

# SUSTAV NAPAJANJA GORIVOM MOTORA S UNUTARNJIM IZGARANJEM

---

Jakovac, Ivan

Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:577609>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-08-09**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

Repository / Repozitorij:

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

# SUSTAV NAPAJANJA GORIVOM MOTORA S UNUTARNJIM IZGARANJEM

---

Jakovac, Ivan

Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:577609>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2023-02-15**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

Repository / Repozitorij:

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel Sigurnosti i zaštite  
Specijalistički diplomski stručni studij Sigurnosti i zaštite

Ivan Jakovac

**SUSTAV NAPAJANJA GORIVOM MOTORA  
S UNUTARNJIM IZGARANJEM**

**DIPLOMSKI RAD**

Karlovac, 2020.



Karlovac University of Applied Sciences  
Safety and Protection Department  
Professional graduate study of Safety and Protection

Ivan Jakovac

**THE POWER SUPPLY SYSTEM FUEL INTERNAL  
COMBUSTION ENGINE**

Final paper

Karlovac, 2020.

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel Sigurnosti i zaštite

Specijalistički diplomski stručni studij sigurnosti i zaštite

Ivan Jakovac

**SUSTAV NAPAJANJA GORIVOM MOTORA  
S UNUTARNJIM IZGARANJEM**

DIPLOMSKI RAD

Mentor: Marijan Brozović, dipl. ing.stroj., v.pred.

Karlovac, 2020.

## **PREDGOVOR**

Zahvaljujem mentoru Marijanu Brozoviću, dipl.ing. na ukazanoj pomoći prilikom pisanja završnog rada te na savjetima kojima me usmjeravao prilikom pisanja istoga.

Od srca zahvaljujem i svojoj obitelji na pruženoj potpori i razumijevanju tijekom studija.

## SAŽETAK

S promjenljivim vremenom otvaranja i zatvaranja ventila postiže se bolje punjenje cilindara u širokom rasponu brojeva okretaja motora. Razlikujemo dva sustava kontrole otvaranja i zatvaranja ventila: upravljanje bregastim vratilom i varijabilno podizanje ventila. Zadatak sustava dobave goriva je opskrbiti sustav za pripremu smjese dovoljnom količinom goriva pri svim režimima rada motora. Otto motori izgaraju benzine, metanol ili autoplín. Mogu imati vanjsko ili unutarnje stvaranje smjese koja se pali vanjskim izvorom energije. Razlika između diesel i otto motorapostoji: tlakovi ubrizgavanja znatno su niži u otto motora i kreću se od 0,8 do 15 bara, a ubrizgava se prije ili tijekom usisnog takta izravno u cilindre ili usisnu cijev, odnosno granu (kod GDI motora ubrizgava se i u taktu kompresije). Ubrizgavanje benzina može biti direktno ili indirektno, odnosno centralno ubrizgavanje ili tlakom upravljano ubrizgavanje.

**Ključne riječi:** ventil, sustav dobave goriva, motor

## SUMMARY

Variable valve opening and closing times contribute to a better cylinder filling over a wide range of engine speeds. There are two valve opening and closing control systems: camshaft control and variable valve lift. The task of the fuel supply system is to supply the mixture preparation system with sufficient fuel in all engine modes. Otto engines burn gasoline, methanol or autogas. They can have external or internal mixture formation which is ignited by an external energy source. There is a difference between diesel and otto engines: in otto engines, injection pressures are lower (from 0.8 to 15 bar), and the injection is performed before or during intake stroke directly into the cylinders or intake manifold or branch (in GDI engines, it is also injected in the compression stroke). Gasoline can be injected directly or indirectly, that is, injection can be central or pressure-controlled.

**Keywords:** valve, fuel supply system, engine



# SADRŽAJ

<b>ZADATAK ZAVRŠNOG / DIPLOMSKOG RADA</b> .....	<b>I</b>
<b>PREDGOVOR</b> .....	<b>II</b>
<b>SAŽETAK</b> .....	<b>III</b>
<b>SADRŽAJ</b> .....	<b>IV</b>
<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
1.1. PREDMET I CILJ RADA .....	2
1.2. IZVORI PODATAKA I METODE PRIKUPLJANJA .....	2
<b>2. TEORIJSKI DIO</b> .....	<b>3</b>
2.1. VARIJABILNO OTVARANJE VENTILA[1] .....	3
2.1.1. <i>Upravljanje bregastim vratilom</i> .....	3
2.1.2. <i>Varijabilno podizanje ventila</i> .....	7
2.2. SUSTAV DOBAVE GORIVA[1] .....	10
2.2.1. <i>Spremnik goriva</i> .....	11
2.2.2. <i>Cijevi za gorivo</i> .....	11
2.2.3. <i>Filter goriva</i> .....	12
2.2.4. <i>Pumpe goriva</i> .....	12
2.3.1. <i>Suhi filter zraka</i> .....	17
2.3.2. <i>Mokri filteri zraka</i> .....	18
2.3.3. <i>Filteri s uljnom kupkom</i> .....	18
2.3.4. <i>Vrtložni filteri</i> .....	18
2.4.1. <i>Zadatak sustava za pripremu gorive smjese</i> .....	19
2.4.2. <i>Omjer zraka i goriva</i> .....	20
2.4.3. <i>Omjer zraka</i> .....	21
2.5. RASPLINJAČ[1] .....	22
2.5.1. <i>Vrste rasplinjača</i> .....	23
2.5.2. <i>Konstrukcija jednostavnog karburatora</i> .....	24
2.5.3. <i>Sklopovi rasplinjača</i> .....	26
2.5.4. <i>Radionički radovi na karburatoru</i> .....	31
2.6. UBRIZGAVANJE BENZINA[1] .....	32
2.6.1. <i>Zadatak sustava</i> .....	32
2.6.2. <i>Prednosti sustava za ubrizgavanje goriva</i> .....	33
2.6.3. <i>Vrste sustava za ubrizgavanje</i> .....	33
2.6.4. <i>Indirektno ubrizgavanje</i> .....	34
2.6.5. <i>Direktno ubrizgavanje benzina</i> .....	36
2.6.6. <i>L-Jetronic</i> .....	38
2.6.7. <i>Ubrizgavanje benzina s mjerenjem masenog protoka zraka</i> .....	41
2.6.8. <i>Tlakom upravljano ubrizgavanje</i> .....	42
2.6.9. <i>Centralno ubrizgavanje</i> .....	43

2.6.11. KE – Jetonic.....	46
2.6.12. Monotonic s HFM senzorom .....	48
<b>3. ZAKLJUČAK .....</b>	<b>50</b>
<b>LITERATURA .....</b>	<b>51</b>
<b>PRILOG.....</b>	<b>52</b>
POPIS SLIKA .....	52

## 1. UVOD

Povijest razvoja automobila, u najširem smislu, počinje s prvim nastojanjem ljudi da načine prijevozno sredstvo koje će se samo pokretati, bez uporabe ljudske ili životinjske snage, a u užem smislu, može se reći da povijest automobila započinje konstrukcijom prvih motora s unutarnjim izgaranjem, koji su preteča današnjih modernih automobilskih motora.

Već je R. Bacon oko 1250. predvidio pojavu prometnog sredstva koje će se pokretati vlastitom snagom. Talijan R. Valturio predložio je 1472. izgradnju vozila koje bi iskorištavalo snagu vjetra. Leonardo da Vinci oko 1500. izradio je nacrt samopokretnih kola, ali sve dok nisu bili otkriveni novi izvori energije, te se zamisli nisu mogle praktički ostvariti. Izum parnoga stroja stvorio je nove mogućnosti, pa je 1769. Francuz N. J. Cugnot konstruirao prvi automobil na parni pogon. Takvi modeli automobili su bili teški, veliki i nespretni za rukovanje zbog čega se nastojalo pronaći nova pogonska sredstva.

Prvi dvotaktni plinski motor s električnim paljenjem izumio je J. J. Lenoir (1860), ali pokusna vožnja nije dala dobre rezultate. Već 1867. N. A. Otto konstruirao je četverotaktni plinski motor, a 1876. Austrijanac S. Marcus izumio je prvi automobil na benzinski pogon s električnim paljenjem. No tek su izumi K. Benza i G. Daimlera potpuno istaknuli prednosti automobila pogonjenoga motorom s unutarnjim izgaranjem. Daljnji je razvoj to potvrdio. Godine 1886. Benz je konstruirao trokolicu s benzinskim motorom od 0,55 kW. Otada počinje nagli razvoj automobila: otkriveno je gorivo koje je omogućilo izgradnju ekonomičnog i lako upravljivoga vozila, konstruirani su jači i brzohodniji motori, oblik se sve više mijenjao i prilagođivao različitim potrebama, kotači su dobili gumene zračnice što ih je izumio J. B. Dunlop (1890). Maybach je uveo paljenje s pomoću užarene cijevi, a Bosch s pomoću električne svjećice. Razvoj automobila, posebice nakon 1930., bio je vrlo brz. Usavršena je konstrukcija vozila, motori su postali snažniji, lakši i ekonomičniji, povećana je brzina. Pritom se kao pogodan za pogon gospodarskih vozila (teretni i srodni automobili te autobusi) ustalio Dieslov motor, a za pogon osobnih automobila Ottov (benzinski) motor.

Povijest automobilske industrije, iako kratka u usporedbi s povijesti mnogih drugih industrija, ima velik značaj zbog svojih učinaka na razvoj kako prometne tako i drugih industrija, a nadasve trgovine 20. stoljeća.

Kako bi se razumije rada u „Uvodu“ se obrazlažu predmet i cilj rada te izvori podataka i metode prikupljanja.

### **1.1. Predmet i cilj rada**

U ovome radu definirati će se predmet istraživanja, a to je: istražiti i objasniti važnost primjene sustava napajanja gorivom s unutarnjim izgaranjem u automobilske industriji.

Ciljevi istraživanja su u najužoj vezi s prethodno definiranim predmetom istraživanja. Cilj je istražiti i definirati teorijske značajke sustava napajanja motora s unutarnjim izgaranjem te navesti elemente i procese istog.

### **1.2. Izvori podataka i metode prikupljanja**

Pri istraživanju i formuliranju rezultata istraživanja u ovome diplomskom radu korištene su sljedeće metode: metoda analize i sinteze, metoda generalizacije i specijalizacije, induktivna i deduktivna, komparativna metoda, deskriptivna metoda i metoda kompilacije.

## 2. TEORIJSKI DIO

### 2.1. Varijabilno otvaranje ventila[1]

S promjenljivim vremenom otvaranja i zatvaranja ventila postiže se bolje punjenje cilindara u širokom rasponu brojeva okretaja motora. Punjenje cilindara kod klasičnih motora s nepromjenljivim vremenom otvaranja i zatvaranja ventila optimalno je samo na jednom određenom broju okretaja. Na ovom broju okretaja motor postiže svoj najveći okretni moment, a time i najveću vučnu silu. Povišenjem broja okretaja raste snaga, ali okretni moment pada zbog sve slabijeg punjenja. Kad bi usisni ventili bili duže otvoreni, na višim brojevima okretaja povišio bi se koeficijent punjenja cilindra. Na nižim brojevima okretaja motor je suviše nemiran, a i povećavaju se gubici smjese što povećava koncentraciju štetnih tvari u ispušnim plinovima.

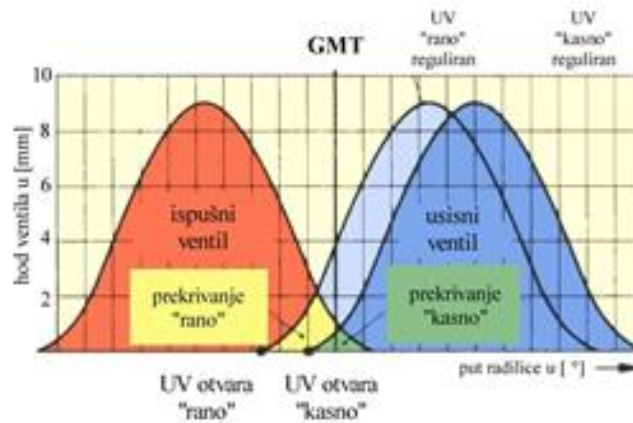
Prednosti promjenljivog vremena otvaranja i zatvaranja ventila su: veća snaga, veći i ravnomjerniji okretni moment u širem području brojeva okretaja, manja emisija štetnih tvari, manja potrošnja goriva te manja buka motora.

Razlikujemo dva sustava kontrole otvaranja i zatvaranja ventila:

- upravljanje bregastim vratilom i
- varijabilno podizanje ventila.

#### 2.1.1. Upravljanje bregastim vratilom

Ovakav način upravljanja vremenom otvaranja i zatvaranja ventila omogućuje promjenu položaja usisnog bregastog vratila u odnosu na ispušno bregasto vratilo. Vremena otvaranja i zatvaranja usisnog ventila namještaju se na jednu od dvije mogućnosti u ovisnosti o broju okretaja (kao i preklapanje ventila). Vrijeme otvorenosti ventila, kao i njihov hod ne mijenjaju se (slika 1.).

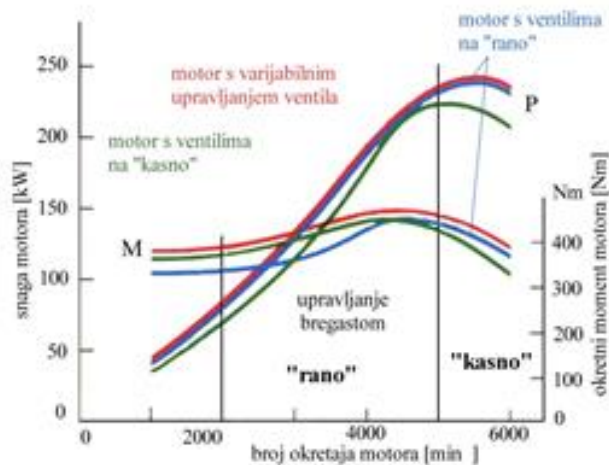


Slika 1. Hod ventila

Korekcijske veličine koje utječu na vremena otvaranja i zatvaranja ventila su opterećenje i temperatura motora.

Prazni hod i donje područje broja okretaja motora (do 2000 1/min.) – u ovom području broj okretaja usisni ventil nalazi se u položaju *kasno*. (slika 1.).

Prekrivanje ventila se smanjuje, a s njim i povrat izgarnih plinova na usis. Izgaranje se poboljšava i okretni moment povisuje. Zbog toga se broj okretaja praznog hoda može smanjiti.



Slika 2. Krivulje rada motora

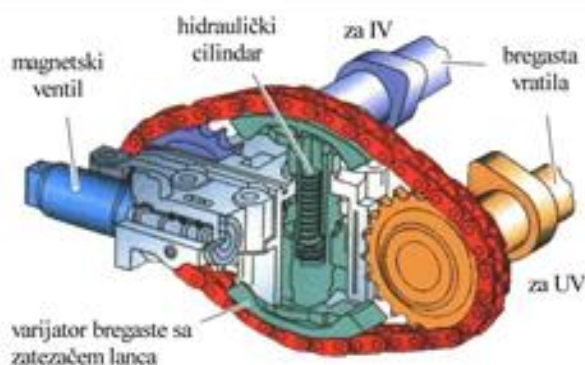
Srednje i gornje područje broja okretaja (2000 do 5000 1/min)– na nekih 2000 min-1 zakreće se bregasto vratilo koje pokreće usisne ventile (dalje usisna bregasta) za npr. 20° u smjer *rano*. Usisni ventil zatvara tik nakon DMT, a klip svojim hodom

prema GMT ne tjera smjesu nazad u usisnu granu. Okretni moment motora značajno se povisuje. Zbog male brzine strujanja svježih smjese izgarani plinovi mogu ući u usisni kanal i sa svježom smjesom kasnije biti usisani. Tako se snizuje temperatura izgaranja što smanjuje udio NOx u ispušnim plinovima (unutrašnji AGR). Kad će se bregasta zakrenuti iz položaja kasno u položaj rano bira se, pored broja okretaja, i na temelju temperature i opterećenja motora. (slika 1. i 2.)

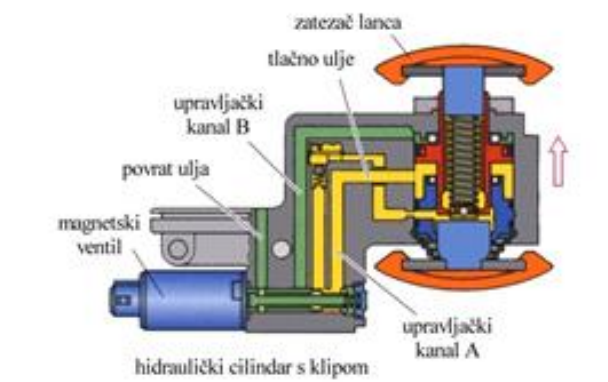
Gornje područje broja okretaja (viši od 5000 1/min) (slika 1. i 2.) – na 5000 min-1 zakreće se usisna bregasta u položaj kasno. Usisni ventil sada zatvara daleko nakon DMT jer se može iskoristi njihova velika brzina koja ih tjera u cilindar iako je klip već krenuo prema GMT. Ovo dodatno punjenje cilindara povisuje koeficijent punjenja cilindara, a s njim i okretni moment motora (unatoč tome koeficijent punjenja ne prelazi 85 %. Veći koeficijent može se postići jedino nabijanjem motora).

Zakretanje bregaste u smjeru kasno ili rano može biti izvedeno na različite načine: podesivim zatezačem lanca (npr. VarioCam), varijabilnim upravljanjem bregaste (npr. Vanos).

Ispušna bregasta pogoni usisnu bregastu preko lančanog prijenosa. Hidraulički upravljani zatezač lanca zakreće usisnu bregastu u odnosu na pogonsku ispušnu. Zatezač lanca (slika 3.) u osnovnom je položaju podignut, a usisna bregasta zakrenuta je na kasno, jer je otvoren prolaz ulju u upravljački kanal A (slika 4.).



Slika 3. Podesivi zatezač lanca



Slika 4. Zatezač - osnovni položaj (kasno)

Za prebacivanje u poziciju rano zatvara se dotok ulja hidrauličkim regulacijskim klipom u kanal A. Motorno ulje sada struji u kanal B, a zatezač se spušta u donji krajnji položaj. Donji krak lanca se produžuje, a gornji skraćuje što usisnu bregastu postavlja u položaj *rano*.

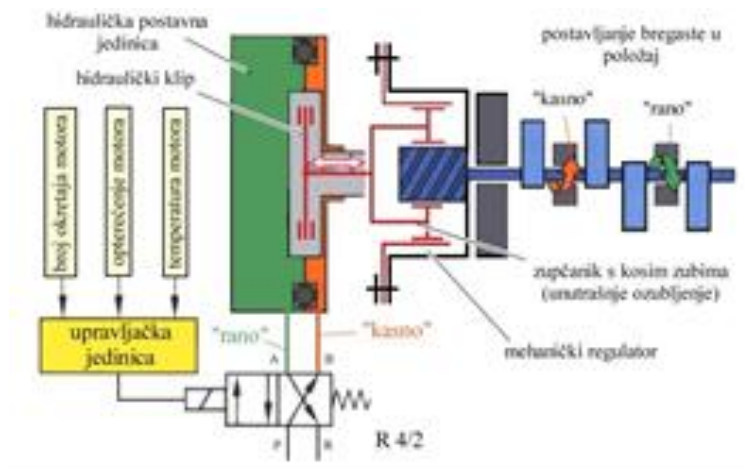
Kod ovog se sustava usisna bregasta isto tako zakreće za određeni kut u odnosu na ispušnu bregastu, ali razlika je u tome što ispušna bregasta nije više pogonski element.

Sustav se sastoji iz: hidrauličkog upravljačkog sklopa, mehaničkog sklopa, magnetskog ventila za hidrauličko upravljanje.

Magnetski ventil postavljen u ovisnosti o broju okretaja pomiče hidraulički klip lijevo ili desno. Aksijalni pomak klipa pretvara se u mehaničkom sklopu (zupčanik s kosim ozubljenjem) u pomicanje bregaste u položaj *rano* ili *kasno*.

Kod položaja *rano* (slika 5.) motorno se ulje privodi kanalom rano, klip se pomiče udesno čime koso ozubljeni zupčanik zakreće usisnu bregastu u položaj rano (zakret ususret pogonskom zupčaniku).





Slika 5. Varijabilno upravljanje bregastom – princip

Kod položaja kasno (slika 5.) upravljački sklop prebacuje magnetski ventil, pa tlak ulja djeluje na suprotnu stranu klipa. Klip se pomiče ulijevo, a usisna bregasta zauzima svoj drugi krajnji položaj.

Važno je napomenuti da su svi ovi sustavi diskretni (osim dvostrukog Vanosa), tj. postavljaju bregastu u konačan broj položaja (dva krajnja položaja, rano i kasno).

Kod ovog sustava (Doppelvanos) ne pomiče se samo usisna bregasta, već i ispušna. Zakretanje bregastih vratila više nije diskretno, već kontinuirano. Prednost takve koncepcije je dodatno povišenje okretnog momenta na svim brojevima okretaja motora. Najveći kut zakreta može biti različit za usisnu i ispušnu bregastu (npr. 60° okreta radilice za usisnu i 40° za ispušnu bregasto vratilo).

### 2.1.2. Varijabilno podizanje ventila

Varijabilno podizanje ventila omogućuje promjenu ne samo vremena otvaranja i zatvaranja ventila, već i interval otvorenosti ventila, što znači da se mijenja hod ventila (površina otvora ventila).

Trenutak otvaranja i zatvaranja ventila namješta se promjenom profila brijega bregastog vratila.

Parametri koji određuju otvaranje i zatvaranje su:

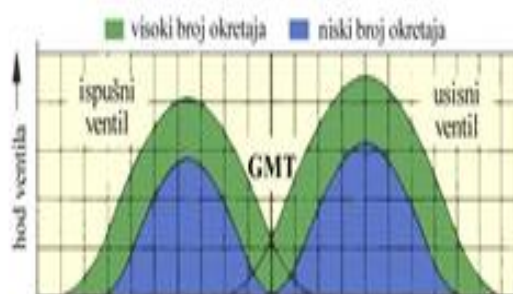
- broj okretaja i opterećenje motora
- brzina vozila
- temperatura rashladne tekućine.

Na usisnoj strani, ali može i na ispušnoj, postavljene su tri klackalice. Na svaku klackalicu djeluje posebno oblikovan brijeg (slika 6.)



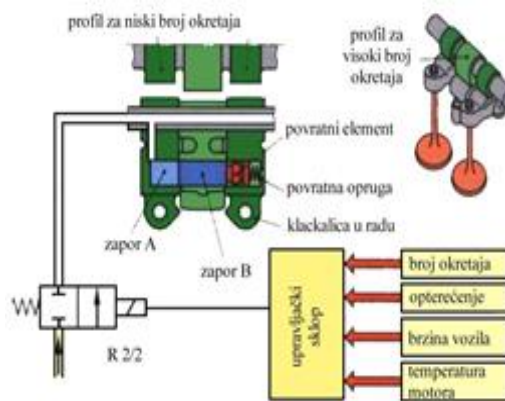
Slika 6. Varijabilno podizanje ventila

Profil brijega koji djeluje na primarnu i sekundarnu klackalicu tako je odabran da pri niskim i srednjim okretajima motora omogućuje visok okretni moment i stabilnost rada na praznom hodu (slika 7.). Profil brijega za područje srednjeg broja okretaja tako upravlja vremenom otvaranja i zatvaranja ventila, te hodom ventila da pri visokom broju okretaja stoji na raspolaganju najveća snaga motora.



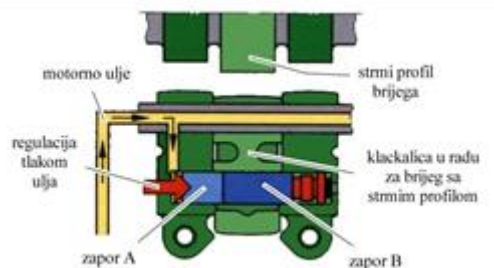
Slika 7. Hod ventila

Podizanje ventila na malom broju okretaja (slika 8.) – primarna, sekundarna i srednja klackalica su slobodne, jer povratna opruga u sekundarnoj klackalici zadržava oba zapora u krajnjem lijevom položaju. Ventili se otvaraju i zatvaraju preko primarne i sekundarne klackalice. Kako na ove klackalice djeluju brijegovi za niski broj okretaja, ventili imaju mali hod i otvoreni su kratko vrijeme. Na srednju klackalicu djeluje brijeg koji daje najveći hod ventila, ali ta je klackalica slobodna i njeno se gibanje ne prenosi na ventile. Ovaj položaj povoljan je na malom i srednjem broju okretaja (slika 7.).



Slika 8. Pokretanje ventila na niskom broju okretaja

Podizanje ventila na visokom broju okretaja (slika 9.) - na određenom broju okretaja aktivira se magnetski ventil, pa tlak ulja počne djelovati s lijeve strane zapora A suprotstavljajući se sili povratne opruge. Sada se oba zapora A i B pomaknu udesno čime zapiru sve tri klackalice. Kako srednja klackalica ima najveći hod, ona određuje hod ventila (slika 7.).



Slika 9. Pokretanje ventila na visokom broju okretaja

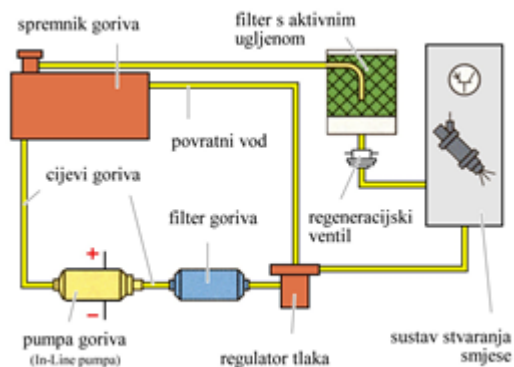
## 2.2. Sustav dobave goriva[1]

Zadatak sustava dobave goriva je opskrbiti sustav za pripremu smjese dovoljnom količinom goriva pri svim režimima rada motora. Uvjeti koji se postavljaju pred ovaj sustav su:

- gorivo mora biti u spremniku;
- gorivo dovesti bez mjehurića;
- iz goriva odvojiti nečistoću;
- stvoriti konstantan tlak goriva;
- višak goriva vratiti u spremnik;
- spriječiti prodor para goriva u okolinu;
- neosjetljivost na vibracije, udarce i toplinu.

Osnovni dijelovi sustava dobave goriva (slika 10.) su:

- spremnik goriva;
- cijevi za gorivo;
- filter goriva;
- pumpa goriva;
- regulator tlaka;
- regeneracijski ventil;
- filter s aktivnim ugljenom.



Slika 10. Sustav dobave goriva

### 2.2.1. Spremnik goriva

Čelični spremnici (iz čeličnog lima) izvana i iznutra prevučeni su zaštitnim antikoroziivnim slojem. Spremnici kompliciranih oblika izrađuju se iz plastičnih masa (npr. polietilen, PE).

Kod velikih spremnika i ekstremnih uvjeta vožnje (npr. tr-kaća vozila u krivinama, vožnja po strmim padinama) gori-vo se može tako rasporediti da ga pumpa više ne može usisavati.

Pad snage motora može se izbjeći:

- ugradnjom pregradnih zidova u spremnik goriva (limovi s otvorima)
- ugradnjom Catch-Tanka – u spremniku se nalazi mali spremnik goriva koji je uvijek ispunjen gorivom. Obično Catch-Tank tvori ugradbenu cjelinu s pumpom goriva (tzv. In-Tank pumpa), usisnim filterom i pokazivačem količine goriva. Ovaj mali spremnik može služiti i u slučaju nestanka goriva (tzv. *rezerva*).

Spremnik goriva mora biti otvoren prema okolini preko odzračnika (otvora za egalizaciju) čime je spriječena pojava podtlaka pri crpljenju goriva koji bi deformirao stijenske spremnika. Isto tako, spriječena je i pojava tlaka uslijed zagrijavanja goriva tako što se višak goriva privremeno sprema u preljevnu posudu, a pare goriva odvođe preko filtera s aktivnim ugljenom (pare goriva se pri upućivanju motora usišu u cilindre).

Gorivo se ne smije ni kod prevrtanja vozila izliti iz sustava dobave (preko otvora za ulijevanje goriva ili preko zračnika). U tu je svrhu ugrađen nepovratni ventil s kuglicom koji, kad se vozilo prevrne, zatvori prolaz goriva (kuglica pod djelovanjem gravitacije zatvori prolaz gorivu).

### 2.2.2. Cijevi za gorivo

Cjevovod mora izdržati udarce i vibracije vozila, te požar. Cijevi se postavljaju tako da budu zaštićene od mehaničkih oštećenja, a moraju se izbjeći sve točke zagrijavanja (ispušni sustav) kako bi se spriječila tvorba parnih čepova u gorivu.

Materijal za izradu cijevi je čelik, a na mjestima gdje vodovi moraju biti gibljivi koristi se specijalna guma ili plastika otporna na mineralna ulja i goriva (takvi materijali ne smiju biti lako zapaljivi). Ovi se materijali pri dužoj uporabi kemijski mijenjaju (stare), postaju kruti i porozni, pa može doći do propuštanja goriva. Stoga se pri redovitim pregledima mora provjeriti i stanje cijevi za gorivo.

### 2.2.3. Filter goriva

Filter zadržava nečistoće koje bi smetale sustavu dobave (pumpi), a pogotovo sustavu za pripremu smjese (ubrizgači su jako osjetljivi i na najsitnije čestice nečistoće). Razlikujemo različite konstrukcije filtera:

- In-Line filteri – montiraju se na proizvoljnom mjestu u cjevovodu. Izrađuju se s papirnatim ulošcima ili iz fine mrežice. Filteri s finom mrežicom služe kao predfilteri (usisni u spremniku i na ulazu u pumpu goriva). Mrežica je plastična ili metalna, fino pletena s veličinom očica 50 do 63  $\mu\text{m}$ . Fino filtriranje goriva postiže se tek s papirnatim ulošcima koji imaju veličinu pore 2 do 10  $\mu\text{m}$ . Kad se zaprljaju zamjenjuju se u kompletu, s vlastitim kućištem.
- filterski elementi – izmjenjivi su, imaju kućište ugrađeno na motoru. Za fino filtriranje koriste se papirnati ili filcni umetci. Zamjenjuje se samo umetak, dok je kućište i dalje u upotrebi.
- zamjenjivi filteri – imaju kućište i umetak, a zamjenjuju se u kompletu.

### 2.2.4. Pumpe goriva

Zadatak pumpe je dovesti gorivo s niže točke, iz spremnika, do sustava za stvaranje smjese goriva (karburatora ili sustava za ubrizgavanje). Pogon pumpe može biti mehanički, električki i hidraulički.

Mehanički pogonjene pumpe goriva koriste se u otto četverotaktnim motorima s karburatorom. Gorivo tlače na 0,2 do 0,3 bara. Membranu pumpe potiskuje šipka koja dobiva pogon od ekscentra. U slučaju da je karburator opskrbljen dovoljnom

količinom goriva (igličasti ventil plovka je zatvoren), membrana se više ne može podizati i pumpa prekida dobavu unatoč tome što se šipka i dalje giba.

Što se tiče električnih pumpi, prema ugradnji razlikujemo:

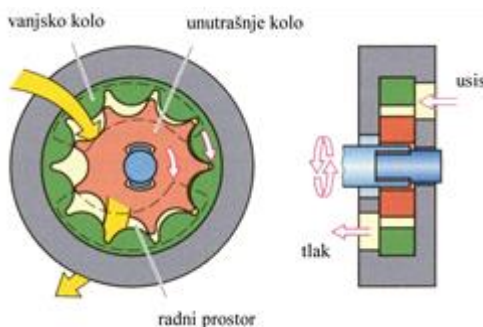
- In-Line pumpe
- In-Tank pumpe.

In-Line pumpe montiraju se na proizvoljno mjesto u sustavu cjevovoda i jednostavno se zamjenjuju, a In-Tank pumpe smještene su u spremniku goriva, obično čine dobavni modul s, primjerice, filterom goriva, Catch-Tankom i indikatorom količine goriva.

Prema konstrukciji, električne pumpe dijelimo na:

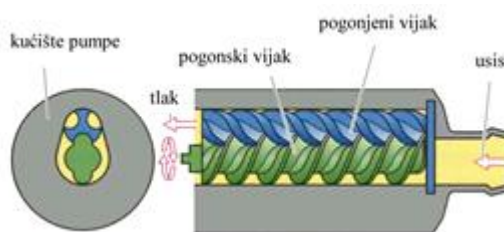
- prstaste i vijčane pumpe
- pumpe s valjcima
- obodne pumpe (pumpe s bočnim kanalom)
- visokotlačne obodne pumpe
- dvostupanjske In-Line pumpe.

Prstaste pumpe imaju zupčanik s unutrašnjim ozubljenjem (slika 11.). Prostor međuzublja je radni prostor koji se ciklički povećava i smanjuje. Prostori koji se povećavaju spojeni su s usisom, a prostori koji se smanjuju spojeni su s tlačnom stranom (razvodni mehanizam je ploča s dva otvora). Zupčanik s vanjskim ozubljenjem je rotor koji pokreće zupčanik s unutarnjim ozubljenjem. Ovakve pumpe spadaju u zupčaste pumpe s unutarnjim ozubljenjem bez međupregrade. Grade se za tlakove goriva do 6,5 bara (u hidraulici ovakve pumpe daju i nekoliko desetaka puta više tlakove).



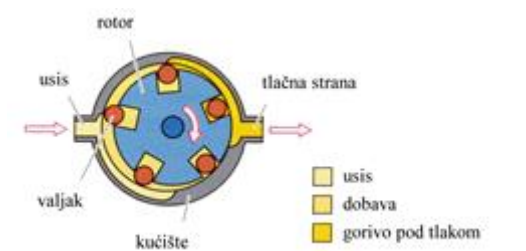
Slika 11. Rotorna prstasta pumpa

Vijčane pumpe odlikuju se mirnim i tihim radom, bez pulsirajuće dobave. Izvodnice rotora uvijene su u spiralu (vijak), a rotori imaju nužno različite profile presjeka (komplementarni presjeci). Zbog različitog broja zubaca i žljebova rotori se zakreću različitim brojem okretaja. Ulazni i izlazni otvori nalaze se na čeonim stranama rotora, dijagonalno. Vijčane se pumpe uglavnom ugrađuju kao In-Line pumpe s postizivim tlakovima do 4 bara. (Slika 12.)



Slika 12. Vijčana pumpa

Kod pumpi s valjcima princip rada identičan je lamelnim pumpama, razlika je samo u izgledu tlačnih elemenata: lamelne pumpe imaju lamele (krilca), dok ove pumpe imaju valjkasta tijela koja se pod djelovanjem centrifugalne sile odvaljuju po stijenkama statora (kućišta pumpe). Valjčići odvajaju pojedine radne prostore. (Slika 13.) Kako i ove pumpe spadaju u volumenske, to se njihov rad zasniva na periodičkom povećavanju i smanjivanju radnog volumena. Elektromotor pumpe oplakuje gorivo i hladi ga (nema opasnosti od požara, jer se ne stvara smjesa zraka i para goriva u zapaljivom omjeru). Pumpe s valjcima postižu tlakove do 6,5 bara.

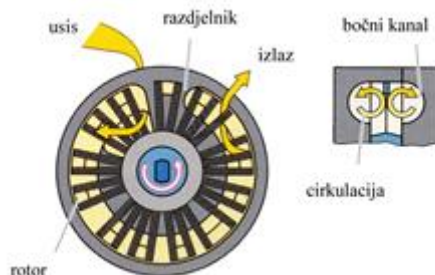


Slika 13. Pumpa s valjcima – rotacijska

Obodne pumpe su pumpe s bočnim kanalom spadaju u strujne pumpe, pa je dobava potpuno bez pulsacija. Postižu tlak do 2 bara i koriste se uglavnom kao predstupanj kod In-Line dvostupanjske pumpe. (Slika 14.) Zadatak im je stvoriti tek

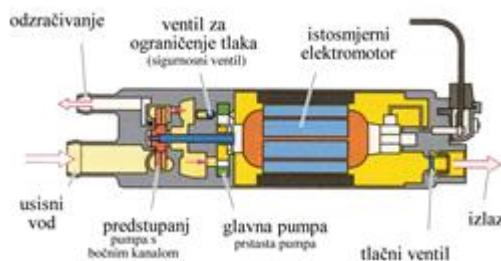


toliki tlak kako bi se spriječila pojava parnih čepova u gorivu. Princip rada zasniva se na tome da lopatica rotora zahvati određenu količinu goriva i ubrza ga. Gorivo se pod djelovanjem centrifugalne sile tjera prema obodu i tlači. Visokotlačna obodna pumpa – broj lopatica rotora znatno je veći nego kod prethodnih, pa se postižu viši tlakovi (do 4 bara) i manji šumovi.



Slika 14. Obodna pumpa

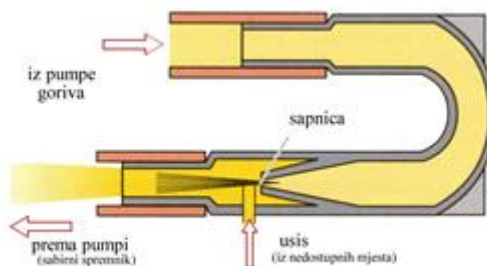
Dvostupanjske In-Line pumpe, kako bi se osigurala dobava bez parnih mjehurića, imaju u sebi dvije pumpe različitih konstrukcija: prvi stupanj je pumpa s bočnim kanalom, i svrha joj je dobava goriva drugom stupnju (glavnom), drugi stupanj stvara potrebni tlak goriva. Povratni ventil (bypass) sprječava hidrauličko preopterećenje i oštećenje pumpe tako što svojim otvaranjem spaja tlačnu stranu s ulaznom.



Slika 15. Dvostupanjska In-Line pumpa

Radom električnih pumpi upravlja centralna elektronika motora (u sprezi s protuprovalnim alarmnim uređajem s blokadom pokretanja), tako da se pri nepravilnom pokretanju vozila (npr. krađa) prekida strujni krug i pumpa se ne može uključiti.

Hidrauličke pumpe u spremnike s vrlo složenim oblikom ugrađuju se mlazne pumpe (slika 16.) koje ispumpavaju gorivo iz svih nepristupačnih mjesta i šalju ga u Catch-Tank.



Slika 16. Mlazna pumpa

### 2.3. Filter zraka[1]

Filter zraka prigušuje šumove usisavanja i odvaja nečistoće iz zraka ne dopuštajući im ulazak u motor (do 95 %). Čestice prašine u zraku su organskog i neorganskog porijekla, različitih promjera (5 do 50  $\mu\text{m}$ ). Količina prašine ovisi o godišnjem dobu, meteo uvjetima (kiša ili suša), vrsti ceste i okolišu (autoput, bijela cesta, planinski kraj, grad), i varira između 1 mg i 1  $\text{g}/\text{m}^3$ . Za motor je najopasniji kvarc ( $\text{SiO}_2$ ), neorganska prašina. Primjerice, potroši li motor 10 l goriva, usisa oko 100  $\text{m}^3$  zraka i s njim oko 5 g prašine (ako se uzme da u zraku ima prosječno 50  $\text{mg}/\text{m}^3$  prašine) koja će ući u motor i s uljem stvoriti brusnu emulziju. Brižljivo čišćenje zraka znatno produžuje vijek trajanja motora. Prašina pomiješana s motornim uljem stvara brusnu emulziju koja ubrzava trošenje motornih dijelova (osobito cilindara, klipova i vodilica ventila).

Zrak se može pročistiti:

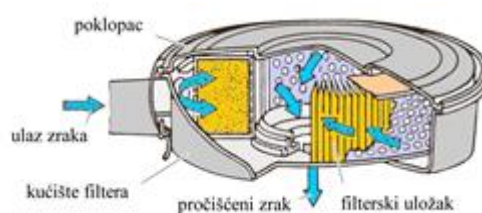
- fino pletenom mrežicom (sitasti filteri, mrežica može biti metalna ili plastična)
- poroznim elementima (papirni ulošci)
- nauljenim ploham (limovi, metalni ili plastični oplet, spužva)
- centrifugalnim djelovanjem (vrtložni filteri).

Filter zraka mora imati čim manji otpor strujanju zraka, pa se radi sa što većom površinom. Isto tako, prigušivanje buke iziskuje razmjerno veliko kućište. Što je veće

kućište, to filter može prihvatiti veću količinu prašine, a time se produžuje i vrijeme zamjene filtera.

Ako se filter zraka na vrijeme ne zamijeni novim (ili ne očisti) povećava otpore strujanja zraka te postaje uzrok povećanoj potrošnji goriva (stvara se bogatija smjesa) i padu snage motora (smanjuje se punjenje cilindara). Najfinije čestice prašine koje filter ne može zaustaviti stvaraju u motoru talog.

Konstrukcije filtera koje se koriste za motore su: suhi (slika 17.), mokri, s uljnom kupkom (slika 18.) i vrtložni filteri.



Slika 17. Suhi filter s papirnatim uloškom



Slika 18. Filter zraka s uljnom kupkom

### 2.3.1. Suhi filter zraka

U suhom filteru zraka odvajanje prašine odvija se na izmjenjivom filterskom elementu, najčešće papiru s naborima. Suhi filteri jednostavne su izrade i održavanja, a i vrlo djelotvorni. Danas su standard za osobna i teretna vozila. Vijek uporabe ovisi o veličini uloška i količini prašine u zraku. Kad se filter zaprlja zamjenjuje se novim uloškom. Vrijeme zamjene je otprilike nakon prijeđenih 30000 do 100000 km.

### 2.3.2. Mokri filteri zraka

Mokri filteri zraka još se koriste u mopedima i nekim manjim uređajima (npr. kosilice trave). Filterski element je nauljena mreža (metalna ili plastična) ili spužva. Usisavani zrak prolazi preko nauljene površine na koju se lijepe čestice prašine i zadržavaju na njoj. Filter se mora očistiti nakon približno 2500 km (ako se više zaprlja, i ranije). Čišćenje filtera izvodi se pranjem elementa u benzinu, i ponovnim nauljivanjem (spužva se može oprati i deterdžentom). Višak ulja se odstrani.

### 2.3.3. Filteri s uljnom kupkom

U kućištu filtera s uljnom kupkom nalazi se uljna kupka koja je do određene razine napunjena uljem. Usisavani zrak struji niz cijev preko uljne površine na koju se lijepi grublja i teža prašina. Zračna struja sa sobom odnosi fine kapljice ulja koje se u filterskom elementu (sitasto pletivo, metalna ili plastična mreža) spajaju u veće kapi. Prašina nošena zračnom strujom lijepi se na mrežu i s većim kapima ulja pada u kupku (to je ujedno i taložnik, prašina se skuplja na dnu tvoreći mulj). Ovim samočišćenjem produžuje se rad filtera do 100000 km. Kod filtera s uljnom kupkom jako je bitno održavati razinu ulja u propisanim granicama. Ukoliko je ulja manje, pročišćavanje je slabo (zračna struja ne nosi dovoljno kapljica ulja sa sobom), a ako je više, struja zraka povlači za sobom zaprljano ulje u motor. U oba slučaja motor se intenzivnije troši.

### 2.3.4. Vrtložni filteri

Vrtložni filteri ugrađuju se u motore koji rade u vrlo prašnjoj okolini, a to su npr. poljoprivredni i građevinski strojevi. Usisavani zrak dovede se u jako vrtložno gibanje kod kojeg centrifugalna sila odvaja grubu prašinu u poseban taložnik (grubo čišćenje). Nakon toga se zrak koji još uvijek sadrži finu prašinu vodi u slijedeći stupanj (fino filtriranje) kojeg čini suhi filter ili filter s uljnom kupkom. Održavanje se svodi na često čišćenje taložnika (u teškim uvjetima i svakog sata) jednostavnim skidanjem i pražnjenjem. Ovakva kombinacija produžuje interval rada filtera do slijedećeg čišćenja (ili zamjene) drugog stupnja filtriranja.

## 2.4. Stvaranje gorive smjese u otto motora[1]

Otto motori izgaraju benzine, metanol ili autoplín. Mogu imati vanjsko ili unutarnje stvaranje smjese koja se pali vanjskim izvorom energije.

Homogena smjesa<sup>1</sup> goriva i zraka u taktu kompresije zagrijava se na 400 do 500 °C. Kako je ta temperatura niža od točke samopaljenja, smjesu mora zapaliti električna iskra.

Razlikujemo vanjsko stvaranje smjese i unutarnje stvaranje smjese. Kod vanjskog stvaranja smjese smjesa se počinje stvarati već u usisnoj grani, tj. izvan cilindra (motori s rasplinjačima ili indirektnim ubrizgavanjem), a kod unutarnjeg stvaranja smjese smjesa se stvara izravno u cilindru (motori s izravnim ubrizgavanjem). Pritom se može postići tzv. slojevito punjenje: u cilindru se obrazuju slojevi smjese različitih koncentracija (kvalitete).

### 2.4.1. Zadatak sustava za pripremu gorive smjese

Sustav za pripremu gorive smjese mora stvoriti homogenu smjesu goriva i zraka u točno određenom omjeru koji odgovara trenutnim potrebama motora.

Otto motori obično koriste tekuća goriva, pa se za stvaranje homogene smjese gorivu mora promijeniti agregatno stanje – tekuće se gorivo mora pretvoriti u paru. Ova se pretvorba može izvesti na dva načina: u rasplinjačima pomoću potlaka u Venturi<sup>2</sup>cijevi i raspršivanjem goriva pomoću sapnica ili ubrizgavanjem goriva pod tlakom.

Homogena smjesa goriva i zraka može se stvoriti samo onda ako cjelokupno gorivo ispari do trenutka paljenja. Zahvaljujući oduzimanju topline, isparavanje fino raspršenog goriva počinje već u usisnoj grani, a nastavlja se u cilindrima (teško isparljive čestice benzina isparuju na 180 °C u taktu kompresije). Pri pokretanju hladnog motora i za vrijeme faze zagrijavanja dio isparenog goriva ponovno kondenzira, te kao tekući film pada na hladne stijenke usisnih grana i cilindra. Da bi motor mogao raditi i u takvim uvjetima, smjesa se mora obogatiti. Položaj prigušne

---

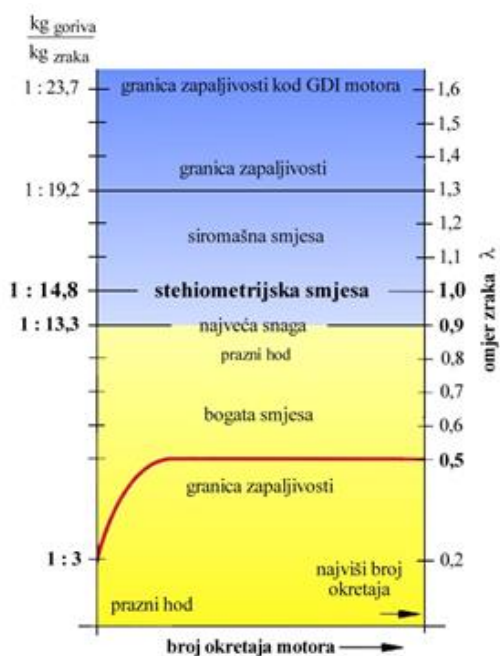
<sup>1</sup> jedinstven, od jednakih dijelova

<sup>2</sup> Venturi – talijanski fizičar

zaklopke (leptir gasa) određuje količinu usisane smjese goriva, čime se mijenja opterećenje i broj okretaja motora. Gorivo i zrak moraju se pomiješati u točno određenom omjeru da bi smjesa postala zapaljiva i da bi odgovarala potrebama motora.

#### 2.4.2. Omjer zraka i goriva

Potrošnja, snaga i sastav izgaranih plinova otto motora znatno ovise o omjeru zraka i goriva u određenom području rada motora. Razlikujemo teorijski (minimalni) i praktični omjer smjese. (Slika 19.)



Slika 19. Omjer zraka i goriva

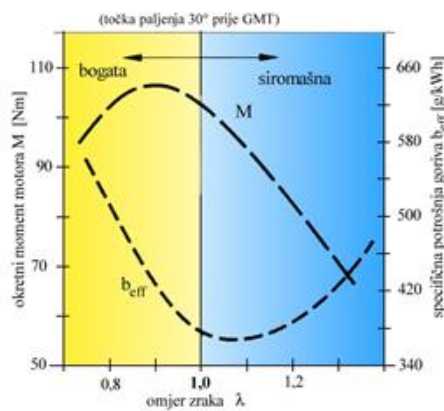
Za potpuno izgaranje 1 kg benzina teorijski je potrebno oko 14,8 kg zraka (1 : 14,8). Takvu minimalnu količinu zraka, dobivenu proračunom, nazivamo stehiometrijskom količinom, odnosno stehiometrijskom smjesom. Ona ovisi o kemijskom sastavu goriva: različitim gorivima potrebno je dovesti različite količine zraka za potpuno izgaranje. Da bi se u cilindru postiglo potpuno izgaranje goriva potrebno je privesti više zraka od minimalno potrebne, teorijske, količine zraka. Isto tako, količina zraka koja se miješa s gorivom ovisi i o temperaturi motora, broju

okretaja i opterećenju motora. Razlozi tome su zaostali plinovi izgaranja, kratko vrijeme izgaranja i sl. To nam govori da stvarno privedena količina zraka, praktični omjer, odstupa od stehiometrijske količine. Pri većem udjelu goriva, npr. 1 : 13, govorimo o bogatoj (odnosno masnoj) smjesi, dok smjesu s većim udjelom zraka, npr. 1 : 16, nazivamo siromašnom (mršavom). Smjesa će biti zapaljiva samo ako se nalazi unutar granica zapaljivosti (1 : 7,4 i 1 : 19,2). Kod motora sa slojevitim punjenjem to je područje između 1 : 7,4 i 1 : 23,7.

### 2.4.3. Omjer zraka

Omjer stvarno privedene količine zraka i minimalne količine zraka potrebne za potpuno izgaranje goriva (teorijske ili stehiometrijske količine) nazivamo

Svako pogonsko stanje motora (hladan ili topao, ubrzavanje) traži točno određen omjer zraka. Ovisnost omjera zraka, okretnog momenta motora, specifičnog potroška goriva i sastava smjese prikazana je na slici 20.



Slika 20. Utjecaj omjera zraka

Pod opterećenjem motora podrazumijevamo:

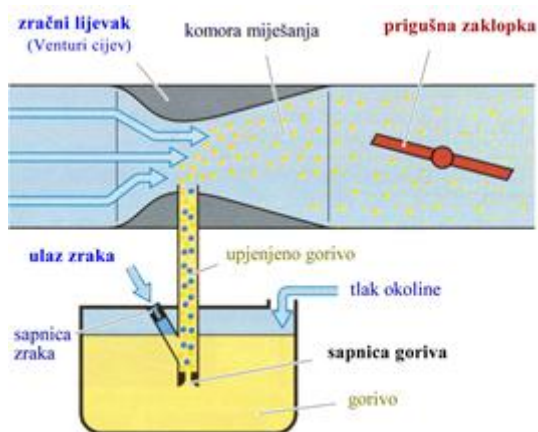
- prazni hod - leptir zatvoren
- djelomično opterećenje - leptir poluotvoren
- puno opterećenje - leptir otvoren.

Broj okretaja i snaga motora mogu biti različiti, ali na djelomičnom opterećenju snaga motora uvijek je manja od maksimalno moguće.

## 2.5. Rasplinjač[1]

Rasplinjač (ili karburator) je sustav s vanjskim stvaranjem smjese za otto motore. Temeljno načelo rada je miješanje goriva i zraka koje počinje u rasplinjaču, a nastavlja se u usisnim granama i prostorima za izgaranje u cilindrima motora. Stoga je rasplinjač ključni, ali ne i jedini, dio sustava za pripremu gorive smjese.

Zrak struji kroz rasplinjač zahvaljujući gibanju klipova u taktu usisa. U suženju presjeka i tako stvorenom zračnom lijevku (Venturi cijev, slika 21.) brzina zračne struje znatno se povisuje. Na najužem dijelu presjeka zračna struja postiže najveću brzinu i najviši potlak, pa je upravo tu postavljen izlaz goriva. Zračna struja povlači za sobom gorivo i raspršuje ga. U komori miješanja gorivo se miješa sa zrakom.



Slika 21. Princip rada karburatora

Isparavanje goriva u rasplinjaču omogućeno je:

- potlakom - u difuzoru rasplinjača ubrzavanjem zračne struje u suženju (Venturi cijev) stvara se potlak koji pospješuje isparivanje goriva: čim je potlak veći, to je točka vrelišta goriva niža. Stvoreni potlak usisava gorivo koje izlazi iz sapnice i raspršuje se u struji zraka;
- raspršivanjem - kako jednostavno raspršivanje stvara nehomogenu smjesu kapljica goriva, to se prije samog raspršivanja gorivo upjenjuje (u mješačkoj cijevi miješa se sa zrakom), i potom raspršuje u fine čestice jednakog promjera;
- topline – isparivanje se pospješuje topline usisanog zraka i motora (npr. zagrijavanje usisne grane).



Pomoću leptira gasa upravlja se količinom usisane gorive smjese (kvantitativno upravljanje, promjenom koeficijenta punjenja), a time i snagom i brojem okretaja motora.

### 2.5.1. Vrste rasplinjača

Prema položaju usisnih cijevi motora i smjeru strujanja zraka u karburatoru, razlikujemo: silazne, položene i nagnute.

Silazni karburatori se najčešće ugrađuju, jer kod njih smjesa goriva i zraka u cilindre ulazi u smjeru djelovanja sile teže.

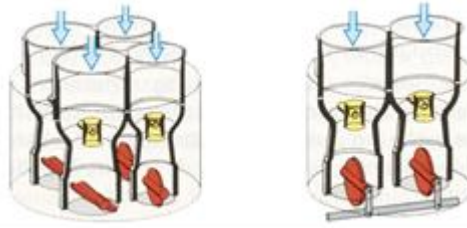
Poprečni i kosi karburatori omogućuju vrlo kratke usisne puteve i male ugradne visine, a ugrađuju se ispod glave motora.

Prema broju i funkciji mješačkih komora, karburatori mogu biti:

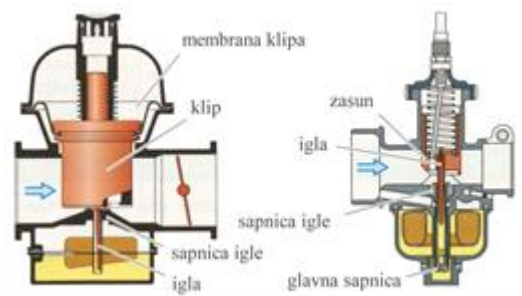
- jednostavni i registarski – za jednu usisnu cijev. Kod registarskog (stupnjevanog) karburatora veći leptir otvara tek kad je manji potpuno otvoren (slika 22.);
- dupli registar i dupli karburator (slika 23.);
- višestruki karburatori koriste se za odvojene usisne grane;
- istotlačni karburator– rade s promjenljivim presjekom lijevka i približno konstantnim potlakom;
- karburatori sa zasunom – koriste se kao karburatori motorkotača (slika 24.).



Slika 22. Jednostavni i registarski karburator



Slika 23. Dupli registar i dupli karburator



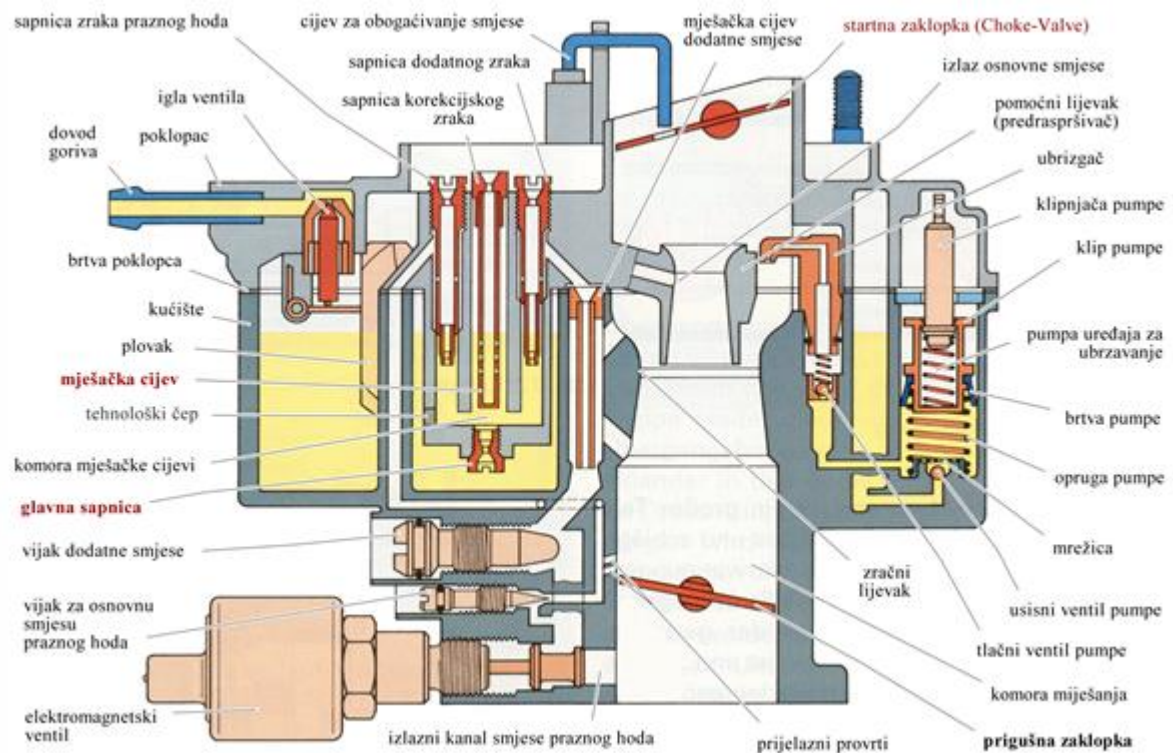
Slika 24. Karburator s iglom i zasunom

### 2.5.2. Konstrukcija jednostavnog karburatora

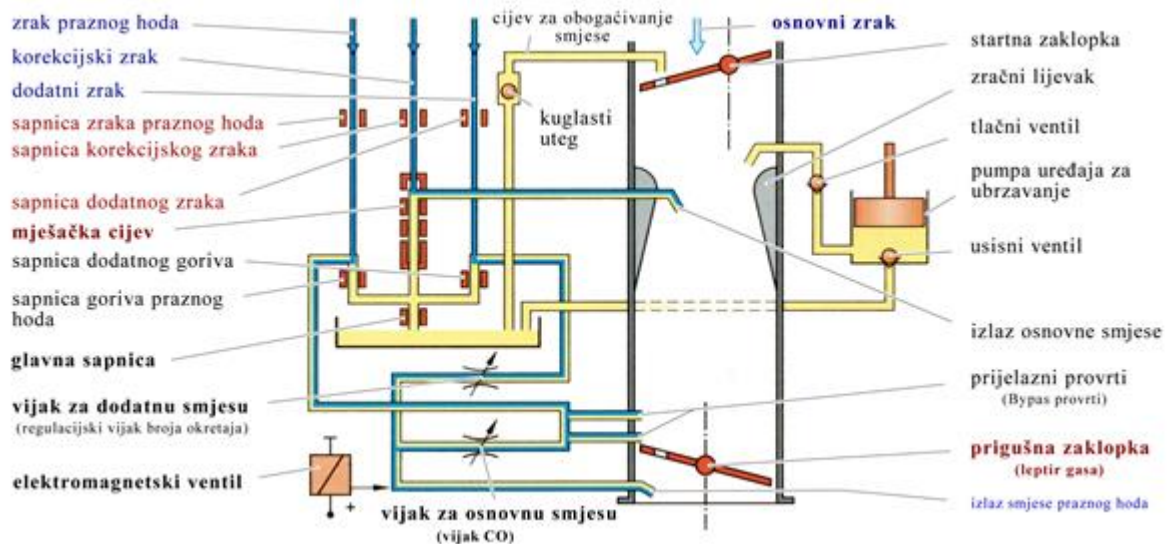
Osnovni dijelovi rasplinjača (slika 25.) su: dio prigušne zaklopke (leptira gasa) s polužjem, kućište i poklopac karburatora. Ako je prigušna zaklopka smještena u kućištu karburatora, otpada dio zaklopke.

Rasplinjač prati potrebe motora zahvaljujući podsustavima (sklopovima):

- plovka i hladnog starta (upućivanje),
- praznog hoda s prijelaznim sklopom,
- glavne sapnice i naglog ubrzavanja,
- obogaćivanja smjese, i dodatni sklopovi.



Slika 25. SOLEX karburator s padom, pojednostavljen presjek



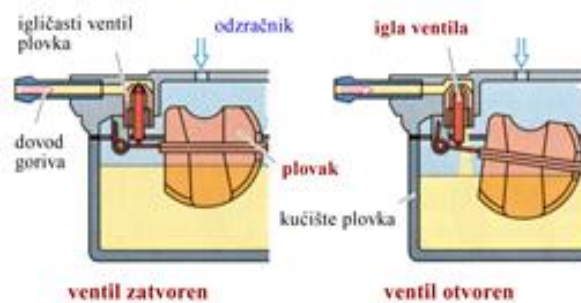
Slika 26. Karburator s padom, shema

### 2.5.3. Sklopovi rasplinjača

#### 2.5.3.1. Plovak karburatora

Zadatak sklopa je reguliranje dotoka goriva u posudicu, čime se razina goriva održava konstantnom u svim radnim uvjetima.

Osnovni dijelovi plovka karburatora (slika 27.) su kućište plovka, plovak i igličasti ventil. Plovak pritišće igličasti ventil preko elastičnog jezička, čime je spriječeno blokiranje ventila u svom ležištu (ljepljivi spojevi zapekli bi ga na ležište, pa bi mogli nastati problemi pri pokretanju motora). Stoga je ventil križnog presjeka (3 do 4 žljeba, nečistoće ne zaglavljaju). Elastični jezičak (opruga) sprječava vibracije ventila. Kako karburator ne bi preplavio, razina goriva u lončiću mora biti 2 do 5 mm ispod otvora glavne sapnice. Preniska razina dati će presiromašnu, a previsoka bogatu smjesu.



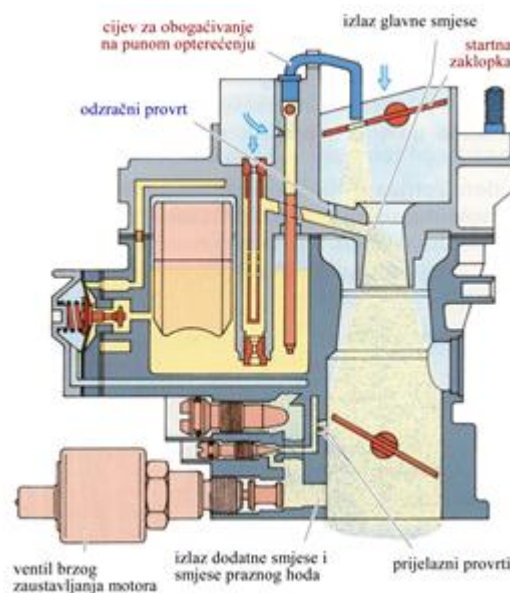
Slika 27. Plovak karburatora

#### 2.5.3.2. Sklop za upućivanje hladnog motora

Pri pokretanju hladnog motora (slika 28.) velik dio isparenog goriva ponovno kondenzira i pada na hladne stjenke usisne grane i cilindara. Pare goriva kondenziraju jer je brzina strujanja premala, i pri niskim temperaturama samo jedan dio goriva ostane u parnom stanju. Isto tako, niti potlak nije dovoljno velik, pa se motor ne može uputiti zbog presiromašne smjese. Zadatak uređaja je stvoriti vrlo bogatu smjesu (do 1 : 3, što odgovara pet puta bogatijoj smjesi od normalne:  $\lambda \approx 0,2$ ) koja će i u hladnom prostoru izgaranja, usprkos kondenzaciji, još uvijek biti zapaljiva (u cilindru pada na  $\lambda \approx 0,9$ ).

Izvedbe uređaja za startanje hladnog motora različite su, najčešće:

- tupfer – ugrađen je u komoru plovka. Pritiskom se potopi plovak, pa gorivo preplavi karburator. Nedostatak ove izvedbe je što gorivo slabo isparava i razrjeđuje uljni film na stjenkama cilindra. Koristi se samo u rasplinjačima sa zasunom na mopedima.
- startna zaklopka (Choke valve, u daljem tekstu čok ili čok leptir). Čok se može aktivirati ručno i automatski.



*Slika 28. Uređaj hladnog starta*

### 2.5.3.3. Startna automatika

Startna automatika (slika 29.) je uređaj kod kojeg se otvaranje i zatvaranje čoka izvodi potpuno automatski. Automatsko djelovanje postignuto je spiralnom bimetalnom trakom koja na promjenu temperature reagira promjenom svojih dimenzija. Bimetalna traka može se grijati električnom otpornom žicom, rashladnom tekućinom ili ispušnim plinovima. Čok je ekscentrično postavljen, pa pomaže startnoj automatici u otvaranju. Često se koristi kombinacija zagrijavanja otpornom žicom i rashladnom tekućinom. Električna struja nakon davanja kontakta za paljenje postavlja čok leptir pri hladnom startu, kao i kod upućivanja toplog motora. Grijanje

rashladne tekućine dodatno utječe na postavljanje čoka kod toplog motora. Električno grijanje može se isključiti termo ili vremenskim prekidačem. Kombiniranim zagrijavanjem izbjegavaju se brza hlađenja samo električnog grijanja bimetalne trake pri prekidu rada toplog motora, i presporog zagrijavanja bimetalne trake samo rashladnom tekućinom.

#### *2.5.3.4. Puldown mehanizam (topli start)*

Puldown mehanizam pripada startnoj automatici. Zadatak mu je nakon upućivanja otvoriti čok na odgovarajuću vrijednost da bi se spriječilo stvaranje prebogate smjese. Čok se otvara mehanički, pomoću klipića na kojeg djeluje potlak.

#### *2.5.3.5. Prisilno otvaranje čoka (hladni start)*

Hladni start naziva se još i *wide open kick*. Zadatak ovog sklopa je mehaničko prisilno otvaranje čoka pri davanju gasa iako je motor još hladan. Time se sprječava stvaranje prebogate smjese: nakon neuspjelog starta ili presauganog hladnog motora, ventiliraju se usisne grane i svjećice.

#### *2.5.3.6. Sklop praznog hoda s prijelaznim sklopom*

U praznom hodu brzina je strujanja zraka u difuzoru premala (suviše mali potlak) da bi gorivo moglo biti usisano iz glavne sapnice. Najveći potlak zbog najveće brzine strujanja zraka javlja se na pritvorenom leptiru gasa, pa se smjesa praznog hoda stvara u tom prostoru. Kako je na praznom hodu leptir gasa pritvoren, to u cilindre ulazi mala količina svježije smjese koja se miješa s relativno velikom količinom već izgorjelih plinova (količina zaostalih plinova izgaranja gotovo je jednaka na svim režimima rada). Stvorena smjesa je teško zapaljiva i slabo gori, te bi na praznom hodu motor radio nesigurno. Stoga na praznom hodu karburator mora stvoriti bogatu smjesu, a uređaj za paljenje pomjera paljenje na ranije (dalje od GMT).

Za siguran rad motora potrebno je imati sklop praznog hoda kojemu pripadaju sapnica zraka praznog hoda i sklop za davanje dodatnog goriva i prijelazni provrti u mješačkoj cijevi.

Smjesu praznog hoda čine osnovna i dodatna smjesa praznog hoda. Ovim se dobiva povoljnije izgaranje (manje štetnih tvari u izgaranim plinovima) i jednostavnija regulacija praznog hoda. Gorivo za osnovnu smjesu praznog hoda struji iz komore mješačke cijevi preko glavne sapnice, sapnice zraka praznog hoda (zapravo, kombinirane sapnice gorivo-zrak) i vijka osnovne smjese u komoru miješanja. Gorivo za dodatnu smjesu struji iz komore mješačke cijevi kroz izlaz dodatne smjese. S dodatnim zrakom koji se miješa prije i poslije lijevka, tvori smjesu čiju se količinu regulira vijkom dodatne smjese (vijak za broj okretaja). Osnovna i dopunska smjesa izlaze ispod leptira gasa u komoru miješanja. Nakon zaustavljanja motora (isključivanja paljenja) zatvara elektromagnetski isklonni ventil praznog hoda i sprječava naknadni rad motora (još nekoliko radnih taktova nakon gašenja).

#### *2.5.3.7. Prijelazni sklop*

Prijelazni sklop mora omogućiti glatki prijelaz rada sa sustava praznog hoda na sustav glavne sapnice, tj. prijelaz s praznog hoda na djelomično opterećenje. Otvaranjem leptira gasa pada potlak na otvoru smjese praznog hoda, ali na otvoru glavne smjese stvoreni je potlak još uvijek nedovoljan za usisavanje goriva. Bez uređaja za prijelazni režim motor ne bi glatko prihvatio – kratkotrajno bi ostao bez dovoljno goriva. Otvaranjem leptira povećava se brzina strujanja, a time i potlak, na prijelaznim provrtima (*bypas* provrti), pa počinje izlaziti dodatna količina goriva koja kompenzira trenutni manjak i gušenje motora u prijelaznom režimu.

#### *2.5.3.8. Sklop glavne sapnice*

Osnovni dijelovi sustava glavne sapnice su:

- glavna sapnica,
- sapnica korekcijskog zraka i
- mješačka cijev.

Zadatak ovog sustava je usisati i raspršiti gorivo, te pomiješati ga sa zrakom u pravilnom omjeru u cijelom području djelomičnog opterećenja motora.

Karburator daje siromašnu smjesu. Motor sa siromašnom smjesom ne može razviti punu snagu, no u ovom se području rada zahtijeva samo štedljiv pogon (i što manja emisija štetnih tvari).

Otvaranjem leptira gasa i povišenjem brzine strujanja zraka potlak u difuzoru naglo raste. Gustoća zraka se pri većem potlaku smanjuje, dok se gustoća goriva praktički ne mijenja (gorivo je tekućina), i zbog toga smjesa postaje sve bogatija. Kako karburator mora na cijelom području djelomičnog opterećenja stvoriti siromašnu smjesu, mora se izvesti kompenzacija koja se postiže tzv. pneumatskom regulacijom – zrak se dodaje gorivu prije nego što ono dođe u zračnu struju (upjenjivanje goriva). Dobra strana ovakvog načina je stvaranje homogenije smjese.

Kad je motor van pogona, razine goriva u mješačkoj cijevi i komori mješačke cijevi jednake su. S povišenjem broja okretaja (i povišenjem potlaka u lijevku karburatora) opada razina goriva u mješačkoj cijevi, a raste u komori. Sve je više slobodnih provrta na mješačkoj cijevi kroz koje prolazi zrak usisan preko korekcijske sapnice zraka, i gorivo se sve više upjenjuje. Ovim dodavanjem zraka spriječilo se obogaćivanje smjese otvaranjem leptira.

#### *2.5.3.9. Dodatni sklopovi*

Dodatni sklopovi povoljno djeluju na potrošnju goriva, i olakšavaju rad motora. Grijanje prijelaznih provrta sprječava možebitno zaleđivanje provrta. Elektromagnetski isključni ventil sprječava možebitni produženi rad motora nakon isključivanja paljenja. Grijanje usisne grane sprječava kondenzaciju goriva na stijenke grane.

#### *2.5.3.10. Sklop naglog ubrzavanja*

Zadatak sklopa za naglo ubrzavanje je dobiti dodatnu količinu goriva kod naglog otvaranja leptira. U usisnoj se cijevi pri naglom otvaranju leptira naglo



smanjuje potlak što dovodi do naglog povišenja brzine strujanja zraka. Tekuće gorivo u kanalima karburatora ne može zbog tromosti slijediti povećanje količine zraka, pa smjesa postaje siromašna. Ta je pojava izraženija na nižim brojevima okretaja kad je leptir pritivoren, a u usisnoj cijevi vlada veliki potlak. Pri naglom otvaranju leptira zbog presiromašne smjese može doći do izostanka paljenja, a izgaranje goriva može se toliko usporiti da se protegne i na takt usisa. Tada može doći do požara karburatora. Ovaj se problem rješava ugradnjom pumpice koja ubrizgava dodatnu količinu goriva pri naglom otvaranju leptira (približno 1 do 3 cm<sup>3</sup>, ovisno o radnom volumenu motora). Za vrijeme kontinuiranog rada motora pumpica ne djeluje.

#### *2.5.3.11. Sklop za obogaćivanje smjese*

Osnovni dijelovi sklopa su cijev za obogaćivanje smjese sa sapnicom (usponska cijev) i pneumatski upravljani ventil za obogaćivanje. Zadatak uređaja je obogatiti smjesu kako bi motor u režimu punog opterećenja mogao razviti maksimalnu snagu. Na malom i srednjem broju okretaja potlak nije dovoljno velik da usiše dodatnu količinu goriva iz cijevi za obogaćivanje, ali na visokim se brojevima okretaja toliko poveća da gorivo počne izlaziti kroz cijev (obogaćivanje na punom opterećenju). Početak obogaćivanja određuje uteg obogaćivača smjese (kuglica). Pri obogaćivanju na djelomičnom opterećenju dodatna se količina goriva privodi preko ventila za obogaćivanje sus-tavima glavne sapnice ili praznog hoda. Dodatnu količinu goriva može dati i pumpa sklopa za naglo ubrzavanje.

#### 2.5.4. Radionički radovi na karburatoru

Ne može li se pokrenuti motor (ili se u radu zaustavi), potrebno je provjeriti sustav paljenja i dovod goriva do karburatora. Tek nakon toga traži se mogući kvar na karburatoru.

##### *2.5.4.1. Čišćenje karburatora*

Za temeljito čišćenje potrebno je karburator rastaviti, uključujući i sapnice (najbolje u ultrazvučnoj kupki, inače prati u čistom gorivu s kistom ili krpicom koja ne ostavlja vlakna). Svi kanali, filteri i sapnice propuhuju se komprimiranim zrakom. Smetnje u

radu najčešće su posljedica začepljenih sapnica, filtera ili provrta. Štoviše, i kapi vode uzrok su smetnjama jer zbog velikog napona površine u finim kanalićima smanjuju protok goriva. U zimskim mjesecima voda može zalediti i potpuno spriječiti protok goriva. Ugradnjom finog filtera goriva s odvajačem vlage mogu se takve smetnje potpuno otkloniti.

#### *2.5.4.2. Provjera dijelova*

Dijelovi moraju biti ispravni. Moraju se provjeriti na nepropusnost plovak i igličasti ventil, brtve i ventili pumpe. Leptir gasa i čok leptir moraju biti lagano pokretni, i ne smiju imati suviše veliku zračnost na osovinicama: sekundarni zrak prolazi pored osovinice leptira gasa, pa karburator stvara siromašnu smjesu. Sekundarni zrak može proći i kroz oštećene spojeve iza karburatora i najveće smetnje radi pri upućivanju i na praznom hodu. Isuviše siromašna smjesa teže se pali i sporije izgara, pa dovodi do prezagrijavanja i pada snage motora. Mjesta koja propuštaju mogu se otkriti pomoću spreja za otkrivanje propuštanja ili pjene sapuna. Sapnice i igličasti ventili ne smiju biti oštećeni. Promjer sapnica provjeravaju se šablonima. Otisnuti brojevi na karburatoru moraju odgovarati tehničkim podacima.

## **2.6. Ubrizgavanje benzina[1]**

Kako je ulogu rasplinjača preuzeo sustav za ubrizgavanje, to se gorivo sad raspršuje ubrizgavanjem. Razlika između diesel i otto motora ipak postoji: tlakovi ubrizgavanja znatno su niži u otto motora i kreću se od 0,8 do 15 bara, a ubrizgava se prije ili tijekom usisnog takta izravno u cilindre ili usisnu cijev, odnosno granu (kod GDI motora ubrizgava se i u taktu kompresije).

### **2.6.1. Zadatak sustava**

Zadaci sustava za ubrizgavanje su fino raspršiti gorivo u usisavani zrak i stvoriti što ravnomjerniju smjesu, prilagoditi kvalitetu smjese trenutnim potrebama motora i stvoriti što manju količinu štetnih tvari u ispušnim plinovima.

## 2.6.2. Prednosti sustava za ubrizgavanje goriva

Prednosti sustava za ubrizgavanje goriva su:

- točnije stvaranje smjese u svim pogonskim uvjetima rada motora;
- bolje punjenje zbog povoljnijeg oblikovanja usisnih kanala i boljeg unutarnjeg hlađenja;
- veći okretni moment i volumenska snaga motora;
- gorivo se fino raspršuje izravno u cilindar, ispred usisnih ventila ili u kućište leptira gasa;
- brže isparavanje goriva i stvaranje homogene smjese zbog finijeg raspršivanja;
- svakom cilindru daje se jednaka količina goriva (MPI);
- kratki transportni putevi i vremena smjese do cilindra;
- dobri prijelazi pri promjeni opterećenja i bolja elastičnost motora;
- lakše i sigurnije upućivanje hladnog i toplog motora;
- bolje ubrzanje i kočenje motorom zbog brže reakcije sustava ubrizgavanja;
- manja specifična potrošnja goriva i emisija štetnih tvari.

## 2.6.3. Vrste sustava za ubrizgavanje

Vrste sustava za ubrizgavanje su kontinuirano ili neprekinuto, impulsno ili prekidno ubrizgavanje, direktno (GDI), indirektno ubrizgavanje (u usisnu granu, SPI ili MPI), centralno (ispred leptira gasa, Central Fuel Injection ili SPI ili TBI) i decentralizirano (u usisne cijevi pojedinih cilindra, MPI).

Kontinuirano ubrizgavanje može biti mehaničko-hidrauličko s mjerenjem količine zraka (K-Jetronic) ili mehaničko-hidrauličko s dodatnom elektronikom za korekciju smjese (KE-Jetronic).

Impulsno ubrizgavanje uvijek je elektronikom upravljano, i može biti s mjerenjem volumnog protoka zraka (L-Jetronic), s mjerenjem masenog protoka zraka (LH-Jetronic), s mjerenjem tlaka zraka (D-Jetronic), s centralnim ubrizgavanjem (Single Point, Monopoint ili Throttle Body Injektion), s decentraliziranim ubrizgavanjem (Multi Point Injection) ili povezano s paljenjem (Motronic).

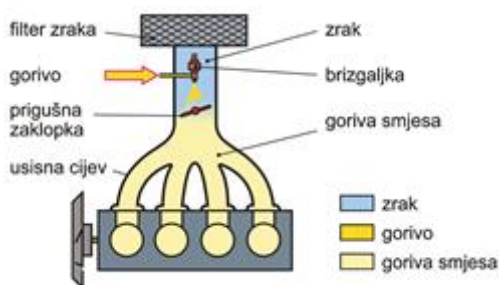
Sustavi ubrizgavanja s elektroničkim upravljanjem i regulacijom ubrizgavanja goriva imaju tri osnovna dijela: usisni dio (filter zraka, usisna cijev, leptir gasa, usisna grana), sustav goriva (spremnik, pumpa, filter, regulator tlaka, brizgaljke) i upravljački sklop (senzori, upravljačka jedinica, postavni članovi – aktori).

#### 2.6.4. Indirektno ubrizgavanje

Gorivo se ubrizgava ispred usisnih ventila ili u kućište leptira gasa. To znači da se radi o vanjskom stvaranju smjese, a samo ubrizgavanje goriva može biti izvedeno u jednoj (SPI) ili više točaka (MPI).

##### 2.6.4.1. Single Point Injection

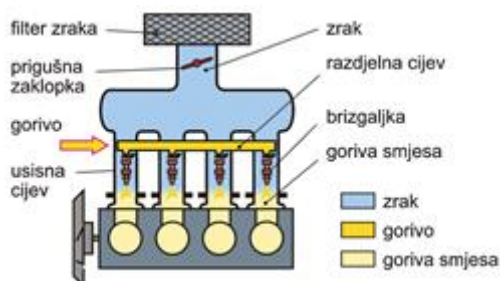
Gorivo se ubrizgava u jednoj točki, u kućištu leptira gasa (zato se još naziva i Throttle Body Injection, TBI) (slika 29.). Uparivanju goriva pridonose i zagrijavane stijenke usisne grane, kao i ugrađeni grijaći elementi. Nedostatak SPI sustava je nejednolika raspodjela goriva po cilindrima zbog različite dužine usisnih grana i otpora strujanja (stvaranje vrtloga, hrapavosti stijenki i ostali aerodinamički otpori). Osim toga, na stijenkama usisne cijevi stvara se film goriva (vidi: Karburatori), pa cilindri dobivaju različitu kvalitetu smjese. Dobra strana ovog sustava je znatno jednostavnija i jeftinija konstrukcija.



Slika 29. Single Point Injection

#### 2.6.4.2. Multi Point Injection

Svakom cilindru pridružen je po jedna brizgaljka, bilo u usisnim cijevima ili neposredno ispred usisnih ventila. Svaki cilindar dobiva jednako kvalitetnu smjesu. (Slika 30.)



Slika 30. Multi Point Injection

Kod MPI sustava možemo razlikovati prema načinu ubrizgavanja: simultano ubrizgavanje (istovremeno), grupno ubrizgavanje i sekvencijalno ubrizgavanje (slijedno).

Kod simultanog ubrizgavanja sve se brizgaljke istovremeno otvaraju bez obzira na odvijanje taktova u pojedinim cilindrima, pa su i vremena za stvaranje smjese vrlo različita. Kako bi se unatoč tome stvorila smjesa više-manje podjednake kvalitete po svim cilindrima, ukupna količina goriva ubrizgava se u dva navrata (za svaki okretaj radilice pola količine).

Nešto povoljnije je grupno ubrizgavanje kod kojeg se brizgaljke 1. i 3., te 2. i 4. cilindra izmjenično otvaraju, tako da ubrizgavaju uvijek prije takta usisa. Ubrizgava se kompletna količina goriva. No, i ovdje su vremena za stvaranje smjese različita za različite cilindre.

Svaka se brizgaljka kod sekvencijalnog ili slijednog ubrizgavanja aktivira neposredno prije početka takta usisa odnosno cilindra (prati se slijed paljenja), kad se ubrizgava ukupna količina goriva. Prednosti ovakvog načina ubrizgavanja su optimalna smjesa za sve cilindre i bolje unutarnje hlađenje cilindara. Vrijeme za stvaranje smjese jednako je za sve cilindre.

### 2.6.5. Direktno ubrizgavanje benzina

Gorivo se ubrizgava izravno u prostor izgaranja (engl. GDI – Gasoline Direct Injection), u taktu usisa ili kompresije. Zato je izbjegnuto stvaranje filma goriva koje se kondenzira na stijenkama usisnih cijevi. Da bi izgaranje bilo što kvalitetnije, stupanj kompresije izrazito je visok ( $\epsilon = 12 : 1$ ), što daje GDI motoru veliku volumensku snagu.

Konstruktivne osobitosti GDI motora su:

- usisni su kanali gotovo okomiti kako bi se dobilo odgovarajuće strujanje, pomoću visokotlačne pumpe gorivo se u cilindre ubrizgava pod tlakom od 50 bara,
- visokotlačne brizgaljke s promjenljivim oblikom mlaza goriva,
- klip s nosom i udubljenjem za oblikovanje strujanja u cilindru.

Sustav goriva podijeljen je na niskotlačni (3,3 bara) i visokotlačni dio (50 bara).

Visoki tlak stvara se jednocilindričnom klipnom pumpom koju preko međuvratila pogoni usisno bregasto vratilo (hod klipa je 1 mm). Elementi pumpe podmazuju se samim gorivom. Niskotlačna pumpa dobavlja gorivo visokotlačnoj pod tlakom od 3,3 bara. Regulacijski ventili sprječavaju pojavu previsokih tlakova u oba kruga. Kvaliteta smjese goriva ovisi o režimu motora (opterećenje, broj okretaja, temperatura motora). U štednom režimu gorivo se ubrizgava u taktu kompresije, a u režimu snage u usisnom taktu.

#### 2.6.5.1. Štedni režim

U najčešće voženom režimu, na djelomičnom opterećenju, cilindri usisavaju čisti zrak, a sam motor radi s vrlo siromašnom smjesom,  $\lambda = 2,7$  do  $3,4$  ( $1 : 40$  do  $1 : 50$ ), što izuzetno štedi gorivo. Porastom opterećenja (otvaranjem leptira gasa) višak zraka reducira se do  $\lambda = 1$  odnosno  $\lambda < 1$  pri ubrzanju ili preticanju. Pred kraj kompresije ubrizga se mala količina goriva. Nastalu smjesu zakrivljeni nos klipa gura izravno na svjećicu, što olakšava njeno paljenje. Na takav se način s relativno malom količinom goriva postiže stabilno izgaranje. Da bi se osiguralo povoljno ustrujavanje zraka u cilindre, usisni je kanal smješten između bregastih vratila i gotovo se okomito

priključuje na cilindar. Na praznom hodu i manjem opterećenju zrak se usisava preko mimovodnog (bypass) ventila. Tako se izbjegavaju suviše veliki otpori strujanja i slabije punjenje cilindra. Kako motor radi s vrlo siromašnom smjesom (omjer goriva i zraka od nekih 1 : 40), homogena smjesa ne bi više bila zapaljiva. Usisavana se zračna struja zavija, a u taktu kompresije skreće ju se prema gore posebno oblikovanim čelom klipa. Pritom nastaje dodatno vrtložno strujanje zraka. Pri kraju takta kompresije (nešto prije GMT) ubrizgava se mala količina goriva u udubljenje klipa i tako zakreće. Zahvaljujući spiralnoj pločici u sapnici brizgaljke gorivo se izuzetno fino raspršuje. Zbog različitih brzina vrtnje jako vrtloženog zraka usmjerenog udubljenjem u čelu klipa, te oblaka raspršenog goriva obrazuju se slojevi različito bogate smjese (tzv. slojevito punjenje). Svjećicu okružuje sloj lako upaljive bogatije smjese oko kojeg se nalaze slojevi siromašne smjese. Vanjski slojevi mogu biti čisti zrak i već izgorjeli vreli produkti izgaranja. Kako je svjećica okružena dovoljno bogatom smjesom, paljenje je sigurno i stabilno. Jednom upaljena smjesa zapalit će i siromašne slojeve. Konačni rezultat je štednja goriva i čisto izgaranje.

#### 2.6.5.2. *Režim snage*

U gornjem području opterećenja mimovodni se ventil zatvara i sav zrak prolazi preko leptira gasa, a smjesa postaje bogatija. Gorivo se sada ubrizgava u taktu usisa, u širokom mlazu. Pojavljuje se izrazito unutarnje hlađenje: prelazeći u parno stanje, gorivo se hladi i snizuje temperaturu smjese u cilindru. Time se postiže slično djelovanje kakvo proizvodi međuhladnjak zraka (intercooler) kod motora s nabijanjem. Pothlađivanjem se smanjuje volumen smjese i olakšava punjenje, jer u cilindre može ustrujati veća količina zraka i goriva. Istovremeno se smanjuje i opasnost od detonacije, te je moguće imati stupanj kompresije i 12 : 1. U kompresiji klip tlači homogenu smjesu prema svjećici. Elektroničkom regulacijom kod GDI motora postignut je prijelaz iz štednog režima sa slojevitim punjenjem u režim snage pri  $\lambda = 1$  do  $\lambda < 1$  (oko 1 : 14,8) bez izostajanja paljenja.

### 2.6.6. L-Jetronic

L-Jetronic je impulsni, indirektni, decentralizirani, elektronikom upravljani MPI sustav ubrizgavanja.

Osnovni parametri kod L-Jetronica su količina usisanog zraka (opterećenje) i broj okretaja motora.

Najvažniji dijelovi L-Jetronica su sustav goriva- mjerac količine zraka, senzori (aktori) i elektronički upravljački sklop. Sustav dobave goriva čine spremnik goriva, električna pumpa, filter goriva, regulator tlaka i relej za uključivanje pumpe goriva. Mjerac količine zraka daje upravljačkom sklopu informaciju o količini usisavanog zraka i mjeri volumenski protok. Osjetnici ili senzori mjere sve potrebne parametre i šalju ih upravljačkom sklopu u obliku naponskih signala ili promjene otpora. Elektronički upravljački sklop obrađuje prispjele informacije sa senzora i upravlja aktorima (izvršnim elementima, npr. brizgaljkama).

Pumpa goriva je rotacijska pumpa s valjčićima i ekscentrično postavljenim rotorom. Pumpa je pogonjena elektromotorom koji je uronjen u gorivo. Kako benzin potpuno ispunjava kućište, nema zapaljive smjese i opasnosti od eksplozije. Po uključivanju paljenja pokrene se pumpa tek toliko dugo koliko je startni prekidač uključen. Tek nakon uspješnog upućivanja motora upravljačka jedinica uključuje pumpu u stalni pogon. Ovim sigurnosnim uključivanjem spriječeno je razaranje cilindara u slučaju kvarova na brizgaljkama. Dobava pumpe znatno je veća od maksimalno potrebne, pa stvoreni tlak u sustavu i pri različitim uvjetima rada motora sprječava obrazovanje parnih mjehurića goriva.

Regulator tlaka ugrađen je na razdjelniku (kolektoru). Membranom upravljani preljevni regulator održava konstantnu razliku između tlaka zraka u usisnoj grani i sistemskog tlaka goriva. To znači da se mijenja tlak goriva u razdjelnoj cijevi, odnosno na brizgaljkama. Promjena tlaka okoline (npr. zbog promjene nadmorske visine) dovest će do promjene vrijednosti sistemskog tlaka. Regulator tlaka održava tu razliku konstantnom u svim režimima rada motora.

Svakom cilindru pripada po jedna elektromagnetom otvarana brizgaljka (aktor). Kod simultanog ubrizgavanja sve brizgaljke električki su paralelno povezane, pa ubrizgavaju istovremeno. Takvom je izvedbom CPU jeftinija, jer ima manje



upravljačkih elemenata. Da bi se ipak dobila ravnomjerna smjesa i postiglo dobro izgaranje, po jednom okretu radilice ubrizga se oko polovice ukupno potrebne količine goriva. Zbog toga je nepotrebno vezati početak ubrizgavanja uz određeni kut zakreta radilice. Trenutak ubrizgavanja goriva ovisi o broju okretaja motora, a impulse daje ili prekidač primarnog strujnog kruga (platine) ili davač impulsa kod beskontaktnog paljenja. Brizgaljka sa zrakom oplakivanim mlazom - kod ovakve izvedbe brizgaljke spriječeno je obrazovanje kapljica goriva na otvoru sapnice. Pritom se gorivo raspršuje u najfinije čestice i na praznom hodu. Kako je osigurano odlično miješanje goriva sa zrakom, to se smanjuje i emisija štetnih produkata izgaranja.

Trajanje ubrizgavanja najviše ovisi o zakretu mjerne zaklopke u mjerачu zraka. Položaj zaklopke (opterećenje) i broj okretaja motora dvije su temeljne informacije za CPU. Pored toga, trajanje ubrizgavanja korigira se primljenim informacijama i od ostalih senzora: termometara (NTC otpornici) - temperatura motora i zraka; prekidača položaja leptira – isključivanje potiska i punog opterećenja;  $\lambda$ -sonde – kvaliteta smjese.

Sve ove informacije obrađuju se u CPU i na temelju njih se određuje trajanje ubrizgavanja, tj. količina goriva.

Kako bi se smanjili otpori strujanja zraka umjesto ploče ugrađena je mjerna zaklopka na koju djeluju zavojna opruga i zračna struja. Mjerna zaklopka mjeri dinamički tlak zračne struje i postavlja se pod točno određenim kutom koji je mjera volumenske količine usisanog zraka. Zakret se pretvara u električni signal potencijetrom kojem je klizač spojen na osovinicu zaklopke, te se kao osnovna informacija vodi u upravljački sklop. Kompenzacijska zaklopka čvrsto je spojena s mjernom zaklopkom i služi prigušenju vibracija koje nastaju radom motora, kolnika i zračne struje. Prigušivanje je ostvareno zračnim jastukom kojeg zatvara kompenzacijska zaklopka i kućiste. Vijkom smjese praznog hoda u mimovodu korigira se smjesa praznog hoda, pri čemu određena količina zraka obilazi mjernu zaklopku.

### 2.6.6.1. Upućivanje hladnog motora

Pri pokretanju hladnog motora velik dio isparenog goriva ponovno se kondenzira i pada na hladne stijenke usisne grane i cilindara (kondenzirano gorivo na stijenkama cilindra djeluje nepovoljno jer ispire uljni film). Kako bi se i tako hladan motor sigurno i lako uputio potrebno je obogatiti smjesu goriva i zraka ubrizgavanjem dodatne količine goriva (bogata smjesa,  $\lambda < 1$ ). Ta količina ovisi o temperaturi motora. Obogaćivanje smjese u fazi upućivanja hladnog motora može se izvesti startnim upravljanjem ili brizgaljkom hladnog starta. Kod startnog upravljanja smjesa se dodatno obogaćuje produženjem vremena ubrizgavanja (upravljački signali dolaze sa startnog ključa i termometra motora). Smjesa se može dodatno obogatiti i ubrizgavanjem određene količine goriva u razdjelnu cijev. Radom brizgaljke hladnog starta upravlja elektronički sklop u ovisnosti o temperaturi usisavanog zraka i motora.

Nakon hladnog starta motora slijedi faza zagrijavanja hladnog motora. U ovoj fazi rada još je uvijek potrebno imati bogatiju smjesu, jer se dio goriva kondenzira na hladnim stijenkama usisnih cijevi. Pored toga, potrebno je imati i nešto veću snagu motora (tzv. unutarnja snaga, ona koja se troši na svladavanje mehaničkih otpora motora) kako bi se kompenzirali veći mehanički otpori (ulje je hladno!), tj. mora se privesti i veća količina smjesa. Kondenzacija goriva kompenzirana je ubrizgavanjem dopunske količine goriva bilo produženjem vremena ubrizgavanja, bilo ugradnjom brizgaljke hladnog starta u razdjelnik goriva. Veća snaga motora dobije se propuštanjem dodatne količine zraka preko mimovoda leptira i produženjem vremena ubrizgavanja.

U različitim uvjetima rada motora održava se stabilan broj okretaja motora na praznom hodu, štednja goriva i manja količina štetnih tvari u ispušnim plinovima. Dijelom se kompenziraju i promjene koje nastaju starenjem dijelova motora. Na temelju broja okretaja i temperature motora, upravljački uređaj šalje signal postavniku praznog hoda (zasun praznog hoda). Magnet zakreće ploču s blendom čime se mijenja slobodni presjek mimo-voda. Broj okretaja ne mijenja se unatoč promjeni operećenja.

Upravljačka jedinica preko prekidača položaja leptira i njegovih kontakata praznog hoda i punog opterećenja dobiva informaciju o otvorenosti leptira, te određuje trajanje ubrizgavanja.

$\lambda$ -sonda - je povratna veza u regulacijskom krugu. Ona daje informacije o trenutnoj količini kisika u ispušnim plinovima, pa upravljački sklop točno određuje potreban omjer goriva i zraka.

#### 2.6.7. Ubrizgavanje benzina s mjerenjem masenog protoka zraka

Kod ovog sustava mjeri se maseni protok zraka termičkim senzorom opterećenja (žarna nit ili vreli film). Struja zraka više ili manje hladi senzor mijenjajući mu električni otpor. Regulacijom jakosti struje grijanja elektronika održava temperaturu senzora konstantnom. Promjenljivi pad napona na senzoru predstavlja mjeru masenog protoka zraka.

Mjerenje je neovisno o gustoći zraka, tj. tlak zraka i njegova temperatura nemaju utjecaja na točnost mjerenja. Kako je odnos goriva i zraka izražen u masenom omjeru (npr. 1 kg goriva na 14,8 kg zraka), mjerenje masenog protoka najtočniji je mjerni postupak za pravilno obrazovanje smjese.

##### 2.6.7.1. Mjerenje masenog protoka žarnom niti, LH-Motronic

LH-Jetronic predstavlja višu stepenicu u razvoju L-Jetronica. Sustav paljenja i ubrizgavanja dijele zajednički centralni upravljački sklop. Kod LH-Motronica u usisnom je kanalu ugrađena žarna nit i precizni otpornički element. Žarna nit održava se na temperaturi koja je konstantno za 100 °C viša od temperature usisavanog zraka. Usisava li motor veću ili manju količinu zraka, kroz žicu mora prolaziti jača ili slabija struja da bi se  $\Delta t = 100$  °C održala konstantnom. Jakost struje kroz žarnu nit mjera je masene količine zraka. Mjerenje količine zraka izvodi se 1000 puta u sekundi. U slučaju prekida žarne niti, sustav prelazi na prinudni program, a vozilo ostaje u ograničeno pokretnom stanju. Žarnu nit, platinsku žicu promjera 0,7 mm, štite od mehaničkih oštećenja zaštitne mrežice. Žarna nit nalazi se u usisnoj cijevi, pa se radi spriječavanja oblaganja nečistoćom nakon svakog zaustavljanja rada motora

nit kratkotrajno zagrije na oko 1000 °C pri čemu eventualne naslage izгоре (čišćenje žarenjem). Upravljački sklop daje takav kratkotrajni signal odmah po zaustavljanju motora. Žarna se nit može ugraditi i u mimovodni (mjerni) kanal koji je smješten u unutarnjoj cijevi. Usmjerivačka mrežica sprječava vrtloženje zračne struje na mjestu mjerenja. U unutarnjoj cijevi nema pokretnih dijelova koji bi stvarali otpore strujanju zraka. Oblaganje žarne niti naslagama nečistoće spriječeno je staklenom prevlakom i velikom brzinom strujanja u mjernom kanalu. Zbog toga je nepotrebno žariti nit radi čišćenja.

#### *2.6.7.2. Mjerenje masenog protoka vrelim filmom (HFM )*

Ovaj mjeri

#### 2.6.8. Tlakom upravljano ubrizgavanje

Tlakom upravljano ubrizgavanje je indirektno, decentralizirano, impulsno elektronički regulirano Multi Point ubrizgavanje. Osnovni parametri su tlak zraka u usisnoj cijevi i broj okretaja motora (p/n sustav). Kod tlakom upravljano

Mjerač tlaka ugrađen je ili u usisnoj cijevi ili u upravljačkom sklopu (tada je spojen pneumatskom vezom s usisnom granom). Zadatak mu je izmjeriti tlak u usisnoj cijevi, jer na temelju tog parametra upravljački sklop određuje osnovno vrijeme ubrizgavanja.

Senzor tlaka pretvara tlak u deformaciju (deformacijski): na membranu nanešeni piezoelektrični otpornici mijenjaju svoj otpor na svaku deformaciju membrane uslijed promjene tlaka u usisnoj grani. Promjenom otpora mijenja se i napon koji se vodi obradnom sklopu, a potom prosljeđuje upravljačkom sklopu.

Mjerač tlaka čine tlačna komora s dva senzorska elementa, i prostor u kojem se nalazi sklop za obradu signala. Senzori i obrađivač podataka nanešeni su na zajedničku keramičku podlogu. Zvonasta debeloslojna membrana (senzorski element) obrazuje komoru s referentnim tlakom.

Upravljački sklop određuje na temelju signala mjerača, te ostalih senzora, potrebno vrijeme ubrizgavanja. S karakteristike vidimo da na praznom hodu mjerač daje približno 0,4 V, a na punom opterećenju i visokom broju okretaja oko 4,6 V. Između ovih graničnih vrijednosti nalazi se linearno radno područje mjerača. Upravljački sklop na temelju signala opterećenja motora i ostalih pogonskih parametara određuje potrebno vrijeme ubrizgavanja. Gornja i donja granična vrijednost u dg. mogu poslužiti kao autodijagnostika mjerača tlaka.

#### 2.6.9. Centralno ubrizgavanje

Temeljne upravljačke veličine su položaj prigušne zaklopke (leptira gasa) i broj okretaja motora ( $\alpha/n$ -sustav).

Najvažnije podatke o režimu rada motora šalju prigušna zaklopka i senzor broja okretaja motora. Položaj leptira (kut zakreta  $\alpha$ ) mjera je tlaka u usisnoj grani, odnosno opterećenja motora. Upravljačka jedinica na temelju položaja prigušne zaklopke i broja okretaja motora određuje osnovno vrijeme ubrizgavanja (tj. osnovnu količinu goriva). Za određivanje točne količine goriva upravljačka jedinica dobiva podatke još od termometra zraka i motora, te  $\lambda$ -sonde. Razdjela gorive smjese na pojedine cilindre odvija se preko usisne kolektorske cijevi.

Osnovni dijelovi Mono-Jetronica su hidraulički dio i elektronika (senzori, aktori i upravljačka jedinica).

Zadatak hidrauličkog dijela je opskrba i raspršivanje goriva. Pumpa goriva dobavlja benzin sustavu ubrizgavanja pod tlakom od oko 1 bar. Agregat brizgaljke sastoji se od hidrauličkog dijela i blok leptira. Regulator tlaka održava konstantni tlak goriva od 1 bara, pa ubrizgavana količina goriva ovisi samo o vremenu ubrizgavanja brizgaljke. Tanjurasti ventil otvara povrat kad se gorivu povisi tlak na vrijednost veću od sistemskog tlaka. Pumpa dobavlja veću količinu goriva nego što je potrebno, gorivo cirkulira i hladi brizgaljku. Višak goriva vraća se preko tanjurastog ventila regulatora u spremnik. Hlađenjem brizgaljke sprječava se stvaranje benzinskih para, što je važno za sigurno upućivanje zagrijanog motora. Postavni motor leptira snizuje i stabilizira broj okretaja praznog hoda (npr. pri uključivanju klima uređaja). Upravljački sklop šalje impulse istosmjernom motoru u ovisnosti o broju okretaja i temperaturi motora. Centralna brizgaljka osnovni dijelovi su kućište brizgaljke i ventilska grupa. U kućištu brizgaljke postavljen je elektromagnetski namot s električnim priključkom. Ventilsku grupu čini kućište brizgaljke i, u njemu, igla brizgaljke s kotvom magneta. Opruga pritišće iglu brizgaljke na sjedište, a potpomaže joj sistemski tlak goriva. Aktiviranjem elektromagneta podiže se igla za približno 0,06 mm. Sapnica je tako odabrana da se gorivo fino raspršuje u mlazu stožastog oblika. Ubrižgavanje je impulsno i slijedi takt paljenja.

Elektronički upravljački sklop obrađuje parametre dobivene od senzora, te izlazne signale prosljeđuje aktorima (brizgaljkama, releju pumpe goriva, regeneracijskom ventilu, postavnom motoru leptira). Ovi izlazni signali dobijaju se obradom u procesorskom dijelu (CPU ) i usporedbom s podacima zapisanim u memoriji upravljačkog sklopa (programirane karakteristične veličine). U RAM memoriju pohranjuju se podaci o pogreškama i promjenama sustava u toku rada – trošenju motora, promjeni tlaka zraka, tzv. adaptivni podaci. RAM mora biti stalno pod naponom baterije vozila radi čuvanja ovih podataka od brisanja. Prilagodba kvalitete smjese izvodi se upravljanjem brizgaljke, tj. promjenom trajanja ubrizgavanja mijenja se količina ubrizganog goriva (i omjer zraka). Primjerice, zahvaljujući signalima sa senzora temperature motora i zraka upravljački sklop produžuje vrijeme ubrizgavanja kad je motor hladan, a skraćuje u fazi zagrijavanja motora. U području praznog hoda CPU upravlja postavnim motorom leptira.

Praćenjem podataka s potenciometra leptira CPU određuje opterećenje motora. Radi glatkih prijelaza pri promjeni opterećenja, smjesa se kratkotrajno obogaćuje. Naponska kompenzacija pumpe goriva, u slučaju da je napon akumulatora prenizak, i da pumpa goriva ne može postići sistemski tlak od 1 bara, to CPU produžuje vrijeme ubrizgavanja kako bi se kompenzirao manjak goriva zbog nižeg tlaka ubrizgavanja. Prekidač praznog hoda ugrađen je u postavnom motoru leptira, i šalje signal upravljačkoj jedinici o položaju leptira u praznom hodu. Regeneracijski ventil sprječava gubljenje benzinskih para, tj. zagađivanje okoline. Aktivni ugljen u regeneratoru upija benzinske pare, a pri upućivanju upravljački sklop otvara regeneracijski ventil, te motor ove pare usiše. U slučaju kvara sve se pogreške pohranjuju u posebnu memoriju, a motor radi sa smanjenom snagom u tzv. prinudnom programu.

#### 2.6.10. Multec ubrizgavanje

Osnovni parametri su tlak u usisnoj cijevi i broj okretaja motora (p/n-sustav). Upravljački sklop obrađuje podatke dobivene od senzora, te upravlja ubrizgavanjem i paljenjem. Elektromagnetom otvarana brizgaljka ugrađena je u kućištu leptira. Sistemski regulator tlaka ograničava tlak goriva na 0,75 bara (tzv. niskotlačno ubrizgavanje). Kako su površina otvora sapnice i tlak goriva konstantni, to je količina goriva ovisna samo o trajanju ubrizgavanja.

Uloga koračnog motora praznog hoda je slična postavnom motoru leptira u Mono-Jetronicu, samo što ne djeluje na leptir, već regulira otvorenost mimovodnog kanala (upravlja brojem okretaja praznog hoda u fazi zagrijavanja motora, drži broj okretaja praznog hoda stabilnim bez obzira na opterećenja, pri gašenju motora kratkotrajno otvara u svrhu smanjenja emisije štetnih plinova te djeluje kao prigušnik na leptir gasa).

Upravljački sklop, djelujući na koračni motor, određuje pomak konusnog ventila (do 160 jediničnih pomaka/s). Kad je ventil potpuno uvučen, mimovod je najviše otvoren, a time i broj okretaja motora na praznom hodu.

## 2.6.11. KE – Jetonic

Tvrtka Bosch unaprijedila je sustav KE-Jetronic dodavanjem elektroničkog sklopa i nekoliko senzora. KE-Jetronic je indirektni, decentralizirani MPI s kontinuiranim ubrizgavanjem i elektroničkim upravljanjem.

Temeljne upravljačke veličine su volumenska količina zraka (opterećenje) i broj okretaja motora. U biti, KE-Jetronic je mehaničko-hidraulički sustav ubrizgavanja s dopunskim elektroničkim upravljanjem. Zadatak elektroničkog sklopa je promjena količine goriva promjenom tlaka u donjim komorama razdjelnika goriva. Uređaju za ubrizgavanje dodani su senzor na mjerачu zraka za određivanje količine zraka, regulator tlaka koji drži sistemski tlak goriva na konstantnoj vrijednosti i elektrohidraulički regulator tlaka za korekciju smjese.

Regulator smjese čine mjerач volumenskog protoka zraka (nadalje mjerач zraka), razdjelnik količine goriva (razdjelnik goriva), elektrohidraulički regulator tlaka (EHRT) i sistemski regulator tlaka.

Mjerач zraka mjeri volumenski protok usisavanog zraka. Sila zračne struje podiže mjernu ploču, a njen položaj mjeri je protoka zraka. Pomak ploče polužjem se prenosi na upravljački klip razdjelnika goriva.

Razdjelnik goriva razdjeljuje gorivo po cilindrima. Količina goriva određuje se na temelju položaja mjerne ploče mjerачa zraka.

Elektrohidraulički regulator tlaka upravljan je elektroničkim sklopom i korigira osnovnu količinu goriva. Pritom se ona može povećati (npr. ubrzavanje), smanjiti (zadržavanje brzine) ili potpuno prekinuti (isključenje potiska).

Po uključenju pumpe goriva, membrana se pomiče dolje. Opruga gura ventil na sjedište i zatvara prolaz gorivu prema spremniku. Time počinje regulacija tlaka: maksimalni tlak od npr. 5,5 bara održava se konstantnim tako što se propušta veća ili manja količina goriva u spremnik. Na regulator tlaka privodi se i gorivo koje je prostrujalo pored brtvica upravljačkog klipa. Nakon zaustavljanja motora pada tlak goriva, i tanjurić ventila sjeda na otvor ventila. Istovremeno se podiže zaporni ventil, te zatvara povrat goriva u spremnik. Sistemski tlak pada ispod 3,5 bara (tlak zatvaranja) i brizgaljke zatvaraju. Nakon toga tlak ponovo raste na vrijednost koju



određuje hidraulički akumulator, te ga održava kroz određeno vrijeme kako bi se olakšalo upućivanje motora u toplom stanju. Brizgaljke otvaraju automatski pri tlaku goriva od 3,5 bara, i ne određuju količinu ubrizganog goriva. Tijekom ubrizgavanja igla ventila titra visokom frekvencijom (proizvodi jedva čujni šum), čime je postignuto dobro raspršivanje i pri najmanjim količinama goriva. Na tlaku goriva nižem od 3,5 bara brizgaljke potpuno zatvaraju, pa ni najmanja količina goriva ne može više dospjeti u usisne grane. Odmjera (doziranje) goriva izvodi se pomoću mjerača zraka i razdjelnika goriva. Kako se u određenim režimima rada javlja veliko odstupanje od normalnih vrijednosti, potrebno je korigirati količinu ubrizgavanog goriva. Razdjelnik goriva (upravljački klip) svojim pomakom više ili manje otvara upravljačke kanale kroz koje struji gorivo prema komorama s diferencijalnim ventilima, i dalje prema brizgaljkama. Slobodni presjek otvora upravljačkih kanala izravno ovisi o položaju mjerne ploče. Upravljački kanali pravokutnog presjeka širine su 0,1 do 0,2 mm i visine 5 mm. Veći pomak mjerne ploče (veća količina zraka) daje veći slobodni otvor upravljačkih kanala, a time i veću količinu goriva brizgaljkama, a i kočenje motorom). Diferencijalni ventili održavaju razliku tlakova gornjih i donjih komora na konstantnih 0,2 bara, neovisno o protoku goriva i sistemskom tlaku. Zbog toga je količina goriva koja struji prema brizgaljkama ovisna samo o slobodnom presjeku upravljačkih kanala. Razlika tlaka dobivena je međudjelovanjem sile opruge u donjoj komori, sile tlaka na efektivnu površinu membrane i EHRT-a. Struji li više goriva kroz upravljački kanal, u gornjoj komori kratkotrajno poraste tlak, čelična membrana potiskuje se na dole čime se više otvara prolaz gorivu k brizgaljkama. Tlak ponovo padne na prijašnju vrijednost. Pri većem protoku membrana više otvara, a pri manjem više pritvara otvor. Hod membrane je nekoliko stotinki milimetra.

Osnovna prilagodba gorive smjese u režimima praznog hoda, djelomičnog i punog opterećenja, izvedena je odgovarajućim oblikom zračnog lijevka (s promjenljivom strminom: na strmijem dijelu ploča se mora više podići kako bi se sile izjednačile. Stoga na praznom hodu i punom opterećenju regulator daje bogatiju smjesu).

Elektrohidraulički regulator tlaka mijenja tlak u donjim komorama diferencijalnih ventila. Zbog toga se mijenja količina ubrizgavanog goriva. Promjenom upravljačke struje (promjena magnetskog polja) elektronički sklop pomiče odbojnu pločicu mijenjajući zračnost između nje i mlaznice. Mijenja se tlak u donjim

komorama, pa membrane diferencijalnih ventila više ili manje zatvaraju protok goriva prema brizgaljkama.

Ostale funkcije EHRT-a su isključivanje potiska motora, ograničenje broja okretaja, prilagodba na velikim visinama i  $\lambda$  -regulacija.

#### 2.6.12. Monotonic s HFM senzorom

Motronic je integrirani sustav elektronički upravljano ubrizgavanja i paljenja. Ubrizgavanje je istovjetno LH-Jetronicu. Objedinjeni elektronički sklop upravlja i ubrizgavanjem, i paljenjem. Prednosti ovakvog rješenja su mogućnost korištenja zajedničkih senzora i aktora što daje visoku pouzdanost i manju cijenu sustava.

U CPU pohranjene su sve karakteristične pogonske veličine (parametri) bitne za rad motora u različitim režimima. Senzori prosljeđuju parametre CPU gdje se obrađuju i uspoređuju s veličinama pohranjenima u memoriji. CPU trenutno određuje režim rada motora upravljajući aktorima. Motronic je tako građen da omogućuje tzv. OBD – On Board Diagnose (kvarovi na Motormanagement sustavu – sustavu ubrizgavanja i paljenja, ispušnom sustavu, sustavu dobave goriva i sl., pohranjuju se u upravljačkom sustavu i indiciraju u unutrašnjosti vozila. Vozač ih mora uzeti u obzir! i postupiti prema uputstvima. Priključivanjem dijagnostičkog kompjutera u servisu se isčitaju sve očitovane pogreške). Broj okretaja motora uzima se induktivnim davačem sa zamašnjaka (istovremeno se dobiva podatak i o položaju radilice), a HFM senzor daje podatke o masi usisanog zraka. Manjak zuba na vijencu zupčanika i induktivni davač položaja bregastog vratila daju signal za određivanje GMT i točke paljenja 1. cilindra. Na temelju tih podataka CPU određuje osnovnu količinu goriva, trenutak ubrizgavanja i paljenja. CPU upravlja brizgaljkama preko izlaznog stupnja, a pomoću korekcijskih parametara (temp. motora i zraka,  $\lambda$  -sonda,  $\alpha$  -signal, ...) količina goriva se tako odmjeri da se postiže optimalan rad motora i minimalno moguća emisija štetnih produkata izgaranja. Točka paljenja određuje se na temelju broja okretaja i opterećenja motora (podatak dobiven iz trenutne potrošnje zraka). Korekcijski signali dolaze od senzora detonacije, temp. motora, ASR sklopa, točaka promjene stupnja prijenosa i dr. Podaci o trenutku paljenja pohranjeni su u memoriji CPU (3D polje točaka paljenja). CPU uspoređuje parametre i čita podatak o trenutku

paljenja. U ovisnosti o broju okretaja i naponu akumulatora određuje se kut zatvaranja kako bi energija iskre bila dovoljna i neovisna o broju okretaja. Kako svaka svjećica ima svoju bobinu, nema mehaničkog razvoda visokog napona (mirujući razvod VN).

CPU upravlja različitim postavnim članovima (aktorima: odzračnikom spremnika goriva, povratnim ventilom ispušnih plinova, ventilom i ventilatorom sekundarnog zraka). Najznačajniji parametri su opterećenje i temperatura motora.

Bitne pogreške sustava pohranjuju se u posebnoj memoriji i mogu se isčitati na nekoliko načina (dijagnostičkim kompjuterom, korištenjem tabela s opisom kodova, ...). Dijagnozom postavnih članova (aktora) otkriva se pogreška na brizgaljkama, pumpi i sl., a s OBD komponente ispuha (prema važećim propisima kvar na katalizatoru i  $\lambda$ -sondi mora se indicirati u kabini vozila).

### 3. ZAKLJUČAK

Kod sustava za napajanje gorivom najbitniji je sustav za ubrizgavanje. Ubrizgavanje može biti središnje (centralno) ili pojedinačno (razvedeno). Središnje ubrizgavanje goriva (u jednu točku –single-point) ostvaruje se preko zajedničke brizgaljke, smještene ispred zaklopke za regulaciju protoka zraka. Gorivo se ubrizgava u zajednički usisni kolektor te se (miješajući se sa zrakom) posebnim usisnim cijevima razvodi do svakog cilindra. Prednosti ovog sustava su u jednostavnoj izvedbi i niskoj cijeni. Mana je u nejednolikim uvjetima ubrizgavanja za svaki cilindar, čime se otežava regulacija i postizanje optimalnih parametara.

Zbog toga se kod gotovo svih novih motora koristi tzv. ubrizgavanje u više točaka (engl. multipoint) odnosno pojedinačno ubrizgavanje, kod kojega je za svaki cilindar odgovorna po jedna brizgaljka. Ovakvo se ubrizgavanje označava sa MPI (Multi Point Injection). Gorivo se ubrizgava u svaku usisnu cijev cilindra ispred usisnog ventila. Ubrizgavanje može biti stalno (kontinuirano) i s prekidima (intermitentno, odnosno slijedno). MPI sustav pruža najbolje usluge za preciznu regulaciju rada motora. Većina suvremenih motora ima pojedinačno slijedno ubrizgavanje, čime se postižu dobre radne karakteristike uz relativno nisku potrošnju goriva i čist ispuh.

Najbitniji čimbenik kod izbora vozila su eksploatacijske značajke motora. One su uvelike razlikuju s obzirom na sustave za ubrizgavanje koji su ugrađeni u motore unutarnjim izgaranjem. KE-Jetronic sustavom za ubrizgavanje, zbog njegovog elektronskog upravljanja, može se postići već spomenuto povećanje snage motora za isto pomicanje klipa, ali ne na račun povećanja potrošnje goriva, što je vrlo bitno. Kada se govori o iskorištenju energije goriva, a time i ekološkoj prihvatljivosti, najpogodniji je sustav sa direktnim ubrizgavanjem goriva.

## LITERATURA

- [1] TEHNIKE MOTORNIH VOZILA I, Tehnička knjiga, 2016.
- [2] <https://www.vecernji.hr/auti/cak-i-najmanja-sitnica-moze-utjecati-na-potrosnju-goriva-u-vasem-automobilu-1320490>
- [3] <https://net.hr/auto/techmobil/startstop-sustavi-stede-gorivo-ali-nije-sve-idealno-kako-se-cini/>
- [4] [https://www.google.com/search?sxsrf=ALeKk03JZnYp10oqdmI2pHsBNNaNS\\_z4\\_Q:1593723589215&source=univ&tbm=isch&q=sustav+za+napajanje+motora+gorivom&client=firefox-b-d&sa=X&ved=2ahUKEwitwp6Du6\\_qAhWSvosKHb7uBJ8QsAR6BAqDEAE&biw=1920&bih=938](https://www.google.com/search?sxsrf=ALeKk03JZnYp10oqdmI2pHsBNNaNS_z4_Q:1593723589215&source=univ&tbm=isch&q=sustav+za+napajanje+motora+gorivom&client=firefox-b-d&sa=X&ved=2ahUKEwitwp6Du6_qAhWSvosKHb7uBJ8QsAR6BAqDEAE&biw=1920&bih=938)

# PRILOG

## Popis slika

## Stranica

<i>Slika 1. Hod ventila</i> .....	4
Slika 2 Krivulje rada motora .....	4
Slika 3. Podesivi zatezač lanca .....	5
Slika 4. Zatezač - osnovni položaj (kasno).....	6
Slika 5. Varijabilno upravljanje bregastom – princip .....	7
Slika 6. Varijabilno podizanje ventila .....	8
Slika 7. Hod ventila.....	8
Slika 8. Pokretanje ventila na niskom broju okretaja .....	9
Slika 9. Pokretanje ventila na visokom broju okretaja .....	9
Slika 10. Sustav dobave goriva .....	10
Slika 11. Rotorna prstasta pumpa.....	13
Slika 12. Vijčana pumpa .....	14
Slika 13. Pumpa s valjcima – rotacijska.....	14
Slika 14. Obodna pumpa.....	15
Slika 15. Dvostupanjska In-Line pumpa.....	15
Slika 16. Mlazna pumpa .....	16
Slika 17. Suhi filter s papirnatim uloškom .....	17
Slika 18. Filter zraka s uljnom kupkom.....	17
Slika 19. Omjer zraka i goriva.....	20
Slika 20. Utjecaj omjera zraka .....	21
Slika 21. Princip rada karburatora.....	22
Slika 22. Jednostavni i registarski karburator.....	23
Slika 23. Dupli registar i dupli karburator .....	24
Slika 24. Karburator s iglom i zasunom .....	24
Slika 25. SOLEX karburator s padom, pojednostavljen presjek .....	25
Slika 26. Karburator s padom, shema .....	25
Slika 27. Plovak karburatora .....	26
Slika 28. Uređaj hladnog starta .....	27
Slika 29. Single Point Injektion .....	34
Slika 30. Multi Point Injection.....	35