.1. Пример избора возила преко “ознаке” возила (врста возила, врста погона, марка, серија модела, тип и ознака мотора) [12]

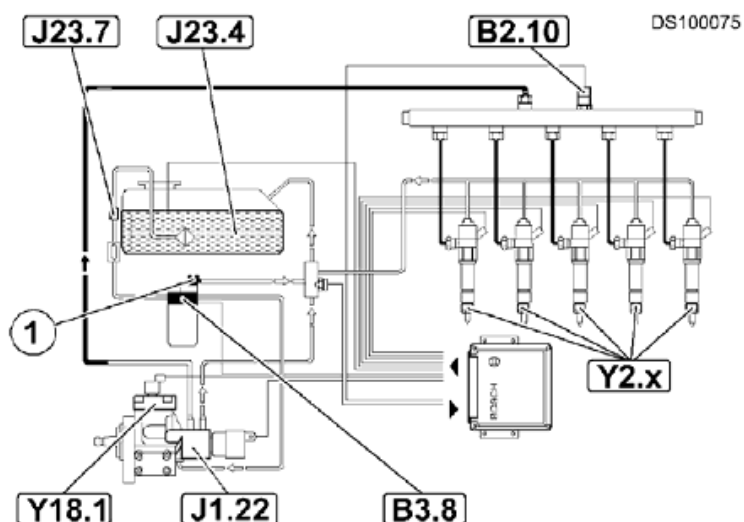
Избором система “Управљање мотором”, који се налази на навигационој листи у SIS/CAS (лика 8.1), могу се добити потребне информације о електронском систему (нпр. распоред компонентни у моторном простору - слика 8.2, систем за снабдевање ваздухом - слика 8.3, систем за снабдевање горивом- слика 8.4, пумпа високог притиска - слика 8.5, електрична шема система (само део са бризгаљкама) - слика 8.6) [12].



Слика 8.2. Распоред компоненти у моторном простору (A 1.1= ECU мотора, J1.22= Пумпа високог притиска (PVP), B3.8= Давач температуре горива, B4.4= Давач броја обртаја коленастог вратила са референтом ознаком, B4.7= Давач позиције брегастог вратила, Y2.x= Бризгаљке, итд.) [12]

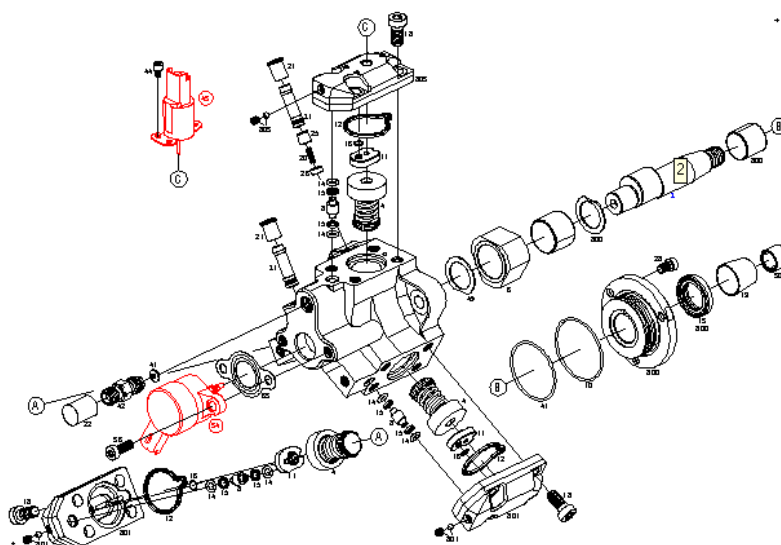


Слика 8.3. Систем за снабдевање ваздухом ($J22.2 = J22.2 =$ "Wastegate" турбопуњач, $J22.6 =$ EGR вентил, $J27.2 =$ електромагнетни вентил (EMV) за регулацију притиска пуњења мотора, $J17.13 =$ Вакуум-пумпа) [12]



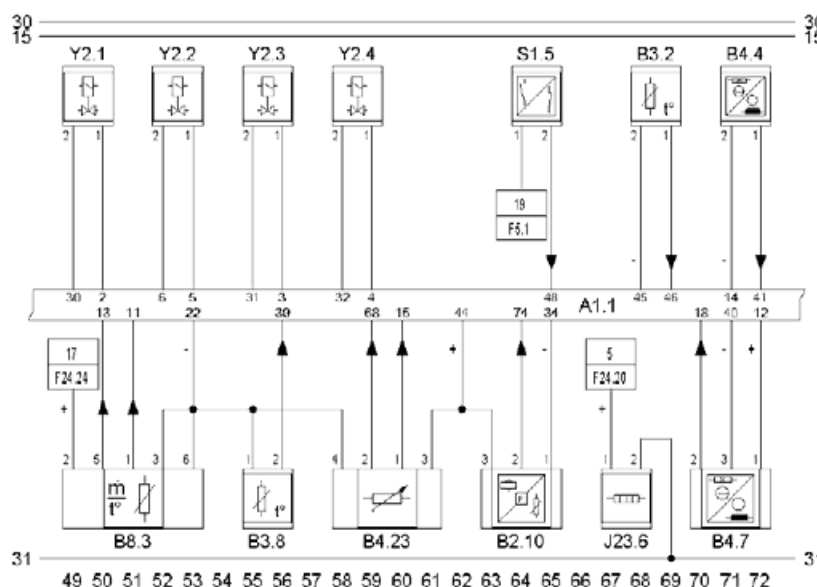
Слика 8.4. Систем за снабдевање горивом Common rail ($J2.x =$ брызгаљке, $J1.22 =$ PVP са EMV за регулацију притиска горива у раил-у, $Y18.1 =$ EMV за искључење једног цилиндра PVP, $B2.10 =$ Давач притиска горива у раил-у, $B3.8 =$ Давач температуре горива, итд.) [12]

У систему за снабдевање горивом налази се PVP прве генерације P1S3/R65/10-16S, са EMV за регулацију притиска горива у раил-у и EMV за искључивање једног цилиндра PVP. Слика 8.5 - максимални притисак горива у систему креће се до 1350 бара [12].



Слика 8.5. Пумпа високог притиска CP1S3 у растављеном стању [12]

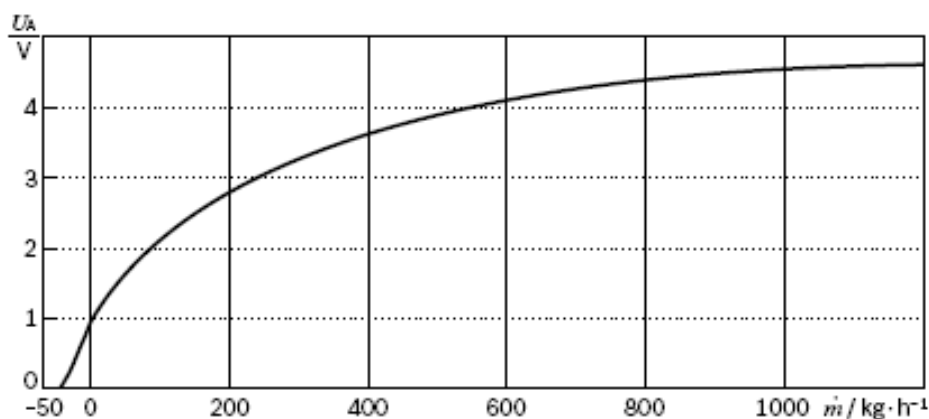
У многим случајевима при дијагностици кvara на возилу неопходна је детаљна електрична шема електронског система, која уз распоред компонентни приказан на слици 8.2, омогућује дијагностичару да врши детаљна испитивања по компонентама система као и директно на пиновима ECU мотора. Свака електрична компонента захтева упознавање са наменом, принципом рада, карактеристичним улазним/излазним сигнаlima, карактеристичним кваровима и њиховим утицајима на комплетан електронски систем управљања радом мотора [12].



Слика 8.6. Извод из електричне шеме система за управљање радом мотора CR/EDC 15 C2 (нпр. Y2.1-Y2.4= бризгаљке, B8.3= Давач протока ваздуха, B4.23= Давач позиције педале за гас, B2.10= Давач притиска у раил-у, B4.7= Давач броја обртаја коленастог вратила са референтном ознаком, итд) [12]

Како је у систему могућа појава и изузетно високих притисака, посебна пажња мора се поклонити предузимању потребних сигурносних мера при извођењу појединих радова/испитивања, посебно на високопритисној страни система [12].

У пракси се често догађа да возила са оваквим и сличним електронским системима управљања радом мотора с временом показују све слабије вучне карактеристике које се могу посебно уочити при наглом убрзању или претицању. Констатација возача је да возило ”нема снагу”. У нашем окружењу, првенствено због слабијег квалитета горива и мазива, као и пређене километраже, најчешћи узроци такве неисправности су везани за EGR вентил, турбопуњач, МАП сензор и/или давач протока ваздуха (”протокомер”). Тренутно, на многим возилима је уграђен протокомер са врелим филмом, чија је излазна напонска карактеристика приказана на слици 8.7 [12].

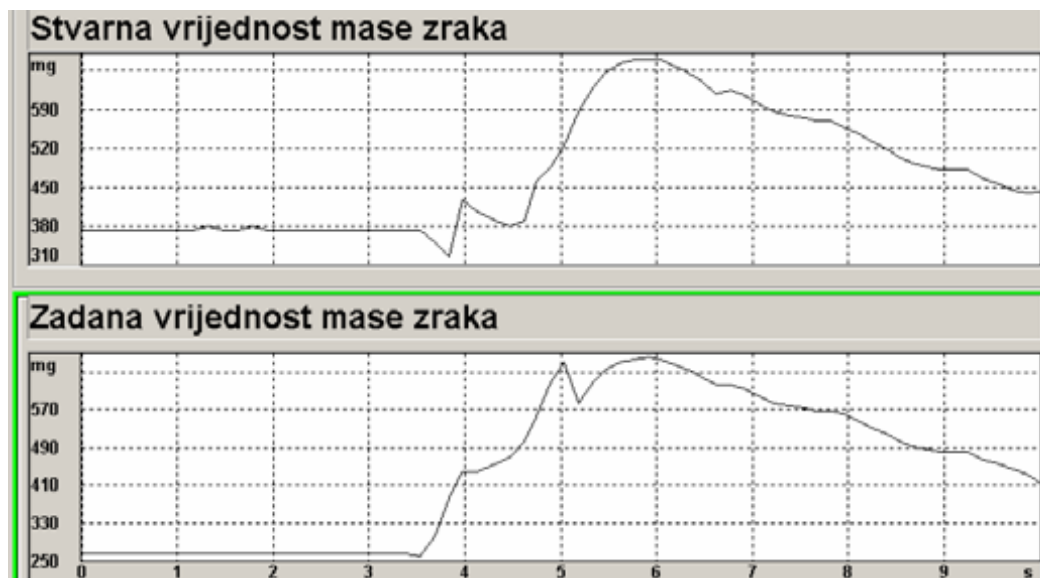


Слика 8.7 Излазна карактеристика протокомера са врелим филмом [12]

Код протокомера је карактеристично да због старења и накупљања нечистоћа на мерном елементу (прашина са испарењима уља из картера након гашења мотора=уље слабог квалитета) излазна карактеристика постепено опада, односно да за исту количину усисаног ваздуха протокомер показује све мање и мање напонске вредности. Код дизел мотора то конкретно значи да ECU мотора добија погрешан податак о усисаној маси свежег ваздуха, због чега ECU све више затвара EGR вентил. У циљу решавања кварова који могу, али и не морају, бити попраћени са меморисаном грешком у меморији ECU мотора, за едукованог дијагностичара помоћ представљају комуникациони параметри који се могу снимити у различитим режимима рада мотора [12].

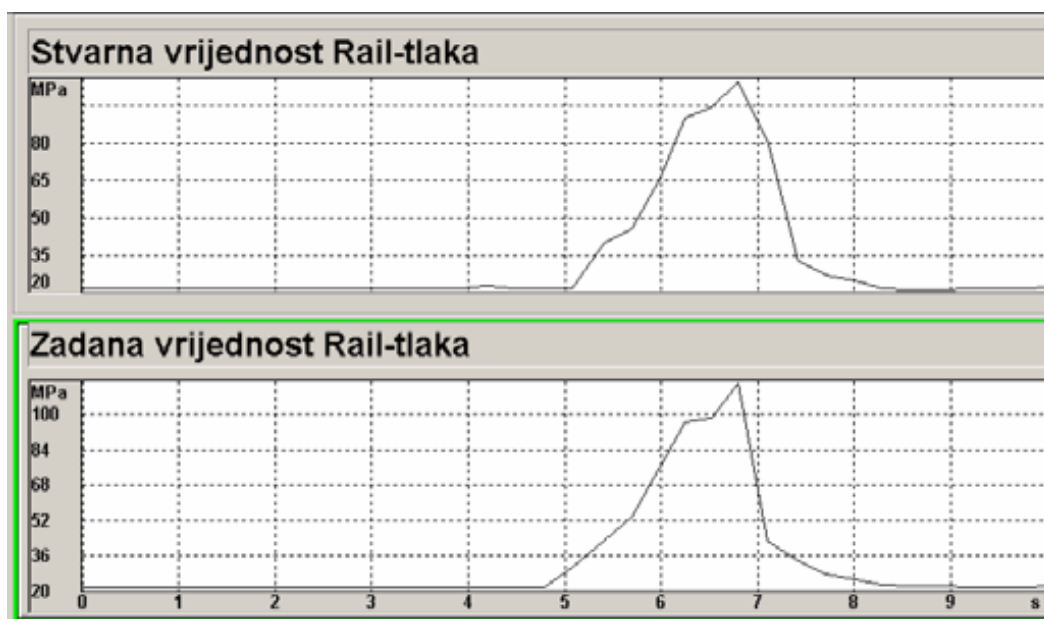
Комуникациона мерења у електронском систему за управљање радом мотора. Један од начина уласка у комуникацију са ECU мотора је избор функције „Дијагностички испитивач“ (слика 8.1). Након провере података о уграђеном

електронском систему, дијагностичари често одмах настоје да прочитају меморију грешака, која усмерава даљи дијагностички поступак. Уколико се грешка не може обрисати, то значи да је и даље присутна и да треба пронаћи основни узрок кvara. У процесу тражења кvara у систему, нарочито су корисни комуникациони параметри (стварне вредности) мерене у различитим режимима рада мотора. Измерени параметри могу се представити графички у реалном времену, што је приказано на наредних неколико карактеристичних комуникационих осцилограма. На Слици 8.8 приказана је стварна и задана вредност масе ваздуха, на основу које се може уочити разлика у празном ходу као последица укључености EGR вентила. При додавању гаса мотору ECU искључује EGR вентил, да би мотор имао пуну снагу, па се са приказаног осцилограма види да је у шестој секунди мерења изједначена задана и стварна вредност масе ваздуха [12].



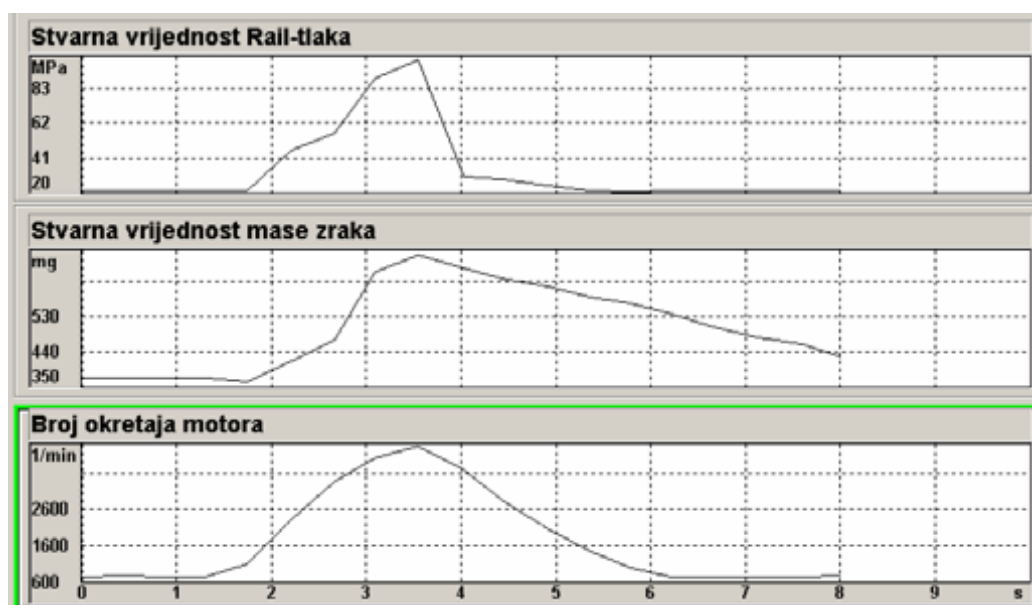
Слика 8.8 Дијаграм стварне и задане вредности масе ваздуха при додавању гаса [12]

На Слици 8.9 приказана је карактеристична промена притиска горива у раил-у при додавању гаса из режима празног хода при раду возила на месту. Из дијаграма се види да притисак од 200 бара достиже вредност око 1000 бара, што је за мерене услове задовољавајући податак. Међутим, у појединим ситуацијама због провере притиска и количине горива неопходно је испитивање на ваљцима или у пробној вожњи. Од понекад више десетина комуникационих параметара, који нам стоје на располагању, у зависности од меморисане грешке потребно је изабрати одређене параметре, који дијагностичару могу указати на одређени проблем у систему. У овом софтверском решењу могуће је једновремено снимање до четири параметра [12].



Слика 8.9 Дијаграм стварне и задане вредности притиска горива у раил-у при додавању гаса [12]

На Слици 8.10 приказан је један такав случај са три битне мерне величине: стварни притисак горива у раил-у, стварна усисана маса ваздуха и број обртаја мотора. Детаљном анализом упоредних крива могуће је закључити у ком делу система се налази проблем и у току даљих испитивања, детаљног прегледа компоненти, евентуалног чишћења или замене компоненте, пронаћи и отклонити основни узрок отката [12].



Слика 8.10 Упоредни приказ промене притиска горива у раил-у, масе ваздуха и броја обртаја мотора при нагом додавању гаса из режима празног хода (при раду мотора на месту) [12]

У зависности од типа возила, уграђеног софтвера за комуникацију на дијагностичком уређају, на располагању су и разне друге комуникационе функције испитивања рада електронских система. Поред испитивања појединачних извршних елемената (актуатора), који се појединачно или аутоматски укључују у празном ходу или на „контакту“, у овом случају посебно интересантно мерење представља упоређивање количина убризганог горива по цилиндрима (Слика 8.11) [12].

Uspoređivanje količina		
Količina korekcije za cilindar 1	95.7	%
Količina korekcije za cilindar 2	108.2	%
Količina korekcije za cilindar 3	97.3	%
Količina korekcije za cilindar 4	98.8	%

Слика 8.11 Функционално испитивање разлике убризгане количине горива по цилиндрима (мерено у празном ходу) [12]

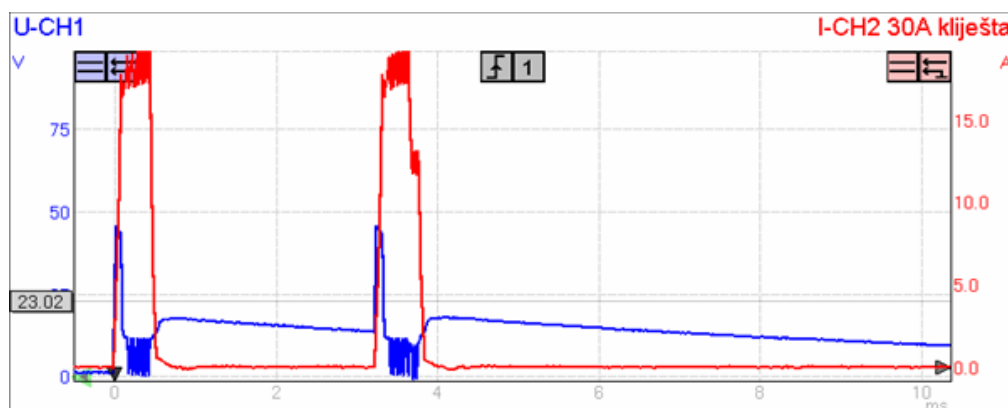
За искусног дијагностичара ово су посебно битне информације које указују на, најчешће, разне механичке проблеме, које у одређеним границама може кориговати ECU мотора додавањем или одузимањем убризгане количине горива по цилиндрима. Из приказаних резултата мерења види се да је цилиндар бр. 2 „најслабији“ и да ECU продужава убризгавање за 8,2 %, како би уједначио развијене обртне моменте по цилиндрима [12].

На основу приказаних података, дијагностичар по потреби проверава количину горива на поврату бризгаљке, скида и шаље на испитивање бризгаљке или их мења, а у случају да није квар у бризгаљкама, даљњи дијагностички кораци су везани за динамичко испитивање компресије преко струје стартовања возила, мерење компресије класичним манометром или тестером пропустљивости [12].

У сваком случају закључак који дијагностичар доноси о могућем узроку квара, подразумева понекад озбиљне трошкове у даљим радовима на оправци возила. У појединим случајевима на возилима која нису још увек обрађена у описаном софтверу, на располагању имамо EOBD комуникацију. Након уласка у OBD дијагнозу дијагностички уређај приказује следеће радне функције (SAE 1979) [12]:

- Пронађени системи,
- Преглед Onboard дијагнозе,
- Мод 1, стварне вредности - читање параметара система,
- Мод 2, погонски услови (Freeze Frame),
- Мод 3, читање меморије грешака – потврђени кодови грешака,
- Мод 4, брисање меморије грешака свих система,
- Мод 5, ламбда вредности – тест вредности и проширења ламбда сонде,
- Мод 6, вредности теста спорадично контролисаних система (без сталног надзора),
- Мод 7, читање меморије спорадичних грешака – непотврђене грешке,
- Мод 8, актуатори (извршни елементи) и
- Мод 9, информације о возилу (Vehicle-Identification Code).

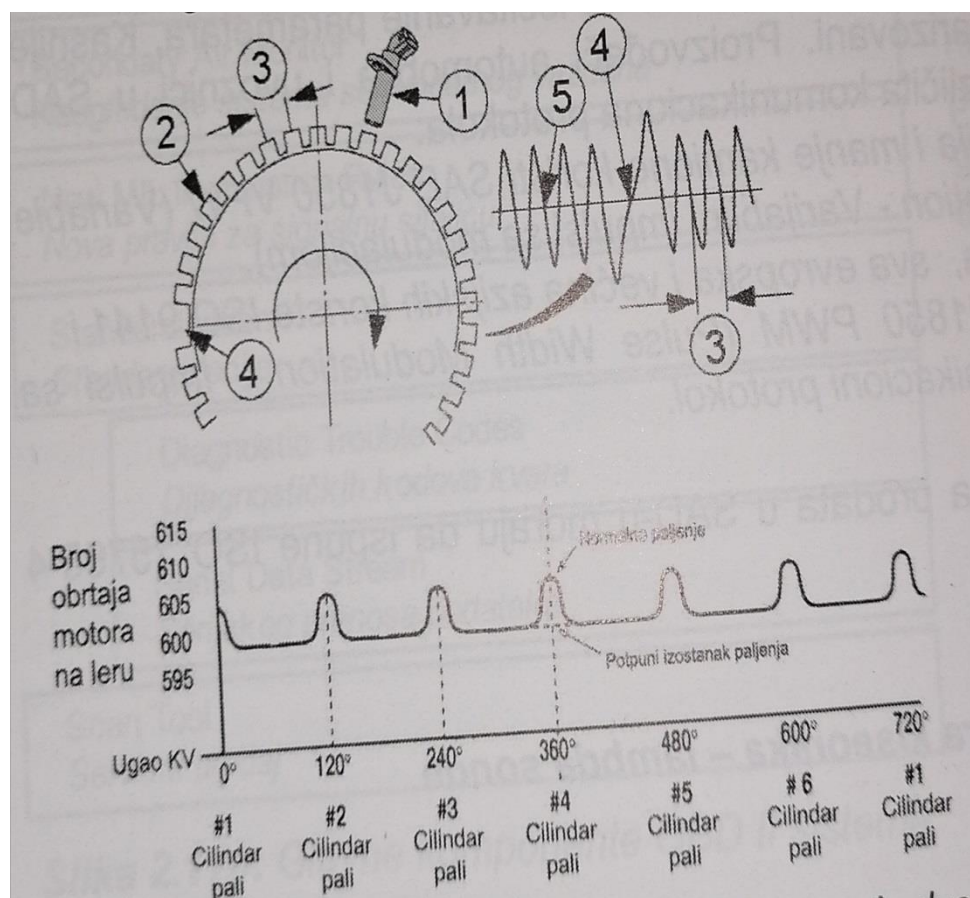
Уколико је код сложенијих кварова неопходно осцилоскопско мерење карактеристичних електричних величина на давачима и извршним елементима (нпр. на брызгалкама – слика 8.12), на располагању је мотортестер за проверу сигнала и откривање неисправности у електронском систему. При веома сложеним кваровима, посебно у случајевима када су кварови последица „људских руку” - неовлашћене интервенције и преправке у систему као и незнање, потребно је много знања, упорности и времена да би се отклонио основни узрок квара. Наравно, у реномираном сервису, основни циљ требао би бити задовољан власник возила који ће имати поверење у „свог” сервисера и поново навратити по потреби, а не замена што већег броја резервних делова/склопова са основним циљем да се у што краћем времену узме што више новца [12].



Слика 8.12 Напон и струја електромагнетне Common-rail брызгалке у празном ходу (предубризгавање и главно убризгавање) [12]

Током коришћења ОБД дијагностике лако се може открити и изостанак сагоревања одређеног цилиндра. Један од начина детектовања изостанка сагоревања је развила фирма Toyota и назвала га Ne sensor. Тај сензор побуђује назубљена плоча са 36 мање 2 зуба. Изостављени зуби(4) служе да створе сигнал референтног положаја на бази кога се идентификује цилиндар у коме је дошло до изостанка сагоревања.

Сигнал са давача броја обртаја обрађује електронска управљачка јединица мотора. На основу изгледа сигнала утврђује се да ли је дошло до изостанка сагоревања, на ком се цилиндру то догодило и степен сагоревања (нормално, делимично изостало или потпуно изостало)



Неки од делова дијагностичког комплета су приказани на следећим сликама.



Слика 8.13 Дијагностички кабал и уређај [13]



Слика 8.14 Параметри који се могу мерити уживо: (1) температура расхладне течности, (2) температура горива, (3) количина убризганог горива, (4) број обртаја мотора, (5) напон батерије, (6) позиција паучице гаса, (9) брзина возила, (10) Притисак на усисној грани [13]



4 - MASA
7 - K LINIJA
15 - L LINIJA
16 - ACCU+

Слика 8.15 Порт за комуникацију [14]



Слика 8.16 Уређај са кабловима [14]

8. САВРЕМЕНИ СИСТЕМИ ПАЉЕЊА, ПЕРСПЕКТИВЕ И ТРЕНДОВИ РАЗВОЈА

Систем дигиталне контроле мотора. У овом раду су објашњени неки од основних проблема које обухвата електронска контрола мотора. Ова област истражује неке практичне системе дигиталне контроле. Ту су и наравно значајне варијације у конфигурацији и представи о контроли која се разликује међу пројзвођачима. Како год, ова област описује репрезентативне контролне системе који нису нужно базирани на системима неког одређеног пројзвођача, на тај начин читаоц може да разуме конфигурацију и операционе принципе општих репрезентних система. Као такав, систем који се описује је скуп карактеристика коришћених од стране неколико пројзвођача. У овом поглављу, контрола мотора је описана у односу на континуално представљање. У ствари, већина модерних контролних система мотора, која се описују у овом поглављу су дигитални. Типични контролни систем мотора имају уграђен микропроцесор и он је у суштини компјутер специјалне намене. Електронска контрола мотора се развила од релативно простог система контроле горива до употребе дискретних аналогних компоненти за високо прецизну контролу убризгавања и паљења преко 32-битног микропроцесора – засниваном на интегрисано дигиталној електронској контроли погонског склопа. Мотивација за развијање софистициранијих система дигиталне контроле се увећала строжијим прописима емисије издувних гасова и потрошње горива. Доказано је да је исплативије имплементација контролера погонског склопа као вишемодни компјутер – систем направљен да задовољи ове захтеве. Вишемодни контролер функционише на један од много могућих начина рада, и, међу осталим задатцима, мења различите калибрационе параметре радних услова да би оптимизовао перформансе. Да би имплементирали вишемодно управљање у аналогној електроници било би потребно променити хардверске параметре (на пример, помоћу система пребацивања) за усклађивање различитих оперативних услова. Ипак у контролерима на бази компјутера контролна правила и системски параметри се мењају путем програма (нпр. софтвер) управљања. Хардвер остаје непромењен али софтвер се реконфигурише у складу са условима рада који одређује мерење сензора и улазног прекидача контролера. Ово поглавље објашњава како је програмирани микроконтролер одговоран за генерисање електричног сигнала који управља убризгавањем горива и окидање импулса паљења. Такође ће бити речи о споредним функцијама (као што су управљање издувима који пролазе кроз катализатор EGR прописи и контрола емисије

испаривања) о којима раније није било речи. Присетимо се да је основна сврха електронског система контроле мотора подесити смешу (ваздух-гориво), време паљења, и EGR. Малтене сви већи пројзвођачи аутомобила који продају у америци (увозни и домаћи) користе троструки катализатор за скуп ограничења издувних гасова. За такве аутомобиле, однос ваздух/гориво се држи колико је год могуће приближној стехиометријској вредности од 14,7 максимално временски изводљиво. Тајминг паљења и EGR се контролише одвојено да би се оптимизовале перформансе и потрошња горива. Типично, контролер обједињује хардверски множиоц и ROM. Хардверски множиоц у великој мери убрзава брзину операција које су потребне у више етапа релативности контроле мотора до програма софтверског множиоца, које су углавном нечим оптерећене и споре. Пратећи ROM садржи програм за сваки мод као добро подешени калибрациони параметри и табеле. Ранији овакви системи су имали 8-битне микропроцесоре, међутим правац развоја иде ка увођењу 32-битних микропроцесора. Програмирани микроконтролер генерише излазни електрични сигнал за управљање убризгавању горива за одржавање стехиометријске мешавине и паљења за оптимизацију перформанси. Тачна стехиометријска мешавина се постиже регулацијом количине испорученог горива у сваки цилиндер током усисавања у зависности од количине ваздуха. За одређивање тачног протока горива, контролер добија мерењем или проценом количине ваздуха који протиче до цилиндра. Мерење се постиже коришћењем сензора за проток ваздуха (MAF). Алтернативно, количина ваздуха који протиче се процењује (прорачунава) методом брзина-густина. Ова процена може да се добије из мерења апсолутног притиска са усисне гране (MAP), RPM, температуре ваздуха усисника. Коришћењем овог мерења или процене, количина горива која треба да се испоручи је одређена помоћу контролера у складу са тренутном командом мода. Количина горива испоручена брызгалкама је одређена функционисањем брызгалки. Брызгалке горива су у суштини електромагнетни вентили. Систем за контролу мотора, тада, одређује правилну количину горива које треба да се испоручи у сваки цилиндер (stechиометријска мешавина) помоћу измерених вредности количине протеклог ваздуха. Контролер тада генерише електрични сигнал који отвара вентил брызгалке за гориво на одређени временски интервал T да испоручи жељену количину горива у цилиндру такву да стехиометријски однос ваздух/гориво одржава. Контролер такође одређује право време за убризгавање горива које одговара ходу усисавања за одговарајући цилиндер. Овај тајминг се одређује позиције радилице и брегасте осовине помоћу сензора за ту намену [15].

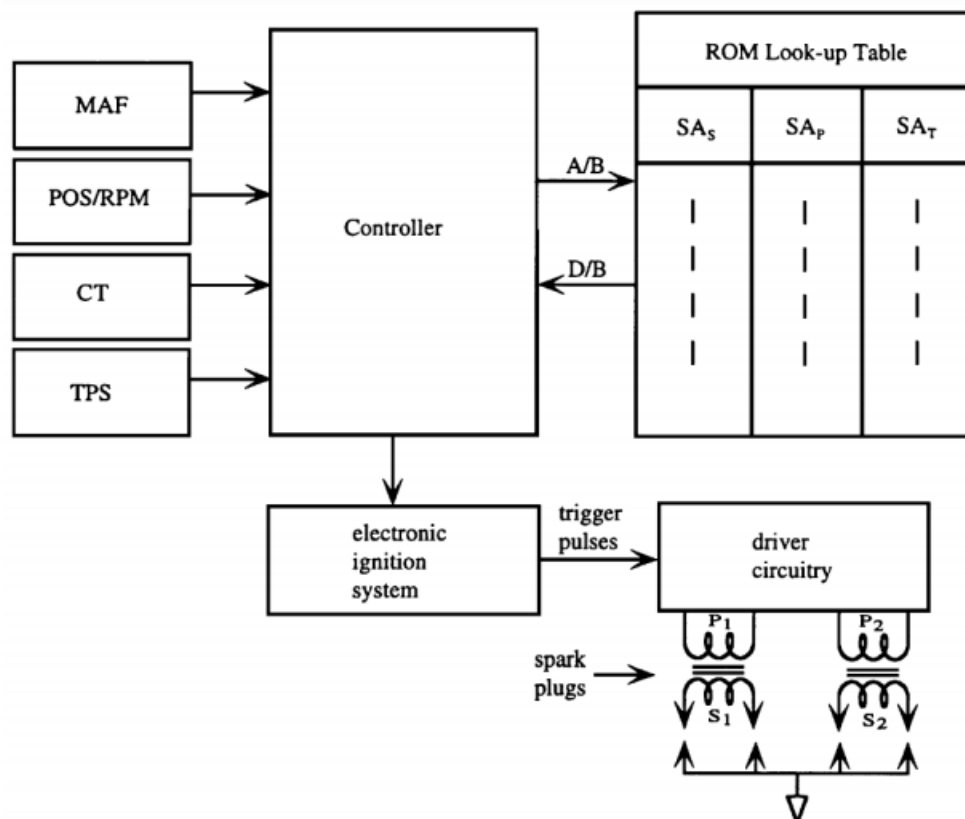
Начин управљања за контролу горива. Контролни систем мотора је одговоран за контролисање горива и паљења за све могуће услове рада мотора. Међутим постоји број одређених категорија рада мотора, сваки од њих одговара посебном и одређеном моду за контролни систем мотора. Разлике између ових операционих модова су довољно велике да се користе различити софтвери за сваки. Контролни систем мора да одреди операциони мод из постојећег читавања сензора и позове специјални одговарајући програм софтвера. За типичне моторе постоје седам различитих операционих модова мотора који утичу на контролу горива: колено мотора, загревање мотора, процес отвореног управљања, затворени систем управљања, снажно убрзање, успоравање, и празан ход. Програм за логику контролног мода операциони мод мотора преко сензорских података и тајмера. У ранијим верзијама електронског система контроле горива, мерни покретач горива углавном се састоји од једне или две брызгалке монтиран близу лептира гаса да би убризгавао гориво у кућиште лептира. Ове брызгалке у кућишту лептира (TBFI – throttle body fuel injector) биле су уствари електромеханичке замене за карбуратор. Задатак TBFI -а је да испочи гориво у тачниј размери протока за одређену количину ваздуха. Мешање горива и ваздуха, као и расподела за сваки цилиндер посебно, врши се у систему усисне гране. Још строжији прописи о емисији издувних гасова из касних 1980-их и 1990-их захтевали су прецизније убризгавање горива него што може да посригне TBFI. Регулативе и потребе за унапређењем перформанси довеле су нас до секвенцијалног убризгавања (TSPFI). У оваквим системима брызгалке су за сваки цилиндер посебно тако да убризгавају гориво директно у одговарајући усис за тај цилиндар. Дигитални систем контроле мотора захтева сензоре за мерење променљивих у раду мотора и осталих параметара. Скуп сензора може да има, на пример, проток ваздуха (MAF), концентрација кисеоника на издуву (EGO), угаона позиција радилице (CPS), или познат као RPM, позиција брегасте (могуће појединачне референтне тачке за сваки циклус цилиндра), температура расхладне течност (CT), угаона позиција лептира гаса (TPS), температура усисне гране, притисак на издуву (EPR) за EGR контролу. На примеру конфигурације са слике 1, за убризгавање горива је претпорављен TSPFI (нпр., помоћу посебних брызгалки постављене тако да убризгавају гориво директно у усисну грану поклапајући се са тактом мотора). Мерење протока ваздуха врши се помоћу MAF сензора. Поред MAF-а, ту су и сензори за мерење концентрације кисеоника на издуву (EGO), RPM, температуре усиса и расхладне течности, позиција лептира гаса, позиција радилице (брегасте), разлиха притиска у издуву (за EGR прорачун). Неки контролери мотора

садрже сензоре брзине возила коришћење кочнице положаја мењача, у зависности од појединачне стратегије контроле употребе. Када је кључ за паљење стављен у први положај, логика контроле мода аутоматски бира контролну шему за старт мотора која припрема нижи однос ваздух/гориво потребан за старт мотора. Онда када RPM дође до вредности потребне за покретање, контролер идентификује мод „старт мотора“ и пребацује контролу програму у мод за загревање мотора. Овај операциони мод одржава однос ваздух/гориво ниско да заштити мотор од неправилног рада током хладних дана док се температура хладњака мотора не попне преко минималне вредности. Минимална вредност температуре расхладне течности је специфична за сваки мотор, у зависности од врсте горива. Алтернативно, однос ваздух/гориво може бити одржаван на фиксно време после старта, у зависности од температуре мотора. Када се температура расхладне течности попне на одређени ниво, логика контроле модова упућује систему да ради у режиму отвореног система управљања све док EGO сензор не достигне довољну температуру за адекватно исчитавање. То стање се детектује праћењем напонских исчитавања изнад извесног минимума богате смеше ваздух/гориво задате вредности напона на излазу EGO сензора. Када сензор детектује барем једном богату смешу након што је мотор ушо у режим отвореног система управљања током одређеног интервала, логика селекције контролног мода бира мод затвореног система управљања за систем (други критеријуми такође могу бити изабрани). Мотор остаје у режиму затвореног система управљања све док се EGO сензор не охлади и не очита богату смешу на известно време или се јави снажно убрзање или успоравање. Ако се сензор охлади, логика начина управљања поново бира режим отвореног система управљања. За време снажних убрзања или јаког оптерећења мотора, логика селекције контролног мода бира програм који снабдева богатом смешом ваздух/гориво све док траје оптерећење. Овај програм обезбеђује максимални обртни момент али релативно слабу контролу загађења и лошу регулацију потрошње горива у поређењу стехиометријског односа ваздух/гориво. Након потребе за засићењем, контрола се враћа или у режим отвореног или затвореног система управљања, у зависности од тренутних услова коју бија логика контроле мода. Током успоравања, однос ваздух/гориво се повећава да би редуковао емисију HC и CO услед несагорелог вишка горива. Током празног хода, логика контроле мода пребацује системску контролу у мод броја обртаја у празном ходу. У том моду брзина мотора се контролише ради редукације немирног рада и заустављање које може да се деси услед пуњења у празном ходу које се мења због рада клима уређаја, алтернатора, или позиције мењача са паркинг/неутралног у полузај брзине,

иначе стехиометријска мешавина која се користи кад је мотор загрејан. У модерним контролним системима мотора, контролер је дигитални компјутер специјалне намене уграђен око микропроцесора. Блок шема типичног модерног дигиталног контролног система мотора је описан. Контролер такође садржи ROM у коме се налази главни програм (неколико хиљада линија кода) као и RAM за привремено складиштење података током процесирања. Сигнал сензора је повезан на контролер преко улазно/излазног (I/O) подсистема. Слично, I/O подсистем снабдева излазним сигнаlima бризгалке горива тако што окида импулсе на систем паљења (биће касније објашњен). Уз овај полупроводнички контролни систем иде и хардвер за семпловање и аналогно-дигиталну конверзију такве да сва мерења сензора су у одговарајућем облику за читавање које врши микропроцесор. Контролни систем бира операциони мод на основу тренутних операционих услова које одређују мерења сензора. За време било ког операционог мода жељени однос ваздух/гориво (A/F)д је селектован. Контролер затим одређује количину горива која треба та се убризга у сваки цилиндар током сваког циклуса мотора. Количина горива зависи од појединачних услова рада докле год контролер ради у том моду као што ће бити објашњено надале [15].

Електронска контрола паљења. Као што је раније виђено мотор треба да се снабде горивом и ваздухом у правој размери и помоћно средство које треба да запали ту смешу је електрична варница. Пре развоја електронског паљења традиционални систем паљења садржале су свећице, разводну капу и високонапонски калем за паљење(игнитион цоил). Разводна капа је секвенцијално повезана за излаз високонапонског калема за одговарајућу свећицу. То би проузроковало прављење варнице прекидањем струје (тачка паљења) на жељени калем на тај начин тражену варницу. Време појаве варнице (нпр. тајминг паљења) је у вези са клиповима у односу на TDC дејство генерисаног обртног момента. У већини данашњих моторима са електронском контролом разводна капа је замењена вишеструким калемима (мултипле цоилс). Сваки калем снабдева варнице за или један или два цилиндра. У таквом систему контролер бира одговарајући калем и испоручује окидачки импулс мрежи контроле паљења у право време за сваки цилиндар. Слика 9.1 илуструје такав систем на примеру четвороцилиндричног мотора. На овом примеру пар калемова прави варницу за паљење два цилиндра за сваки калем. Пар цилиндра је изабран тако да један цилиндар је у компресији док је други у циклусу издува. Цилиндар у компресији је цилиндар коме треба паљење (време нешто пре достизања TDC-a-top dead center). Други цилиндар избацује сагореле гасове. Калем пали свећицу за та два цилиндра симултано. За прошли

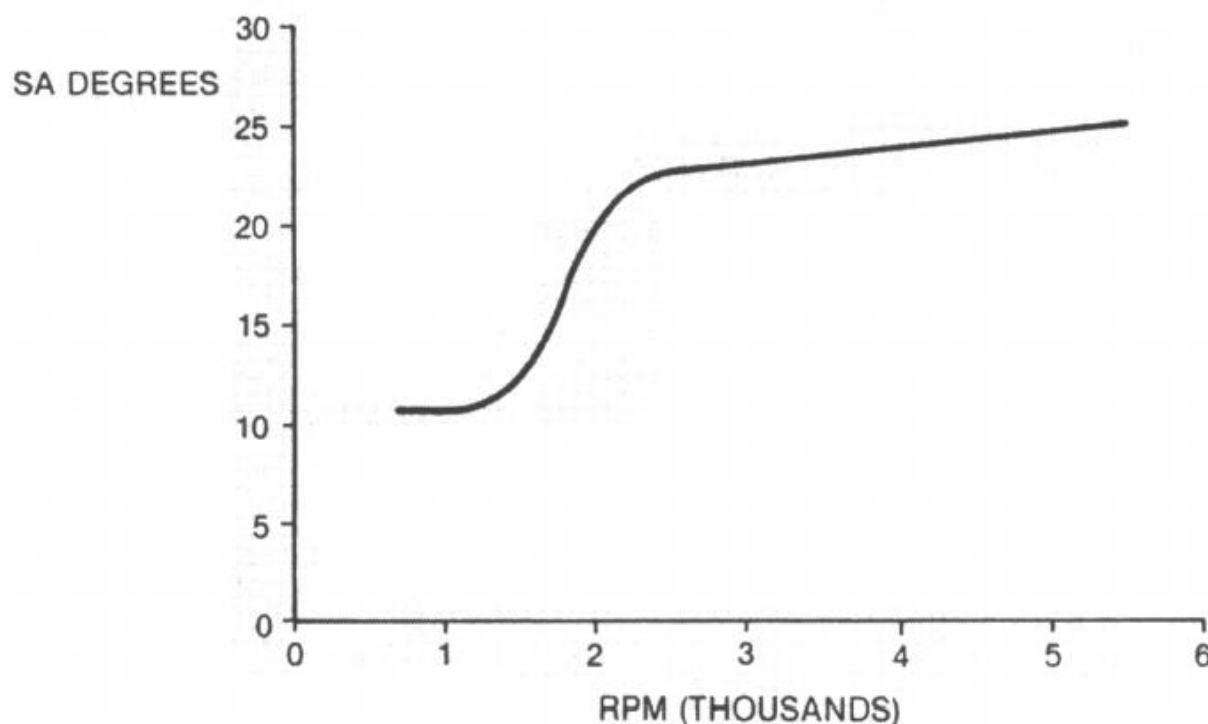
цилиндр смеша је запаљена и сагоревање врши радни ход који предстоји. За други цилиндар (издувни такт) сагоревање је већ извршено и варница нема ефекта [15].



Слика 9.1 Дистрибуциони систем паљења [15]

Ипак смеша мотора са савременом регулациом емисије је принуђена стехиометрији, тајминг варница може да варира да уреди постизање оптималних перформанси до границе смеше. На пример, тајминг варнице може бити изабран да мотор постигне највећи могући обртни момент за било који услов рада. Овај оптимални тајминг варница ја познат за сваку конфигурацију мотора пошто је измерено на динамометру мотора. Више о томе ће бити речи у објашњењу таминг паљења у затвореном управљању касније. Промењиве које утичу на најбољи тајминг варнице у било ком услову рада су RPM, подешавање притиска (или проток ваздуха), барометарски притисак и температура расхладне течности. Адекватни тајминг варнице за сваку вредност ових промењивих је меморисан у табlici у ROM-у. На пример, варијација ранијег паљења (SA) са RPM за репрезентативни мотор је приказана на слици 9.2. Контролни систем мотора добија исчитавања са различитих сензора и генерише адресу за таблицу (ROM). Након читања вредности из таблице контролни систем израчунава вреднос ранијег паљења. Излазни сигнал генерише адекватно време

за активирање варнице. Слика 9.2 је стехиометрија репрезентативног система електронског паљења [15].



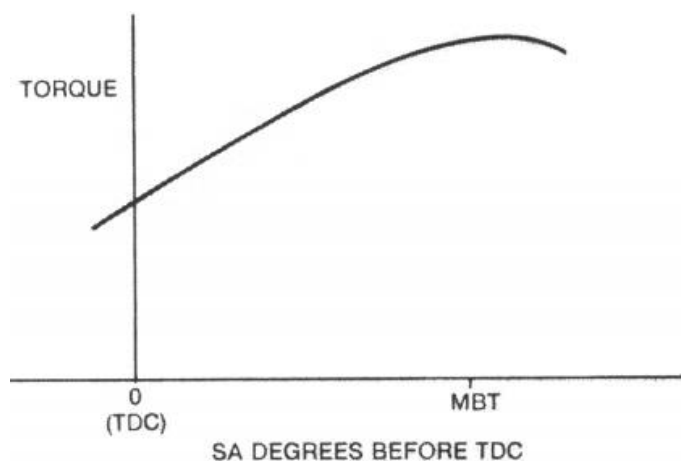
Слика 9.2 Дистрибуциони систем паљења, дијаграм зависности [15]

На овом примеру конфигурације вредност ранијег паљења је израчуната у главном контролном систему (или контролер који регулише гориво). Овај систем прима податке са различитих сензора (као што је описано изнад у односу на контролу горива) и одређује адекватно раније паљење за тренутне услове рада. На конфигурацији описаној на слици 9.2 електронско паљење је имплементирано у самосталном модулу за паљење. Овај полупроводни модул прима праву вредност каснијег паљења и генерише електрични сигнал који управља мрежом побуђивача калема. Овај сигнал је направљен да одговори улазим временима које долазе са радилице и брегасте (POS/RPM). Струјно коло побуђивача калема прави струју на калеме P1 и P2 групе калема описаном на слици 9.1. Ово примарно струјно коло је направљено током такозваног период-а док се још није јавила варница. У право време покретац кола прекида примарно коло помоћу полупроводничког прекидача. Ово прекидање примарног струјног кола изазива драстичан пад магнетног поља у области калема изазивајући веома висок напон (20000- 40000 волти) које изазивају варницу. На примеру описаном на слици 9.1 пар калемова (паир оф цоил пацкс) сваки побуђује две свећице. Таква конфигурација је одговарајућа за мотор са четири цилиндра. У

нормалним условима требало би да буде један пар калемова за сваки пар цилиндара. Горе описани систем паљења је познат као дистрибуциони систем паљења (дистрибуторлесс игнитион систем DIS). Постоји одређени број старијих аутомобила на путевима који користе дистрибутор. Како год електронски систем паљења је показан на слици 9.1. У моторима са уграђеним дистрибутором постоји сано један калем цоил а други је повезан за ротациони прекидач (или дистрибутор). У типичном систему електронског паљења потпуно кашњење паљења, SA (у степенима пре TDC) изражене су неколико компоненти које се додају заједно: Прва компонента SAS је основно убрзање варнице које је табеларна вредност RPM-а и MAP-а. Контролни систем чита RPM и MAP и прорачунава адресу у ROM за вредност SAS која одговара датој вредности. Типично померање са RPM у леру до око 1200 RPM је релативно споро. Онда са отприлике 1200 до 2300 RPM увећање RPM је релативно брзо. Преко 2300 RPM повећање RPM је поново релативно споро. Сваки мотор има своје карактеристично упрзање паљења које је углавном компромис супротних фактора. Друга компонента SPP је прилог ранијег паљења у односу на притисак у усисној грани. Ова вредност се одређује из таблице у ROM-у. Генерално гледано SA се смањује повећањем притиска. Задња компонента SAT је прилог ранијег паљења у односу на температуру. Температура утиче на раније паљење релативно комплексно изимајући увид хладног старта, загревање мотора и потпуно загрејаног мотора али је то изван намера овог рада [15].

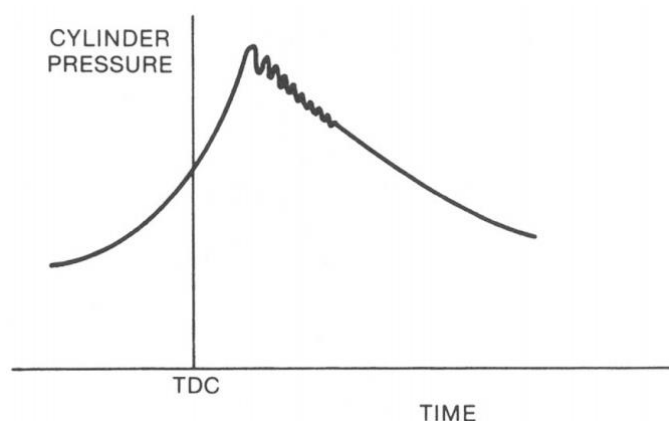
Затворена-петља регулације тренутка паљења Систем за паљење претходно описан је систем отворене петље. Главни недостатак контроле отворене петље је да она не може аутоматски надокнадити механичке промене у систему. Затворена петља регулације тачке паљења је пожељна са становишта побољшања перформанси мотора и одржавања тих перформанси упркос променама система. За најбоље перформансе варница се подешава све док се не појави ударац. План затворене петље подешавања тачке паљења је базиран на побољшању перформанси подешавањем тачке паљења у односу на TDC. За дати број обртаја у минути и притисак , промена обртног момента са ранијим паљењем дата је на слици 9.3. Може се видети да померање варнице у односу на TDC повећава обртни момент све док се не постигне најбољи обртни момент. Раније паљење је познато као најбољи средњи обртни момент или MBT. Када генерисање варнице касни сувише дуго , појављује се феномен неприродног сагоревања који је познат као куцање или лупање. Мада детаљи проузроковања лупања нису предмет ове књиге, они су генерално део паљења смеше ваздух/гориво која се јавља супротно

нормалном паљењу варницом. Уопштено говорећи, амплитуда ударца је пропорционална смеси ваздух/гориво која се самозапаљује. Лупање се карактерише брзим повећањем притиска у цилиндру приликом паљења коју прати осцилација притиска у цилиндру. Фреквенција ових осцилација је специфична за дату конфигурацију мотора и типчно је у рангу од неколико кило херца [15].



Слика 9.3 Обртни момент СА наспрам обичног мотора [15]

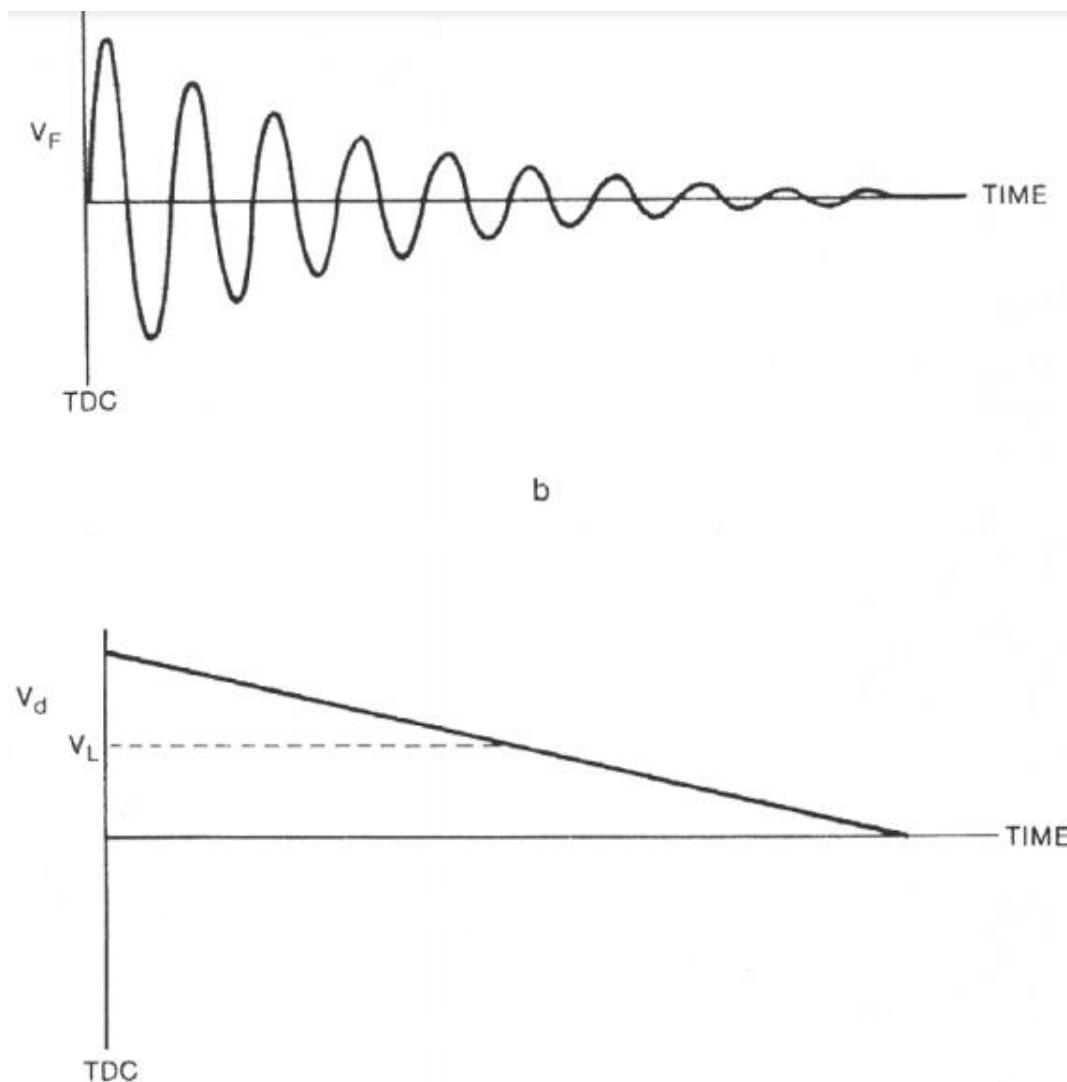
На слици 9.4 је график типичног притиска у цилиндру насупрот времену услова лупања. Релативно низак ниво лупања је пожељан са становишта перформанси мада прекомерно лупање неоспорно изазива оштећење мотора и мора се избећи [15].



Слика 9.4 Притисак у цилиндру [15]

Стратегија за контролу ранијег паљења унутар затворене петље је унапредити време варнице све док ниво лупања не постане неприхватљив. У овом тренутку контролни систем смањује раније паљење свек док се не добију задовољавајући нивои лупања. Наравно, нацрт контроле ранијег паљења базиран на граничним нивоима лупања захтева сензор лупања као што је раније објашњено. Овај сензор реагује на

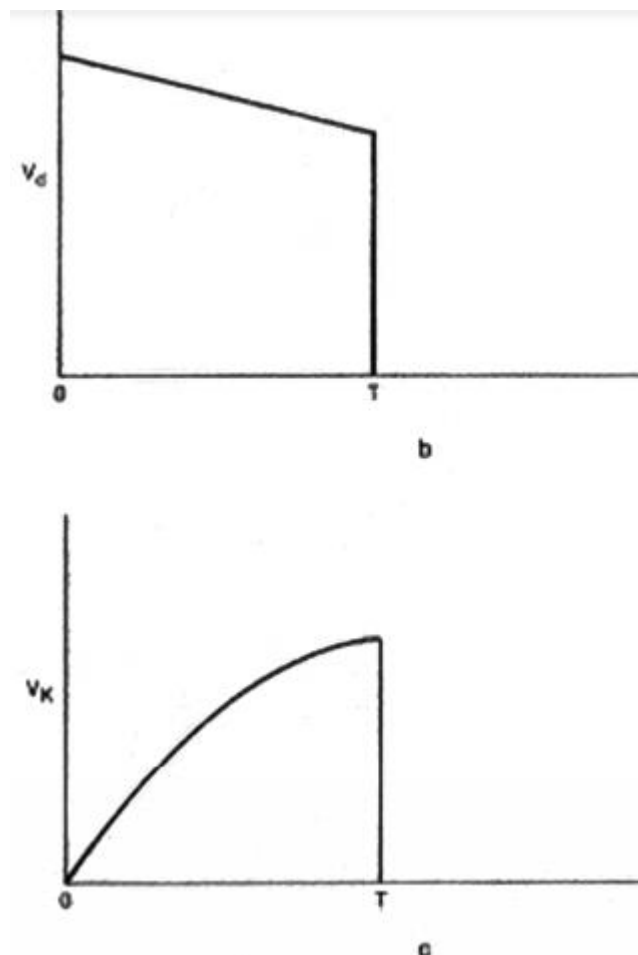
звучну енергију у опсегу брзих промена притиска цилиндра као што је приказано на слици 9.4. Слика 9.5 је дијаграм инструментације за мерење интензитета удarca. Излазни напон ВЕ сензора лупања је пропорционалан у односу на типичну акустичну енергију у блоку мотора у тачки монтаже сензора. Овај напон се шаље ускопропусном филтеру који је усаглашен са фреквенцијом лупања. Излазни напон филтера VF је пропорционалан амплитуди лупања и према томе је “сигнал лупања”. Напон Вд ових промена је напон кола детектора. Овај се напон шаље контролеру где се пореди са нивоима интензитета лупања. Када је ниво лупања мањи од нивоа поређења, варница се усавршава. Када се премаши ниво генерисање варнице се омета [15].



Слика 9.5 Таласни облици сигнала за контролу паљења [15]

Коло детектора дато је на слици 9.5 и оно је прекидачко коло које испитује излаз сензора лупања у тренутку када је амплитуда лупања највећа (нпр. убрзо после TDC). У суштини ово прекидачко коло је нормално отворено док је затворено у кратком

интервалу (0 до T) који одговара TDC. За време овог интервала сигнал лупања је највећи у поређењу са буком мотора. Вероватноћа успешног детектовања сигнала лупања је највећа током овог интервала. Исто вероватноћа погрешне буке мотора у односу на сигнал лупања је најмања у овом интервалу. Финална етапа мерења лупања је интеграција у вези са временом; ово може бити постигнуто коришћењем операционог појачавача. На пример коло са слике може се користити за интеграцију излаза прекидачког кола. Прекидачко коло контролише прекидаче $S1$ и $S2$. Излазни напон V_K на крају импулса интервала T је дат дијаграмски. Акустички сигнал лупања се пореди са нивоом неприхватљивог лупања. Напоном $V_K(T)$ се приказује ниво лупања. Контрола генерисања варнице упоређује нивое напона (користећи аналוגни компаратор) како би утврдила да ли се појавило лупање (Слика 9.6) [15].

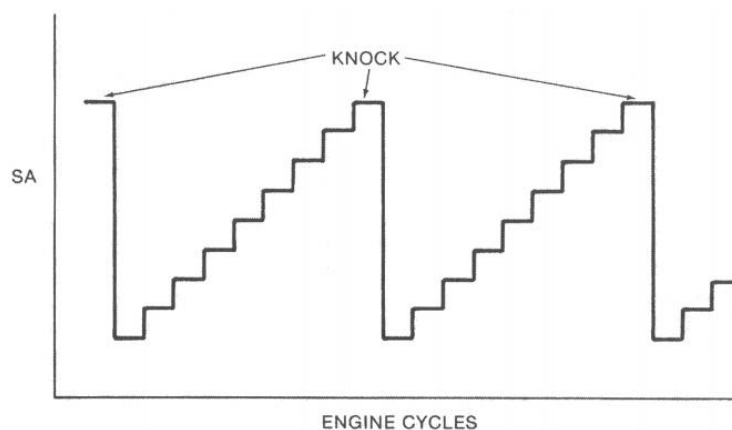


Слика 9.6 Пример интегратора [15]

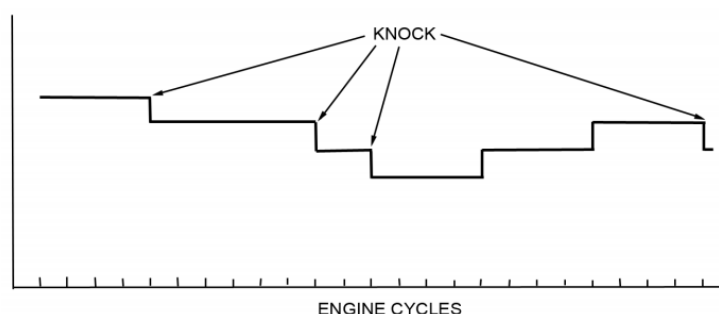
Излазни напон компаратора је бинарна вредност која зависи од амплитуде $V_K(T)$ и прага напона. Када је $V_K(T)$ мање од прага напона излаз компаратора је на ниском нивоу и сигнализира да нема лупања. Све док је $V_K(T)$ веће од прага напона

излаз компаратора је на високом нивоу и приказује лупање. Иако ова шема детекције лупања садржи константне прагове постоје апликације каоје имају променљиве. Променљиви нивои лупања повећавају се са порастом RPM јер се комплетна бука у мотору повећава са порастом RPM [15].

Корекциона шема ранијег паљења. Када је ниво лупања прекомеран, затворена петља система ранијег паљења проузрокује опадање варнице. Мада детаљи ранијег паљења могу варирати од произвођача до произвођача има генерално две класе корекције које се користе: брза и спора корекција. У шеми брзе корекције раније паљење је успорено за следећи циклус мотора за одређену вредност (типично 5 до 10 степени) све док се не детектује лупање. Онда се раније паљење помера један степен сваких 5 до 20 обртаја радилице. Брза корекција обезбеђује минимум времена које се троши у условима јаког лупања. Даље, ова шема компензује хистерезис (нпр. за проузрокује лупање за један степен док се за више степени елиминише). Брза корекциона шема је дата на слици 9.7 док је на слици 9.8 приказана спора корекциона шема [15].

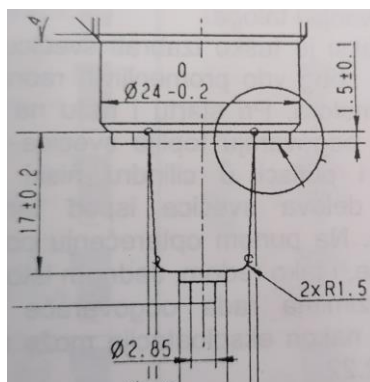


Слика 9.7 Брза корекција ранијег паљења [15]

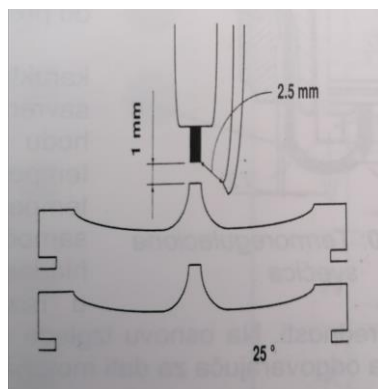


Слика 9.8 Спора корекција ранијег паљења [15]

Данас постоје бројни системи и елементи система који се пласирају на тржиште. Један од таквих који је изазвао бурне реакције јесте систем фирме SAAB под називом SPI свећица и брызгач у једном агрегату (Spark Plug Injector). Прве свећице које су крајем деведесетих година прошлог века биле актуелне данас су замењене новим и савременим системима попут претходно наведених. Постоје и други типови свећица са терморегулацијом, спољна електрода се састоји од каталитичке мрежице која дише. Како се свећица загрева тако се мења термички и електрички зазори штитећи средњу электроду од премошћавања и талога.



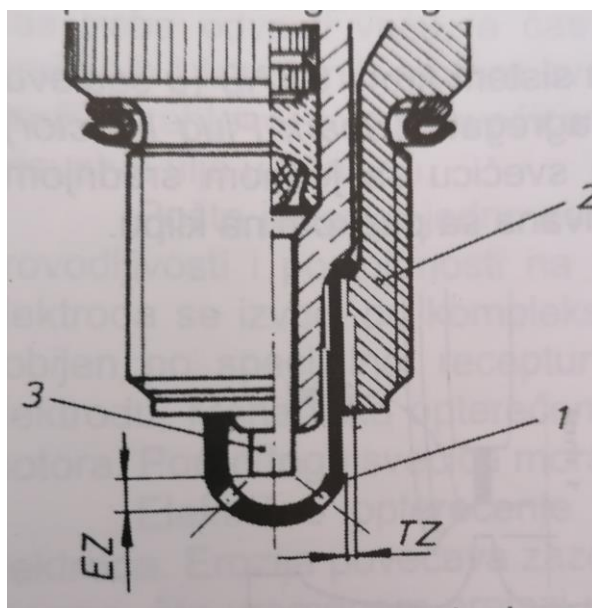
Слика 9.9 Свећица SAAB [15]



Слика 9.10 Комора SAAB [15]



Слика 9.11 SPI- свећица и брызгач [15]



Слика 9.12 Терморегулациона свећица [15]

9. ЗАКЉУЧАК

Развој нових и савремених материјала као и развој електронске и компјутерске индустрије потпомогао је развоју ових система, система за паљење смеше код ото мотора. Када се направи ретроспектива првобитних уређаја, данас већ, могло би се рећи и примитивних и ових савремених (најсавременијих уређаја) за паљење смеше код ото мотора предности савремених у поређењу са старим уређајима и системима су више него очигледни. Стари системи су правили грешке у раду, расипали гориво, давали неадекватне и неефикасне режиме док то није ни најмање случај са савременим системима. Компјутерско управљање и контрола бројних сензора довела је ове системе до савршенства и омогућила системима да остварују максималну ефикасност.

На самом почетку рада дате су уводне напомене као и историјски развој ото мотора, како је изгледао и радио некада а како ради и изгледа данас. У даљем раду детаљно се описује принцип рада мотора, сви циклуси и процеси од довода, убризгавања, запаљења смеше до сагоревања и крајњег циклуса. Један део рада је базиран само на екологији, на показатељима еколошке и енергетске ефикасности, европским нормама и тсл. Поред еколошке и енергетске ефикасности детаљно је описан и систем за пречишћавање ваздуха. Средишњи део рада се базира на врстама и начинима паљења смеше код ото мотора, развојем тих система и различитим начинима извођења и конструкција. На самом крају рада детаљно се описују савремени системи за паљење смеше код ото мотора, сликовито се приказују неке од конструкционих изведби али се описују и могуће тенденције и перспективе развоја.

10. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Пешић Р., Петковић С., И Веиновић С.: Моторна возила – Опрема, Машински факултет у Крагујевцу и Бања Луци, 2008.
- [2] А. Давинић, Р. Пешић: Погонски системи у транспорту, Факултет инжењерских наука Универзитет у Крагујевцу, Крагујевац, 2018.
- [3] Електронски системи паљења: <https://autorepublika.com/2018/12/13/evolucija-benzinskih-motora-sistemi-ubrizgavanja/>, приступљено 20.09.2020.
- [4]: Еволуција бензинских мотора : <https://vrelegume.rs/evolucija-benzinskih-motora/>, приступљено 20.09.2020.
- [5] Принцип рада мотора са унутрашњим сагоревањем: <https://www.deloviautomobila.rs/auto-delovi/motori-sa-unutrasnjim-sagorevanjem/>, приступљено 22.09.2020.
- [6] Главни делови мотора СУС : <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.viser.edu.rs%2Fuploads%2F2018%2F10%2F07%2520-%2520MSUS%2520-%2520Glavni%2520delovi%2520motora%2520SUS.pdf&psig=AOvVaw2mhhkRm653dZRwG0UN2IGvx&ust=1590536467876000&source=images&cd=vfe&ved=0CA0QjhxxqFwoTCLidkKDDx-kCFQAAAAAdAAAAABAD> , приступљено 25.09.2020.
- [7] Анализа сустава за напајање горивом код ОТО мотора: https://docplayer.rs/139044300-Sveu%C4%8Dili%C5%A1te-u-zagrebu-fakultet-prometnih-znanosti-leon-floreani-analiza-sustava-za-napajanje-gorivom-kod-otto-motora-zavr%C5%A1ni-rad-zagreb-2018.html?fbclid=IwAR1dS3VAfrQK81fFSISRKAvgqrkdGyF8Nb7FHFV2kLLMhSfyVsT3z_Iycnz0, приступљено 27.09.2020.

[8] Увод у моторна возила и моторе : <http://websrv3.viser.edu.rs/download.php?id=23325> ,
приступљено 28.09.2020.

[10] Развој система паљења бензинских мотора :
<https://automehatronika.wordpress.com/razvoj-sistema-paljenja-benzinskih-motora/> ,
приступљено 30.09.2020.

[11] Дијагностика возила као основа њиховог одржавања:
http://arhiva.nara.ac.rs/bitstream/handle/123456789/241/PT_01-2009%20-%20Krstic%202.pdf?sequence=1&isAllowed=y&fbclid=IwAR3eiD17GPJHniBzf7QEbYp_cCjHLusZXSpGV_CqlviJcpEp9n5f07yu3ksA , приступљено 10.10.2020.

[12] Савремени системи за дијагностику возила :
https://infoteh.etf.ues.rs.ba/zbornik/2010/radovi/C/C-2.pdf?fbclid=IwAR18M2SU8psSPBYc8gphZGIEVYFMI5lZmMli1xnHilB_R5ulmc8ZMWLVn2Q , приступљено 10.10.2020.

[13] Примена дијагностичких метода : <http://www.cqm.rs/2013/cd1/pdf/40/32.pdf?fbclid=IwAR1cPXvdqgJ9Bgard-W-kLkisBRB86ZUp7BtZzmRSC3tRp1DcMaxRhGM31g> ,
приступљено 10.10.2020.

[14] Примена сензора у аутомобилској индустрији : <https://www.fiat-lancia.org.rs/Korisno/PrimenaSenzoraUautomobilskojIndustriji.pdf?fbclid=IwAR26jX3DrsLdLkts-fgme3kOniwtvdwrXNxxt5mBvZredOuYldA7JwrUO5c> , приступљено 10.10.2020.

[15] Систем дигиталне контроле мотора :
http://es.elfak.ni.ac.rs/Seminar%20works%20AUTO/Sistem%20digitalne%20kontrola%20-%20Marko%20Milovanovic,%20Milan%20Zivkovic/Sistem%20digitalne%20kontrola%20motora%20-%20Marko%20Milovanovic,%20Milan%20Zivkovic.pdf?fbclid=IwAR3r0_38GEDJKx-5dcngisH1qlTb-tUAeQem3w7_kMrjHNqqBGijgUE4mDQ , приступљено 10.10.2020.