Analiza L-jetronic sustava za napajanje gorivom kod Otto motora

Grdenić, Marko

Undergraduate thesis / Završni rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:760125

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**



Repository / Repozitorij:

Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Marko Grdenić

Analiza L-jetronic sustava za napajanje gorivom kod Otto motora

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2018.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

Analiza L-jetronic sustava za napajanje gorivom kod Otto motora

Analaysis of fuel supply L-jetronic system on Otto motor

Mentor: prof. dr. sc. Goran Zovak

Student: Marko Grdenić
JMBAG: 0135242629

Zagreb, rujan 2018.

SAŽETAK

Priprema smjese goriva i zraka je zadaća uređaja za napajanje Ottovih motora gorivom. Pritom je bitno da se gorivo i zrak što potpunije izmiješaju i da se postigne što bolja homogenost smjese. L-jetronic sustav ubrizgavanja goriva radi s prekidajućim ubrizgavanjem u usisnu cijev ispred usisnih ventila. Glavne zadaće sustava su osigurati svakom cilindru toliko goriva koliko je potrebno za trenutačno stanje opterećenja motora pri korištenju vozila. Elektroničko upravljanje ubrizgavanja goriva omogućuje osnovnu i točnu regulaciju dodatnih količina goriva koju zahtijeva znatni broj različitih stanja opterećenja motora. Uvođenjem i razvojem L-jetronic sustava značajno je smanjeno zagađivanje okoliša zbog manje potrošnje goriva te su ostvareni mnogo čišći ispušni plinovi.

KLJUČNE RIJEČI: Otto motor, L-jetronic sustav ubrizgavanja, sustav napajanja gorivom

SUMMARY

The preparation of fuel and air mixtures is the task of the Otto engine power supply. In doing so, it is essential that the fuel and air are mixed more thoroughly to achieve the best mix homogeneity. The L-jetronic fuel injection system works with intermittent injection into the suction pipe in front of the intake valves. The main tasks of the system are to provide each cylinder with as much fuel as it needs for the current engine load condition when using the vehicle. Electronic fuel injection control provides basic and accurate control of additional fuel quantities required by a number of different engine load states. The introduction and development of the L-jetronic system significantly reduced environmental pollution due to lower fuel consumption and much cleaner exhaust gases.

KEY WORDS: Otto Motor, L-jetronic injection system, fuel supply system

SADRŽAJ

1. UVOD 1
2. PRINCIP RADA OTTO MOTORA 2
2.1 Podjela motora 4
2.2 Princip rada četverotaktnog Ottovog motora 5
2.2.1 Usis – prvi takt 6
2.2.2 Kompresija – drugi takt 7
2.2.3 Ekspanzija – treći takt 8
2.2.4 Ispuh – četvrti takt 9
2.3 Princip rada dvotaktnog Ottovog motora 10
3. ULOGA SUSTAVA ZA NAPAJANJE KOD OTTO MOTORA 12
3.1 Spremnik goriva 13
3.2 Cijevi za gorivo 14
3.3 Pročistač (filter) goriva 15
3.4 Pumpa (crpka) goriva 15
3.5 Regulator tlaka 16
4. ANALIZA RADA L–JETRONIC SUSTAVA 18
4.1 Podjela sklopova L-jetonic sustava i princip rada karakterističnih sklopova 23
4.1.1 Ventil za pokretanje hladnog motora i ventil ubrizgavanja 24
4.1.2 Zasun dodatnog zraka 25
4.1.3 Sustav regulacije praznog hoda 26
4.1.4 Mjerač količine zraka 27
4.1.5 Procesor (upravljačka jedinca) 27
4.2 L3-jetronic sustav 28
4.3 LH-jetronic sustav 29
5. EKSPLOATACIJSKE ZNAČAJKE L-JETRONIC SUSTAVA 31
6. ZAKLJUČAK 34
LITERATURA 35
POPIS SLIKA 37

1. UVOD

Nicolaus August Otto izumio je Otto motor 1876. godine. Ostvario je Otto proces u motoru sa unutrašnjim sagorijevanjem. Otto proces je odredio današnje procese u benzinskim motorima. Kod procesa ubrizgavanja goriva u početku se goriva smjesa tada stvarala izvan cilindra u rasplinjaču. Pri tome se za proces upotrebljavaju plinovita ili lako isparljiva goriva, danas najčešće benzin. Danas je moguće i stvaranje gorive smjese u cilindru. Zbog nedovoljnog zadovoljavajućeg sustava i kvalitete smjese u različitim režimima rada motora kojim rasplinjači nisu zadovoljavali. Zbog toga je došlo do razvoja elektronskog napajanja gorivom. Razvojem tehnike i tehnologije razvijeni su sistemi za ubrizgavanje na motornim vozilima koji su popravili karakteristike motora i smanjile potrošnju goriva. Prvi sistemi za ubrizgavanje gorivom bili su mehanički, zatim su se razvili mehaničko-električni, a danas se koristi elektronsko ubrizgavanje goriva o kojem će se govoriti u ovome radu.

Cilj završnog rada bi je analizirati rad sustava za napajanje kod Otto motora L-jetronic sustav.

Rad je podijeljen u šest poglavlja:

1. Uvod
2. Princip rada Otto motora
3. Uloga sustava za napajanje kod Otto motora
4. Analiza rada L-jetronic sustava
5. Eksploatacijske značajke L-jetronic sustava
6. Zaključak

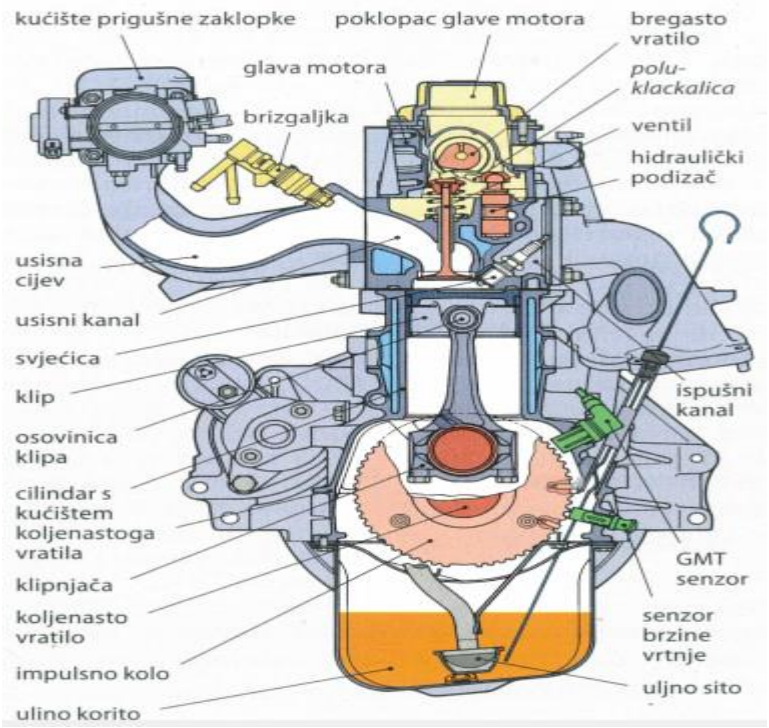
U drugom poglavlju objašnjen je princip rada Otto motora dvotaktnog i četverotaktnog motora, dana je podjela motora. Sljedeće poglavlje razrađena je uloga sustava za napajanje Otto motora gdje su opisani svi dijelovi toga sustava sa danom zadaćom. U četvrtom poglavlju analiziran je rad L-jetronic sustava dane su njegove glavne karakteristike te je razrađen princip rada ovog sustava. Dana je podjela njegovih dijelova i opisana je funkcija glavnih dijelova sustava. Opisan je razvoj sustava od L-jetronic do L3-jetrnoica i LH-jetronic sustava. Zadnje poglavlje opisuje eksploatacijske značajke L-jetronic sustava pri njegovim karakterističnim opterećenjima rada.

Podaci su prikupljani iz sekundarnih izvora iz knjiga i različitih internetskih izvora.

2. PRINCIP RADA OTTO MOTORA

Ottov motor je toplinski stroj s unutarnjim izgaranjem koji pretvara toplinsku energiju oslobođenu izgaranjem goriva u mehanički rad. Konstrukcija Otto motora ima četiri osnovna dijela i dodatne sustave (Slika 1.):

- Kućište motora: uljno korito, blok motora, glava motora i poklopac motora
- Klipni mehanizam : klipovi, klipnjače i radilica
- Razvodni mehanizam: ventili, opruge, klackalice, podizači ventila, bregasto vratilo, remen ili lanac
- Sustav za dovod i pripremu smjese: spremnik, pumpa, filtar goriva, usisna cijev ,sustav ubrizgavanja
- Sustav za paljenje: indukcijski svitak, visoko naponski vodovi, svjećice
- Pomoćni sustavi: sustav za podmazivanje, hlađenje, ispušni sustav, sustav nabijanja [1]

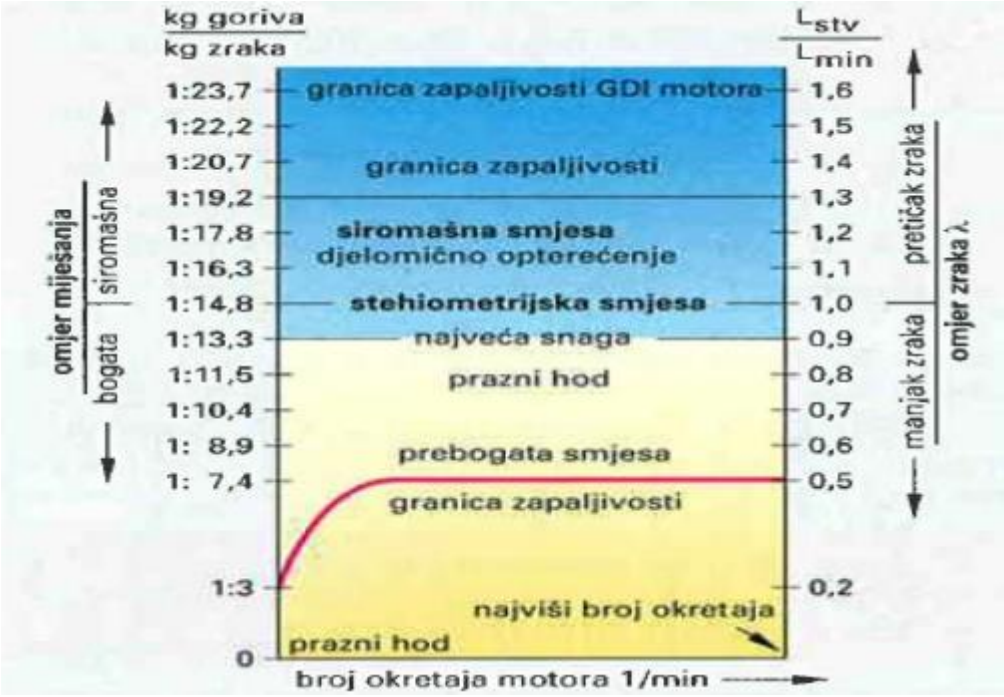


Slika 1. Konstrukcija četverotaktnog Ottovog motora

Izvor: Bohner, M. et al: Tehnika motornih vozila (Fachkunde Kraftfahrzeugtechnik 30.Aufalge), Pučko otvoreno učilište (Prijevod na hrvatski jezik), Zagreb, 2015.,str. 197.

[1]Bohner, M. et al: Tehnika motornih vozila (Fachkunde Kraftfahrzeugtechnik 30.Aufalge), Pučko otvoreno učilište (Prijevod na hrvatski jezik), Zagreb, 2015., str. 197.

Otto motor za rad treba posve određeni odnos zraka i goriva u zapaljivoj gorivoj smjesi. Stehiometrijski (teorijski) odnos zraka i goriva je 14,7 : 1 u masenim udjelima (kg). Stvarni realni odnos je od 15 do 17 kg zraka na 1 kg goriva, ovisno o režimu rada i savršenosti uređaja za pripremu gorive smjese. Potrošnja, snaga i sastav izgaranih plinova Otto motora znatno ovisi o omjeru zraka i goriva u određenom području rada. Razlikujemo teorijski i praktični omjer smjese (Slika 2.).



Slika 2. Stvarni omjer goriva i zraka

Izvor: Bohner, M. et al: Tehnika motornih vozila (Fachkunde Kraftfahrzeugtechnik 27.Aufalge), Pučko otvoreno učilište (Prijevod na hrvatski jezik), Zagreb, 2006., str. 61.

Odnos zraka određuje kvalitetu gorive smjese prema formuli (1):

$$\text{Odnos zraka} \quad \lambda = \frac{\text{Stvarna količina zraka}}{\text{Teorijaska količina zraka}} \qquad (1)$$

λ = 1 teorijska normalna smjesa

λ <1, λ = (0,75 do 0,95) bogata smjesa

λ > 1, λ = 1,1 do 1,2 siromašna smjesa

λ = 1 do 1,1 ekonomična smjesa

Odnos zraka λ određuje razinu udjela zraka, a prije svega kvalitetu gorive smjese. O kvaliteti stvorene smjese ovisi pouzdanost rada (zapaljivost), veličina onečišćenjanja okolnog zraka ispušnim plinovima, potrošnja goriva i ostvarena snaga te pogonski moment motora pri raznim režimima rada.

Naime, za potpuno izgaranje gorivih sastojaka u motoru, stvarno je potrebno nešto više zraka od potreba prema teorijskom kemijskom procesu oksidacije. To bi značilo da je potreban mali pretičak zraka ili da je zračni odnos λ >1.[2]

2.1 Podjela motora

S obzirom na niz prednosti, kod cestovnih prijevoznih sredstava se koriste motori s unutrašnjim izgaranjem koji se mogu podijeliti:

1. Prema načinu stvaranja i paljenja smjese goriva i zraka:
    - Otto
    - Diesel
2. Prema taktnosti:
    - Četverotaktni
    - Dvotaktni.
3. Prema broju cilindara:
    - Jednocilindrični
    - Više cilindrični.
4. Prema položaju cilindara
    - Vertikalni
    - Kosi
    - Horizontalni
    - Viseći
5. Prema rasporedu cilindara
    - Redni motori
    - Bokser motori
    - V motori
    - VR motori[3]

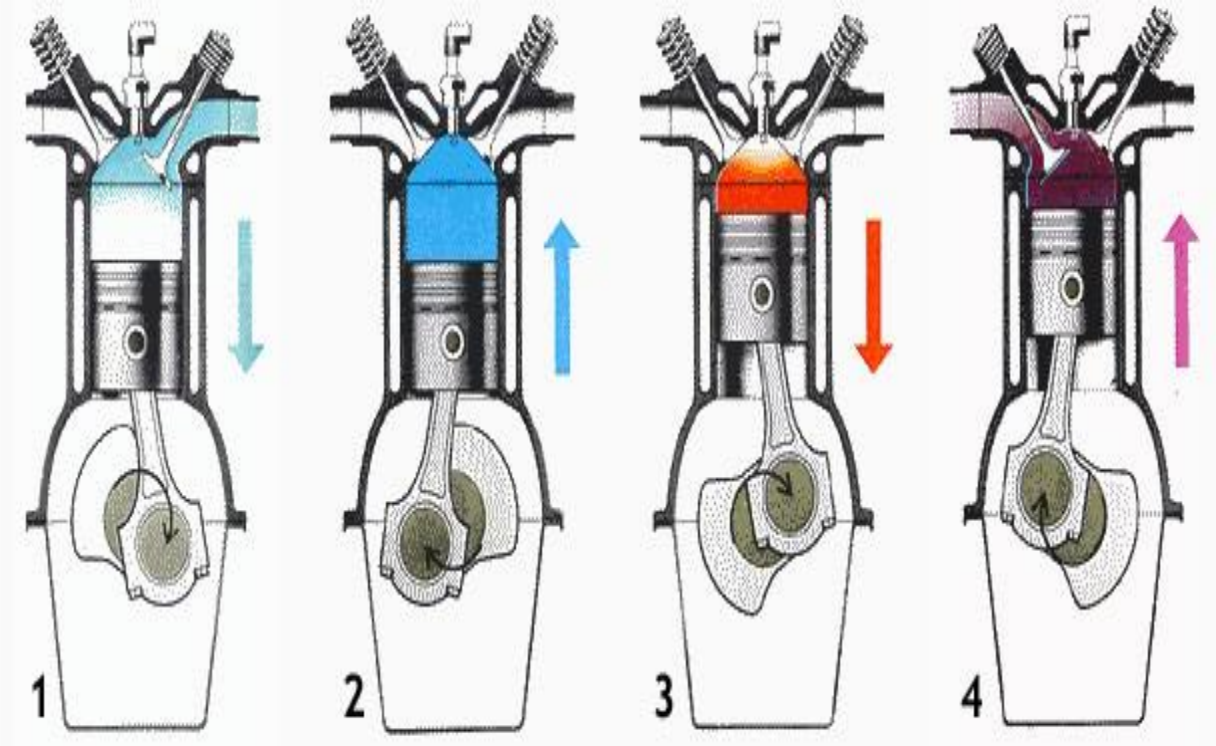
[2] Švara, B.: Elektroničko ubrizgavanje i elektroničko paljenje kod Otto motora (Radni udžbenik), Otvoreno sveučilište, Zagreb, 1994.str. 9.
[3] Zavada, J.: Prijevozna sredstva, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2000., str 9.

2.2 Princip rada četverotaktnog Ottovog motora

Za kružni proces u cilindru četverotaktnog motora potrebne su 4 radne operacije:

- operacija punjenja cilindra radnim medijem
- operacija kompresije radnog medija radi poboljšanja termičke iskoristivosti goriva
- operacija ekspanzije
- operacija pražnjenja cilindra od termički istrošenih plinova izgaranja

Kod četverotaktnih motora za provođenje svake od opisanih radnih operacija potreban je po jedan takt to jest po jedan puni hod klipa motora (Slika 3.)[4]



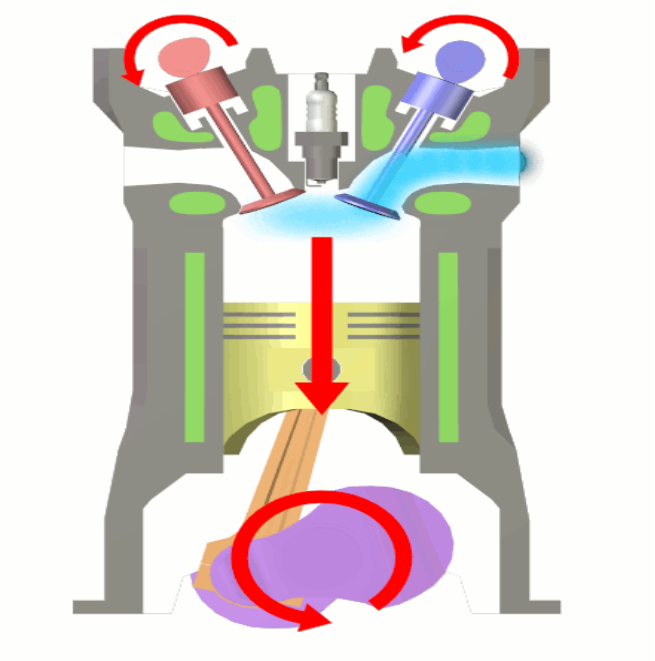
Slika 3. Četiri takta radnog ciklusa kod Otto motora

Izvor: http://www.autonet.hr/arhiva-clanaka/nacelo-rada-motora (17.7.2018.)

[4]https://www.docsity.com/sr/klipni-mehanizam-slajdovi-drumska-vozila-saobracajni-fakultet/362436/ (17.7.2018.)

2.2.1 Usis – prvi takt

U prvom taktu (Slika 4.), klip se kreće od vanjske mrtve točke prema unutarnjoj mrtvoj točki pri čemu se povećava volumen cilindra iznad klipa tako da se zbog toga u prostoru cilindra stvara mali podtlak tako da stvarni tlak u cilindru iznosi 0,7 - 0,95 bara. Budući da je tlak okolnog zraka veći zrak počinje velikom brzinom strujati pri čemu nastaje fino raspršivanje goriva u struji zraka. Tako stvorena smjesa raspršenog goriva i zraka, zbog navedene razlike tlakova, struji dalje velikom brzinom od oko 100 m/s kroz otvoreni usisni ventil u cilindar motora. Navedena smjesa goriva i zraka zagrijava se na vrućim površinama ventila i stijenki cilindra što ima za posljedicu isparavanje raspršenog goriva i dobro miješanje para goriva sa zrakom. Da bi se postiglo što bolje punjenje cilindra smjesom goriva i zraka potrebno je da je usisni ventil otvoren što dulje. Zbog toga se usisni ventil počinje otvarati prije nego što je klip došao u poziciju vanjske mrtve točke tako da se usisni ventil, u trenutku kada klip dođe u poziciju vanjske mrtve točke, nalazi već u potpuno otvorenom položaju. Isto tako, usisni ventil, da bi ostao otvoren što dulje, zatvara se nešto kasnije tj. nakon što se je klip već prošao poziciju unutarnje mrtve točke. Prema tome, zatvaranje usisnog ventila događa se u fazi kada se klip već počinje opet kretati od unutarnje prema vanjskoj mrtvoj točki.[5]



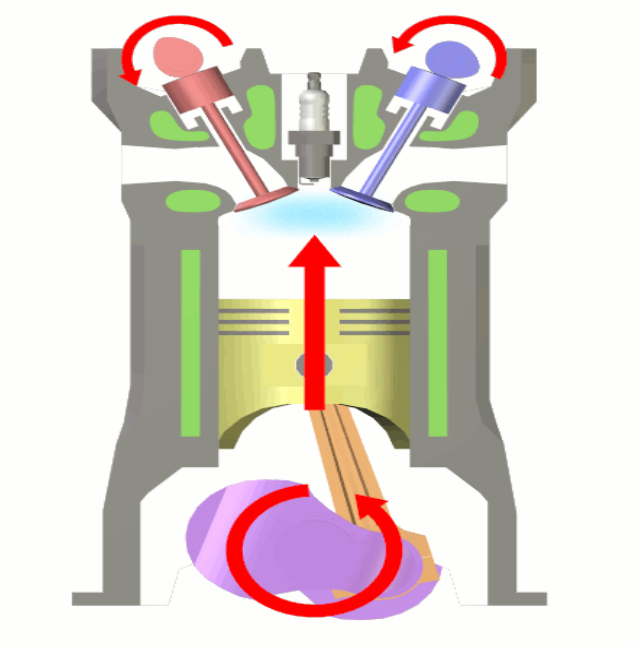
Slika 4. Takt usisa

Izvor:https://hr.wikipedia.org/wiki/%C4%8Cetverotaktni_motor#/media/File:Four_stroke_cycle_intake.png (17.7.2018.)

[5]Zovak G., Šarić Ž.: Cestovna prijevozna sredstva - Motori s unutrašnjim ubrizgavanjem (Nastavni materijal), Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2017. str 33.

2.2.2 Kompresija – drugi takt

U cilju povećanja veličine termičkog stupnja djelovanja kružnog procesa potrebno smjesu goriva i zraka, prije samog izgaranja, komprimirati (Slika 5.). Povećanjem veličine termičkog stupnja djelovanja kružnog procesa postiže se veća snaga motora i manja potrošnja goriva. Prema tome, u taktu kompresije, klip motora, krećući se od unutarnje mrtve točke prema vanjskoj mrtvoj točki počinje smanjivati prostor cilindra motora iznad klipa. Zbog toga, budući da su oba ventila na cilindru zatvorena, vrši se u stvari komprimiranje radnog medija to jest para goriva i zraka. Na taj način su molekule para goriva i zraka dovedene blizu jedne drugima čime je olakšano njihovo međusobno povezivanje odnosno oksidacija goriva. Osim toga, kompresijom se povećava tlak i temperatura gorive smjese što također olakšava proces oksidacije goriva. Temelju toga na kraju takta kompresije, tlak gorive smjese kreće se od 11-18 bara a temperatura od 400-600 °C. Temperatura na kraju takta kompresije mora biti uvijek manja od temperature samozapaljenja gorive smjese, temperatura ovisi o vrsti goriva i količini zraka. Upravo zbog veličine navedene temperature samozapaljenja ograničena je mogućnost izvedbe benzinskih motora s visokim vrijednostima kompresionog omjera.[6]



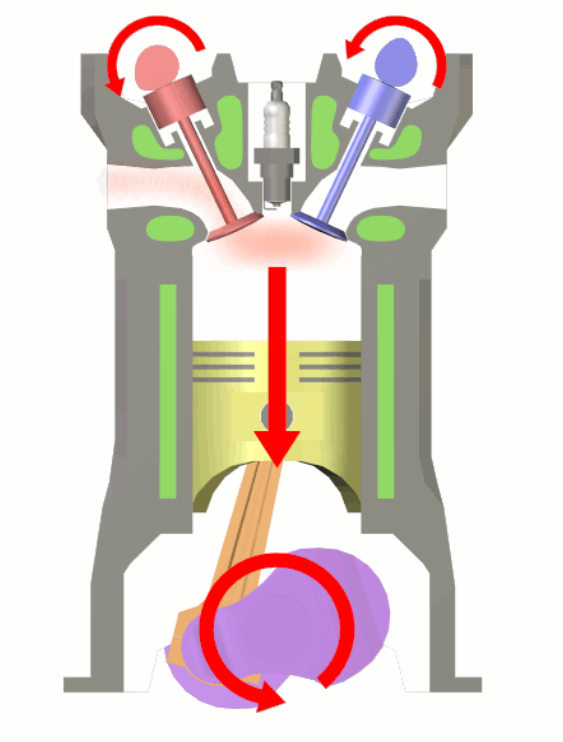
Slika 5. Takt kompresije

Izvor: https://hr.wikipedia.org/wiki/%C4%8Cetverotaktni_motor#/media/File:Four_stroke_cycle_intake.png (17.8.2018.)

[6]Ibid. str 33.

2.2.3 Ekspanzija – treći takt

Komprimirana smjesa goriva i zraka, neposredno prije nego što je klip ponovno došao u poziciju vanjske mrtve točke, pali se električnom visokonaponskom iskrom svjećice čime se postiže vrlo brzo izgaranje gorive smjese uz nagli porast tlaka i temperature plinova izgaranja (Slika 6.). Naime, tlak plinova izgaranja, na kraju procesa izgaranja tj. na početku takta ekspanzije, iznosi kod benzinskih motora 40–60 bara a temperatura 2000-2500 °C. Zbog visoke vrijednosti tlaka plinova izgaranja, koji tlak djeluje na dno klipa s gornje strane, klip biva poguran u taktu ekspanzije od vanjske prema unutarnjoj mrtvoj točki pri čemu se dobiva koristan mehanički rad. Povećanjem volumena cilindra i ekspanzijom plinova izgaranja, dolazi do pada vrijednosti tlaka i temperature plinova izgaranja tako da na završetku takta ekspanzije tj. u trenutku otvaranja ispušnog ventila tlak plinova izgaranja iznosi 3-5 bara a temperatura 700 – 1000 °C[7]



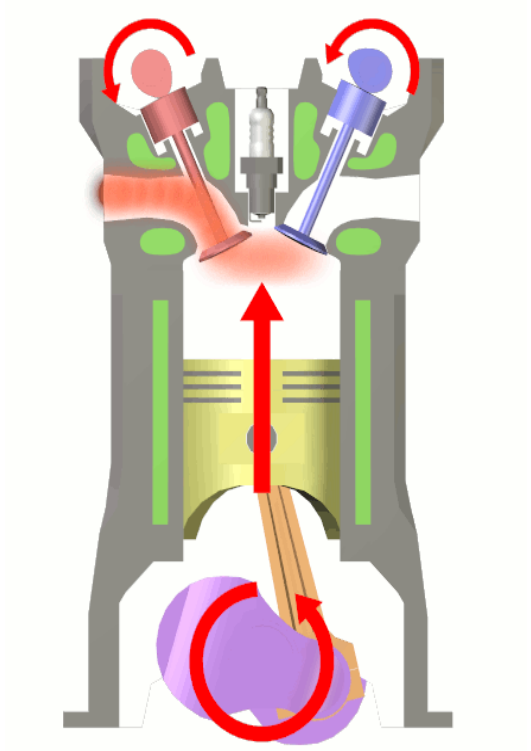
Slika 6. Takt Ekspanzije

Izvor:https://hr.wikipedia.org/wiki/%C4%8Cetverotaktni_motor#/media/File:Four_stroke_cycle_power.png (17.7.2018.)

[7]Ibid. str 33-34.

2.2.4 Ispuh – četvrti takt

Neposredno prije nego što je klip, u taktu ekspanzije, došao ponovno u poziciju unutarnje mrtve točke, otvara se ispušni ventil čime je omogućena potpuna ekspanzije plinova izgaranja koji sada velikom brzinom od oko 800-900 m/s struje kroz otvoreni ispušni ventil iz cilindra u ispušni sistem motora (Slika 7.) Klip koji se nalazi u taktu ispuha ponovno kreće od unutarnje prema vanjskoj mrtvoj točki motora, istiskuje zaostale plinove izgaranja iz cilindra pri čemu, zbog otpora prostrujavanja kroz otvor ispušnog ventila, zatim kroz kanale ispušnog sistema motora i kroz prigušivač zvuka, tako da se plinovi izgaranja u takta ispuha nalaze pod tlakom od 1,05 - 1,20 bara. Kod maksimalnog opterećenja motora, temperatura ispušnog plina benzinskog motora kreće se oko 700 - 1000 °C.[8]



Slika 7. Takt ispuha

Izvor:https://hr.wikipedia.org/wiki/%C4%8Cetverotaktni_motor#/media/File:Four_stroke_cycle_exhaust.png (17.7.2018.)

[8]Ibid. str 34.

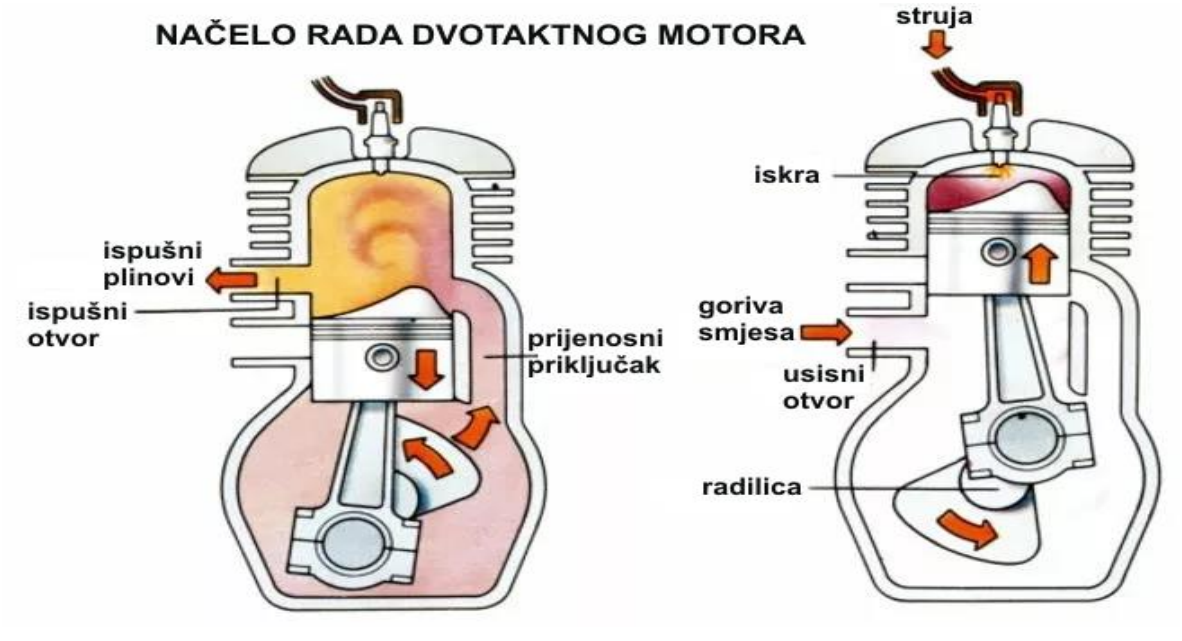
2.3 Princip rada dvotaktnog Ottovog motora

Dvotaktni motor je eksplozivni motor s ciklusom od dvaju taktova, kompresije i ekspanzije, a ispiranje, izmjena radnoga medija mora se izvršiti dok je klip u blizini donje mrtve točke.[9]

Dvotaktnom motoru nisu potrebni posebni sklopovi za izmjenu plinova (razvodni mehanizam), jer izmjenom plinova upravlja klip prekrivajući otvore u zidu cilindra (okna). Zbog toga je dvotaktni motor jednostavnije konstrukcije od četverotaktnog. Radni ciklus dvotaktnog motora odvija se u jednom okretaju radilice (360°) u dva radna takta. Tijekom radnog ciklusa kod dvotaktnog motora kao i kod četverotaktnog, izmjenjuju se procesi usisa, kompresije, izgaranja i ekspanzije, te ispuha. Razlika je u tome što su ovi procesi pomaknuti i različitog trajanja. Radni ciklus kod četverotaktnog motora odvija se samo u cilindru, i to u četiri takta (dva okretaja radilice). Da bi se radni ciklus kod dvotaktnog motora mogao smjestiti u dva takta (jedan okretaj radilice), cilindar i kućište radilice moraju uzajamno djelovati. Kako kućište radilice i cilindar s donjom stranom klipa tvore pumpu, to kućište kod dvotaktnih motora mora biti potpuno nepropusno.[10]

Princip rada dvotaktnog motora je jednostavan. Dvotaktni motor ima dva takta, prvi takt sadrži usis i komprimiranje zraka, dok je drugi takt radni, odnosno sadrži ekspanziju i ispuh (Slika 8.). Kretanjem klipa iz donje mrtve točke započinje prvi takt. Na donjem dijelu košuljice cilindra nalaze se usisni kanali za usisavanje svježeg zraka kojeg potiskuje puhalo. Prolaskom klipa iznad usisnih kanala prestaje dotok svježeg zraka i počinje komprimiranje zraka. Klip se kreće ka gornjoj mrtvoj točki. Kada klip stigne u gornjoj mrtvoj točki započinje radni takt. Ubrizgavanje goriva započinje nekoliko stupnjeva prije gornje mrtve točke. Ubrizgavanjem goriva u prostor cilindra, ono se samozapaljuje zbog visoke temperature komprimiranog zraka i fino raspršenih čestica goriva. Gorivo se ubrizgava pod tlakom od oko 150 bara. Nakon ekspanzije klip kreće prema donjoj mrtvoj točki i okreće koljenasto vratilo na koje je spojen preko križne glave i ojnice. Ispuh počinje kada klip svojim gibanjem prema donjoj mrtvoj točki otvori ispušne kanale na košuljici cilindra, koji su smješteni iznad usisnih kanala tako da većina izgorene smjese izađe izvan prostora cilindra, tako da kad klip otvori usisne kanale svježi zrak pomogne ispiranju cilindra od izgorene smjese. Dolaskom klipa u donju mrtvu točku završava radni takt i započinje prvi.[11]

[9] http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=16813 (17.7.2018.)
[10] Bohner, M. et al: Tehnika motornih vozila (Fachkunde Kraftfahrzeugtechnik 27.Aufalge), Pučko otvoreno učilište (Prijevod na hrvatski jezik), Zagreb, 2006., str. 126.
[11] https://www.scribd.com/doc/177124409/Princip-Rada-Dvotaktnog-Motora-Je-Jednostavan (19.7.2018.)



Slika 8. Princip rada dvotaktnog motora

Izvor: http://vrijemena2kotaca.com/index.php?aLocation=blog&aRecnr=42 (19.7.2018.)

Prednosti u odnosu na četverotakne motore:

- jednostavnija konstrukcija, manje pokretnih dijelova) samo klip, klipnjača i koljenasto vratilo)
- ravnomjerniji okretni moment, bez neradnih taktova manje vibracija, mirniji rad pri jednakom broju cilindara
- kompaktnija gradnja, manja težina
- manja specifična masa motora, veća volumenska snaga
- manji proizvodni troškovi.

Nedostatci u odnosu na četverotakne motore:

- slabije punjenje cilindara
- veće emisije štetnih tvari
- veće toplinsko opterećenje, nedostaju neradni taktovi
- niži prosječni tlakovi zbog lošijeg punjenja
- nemirniji rad motora na praznom hodu zbog veće količine zaostalih produkata izgaranja
- veća specifična potrošnja goriva.[12]

[12]Bohner, M. et al: Tehnika motornih vozila (Fachkunde Kraftfahrzeugtechnik 30.Aufalge), Pučko otvoreno učilište (Prijevod na hrvatski jezik), Zagreb, 2015., str. 364.

3. ULOGA SUSTAVA ZA NAPAJANJE KOD OTTO MOTORA

Zadaća uređaja za napajanje Ottovih motora gorivom jest priprema smjese goriva i zraka. Za vrijeme takta usisa gorivo se miješa sa zrakom u točno određenom omjeru. Pritom je značajno da se gorivo i zrak što potpunije izmiješaju i da se postigne što bolja homogenost smjese. Miješanje goriva sa zrakom i homogenizacija smjese počinje za vrijeme usisa, a nastavlja se u cilindru motora za vrijeme kompresije, gdje se smjesa pali električnom iskrom prije dolaska klipa u gornju mrtvu točku. Ujednačeno punjenje pojedinih cilindara, te potrebna i ujednačena kvaliteta smjese u raznim cilindrima višecilindričnog motora postiže se prikladnom konstrukcijom usisnog sustava.

Promjena momenta, odnosno jediničnog rada u Ottovu motoru postiže se promjenom punjenja cilindra smjesom goriva i zraka. Punjenje Ottovih motora smanjuje se prigušivanjem protoka smjese goriva i zraka na usisu, najčešće pomoću zaklopke. Ako se gorivo ubrizgava naknadno iza zaklopke, ispred usisnih ventila, tada se prigušuje protok zraka. Pri manjim opterećenjima manje je punjenje cilindra svježim radnim medijem pa ovaj način regulacije uzrokuje povećan udio produkata izgaranja, koji zaostaju od prethodnog procesa, što tada nepovoljno djeluje na proces izgaranja.

Prikladnom konstrukcijom usisnog sustava, a posebno usisnih kanala i komore izgaranja, inicira se intenzivno vrtložno strujanje u cilindru, što povoljno djeluje na homogenost smjese, te na brz i dobar tok procesa izgaranja.

Osnovni kriteriji bitni za konstrukciju sistema za napajanje gorivom jesu:

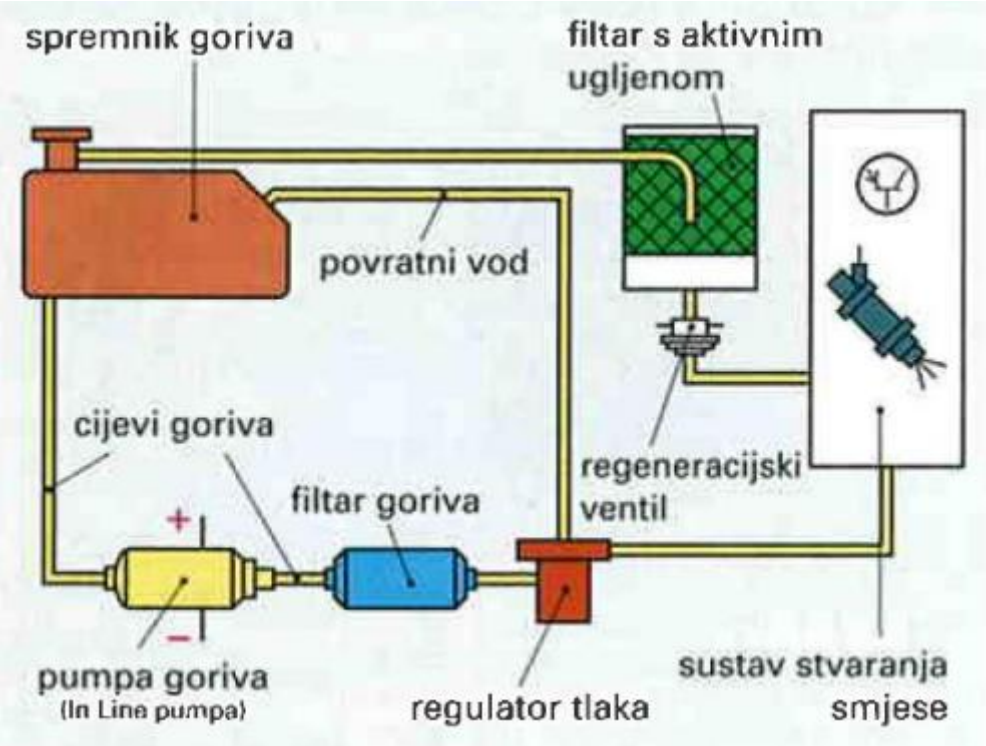
- Treba postići što manju potrošnju goriva u čitavom području rada motora, a naročito pri djelomičnom opterećenju.
- Pri punom opterećenju najčešće se od motora traži maksimalan moment.
- Veoma je važno da emisija ispušnog plina što je moguće manje onečišćuje okoliš i da je u svim režimima rada u skladu s propisima.
- od motora se zahtijeva stabilan rad pri svim režimima, a posebno pri praznom hodu.
- Pokretanje motora mora biti sigurno u svim uvjetima. Potrebno je postići ujednačenu podjelu goriva i zraka u svim cilindrima višecilindričnih motora.[13]

Dijelovi sustava dobave goriva su sljedeći (Slika 9.):

- spremnik goriva
- cijevi za gorivo
- pročistač (filtar) goriva

[13] Jeras, D.: Klipni motori uređaji, Školska knjiga, Zagreb, 1991., str. 13-14.

- pumpa (crpka) goriva
- regulator tlaka
- regeneracijski ventil
- pročistač (filtar) s aktivnim ugljenom[14]



Slika 9. Konstrukcija sustava za opskrbu goriva

Izvor: Bohner, M. et al: Tehnika motornih vozila (Fachkunde Kraftfahrzeugtechnik 27.Aufalge), Pučko otvoreno učilište (Prijevod na hrvatski jezik), Zagreb, 2006., str. 56.

3.1 Spremnik goriva

Spremnik goriva (Slika 10.) se najčešće izvodi od lima koji je zaštićen od korozije i s unutarnje i s vanjske strane, a izvodi se i od plastičnih materijala, češće kod malih motora. Na spremniku se nalazi otvor za nalijevanje goriva u koji je često ugrađen grubi pročistač (žičana mrežica), kada nije moguće osigurati čist rad pri nalijevanju goriva. Na poklopcu, koji zatvara otvor za nalijevanje goriva, izvodi se oduška tako da u spremniku vlada okolni tlak, pa protok goriva nije ometan podtlakom koji bi se inače pojavio kad je razina smanjena. Ponekad se

[14] Bohner, M. et al: Tehnika motornih vozila (Fachkunde Kraftfahrzeugtechnik 27.Aufalge), Pučko otvoreno učilište (Prijevod na hrvatski jezik), Zagreb, 2006., str. 56.

zatvaranjem oduške sprječava isparivanje goriva dok motor ne radi. Najčešće se u spremniku nalazi pokazivač razine goriva, kao na primjer u automobilima s električnim daljinskim pokazivanjem.

Povoljno je da se na izlazu goriva iz spremnika nalazi slavina kojom isključuje dovod benzina, osobito kad motor duže miruje kod manjih motora. Slavina se iz praktičnih razloga ne ugrađuje u automobil.[15]



Slika 10. Spremnik goriva

Izvor:https://www.silux.hr/proizvodi/karoserija/rezervoari/rezervoari-goriva/146672/rezervoar-goriva-opel-corsa-b-93 (18.7.2018.)

3.2 Cijevi za gorivo

Cijevi za gorivo mogu biti izvedene kao čelične cijevi ili gipke cijevi od teško zapaljive gume ili plastike postojane na djelovanje goriva. Kako se guma i plastične mase pri dužoj upotrebi kemijski se mijenjaju (stare), cijevi postaju krte i porozne pa može doći do propuštanja goriva.

Pri postavljanju cijevi goriva valja obratiti pozornost na sljedeće:

- cijevi moraju izdržati deformacije vozila (prvenstveno uvijanje) i vibracije motora
- cijevi trebaju biti zaštićene od mehaničkih oštećenja, vodove ne polagati blizu vrućih dijelova zbog pojave parnih mjehura
- cijevi po mogućnosti postaviti s nagibom, kako bi se parni mjehuri mogli lako izdvojiti

[15] Jeras, D.: Klipni motori uređaji, Školska knjiga, Zagreb, 1991., str. 17-18.

- pare goriva ne smiju pri propuštanju sustava mogu prodrijeti u vozilo.[16]

3.3 Pročistač (filter) goriva

U benzinu često ima nečistoća koje ometaju rad uređaja ako im veličina prelazi 0,1 mm, a ima i čestica vode. Te nečistoće zadržava pročistač goriva (Slika 11.) koji se izrađuje od porozne keramike, vlakana, žičane mrežice ili u obliku taložnika u kojem se struja goriva smiruje, a nečistoće talože. Često se žičani pročistač u obliku sita s veličinom otvora oko 0,15 mm postavlja na ulazu u crpku za gorivo ili na ulazu u sustava za ubrizgavanje. Uređaji koje rade s ubrizgavanjem benzina zahtijevaju finije pročišćavanje i kvalitetnije pročistače.[17]



Slika 11. Pročistač (filter) goriva

Izvor: http://autoservisnv.com/index.php/filter-goriva (18.7.2018.)

3.4 Pumpa (crpka) goriva

Crpka za gorivo potiskuje gorivo od spremnika do sustava ubrizgavanja, a njezin kapacitet je uvijek veći od potrošnje goriva. Višak goriva odvodi se natrag u spremnik. Kod motora automobila crpka osigurava povišen tlak potreban za dovod goriva, a veličinu protoka regulira ventil na ulazu u sustav za ubrizgavanje. Tada se ne provodi povrat goriva u spremnik. Glavna zadaća pumpe je dovesti gorivo s niže točke, iz spremnika, do sustava za stvaranje smjese goriva. Pumpe možemo podijeliti na one koje su uronjene u spremnik i one izvan njega (Slika 12. i Slika 13.) [18]

[16]Bohner, M. et al: Tehnika motornih vozila (Fachkunde Kraftfahrzeugtechnik 30.Aufalge), Pučko otvoreno učilište (Prijevod na hrvatski jezik), Zagreb, 2015., str. 270.
[17] Jeras, D.: Klipni motori uređaji, Školska knjiga, Zagreb, 1991., str. 18.
[18]Ibid., str. 18-19.



Slika 12. Pumpa goriva izvan spremnika

Izvor: http://pajca.hr/autodijelovi/pumpa-goriva/ (18.7.2018.)



Slika 13. Pumpa goriva uronjena u spremnik

Izvor: http://pajca.hr/autodijelovi/pumpa-goriva/ (18.7.2018.)

3.5 Regulator tlaka

Regulator tlaka goriva u sustavu s povratnim vodom održava razliku tlaka goriva u odnosu na podtlak u usisnoj cijevi na konstantnoj vrijednosti u svim radnim uvjetima. Regulator tlaka goriva sa spojem na usisnu granu kod sustava s povratnim vodom (dvocijevni) nalazi se na razdjelnoj cijevi. Njegovim radom upravlja membrana. Čine ga dvije membranom odvojene komore, komora opruge i komora goriva. Prelaskom granice unaprijed namještenog tlaka goriva, sila zbog tlaka goriva potiskuje membranu i sve više otvara povratni ventil. Višak goriva otječe povratnim vodom u spremnik. Kako je komora opruge spojena s usisnom cijevi

neposredno iza prigušne zaklopke, membrana se ne pomiče samo djelovanjem tlaka goriva, nego i podtlakom iz usisne cijevi. Zbog toga regulator tlaka mijenja tlak dobave goriva (sistemski) u razdjelnoj cijevi, odnosno na brizgaljkama, u ovisnosti o okolišnom tlaku diferencijalni tlak između usisne cijevi i sustava goriva ostaje konstantan.[19]

[19] Bohner, M. et al: Tehnika motornih vozila (Fachkunde Kraftfahrzeugtechnik 30.Aufalge), Pučko otvoreno učilište (Prijevod na hrvatski jezik), Zagreb, 2015.,str. 272-273.

4. ANALIZA RADA L–JETRONIC SUSTAVA

Uređaji za ubrizgavanje benzina mnogostruko su se isplatili od njihova uvođenja. Mehanički sustav ubrizgavanja, sličan dizelskom sustavu, značajno je poboljšan zahvaljujući naglom razvoju mjernih senzora i elektroničkih upravljačkih uređaja. Automatizacijsko upravljanje i reguliranje rada automobilskog motora omogućilo je veću ekonomičnost i bolju udobnost u korištenju vozila. Ugradnjom lambda-sonde u ispušni uređaj i integracijom lambda-regulatora u regulacijski elektronički proces ubrizgavanja goriva i pročišćavanja ispušnih plinova su zadovoljeni zahtjevi čistoće ispušnih plinova. Izvršena usporedbena ispitivanja na istom vozilu, uz primjenu klasičnog rasplinjača i njegovu zamjenu elektroničkim sustavom ubrizgavanja, pokazuju smanjenu potrošnju goriva do 16 posto primjenom novog sustava. Ispitivanja su se izvodila u otežanim uvjetima gradske vožnje i vožnje planinskim seoskim cestama.[20]

L-jetronic sistem je nastao usavršavanjem starijeg D-jetronic sistema s periodičnim ubrizgavanjem i elektronskom regulacijom. Ubrizgavanje je pojedinačno za svaki cilindar. Posebna specifičnost ovog sistema je direktno, električno mjerenje protoka usisane količine zraka. To pruža velike mogućnosti regulacije i prilagođavanje ubrizgane količine goriva u različitim uvjetima rada motora.[21]

L-jetronic sustav ubrizgavanja goriva radi s prekidajućim ubrizgavanjem u usisnu cijev ispred usisnih ventila. Glavne zadaće sustava su osigurati svakom cilindru toliko goriva koliko je potrebno za trenutačno stanje opterećenja motora pri korištenju vozila. Elektroničko upravljanje ubrizgavanja goriva omogućuje osnovnu i točnu regulaciju dodatnih količina goriva koju zahtijeva znatni broj različitih stanja opterećenja motora.

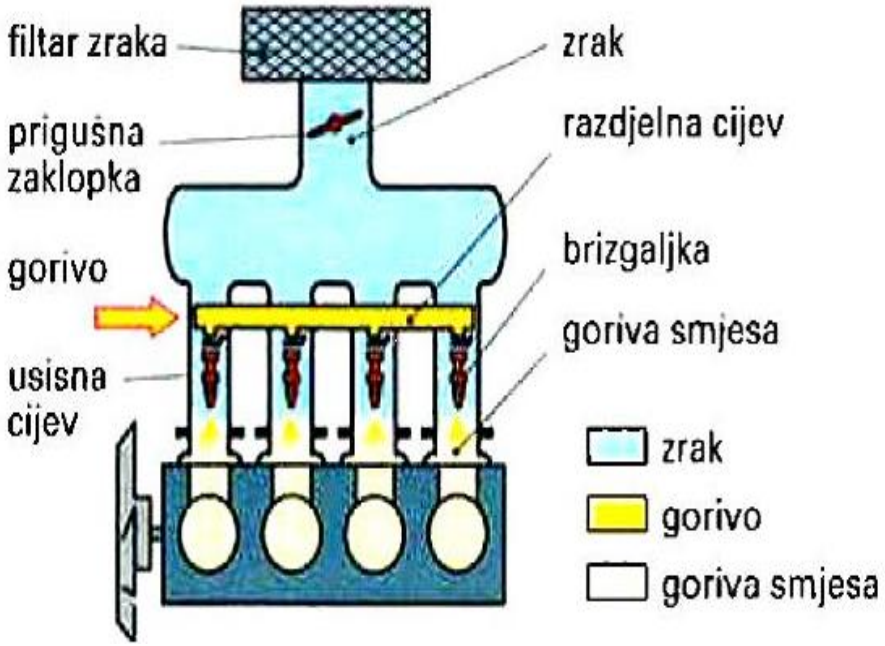
Opterećenja stanja kod L-jetronica su:

- pokretanje hladnog motora
- rad motora u toplom stanju sve do zagrijavanja motora na radnu temperaturu,
- prazni hod hladnog ili toplog motora,
- djelomično opterećenje pri normalnoj vožnji,
- puno opterećenje,
- ubrzavanje,
- kočenje motorom niz brijeg i u gradskoj vožnji,
- ograničavanje najvećeg broja okretaja motora,
- otklanjanje detonirajućeg izgaranja kod pregrijanog motora,
- vožnja automobila na većim nadmorskim visinama.

[20] Švara, B.: Elektroničko ubrizgavanje i elektroničko paljenje kod Ottova motora, Otvoreno sveučilište, Zagreb, 1995., str. 37.
[21] https://www.scribd.com/document/196238659/Jetronic-Sistemi-Ubrizgavanja-Uopsteno (30.7.2018.)

Procesor prima signale od mjerača protoka zraka, električnog prekidača glavne zaklopke, senzora temperature motora i temperature usisnog zraka, senzora tlaka zraka, lambda sonde, brojača okretaja i drugih davača električnih impulsa. Elektronički sklopovi procesora obrađuju prispjele električne signale, izračunavaju potrebnu količinu ubrizganog goriva i na izlazu daju izvršne električne impulse dovoljne snage da se pokrenu elektromagnetski ventili za ubrizgavanje goriva. Trajanje otvaranja ventila i razlika sistemskog tlaka goriva i tlaka zraka u usisnoj cijevi određuju potrebnu količinu goriva koja se ubrizgava ispred usisnih ventila. Neovisno o broju cilindara, na impulse početka ubrizgavanja utječe kontaktni ili beskontaktni uređaj za paljenje gorive smjese tako da svaki ventil za ubrizgavanje ubrizgava jedanput po okretaju radilice, odnosno dva puta po radnom ciklusu motora.[22]

L-jetronic koristi elektronikom upravljani Multi Point Injection sustav ubrizgavanja (Slika 14.). Kod Multi Point Injection sustava svakom cilindru pridružena je po jedna brizgaljka, bilo u usisnim cijevima ili neposredno ispred usisnih ventila. Svaki cilindar dobiva jednako kvalitetnu smjesu, što je jako velika prednost ovog sustava.[23]



Slika 14. Multi Point Injection sustav ubrizgavanja

Izvor: Bohner, M. et al: Tehnika motornih vozila (Fachkunde Kraftfahrzeugtechnik 27.Aufalge), Pučko otvoreno učilište (Prijevod na hrvatski jezik), Zagreb, 2006., str. 70.

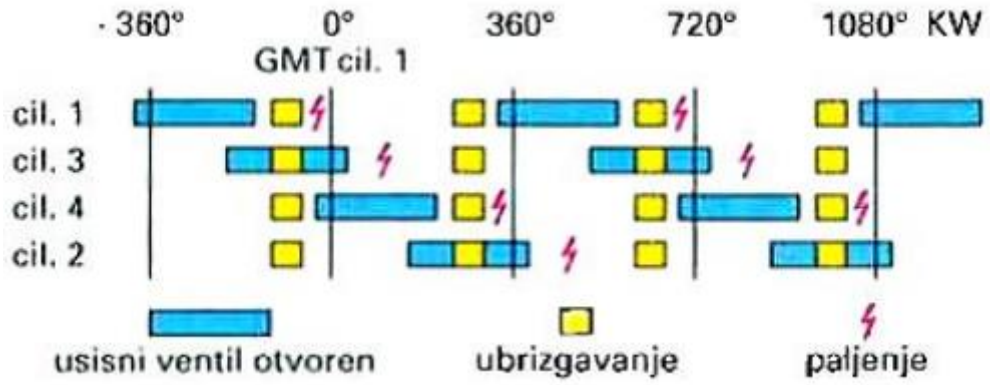
[22] Švara, B.: Elektroničko ubrizgavanje i elektroničko paljenje kod Ottova motora (radni udžbenik), Otvoreno sveučilište, Zagreb, 1994., str. 23.

[23] Bohner, M. et al: Tehnika motornih vozila (Fachkunde Kraftfahrzeugtechnik 27.Aufalge), Pučko otvoreno učilište (Prijevod na hrvatski jezik), Zagreb, 2006., str. 70.

Kod Multi Point Injection sustavi ubrizgavanja mogu se razlikovati prema načinu ubrizgavanja:

- istodobno ili simultano ubrizgavanje
- grupno ubrizgavanje
- slijedno ili sekvencijalno ubrizgavanje[24]

Kod istodobnog ubrizgavanja (Slika 15.) sve se brizgaljke istodobno 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).

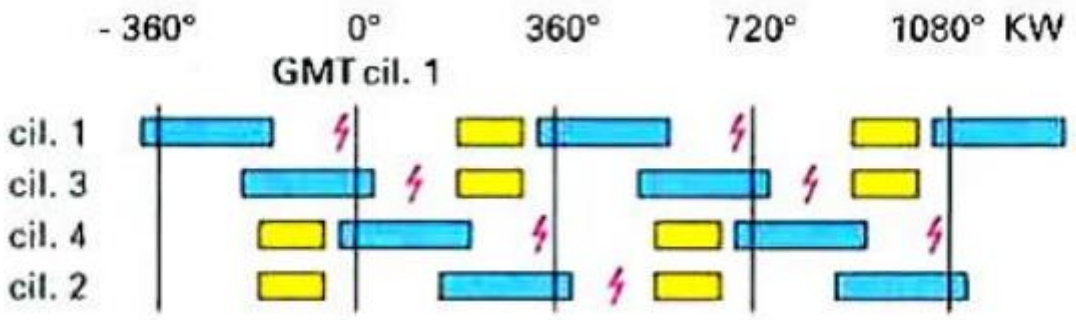


Slika 15. Istodobno ubrizgavanje

Izvor: Bohner, M. et al: Tehnika motornih vozila (Fachkunde Kraftfahrzeugtechnik 27.Aufalge), Pučko otvoreno učilište (Prijevod na hrvatski jezik), Zagreb, 2006., str. 71.

Grupno ubrizgavanje (Slika 16.) povoljnije je od istodobnog i kod njega se brizgaljke prvog i trećeg, te brizgaljke drugog i četvrtog cilindra izmjenično otvaraju tako da ubrizgavaju uvijek prije takta usisa. Ubrizgava se kompletna količina goriva, ali vremena za stvaranje smjese su različita za različite cilindre te su i ovdje vremena za stvaranje smjese različita za različite cilindre.[25]

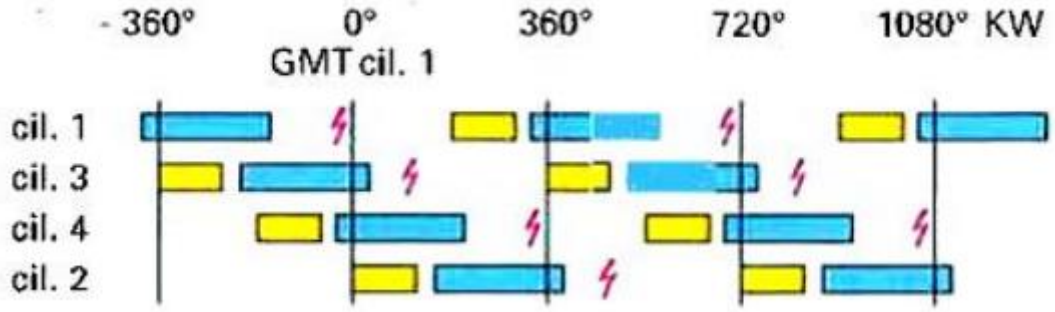
[24] Ibid.
[25] Ibid., str. 71.



Slika 16. Grupno ubrizgavanje

Izvor: Bohner, M. et al: Tehnika motornih vozila (Fachkunde Kraftfahrzeugtechnik 27.Aufalge), Pučko otvoreno učilište (Prijevod na hrvatski jezik), Zagreb, 2006., str. 71.

Kod slijednog ubrizgavanja (Slika 17.) svaka se brizgaljka aktivira neposredno prije početka takta usisa odnosno cilindara, kada se ubrizgava ukupna količina goriva. Prednosti ovakvog načina ubrizgavanja su optimalna smjesa za sve cilindre i bolje unutarnje hlađenje cilindra. Vrijeme za stvaranje smjese jednako je za sve cilindre [26]



Slika 17. Slijedno ubrizgavanje

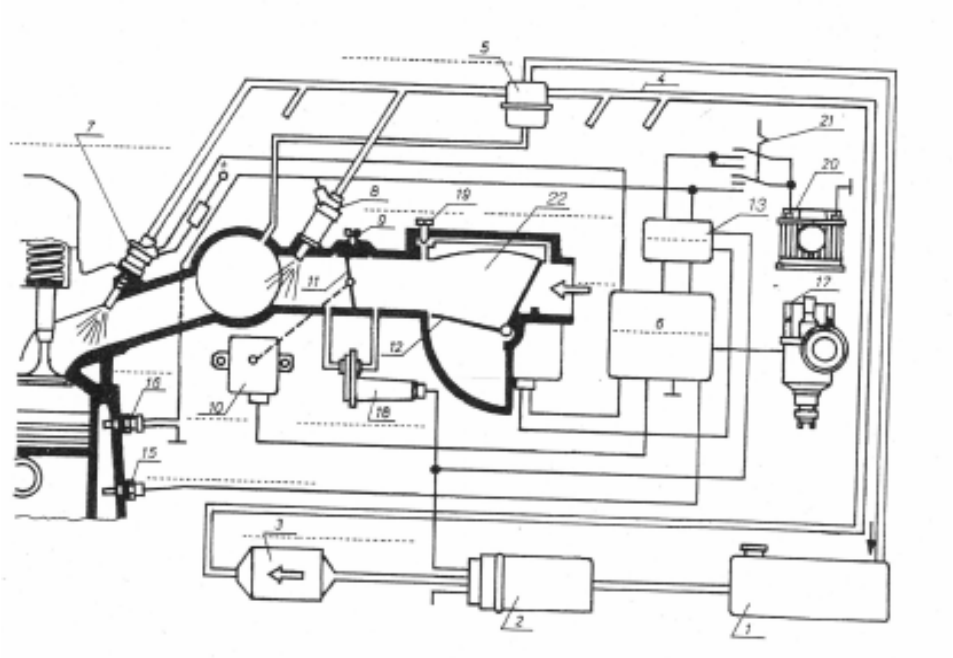
Izvor: Bohner, M. et al: Tehnika motornih vozila (Fachkunde Kraftfahrzeugtechnik 27.Aufalge), Pučko otvoreno učilište (Prijevod na hrvatski jezik), Zagreb, 2006., str. 72.

Sklopovi i dijelovi L-jetronic sustava ubrizgavanja (Slika 18.):

1. Spremnik goriva
2. Elektrocrpka za gorivo
3. Prečistač goriva
4. Razdijelna cijev goriva

[26] Ibid., str. 72.

5. Regulator tlaka goriva
6. Procesor
7. Ventil za ubrizgavanje goriva
8. Elektromagnetski ventil za ubrizgavanje goriva kod pokretanja hladnog motora
9. Vijak za prilagodbu broja okretaja u praznom hodu
10. Sklopka položaja glavne zaklopke
11. Glavna zaklopka
12. Mjerač količine zraka s dvije ploče
13. Relejni uređaj napona i jakosti struje
14. Lambda-sonda koja se može priključiti na ispušnu cijev i procesor (nije na slici)
15. Senzor temperature motora
16. Vremensko toplinski prekidač
17. Razdjeljivač paljenja
18. Bimetalni zasun dodatnog zraka kod pokretanja hladnog i rada toplog motora
19. Prilagodbeni vijak za smjesu (zrak) praznog hoda
20. Akumulator
21. Električna sklopka paljenja i pokretanja
22. Mjerač količine protoka zraka.[27]



Slika 18. Shema elektroničkog ubrizgavanja goriva, L-jetronic sustava

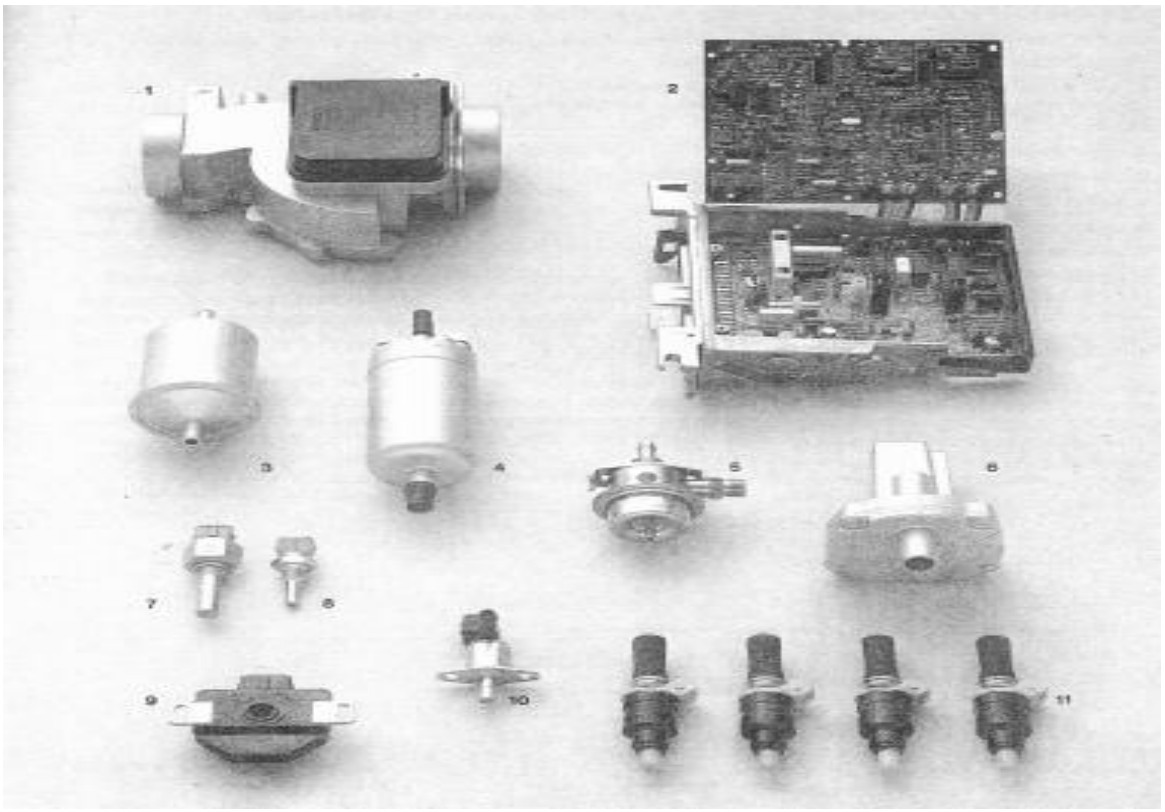
Izvor: Švara, B.: Elektroničko ubrizgavanje i elektroničko paljenje kod Ottova motora (radni udžbenik), Otvoreno sveučilište, Zagreb, 1994., str. 24.

[27] Švara, B.: Elektroničko ubrizgavanje i elektroničko paljenje kod Ottova motora (radni udžbenik), Otvoreno sveučilište, Zagreb, 1994., str. 24.

4.1 Podjela sklopova L-jetonic sustava i princip rada karakterističnih sklopova

Osnovni sklopovi sustava L-jetronica (Slika 19.):

1. Mjerač protoka zraka
2. Procesor
3. Prečistač goriva
4. Elektrocrpka za gorivo
5. Regulator tlaka goriva
6. Zasun dodatnog zraka
7. Vremensko-toplinski prekidač
8. Temperaturni senzor
9. Sklopka položaja glavne zaklopke
10. Ventil za pokretanje hladnog motora
11. Ventili za ubrizgavanje.[28]



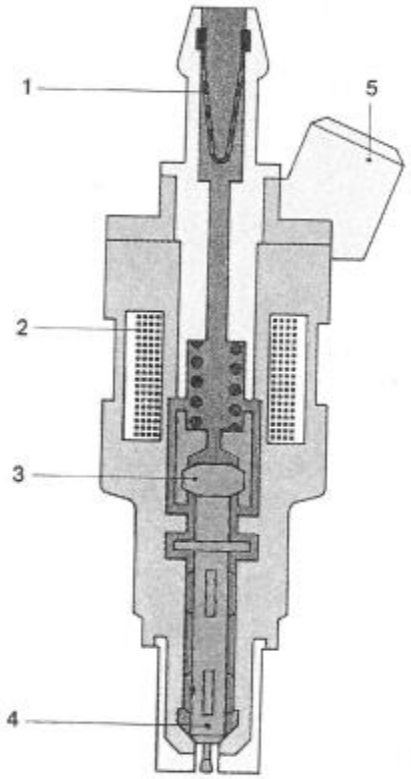
Slika 19. Osnovni sklopovi L-jetronic sustava

Izvor: Švara, B.: Elektroničko ubrizgavanje i elektroničko paljenje kod Ottova motora, Otvoreno sveučilište, Zagreb, 1995., str. 39.

[28] Švara, B.: Elektroničko ubrizgavanje i elektroničko paljenje kod Ottova motora, Otvoreno sveučilište, Zagreb, 1995., str. 39.

4.1.1 Ventil za pokretanje hladnog motora i ventil ubrizgavanja

Ventil za pokretanje hladnog motora ubrizgava, vremenski ograničeno, dodatnu količinu goriva u skupnu usisnu cijev kod pokretanja hladnog motora, u ovisnosti o temperaturi rashladne tekućine. Veća količina goriva potrebna je motoru zbog gubitka kondenzacije goriva na stjenkama što osiromašuje smjesu koja dospijeva u cilindre. Radom ventila upravlja toplinsko-vremenski električni prekidač. Postoje izvedbe sustava bez takvog ventila gdje se obogaćivanje smjese kod hladnog motora postiže produženjem vremena otvaranja glave ventila za ubrizgavanje uz pomoć senzora temperature i procesora. Ventil za hladno pokretanje otvara se elektromagnetskim načinom, uz pomoć temperaturno-vremenskog prekidača. Ventil je otvoren samo dok je motor hladan pa kod -20°C otvoren je oko 80 sekundi. Kod viših vanjskih temperatura vrijeme otvaranja je kraće. Glavni ventili za ubrizgavanje goriva također se aktiviraju elektromagnetskim načinom uz pomoć izvršnih električnih impulsa procesora (Slika 20.).



Slika 20. Ventil za ubrizgavanje

Izvor: Švara, B.: Elektroničko ubrizgavanje i elektroničko paljenje kod Ottova motora (radni udžbenik), Otvoreno sveučilište, Zagreb, 1994., str. 24.

Ventil se sastoji od sljedećih osnovnih dijelova:

1. Prečistač i priključak goriva
2. Svitak elektromagneta
3. Kotva elektromagneta
4. Igla sapnice
5. Električni priključak

Izlazna jedinica procesora odašilje dovoljno snažne električne impulse točno određene dužine trajanja ovisno o stanju opterećenja i rada motora. Kotva elektromagneta podiže se zajedno s iglom djelovanje elektromagnetske sile i otvara put gorivu kroz sapnicu u usisni sustav ispred usisnih ventila. Ubrizgavanje benzina je isprekidajuće u pravilnim ciklusima i istodobno u svim cilindrima.[29]

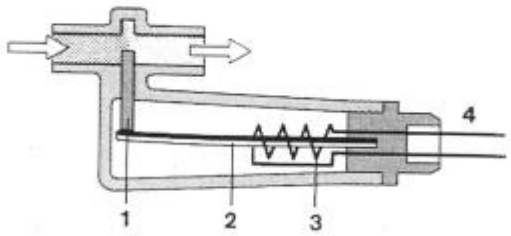
4.1.2 Zasun dodatnog zraka

Zasun za dodatni zrak (Slika 21.) tijekom hladnom stanja motora, zbog povišenog trošenja dijelova, zasun je otvoren i omogućuje bolje punjenje hladnih cilindara motora i djelomično brže okretanje vratila, što omogućuje poboljšanje podmazivanja i smanjuje trošenje dijelova. Osnovni dijelovi zasuna su sljedeći:

1. Ploča zasuna
2. Bimetal (toplinska funkcija upravljanja)
3. Električni grijač (vremenska funkcija upravljanja)
4. Električni priključak.

Postupnim zagrijavanjem bimetala pomoću električnog grijača i pod utjecajem topline motora, bimetal se deformira i zatvara dodatni dotok gorive smjese u cilindre motora. Prilikom normalnog rada zagrijanog motora zasun je zatvoren.[30]

[29] Švara, B.: Elektroničko ubrizgavanje i elektroničko paljenje kod Ottova motora (radni udžbenik), Otvoreno sveučilište, Zagreb, 1994., str. 24.
[30] Švara, B.: Elektroničko ubrizgavanje i elektroničko paljenje kod Ottova motora, Otvoreno sveučilište, Zagreb, 1995., str. 41.



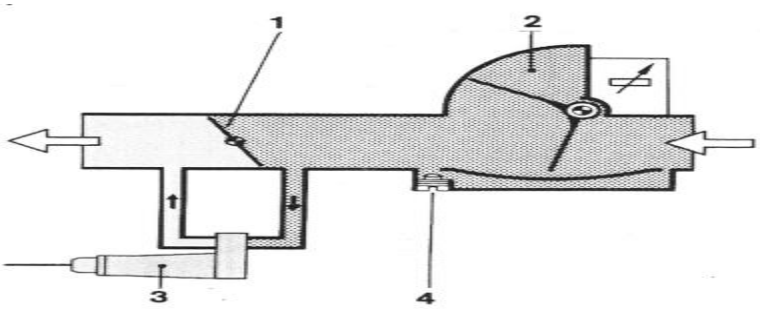
Slika 21. Zasun za dodatni zrak

Izvor: Švara, B.: Elektroničko ubrizgavanje i elektroničko paljenje kod Ottova motora, Otvoreno sveučilište, Zagreb, 1995., str. 41.

4.1.3 Sustav regulacije praznog hoda

Sustav regulacije broja okretaja praznog hoda motora (Slika 22.) regulira se automatski ovisno o vanjskim uvjetima i o temperaturi motora. Impulse davača i senzora obrađuje procesor i preko ventila za ubrizgavanja, održava stalnu kvalitetu gorive smjese, a time stalan broj okretaja slobodnog hoda. Vijkom za prilagodbu moguća je vrlo precizna dodatna regulacija broja okretaja slobodnog hoda dodavanjem manje količine zraka, što rezultira neznatnim osiromašenjem gorive smjese. To je omogućeno prijelazom preko vijka te radi se o manjoj struji zraka koju ne registrira mjerač količine protoka zraka. Zrak koji struji mimo mjerača ne utječe na odgovarajuće ubrizgavanje goriva nego samo djelomično osiromašuje smjesu. Glavni dijelovi i sklopovi sustava jesu:

1. Glavna zaklopka
2. Mjerač količine protoka zraka
3. Zasun za dodatni zrak
4. Vijak za prilagodbu zraka-smjese u praznom hodu.[31]



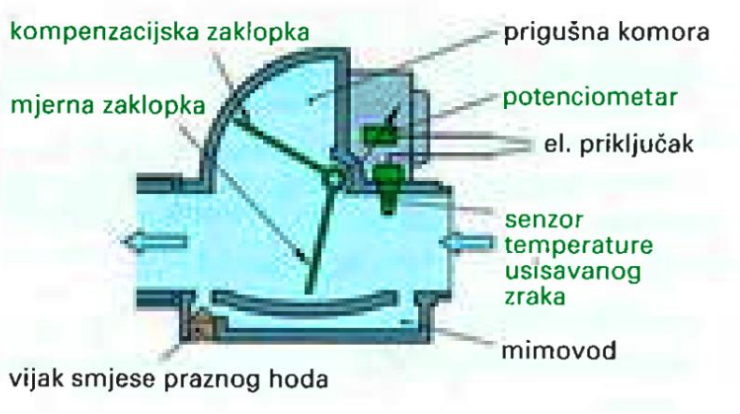
Slika 22. Sustav regulacije praznog hoda

Izvor: Švara, B.: Elektroničko ubrizgavanje i elektroničko paljenje kod Ottova motora, Otvoreno sveučilište, Zagreb, 1995., str. 41.

[31] Ibid., str. 41.

4.1.4 Mjerač količine zraka

Mjerač količine zraka (Slika 23.) mjeri količinu zraka te 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 potenciometrom koji je klizaćom spojen na osovinicu zaklopke, te se kao osnovna informacija vodi u procesor. Kompenzacijska zaklopka čvrsto je spojena s mjernom zaklopkom i služi za prigušenje vibracija koje nastaju tokom radom motora, kolnika i zračne struje. Prigušivanje je ostvareno zračnim jastukom kojeg zatvara kompenzacijska zaklopka i kućište. Vijkom smjese praznog hoda u mimovodu korigira se smjesa praznog hoda, pri čemu određena količina zraka obilazi mjernu zaklopku.[32]



Slika 23. Mjerač količine protoka zraka

Izvor: Bohner, M. et al: Tehnika motornih vozila (Fachkunde Kraftfahrzeugtechnik 27.Aufalge), Pučko otvoreno učilište (Prijevod na hrvatski jezik), Zagreb, 2006., str. 75.

4.1.5 Procesor (upravljačka jedinca)

Procesor kao središnja elektronička jedinica obrađuje, vrednuje podatke dobivene od različitih senzora koji registriraju trenutačno stanje rada i opterećenja motora. Proizvodi odgovarajuće izvršne električne impulse upravljanja radom ventila za ubrizgavanje goriva. Količina ubrizganog goriva pritom je određena trajanjem otvorenosti ventila za ubrizgavanje, određena je razlikom tlaka goriva u sustavu i tlaka zraka u usisnom kanalu motora. Procesor je smješten u zaštitno metalno kućište koje ga štiti od vlage i vode te od isijavanja topline

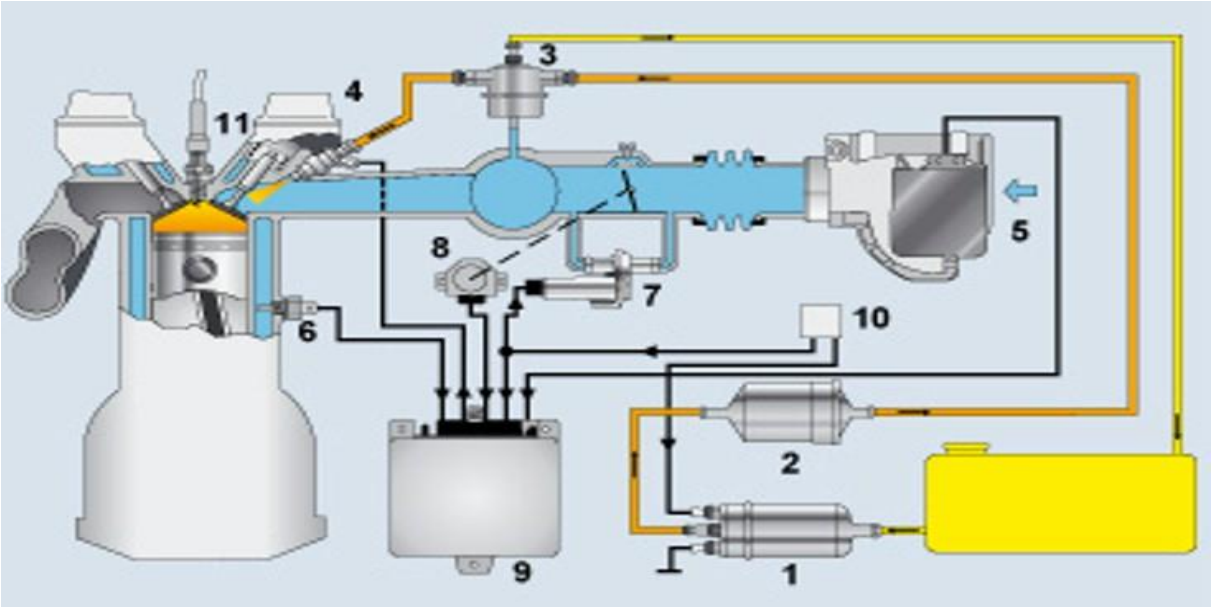
[32] Bohner, M. et al: Tehnika motornih vozila (Fachkunde Kraftfahrzeugtechnik 27.Aufalge), Pučko otvoreno učilište (Prijevod na hrvatski jezik), Zagreb, 2006., str. 74-75.

motora. Izlazna jedinica smještena je na metalni okvir radi boljeg hlađenja. Procesor je povezan sa senzorima, davačima stanja broja okretaja i količine protoka zraka, ventilima za ubrizgavanje i akumulatorom samo jednim višestrukim utikačem. Osiguran je od pogrešnog spajanja i kratkog spoja.[33]

4.2 L3-jetronic sustav

Sustav L-jetronic se izrađivao u dvije varijante: LE-jetronic (Slika 24.) za europsko tržište, bez lambda regulacije i LU-jetronic za američko tržište sa lambda regulacijom, zbog strožih propisa. Verzija L3-jetronic ima sljedeće prednosti:

- Elektronska upravljačka jedinica za ugradnju u motorni prostor prilagođena je i postavlja se direktno u mjerač protoka.
- Veza između upravljačke jedinice i mjereća protoka je direktna, upravljačka jedinica nalazi se unutar mjeraća bez kablovskih veza.
- Digitalna tehnika omogućava realizaciju novih funkcija, sa boljim mogućnostima prilagođavanja režimima rada motora.



Slika 24. Shema LE-jetronic sustav za europsko tržište

Izvor: http://br.bosch-automotive.com/en/internet/parts/parts_and_accessories_2/motor_and_sytems/benzin/injection_system/le_jetronic_1/le_jetronic.html# (21.8.2018.)

[33] Švara, B.: Elektroničko ubrizgavanje i elektroničko paljenje kod Ottova motora (radni udžbenik), Otvoreno sveučilište, Zagreb, 1994., str. 26.

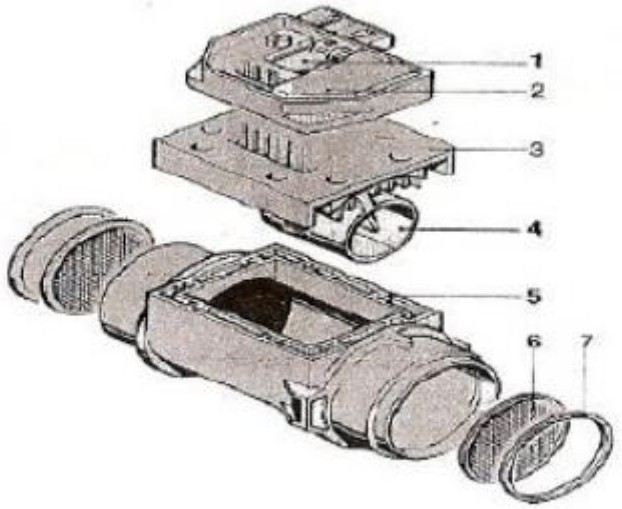
Mikroračunalo kod L3-jetronic automatski odbacuje nerealne ulazne signale, kao temperaturu motora nižu od - 40 °C i umjesto njih koristi programirane vrijednosti tih signala. Kompletna instalacija za napajanje gorivom, preko glavne razvodne cijevi ista je kao i kod L-jetronic sustava. Upravljačka jedinica ili procesor dobiva podatke od sistema za paljenje, a od senzora, podatak o temperature motora. Prekidač prigušenog leptira daje podatke o praznom hodu i punom opterećenju koje prima upravljačka jedinica za dalju obradu. Osim toga, upravljačka jedinica registrira i pad napona u električnoj instalaciji te korigira vrijeme ubrizgavanja. Mjerač količine zraka radi na istom principu kao i kod L-jetronic sustava. Razlika je jedino u tome što se upravljačka jedinica ugrađuje direktno u mjerač količine zraka. Zahvaljujući maloj dimenziji elektronskog dijela upravljačke jedinice i potenciometra, dimenzije mjeraća protoka zraka su praktično ostale iste. Kućište je od laganog aluminijskog lijeva. Jedinstveni smještaj upravljačke jedinice omogućava proširenje opsega mjerenja i poboljšava prigušenje pri naglim promjenama protoka zraka. Elektronska upravljačka jedinica mora biti otporna na povišene temperature, vibracije te vlage u zraku zbog toga jer je ugrađena u mjerač količine zraka. Gorivo se, kao i kod L-jetronic sustava, ubrizgava ispred usisnih ventila. Svaki cilindar ima svoju brizgaljku, koja se jednom aktivira za svaki obrtaj radilice. Da bi se uštedilo u spojevima, sve brizgaljke se povezuju paralelno i rade istovremeno. Razlika pritiska između goriva iznosi 2,5-3 bara. Ubrizgavana količina goriva zavisi samo od vremena otvaranja brizgaljki. Dužina električnog impulsa koju upravljačka jedinica šalje prema brizgaljkama zavisi od količine usisanog zraka, broju obrtaja motora i ostalih parametrima kojim se karakteriziraju različiti režimi rada motora. Ti podaci se, u obliku različitih signala, prikupljaju od senzora. Upravljačka jedinica ih obrađuje i vrednuje, pa se prema njima korigira impuls ubrizgavanja.[34]

4.3 LH-jetronic sustav

LH-jetronic sustav je veoma sličan osnovnom L-jetronic sustavu. Razlikuju se samo po mjeraču količine zraka, sa vrućom žicom. Kod njega na rezultat mjerenja ne utječe gustoća zraka, koja zavisi od temperature i atmosferskog pritiska. Kompletna instalacija za napajanje gorivom kao i sistem za prikupljanje i obradu podataka sa odgovarajućim senzorima, isti su kao i kod L-jetronic sustava. Razlikuje se samo mjerač količine zraka sa vrućom žicom (Slika 25.). Princip rada mjerača zraka sa vrućom žicom radi tako da električna struja koja zagrijava žicu, podešava se tako da temperatura žice bude uvijek ista konstanta vrijednost, viša od temperature usisanog zraka. Veća količina usisanog zraka više hladi vruću žicu, te je potrebna i veća struja da temperatura vlakna ostane ista. Tako je jačina struje, koja zagrijava žicu, razmjerna količini usisanog zraka. Pomoću posebnog otpornika vrši se kompenzacija utjecaja temperature usisanog zraka na izlazni signal. Zagrijana žica se pretvara u naponski signal koji dolazi do upravljačke jedinice. Zajedno sa podatkom o broju obrtaja motora, predstavlja jedan

[34] https://www.scribd.com/doc/139596073/Sistem-za-ubrizgavanje-benzina (21.8.2018.)

od glavnih parametara za regulaciju radne smjese. Pomoću posebnog potenciometra korigira se radna smjesa u praznom hodu. Da bi se otklonila prljavština koja se tokom rada taloži na površini žice i koja ometa rad mjerača, po prestanku rada motora, pomoću jače struje, žica se kratkotrajno jako zagrijava i očisti se sagorjevanjem te prljavštine. Ovakav mjerač zraka nema pokretnih mehaničkih dijelova, pa je otpor usisavanja zraka znatno niži.[35]



Slika 25. Mjerač količine zraka sa vrućom žicom

Izvor: https://www.scribd.com/document/196238659/Jetronic-Sistemi-Ubrizgavanja-Uopsteno (21.8.2018.)

[35] https://www.scribd.com/document/196238659/Jetronic-Sistemi-Ubrizgavanja-Uopsteno (21.8.2018)

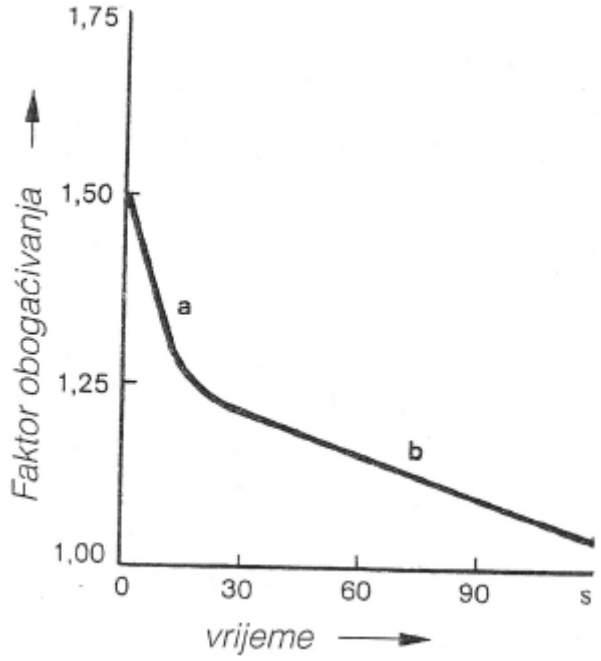
5. EKSPLOATACIJSKE ZNAČAJKE L-JETRONIC SUSTAVA

Motor tijekom eksploatacije vozila najčešće radi pod djelomičnim opterećenjem i to pod optimalnim uvjetima potrošnje i kvalitete gorive smjese. Osnovna konstrukcija motora, usisnih putova i glavnih dijelova sustava ubrizgavanja prilagođeni su najviše ovom režimu rada. Potrebna količina ubrizganog goriva za normalno opterećenje osigurava se pomoću osnovnih električnih impulsa mjerača protoka zraka, davača broja okretaja i senzora temperature. Signali se obrađuju u procesoru koji regulira trajanje i moment otvaranja glavnih elektromagnetskih ventila za ubrizgavanje goriva. Kod punog opterećenja, potrebna je nešto bogatija smjesa, a dodatno obogaćivanje smjese gorivom ostvaruje se programom u procesoru koji se poziva električnim impulsima sklopke na glavnom zasunu. Sklopka dolazi u položaj puno opterećenje. Osnovna količina ubrizganog goriva ostvaruje se na isti način kao kod djelomičnog opterećenja, uz pomoć električnih davača i senzora na motoru. Kod ubrzavanja, uz osnovnu količinu goriva, ubrizgava se i dodatna količina goriva. Naglim otvaranjem glavnog leptira i povlačenjem struje zraka, zaklopke mjerača zraka se zalete izvan normalnog položaja i daje u električni impuls procesoru za dodatno ubrizgavanje. Senzor temperature zraka u usisnom kanalu upravlja ubrizgavanjem odgovarajuće dodatne količine goriva kod nižih usisnih temperatura zimi.

Elektroničko ograničenje najvećeg broja okretaja ostvaruje se periodičnim prekidanjem i ponovnim uspostavljanjem ubrizgavanja goriva. Vožnja niz brijeg i kočenje motorom odvija se povremenim prekidanjem ubrizgavanja uz pomoć impulsa davača broja okretaja, čime se ostvaruje štednja goriva i bolja zaštita okoline.

Za vrijeme prijelaza rada motora, to jest od pokretanja hladnog motora do radne temperature motora, potrebno je dodatno obogaćivanje smjese preko ventila za hladno pokretanje. Prvih 30 sekundi kolika je vremenska funkcija bimetalnog prekidača potrebno je obogaćivanje benzinom za 25 do 50 posto zbog nedovoljnog isparivanja goriva područje a. Tijekom vremena obogaćivanje se smanjuje ovisno o temperaturi koju dojavljuje procesoru temperaturni senzor motora. Kod postignute radne temperature izostaje dodatno obogaćenje benzinom te faktor obogaćivanja teži k 1. Krivulja pokazuje kako postupni pad procesa obogaćivanja gorive smjese odnosno pad faktora obogaćenja smjese F tijekom vremena. Područje (a) prikazuje vremensku regulaciju dodatnog ubrizgavanja goriva područje (b) temperaturnu postupniju regulaciju obogaćivanja gorivom. Za nekoliko minuta obogaćivanje izostaje i uspostavlja se normalno ekonomična smjesa (Slika 26).[36]

[36] Švara, B.: Elektroničko ubrizgavanje i elektroničko paljenje kod Ottova motora, Otvoreno sveučilište, Zagreb, 1995., str. 42-44.



Slika 26. Obogaćivanje smjese motora u toplom stanju

Izvor: Švara, B.: Elektroničko ubrizgavanje i elektroničko paljenje kod Ottova motora, Otvoreno sveučilište, Zagreb, 1995., str. 43.

Kod stanja praznog hoda, kao i kod maksimalnog opterećenja električne impulse k procesoru šalju kontakti na prekidaču zaklopke radi ubrizgavanja osnovne potrebne količine goriva. Regulaciju zraka, odnosno smjese, omogućena je premošćenjem zračnog protoka u mjeraču struje zraka pomoću vijka za usklađivanje dodatnog protoka zraka. Kod hladnog motora tijekom rada toplog motora potrebna je bogatija smjesa i bolje punjenje motora zbog sprječavanja jačeg trošenja dijelova motora i zbog smanjenog isparivanja goriva. Obogaćivanje i bolje punjenje postiže se zasunom za dodatni zrak-smjesu u praznom hodu koji se također upravlja vremensko toplinskim funkcijama. Kada se motor za do radne temperature, zasun za obogaćivanje je zatvoren ili je izvan funkcije i tada izostaje dodatno punjenje i obogaćivanje smjese, a motor prelazi na normalan rad.[37]

L-jetronic se prvi put pojavljuje 1974. godine na Porsche 914, gdje se ugrađuje mehanički mjerač količine zraka. Sistem je prihvaćen kod većine europskih proizvođača vozila, a u Japanu nešto kasnije na nekoliko modela: Toyota Celica 18R-E, Nissan L28E, Fairlady Z, Cedric and Gloria. 1978. Toyota ugrađuje isti sistem u 4M-E motore: Crown, Supra, Mark

[37] Ibid. str. 43.

II 1980 godine. Issuzu Piazza i Mitsubishi Starion uvodi kao standardnu opremu. 1981. godine Mazda Luce (Mazda FE motor), 1983. godine Subaru Leone (motor EA81). Honda 1984. godine predstavlja svoj sistem PGM-FI u Honda Accord i Vigor u ES3 motorima.[38]

Uporabom L-jetronic sustava za ubrizgavanje gorivom pokazalo je znatne uštede goriva. Primjerice, automobil srednje klase s elektroničkim sustavom ubrizgavanja, koji prelazi 10.000 do 20.000 km godišnje, uštedi 100 do 200 litara benzina. Osim ušteda, značajno je smanjeno zagađivanje okoliša zbog manje potrošnje goriva i desetak puta čišćih ispušnih plinova. [39]

[38]https://automehatronika.wordpress.com/sistemi-ubrizgavanja-benzinskih-motora/razvoj-sistema-ubrizgavanja/ (21.8.2018.)

[39] Švara, B.: Elektroničko ubrizgavanje i elektroničko paljenje kod Ottova motora, Otvoreno sveučilište, Zagreb, 1995., str. 37.

6. ZAKLJUČAK

Glavna zadaća uređaja za napajanje Otto motora da u vremenu takta usisa pripremi ujednačenu i točno određenu smjesu goriva i zraka u točno određeno vrijeme. Pritom je bitno postići što bolju homogenost i izmiješane smjese za priprema smjese goriva i zraka radi što kvalitetnijeg izgaranja goriva. Najbitniji kriteriji kod sistema za napajanje gorivom su: postići što manju potrošnju goriva u čitavom području rada motora, a naročito pri djelomičnom opterećenju, pri punom opterećenju da se od motora dobije maksimalan moment, da emisija ispušnog plina bude što moguće manje i motora se zahtijeva stabilan rad u svim režima rada.

Karakteristika L-jetronic sustava je ubrizgavanje goriva u usisnu cijev ispred usisnih ventila s prekidajućim ubrizgavanjem te omogućuje osigurati onoliko goriva koliko je potrebno motoru za trenutno opterećenje. Koristi se elektroničnim upravljanim Multi Point Injection sustavom ubrizgavanja, on mu omogućava veliku prednost jer svaki cilindar dobiva jednako kvalitetnu smjesu. Procesor je najbitniji kod cijelog sustava ubrizgavanja jer zaprima podatke od mjerača protoka zraka, električnog prekidača glavne zaklopke, senzora temperature motora i temperature usisnog zraka, senzora tlaka zraka, lambda sonde, brojača okretaja i drugih davača električnih impulsa te na temelju tih podatka upravlja radom ventila ubrizgavanja goriva. Prednost novije generacije L3-jetronic sustava je u tome da se procesor nalazi u samom mjeraču količine zraka te omogućava proširenje opsega mjerenja i poboljšava prigušenje pri naglim promjenama protoka zraka. LH-jetronic sustav ima u potpunosti drugačiji mjerač količine zraka on se sastoji od vruće žice, a ne od zaklopke kod koje utječe gustoća zraka na podatke za reguliranje ventila, nego radi na principu hlađenja žice koja omogućuje veću točnost i preciznost mjerenja ulaznog zraka. Uvođenjem i razvojem L-jetronic sustava značajno je smanjeno zagađivanje okoliša zbog manje potrošnje goriva te su ostvareni mnogo čišći ispušni plinovi.

LITERATURA

Knjige:

1. Bohner, M. et al: Tehnika motornih vozila (Fachkunde Kraftfahrzeugtechnik 30.Aufalge), Pučko otvoreno učilište (Prijevod na hrvatski jezik), Zagreb, 2015.
2. Švara, B.: Elektroničko ubrizgavanje i elektroničko paljenje kod Otto motora (Radni udžbenik), Otvoreno sveučilište, Zagreb, 1994.
3. Bohner, M. et al: Tehnika motornih vozila (Fachkunde Kraftfahrzeugtechnik 27.Aufalge), Pučko otvoreno učilište (Prijevod na hrvatski jezik), Zagreb, 2006.
4. Zavada, J.: Prijevozna sredstva, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2000.
5. Jeras, D.: Klipni motori uređaji, Školska knjiga, Zagreb, 1991.
6. Švara, B.: Elektroničko ubrizgavanje i elektroničko paljenje kod Ottova motora, Otvoreno sveučilište, Zagreb, 1995.

Internetski izvori :

1. http://www.autonet.hr/arhiva-clanaka/nacelo-rada-motora (17.7.2018.)
2. https://www.docsity.com/sr/klipni-mehanizam-slajdovi-drumska-vozila-saobracajni-fakultet/362436/ (17.7.2018.)
3. https://hr.wikipedia.org/wiki/%C4%8Cetverotaktni_motor#/media/File:Four_stroke_cycle_intake.png (17.7.2018.)
4. https://hr.wikipedia.org/wiki/%C4%8Cetverotaktni_motor#/media/File:Four_stroke_cycle_intake.png (17.7.2018.)
5. https://hr.wikipedia.org/wiki/%C4%8Cetverotaktni_motor#/media/File:Four_stroke_cycle_power.png (17.7.2018.)
6. https://hr.wikipedia.org/wiki/%C4%8Cetverotaktni_motor#/media/File:Four_stroke_cycle_exhaust.png (17.7.2018.)
7. http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=16813 (17.7.2018.)
8. https://www.scribd.com/doc/177124409/Princip-Rada-Dvotaktnog-Motora-Je-Jednostavan (19.7.2018.)
9. http://vrijemena2kotaca.com/index.php?aLocation=blog&aRecnr=42 (17.7.2018.)
10. https://www.silux.hr/proizvodi/karoserija/rezervoari/rezervoari-goriva/146672/rezervoar-goriva-opel-corsa-b-93 (18.7.2018.)
11. http://autoservisnv.com/index.php/filter-goriva (18.7.2018.)
12. http://pajca.hr/autodijelovi/pumpa-goriva/ (18.7.2018.)
13. https://www.scribd.com/document/196238659/Jetronic-Sistemi-Ubrizgavanja-Uopsteno (30.7.2018.)
14. https://www.scribd.com/doc/139596073/Sistem-za-ubrizgavanje-benzina (21.8.2018.)

15. [http://br.bosch-automotive.com/en/internet/parts/parts_and_accessories_2/motor_and_sytems/benzin/injection_system/le_jetronic_1/le_jetronic.html# (21.8.2018.)
16. https://www.scribd.com/doc/139596073/Sistem-za-ubrizgavanje-benzina (21.8.2018.)
17. https://automehatronika.wordpress.com/sistemi-ubrizgavanja-benzinskih-motora/razvoj-sistema-ubrizgavanja/ (21.8.2018.)

Ostali izvori:

1. Zovak G., Šarić Ž.: Cestovna prijevozna sredstva - Motori s unutrašnjim ubrizgavanjem (Nastavni materijal), Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2017.

POPIS SLIKA

Slika 1. Konstrukcija četverotaktnog Ottovog motora 2
Slika 2. Stvarni omjer goriva i zraka 3
Slika 3. Četiri takta radnog ciklusa kod Otto motora 5
Slika 4. Takt usisa 6
Slika 5. Takt kompresije 7
Slika 6. Takt Ekspanzije 8
Slika 7. Takt ispuha 9
Slika 8. Princip rada dvotaktnog motora 11
Slika 9. Konstrukcija sustava za opskrbu goriva 13
Slika 10. Spremnik goriva 14
Slika 11. Pročistač (filter) goriva 15
Slika 12. Pumpa goriva izvan spremnika 16
Slika 13. Pumpa goriva uronjena u spremnik 16
Slika 14. Multi Point Injection sustav ubrizgavanja 19
Slika 15. Istodobno ubrizgavanje 20
Slika 16. Grupno ubrizgavanje 21
Slika 17. Slijedno ubrizgavanje 21
Slika 18. Shema elektroničkog ubrizgavanja goriva, L-jetronic sustava 22
Slika 19. Osnovni sklopovi L-jetronic sustava 23
Slika 20. Ventil za ubrizgavanje 24
Slika 21. Zasun za dodatni zrak 26
Slika 22. Sustav regulacije praznog hoda 26
Slika 23. Mjerač količine protoka zraka 27
Slika 24. Shema LE-jetronic sustav za europsko tržište 28
Slika 25. Mjerač količine zraka sa vrućom žicom 30
Slika 26. Obogaćivanje smjese motora u toplom stanju 32