

ALEKSANDAR GRKIĆ
DALIBOR VUKIĆ
MILE NAVALA

Sistemi ubrizgavanja u dizel motorima

Priručnik za laboratorijske vežbe



VISOKA ŠKOLA ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA
STRUKOVNIH STUDIJA,
BEOGRAD
2018.

Autori: *dr Aleksandar Grkić*
Dalibor Vukić, spec.struk.inž.

Recenzenti: *dr Vera Petrović*
mr Milija Džekulić

Izdavač: *Visoka škola elektrotehnike i računarstva strukovnih studija, Vojvode*
Stepe 283, Beograd

Obrada teksta: *Dalibor Vukić*

Korice: *Nenad Seljišta, spec.struk.inž.*

Tiraž: *80*

Štampa: Razvojno-istraživački centar grafičkog inženjerstva TMF, Beograd

Prvo izdanje

ISBN:

PREDGOVOR

Predmet Sistemi paljenja i ubrizgavanja u oto motorima izučava se na osnovnim studijama u okviru studijskog programa Automatika i sistemi upravljanja vozilima u Visokoj školi elektrotehnike i računarstva strukovnih studija u Beogradu. Ovaj priručnik za laboratorijske vežbe usklađen je sa programom predmeta za koji je namenjen.

Priručnik se sastoji od deset laboratorijskih vežbi. Teorijski deo laboratorijskih vežbi omogućava studentima lakše usvajanje predviđenog nastavnog sadržaja predmeta, a sa druge strane predstavlja potrebnu osnovu za razumevanje i izvođenje praktičnih zadataka. Ishod praktičnog dela laboratorijskih vežbi je usvajanje potrebnih veština i znanja za uspešno rešavanje problema u sistemima paljenja i ubrizgavanja oto motora.

Laboratorijske vežbe izvode se u specijalizovanim laboratorijama Visoke škole elektrotehnike i računarstva, uz korišćenje savremene dijagnostičke aparature. Ovaj priručnik omogućava studentima sticanje sveobuhvatne osnove za uspešno razumevanje tendencije daljeg razvoja sistema upravljanja u oto motorima i osposobljava studente za samostalno rešavanje praktičnih dijagnostičkih problema.

U Beogradu, februar 2018.

Autori

SADRŽAJ

Ispitivanje osobina dizel goriva.....	6
Uisni sistem	1
Regulacija natpunjenja	1
Potpritisni servo sistem	1
Niskopritisna instalacija za gorivo	1
Pumpe visokog pritiska	8
Regulacija visokog pritiska	1
Brizgaljke	1
Sistem za smanjenje emisije štetnih gasova i čestica	1
Motorni računar	1



Laboratorijska vežba 1



Ispitivanje osobina dizel goriva

Ime i prezime studenta: _____

Broj indeksa: _____

Datum: _____

Vežbu pregledao: _____

1. Cilj laboratorijske vežbe

Cilj laboratorijske vežbe je proučavanje hemiskog sastava i uticaja koje gorivo može da izazove na mehaničke sklopove kao i alternativna goriva koja sve više postaju popularna za korišćenje na dizel motoru. Praktičan rad podrazumeva jednostavne laboratorijske ogleda uz pomoć kojih se formiraju zaključci o kvalitetu goriva i moguće štete uzrokovane primenom neadekvatnog goriva.

2. Dizel kao derivat nafte

Dizel gorivo je destilisano iz sirove nafte na temperaturama između 170°C i 360°C pri atmosferskom pritisku. Rezultovani destilat je mešavina molekula ugljenika koji imaju između 8 do 21 atoma u molekulu. Poboljšanje dizel goriva se ogleda u sve složenijem procesu termičkog i katalitičkog krekovanja koji bi smanjili pojavu velikih lanaca ugljenika. Da bi zadovoljio potrebe sve masovnijeg korišćenja fabrike za preradu nafte (Rafinerije) imaju povećani zahtev za ispunjavanjem sve većih brojeva standarda. Za razliku od benzina koje ima tačku samopaljenja na 260°C, dizel gorivo uspeva da se zapali na 210°C.

3. Standardi i propisi dizel goriva

Kriterijum za Evropsko tržište je naveden u standardu EN 590 za motorna vozila koja su u upotrebi u drumskom saobraćaju. Za Američko tržište standard ima naziv ASTM D975 koji ima manje kriterijume u odnosu na evropski kao što za vojna i plovna vozila standard ima manje kriterijume. Za Srpsko tržište obavezan je standard SRPS EN 590:2015 koji je u suštini identičan evropskom standardu iz 2015 godine a definiše i sam naziv dizela pod imenom EVRO DIZEL.

U tabeli 1. su svi bitni kriterijumi koje treba da ispunjava standard SRPS EN590:2015.

Karakteristika		Jedinica mere	Kriterijum prihvatljivosti	Metoda ispitivanja
			EVRO DIZEL	
Cetanski broj, min			51,0	EN ISO 5165; SRPS EN ISO 5165; SRPS EN 15195; EN 15195; EN16144
Cetanski indeks, min			46,0	EN ISO 4264; SRPS EN ISO 4264
Gustina na 15°C	min	kg/m ³	820,0	SRPS EN ISO 3675; EN ISO 3675; EN ISO 12185; SRPS ISO12185
	max		845,0	
Policiklični aromatični ugljovodonici, max		% (m/m)	8,0	EN 12916; SRPS EN 12916
Sadržaj sumpora, max		mg/kg	10,0	EN ISO 20846; SRPS EN ISO 20846 EN ISO 20884; EN ISO 13032
Tačka paljenja, iznad		°C	55	EN ISO 2719; SRPS EN ISO 2719
Ugljenični ostatak (na 10% statka destilacije), max		% (m/m)	0,30	EN ISO 10370; SRPS ISO 10370
Sadržaj pepela, max		% (m/m)	0,010	EN ISO 6245; SRPS EN ISO 6245
Sadržaj vode, max		mg/kg	200	EN ISO 12937; SRPS EN ISO 12937
Ukupne nečistoće, max		mg/kg	24	EN 12662; SRPS EN 12662
Korozija bakarne trake (3h na 50°C)		ocena	klasa 1	EN ISO 2160; SRPS ISO 2160
Oksidaciona stabilnost, max		g/m ³	25	EN ISO 12205; SRPS ISO 12205

Mazivost, korigovani prečnik oštećenja usled habanja (wsd 1,4) na 60°C		μm	460	EN ISO 12156-1 SRPS EN ISO 12156-1
Viskoznost na 40°C	m i	mm ² /s	2,000	EN ISO 3104; SRPS ISO 3104
	ma x		4,500	
Filtrabilnost (CFPP),max		°C	klasa * A,B,C,D,E и F	EN 116; SRPS EN 116; EN 16329

Tabela 1. Specifikacija proizvoda za EVRO DIZEL je u skladu sa Pravilnikom o tehničkim i drugim zahtevima za tečna goriva naftnog porekla objavljenom u Službenom glasniku RS broj 111 od 29.12.2015., standardom SRPS EN 590:2014 и SRPS EN 590/1:2015 i UP-03.03.01-011.

Takodje želja proizvođača motornih vozila je takva da proizvodnja goriva bude poboljšana tako da poveća efikasnost, smanji rizike od oštećenja kao i da smanji količine nedozvoljenih suspcanci u gorivu. U budućnosti je moguća izmena u EN standardu po pitanju kriterijuma za aromatične ugljovodonike koje su po nekim istraživanjima uzrok pojave malignih oboljenja pa bi bili svedeni na 0%. Pa i strožije kriterijume za već postojeće standarde kojim bi izmedju ostalog povećali:

- Cetanski broj
- Granicu isparenja
- Suzli vrednosti gustine i viskoziteta
- Smanjili aromatična jedinjenja
- Smanjili ili izbacili molekule sumpora

U suštini, ispunjavanjem zahteva koji traže proizvođači vozila direktno se utiče na karakteristike goriva tako da ono bude poboljšano u domenu:

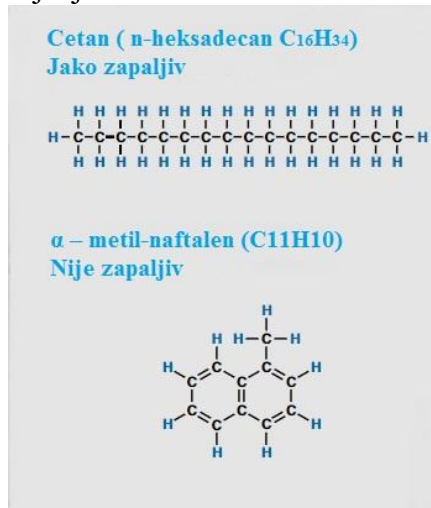
- Podmazivanje
- Oslobodjeno kontaminacije sa vodom
- Oslobodjeno kontaminacije od čestica

4. Kriterijumi dizel goriva

U ovom poglavlju su objašnjeni najbitniji kriterijumi koje gorivo treba da zadovoljava a direkno su povezani sa njegovim sagorevanjem u motoru.

- Cetanski broj označava lakoću upaljenja dizel goriva i ima odlučujući faktor kvaliteta goriva. Ukoliko je cetanski broj veći to je gorivo više zapaljivo. Cetanski broj je testiran uz pomoć standardizovanih metoda korišćenjem jednoklipnog dizel motora. Test se izvodi tako što se gorivo koje se testira ubrizgava u motor radi postizanja upaljenja. Pošto motor poseduje varijabilnu kompresiju u trenutku kada jednoklipni dizel motor korigovanjem kompresije izazove zapaljenje smeše a potom i rad motora, podešavanje kompresije se zaustavlja i uzima se kao merilo za sledeću fazu testa. Potom se koristi mešanje cetana sa α – metil-naftalenom koje treba da pogoni isti motor. Ukoliko je odnos 51-49 izmedju ta dva jedinjenja onda kažemo da je gorivo koje smo testirali imalo 51 cetanski broj. Parafinska goriva uglavnom imaju veći cetanski broj dok aromatična goriva imaju manji cetanski broj. Za cikloalkane i alkene važi srednji cetanski broj. Za postizanje većeg cetanskog broja u dizelu moguće je da se dodavanjem aditiva na bazi nitrata poveća cetanski broj. Medjutim povećava se još i emisija izduvnih gasova a posebno NO_x kao i smanjena buka u radu motora.

Na slici 1. je prikazano jedinjenje cetana i α – metil-naftalen.



Slika 1. Veza atoma ugljenika i vodonika koji foriraju lance jedinjenja za referentno merenje

- Gustina dizela je usko povezana sa energijom koja može da se dobije. Gorivo je isporučeno po njegovoj gustini i zapremini pa je tako i ubrizgano preko brizgača u prostor cilindra. Ukoliko je motor projektovan tako da koristi gorivo normalne gustine a umesto tog goriva koristimo gorivo sa većom gustinom, performanse motora bi bile smanjnje kao i pojava nesagorelih čestica čađi. Promena temperature što se tiče gustine je kompenzovana preko motornog kompjutera. Zato je zahtev za što uskom vrednosti gustine goriva. Takodje senzor gustine može da smanji potrebu za tim, međjutim to dovodi ne samo za određenim dodatkom u vidu mernog elementa već i modifikaciji sistema koji bi bio dovoljno fleksibilan da prihvati gorivo različitih gustina.
- Vikoznost goriva može da bude mala pa bi to dovelo do curenja na zaptivnim elementima pogotovo na visokopritisnoj strani sistema. To bi takodje povećalo problem na manjim obrtajima motora i otežalo vrući start motora. Ukoliko je viskoznost goriva visoka, nastao bi problem sa smanjenom protočnošću pogotovo kod visokopritisne pumpe, kao i loše atomizacije goriva. Zato po EN 590 standardu postoji kategorizacija koja maksimalno sužava promenu viskoznosti goriva.
- Parna faza je vrednost temperature na kojoj gorivo isparava. Mala vrednost temperature pri kojoj bi gorivo isparavalo, povećalo bi šanse za paljenje smeše ali bi takođe smanjilo cetanski broj i maziva svojstva goriva. Veća temperatura isparavanja goriva bi dugačke lance parafina teže samozapaljivala dok je motor hladan, ali bi podigla cetanski broj.
 Poliaromatična jedinjenja sa 3 ili više lanaca atoma podigla vrednost temperature isparavanja ali opet smanjila cetanski broj. Kako poliaromatična jedinjenja budu više dodavana takodje se povećava i emisija izduvnih gasova nesagorelog ugljenika C_x . Izmedju problema sa hladnim startom i povećanom emisijom nesagorelog ugljenika gornja granica isparavanja dizel goriva je postavljena kao kriterijum na $350^{\circ}C$.
- Filtrabilnost je mogućnost goriva da se nekristalizuje na niskim temperaturama ispod $0^{\circ}C$ što bi moglo da dovede do zapušanja filtera za gorivo. Zbog ove pojave kompanije za preradu nafte dodaju aditive koji suzbijaju pojavu kristalizacije tako da molekuli goriva i dalje mogu da prodju kroz filter goriva. Praksa da se dodaje benzin u dizel gorivo više nije neophodna jer sem što smanjuje temperaturu paljenja dizel goriva (što dovodi do povećanih mera zaštite), već može da dovede i do oštećenja nekih mehaničkih elemenata zbog nestručne količine odnosa mešanja. Zato se već

primenjuje standard CFPP (Cold Filter Plugging Point), tako da rafinerije u određenim klimatskim uslovima isporučuju gorivo po kategorizaciji za određenu minimalnu temperaturu. Neki od proizvođača vozila koriste prinudno grejanje filtera goriva kako bi minimizovali problem neprotočnosti i zadovoljili želju za protokom goriva u svim režimima rada motora. Tabela 2. je ustvari klasa goriva za sezone u godini po kojoj se određuje CFFP broj.

Сезона	Датум	Класа	CFPP, max °C
Прелазни период	16.III – 15.IV	C	-5
Прелазни период	16.IV – 30.VI	B	0
Лето	1.VII – 15.VIII	A	+5
Прелазни период	16.VIII – 15.X	B	0
Прелазни период	16.X – 15.XI	C	-5
Зима	16.XI – 15.III	D/E ▲	-10 / -15
Цела година	1.I – 31.XII	F ▲	-20

Tabela 2. Tabela isporuke goriva po sezonama sa D/E/F klasom koja se isporučuje ukoliko postoji potreba

- Mazivost je svojstvo goriva da smanji trenje između pokretnih elemenata motora, još i zaptivanje nekih zazora između tarnih površina. U procesu desulfatizacije goriva kada se ono proizvodi, takodje se menja i još jedna bitna karakteristika goriva a to je mazivost. Posle smanjenja sumpora u gorivu pojavom standarda koji zabranjuje određenu količinu pojavio se problem potrošenih elemenata, posebno visokopritisne pumpe u sistemu koje su u stvari podmazivane dizel gorivom. Kompanije koje proizvode dizel gorivo su u tom trenutku morali da dodaju aditive koje poboljšavaju svojstva podmazivanja.

Od 1998 je standardizovano merenje mazivosti goriva sa čeličnom kuglicom. Kuglica bi se brzo pomerila napred nazad većom frekvencijom u sudu koji je napunjen sa gorivom koje se testira. Da bi se posle određenog vremena merio prečnik kuglice tj. istrošenost koja je definisana u EN590 standardu a toleriše najveću vrednost od 460µm istrošenosti. Bosch preporučuje gorivo koje ima veći prečnik kuglice tako da je oštećenje manje i iznosi najviše 400µm.

- Voda u dizel gorivu zavisi od faktora temperature i može da se kreće između 50 do 200ppm po masi između 25 i 60°C. Po Evropskom a i Srpskom standardu za dizel gorivo, maksimalna dozvoljena količina vode u gorivu iznosi 200mg/kg. U mnogim zemljama se javlja problem kontaminacije goriva sa vodom iznad dozvoljenih granica kako zbog proizvodnje tako i zbog grešaka u manipulaciji sa gorivom. Voda u gorivu koja uglavnom ne može da ispari može da izazove ozbiljna oštećenja na gorivo-podmazivoj visokopritisnoj pumpi u veoma kratkom periodu iako je količina koja je kontaminirala gorivo veoma mala.

Prisutnost vode u rezervoaru automobila koja je rezultat kondenzacije iz vazduha ne može se trajno sprečiti. Zbog toga je separator vode sa senzorom na kućištu filtera za gorivo poželjna komponenta. Uz to je i dizajn samog rezervoara pa i uvodnih prolaza napravljen tako da preventivno spreči ulazak vlažnog vazduha u sistem gde se nalazi gorivo.

- Kontaminacija goriva je celokupna suma čestica prljavštine od kojih to može biti: rđa, pesak, nepoželjan organski otpad, pa i polimere koji stare. Po standardu dozvoljena maksimalna kontaminacija iznosi 24mg/kg što je dosta visoka vrednost s obzirom da veoma tvrdi silikati koji mogu da se nalaze u gorivu, utiču na povećano habanje visokopritisne pumpe i brizgača. Čak frakcije silikata mogu da ugroze ove komponente tako da povećaju verovatnoću za erozivnim i abrazivnim dejstvom.

Komponente oštećenje usled delovanja ovakvih dejtava mogu da stvore nepoželjna curenja koja smanjuju pritisak u sistemu a povećavaju emisiju izduvnih gasova. Standardno gorivo uglavnom sadrži 100,000 čestica na 100ml a čestice od 6 do 7 μm su posebno kritične za sklopove motora. Zbog toga proizvođači automobila su u obavezi da projektuju sistem sa filterom za gorivo koji bi ozbiljno redukovao količinu čestica u gorivu kao i da interval zamene filtera bude što duži.

- Sumpor se iz dizel goriva uklanja s obzirom da ga u sirovini ima u velikim količinama. Postupak uklanjanja ili smanjivanja sumpora na dozvoljenu vrednost se radi sa destilacijom goriva uz velike temperature i visok pritisak. Početkom 2000 godine maksimalni limit za količinu sumpora u gorivu je bio 350ppm. Od 2005 godine dozvoljena količina sumpora je redukovana tako da iznosi manje od 50mg/kg. Početkom 2009 godine je poželjno da gorivo ne sadrži sumpor ili da ga sadrži manje od 10mg/kg. Npr. u Nemačkoj je sproveden zakon kojim se kažnjavaju svi proizvođači koji u svom gorivu imaju bilo kakvu količinu sumpora. Kao rezultat u toj zemlji se isporučuje samo gorivo bez ovog elementa. To je dovelo direktno do smanjenja emisije izduvnih gasova SO_2 kao i emisije čestica čađi. Efekat smanjene količine čestica čađi je usledio zbog manje kontaminacije katalitičkih konvertora koji reaguju sa sumporom iz izduvnih gasova.
- Ugljenične naslage se pojavljuju usled kuvanja goriva u visokopritisnim elementima posebno mlaznicama brizgača. Proces stvaranja naslaga je dosta komplikovan ali ima veze sa temperaturnom vrednošću isparavanja goriva.
- Tačka zapaljenja uz pomoć eksternog upaljača je za dizel gorivo iznad 55°C kada je skladišteno na maksimalim atmosferskim temperaturama. To utiče na određenu regulativu za zaštitu od požara.
- Aditivi koji se nalaze u gorivu mogu da čine manje od 1% celokupnog sastava goriva. Oni ne menjaju viskoznost, gustinu i tačku ključanja goriva. Koriste se uglavnom za poboljšanje cetanskog broja, povećanje filtrabilnosti, smanjivanje pojave stvaranja pene. Kao i mogućnost čišćenja sistema za snabdevanje gorivom uz pomoć aditiva na bazi deterdženta i zaštiti sistema od oksidovanja iako se pojavi određena količina vode u sistemu.

5. Alternativna goriva

Pod terminom alternativna goriva smatramo goriva koja nisu dobijena iz naftne sirovine već drugih izvora a imaju takve karakteristike da mogu da budu korišćena za sagorevanje u dizel motoru. Najpoznatija vrsta ovakvih goriva je biodizel koji je potekao iz krekovanja ulja i masti biljnog ili životinjskog porekla.

Biodizel u Evropi podleže standardu EU14214 a može da bude u obliku metilestri masnih kiselina koji se uglavnom dobijaju iz uljane repice međjutim još može da se koriste sirovine koje su dostupne ali uglavnom zavise od geografskog položaja neke zemlje tj. biljne kulture koja uspeva na tom podneblju. Strogi zahtevi onemogućuju 100% upotrebu biodizela na vozilima pa čak i kad ispunjava EU14214 standard zbog odvajanja taloga u kraćem vremenskom periodu kao i dodatne oksidacije goriva koja negativno utiče na njegova svojstva. Jedini motori koji koriste B100 su dizel motori koji se koriste za transport a zbog konstantne potrošnje goriva u mogućnosti su da izbegnu ovakav problem. Što se tiče motora, postoji veća mogućnost korišćenja biodizel goriva sa „običnim“ dizel gorivom zbog njegovih mazivih svojstava. U tom trenutku stabilnost biodizela se poboljšava a krajnje gorivo poseduje bolje karakteristike. Međjutim u Evropskim zemljama se koristi uglavnom zamešavanje do 7% dok se u nekim koristi i više (B30 Francuska, B20 Sjedinjene Američke države...). Uslučaju da se koriste veće količine

biodizela koje se zamešavaju postoji verovatoća pomeranja isparivosti goriva. Ta pojava dovodi do težeg ubrizgavanja goriva u cilindar motora i može da izazove da post ubrizgavanje izostane što negativno utiče na zagrevanje katalizatora i smanjivanje efikasnosti te komponente.

6. Zadatak

Iskoristiti stečena znanja za testiranje dizel goriva na nekoliko uzoraka sa eksperimentima koji bi dali bolji uvid u kvalitet goriva.

Opis eksperimenta:

Komentar:



Laboratorijska vežba 2

Usisni sistem



Ime i prezime studenta: _____

Broj indeksa: _____

Datum: _____

Vežbu pregledao: _____

1. Cilj laboratorijske vežbe

Cilj laboratorijske vežbe se odnosi na upoznavanje funkcionisanja kontrole punjenja cilindra sa vazduhom. Takođe upoznavanje sa različitim usisnim sistemima i njihovim specifičnostima. Praktičan rad podrazumeva detaljno ispitivanje usisnog sistema kroz niz testova uz pomoć kojih se utvrđuje pravilan rad kao i dijagnostiku na sistemima koji poseduju nepravilnost u radu.

2. Zahtev usisnog sistema

Upravljanje punjenja cilindra na modernim automobilima se ne ogleda samo po pitanju snage motora već i po pitanju emisije štetnih gasova kao i po ekonomičnosti. Zahtev usisnog sistema je da obezbedi u bilo kom random režimu dizel motor sa:

- Dovoljnom količinom kiseonika za potpuno sagorevanje
- Recirkulisanim gasovima koji kontrolišu temperaturu sagorevanja
- Temperaturom i pritiskom vazduha koji ulazi u cilindar
- Momentom i kinetičkom energijom vazduha koja omogućava dobro mešanje sa gorivom koje se ubrizgava u cilindar
- Veličinom i koncentracijom nečistoća u vazduhu dozvoljenim za neometan rad

Na starijim dizel motorima koji nisu morali da zadovoljavaju visoke standarde emisije izduvnih gasova usisni sistem je bio vrlo jednostavan. Potreban je bio samo prečišćen vazduh koji bi ulazio u cilindar, nijedna druga forma kontrole vazduha nije bila potrebna.

Da bi smanjili emisiju izduvnih gasova, poboljšali preformanse motora potrebno je bilo bolje kontrolisati svojstva usisanog vazduha. To je zahtevalo dodavanje dodatnih elemenata na usis koji bi to kontrolisali. Npr. dodat je turbopunjač koji je vremenom postao kompleksniji. Takođe je dodat i ventil za regulaciju izduvnih gasova (EGR) u nekim režimima rada koji je morao imati usklađen rad sa radom turbopunjača. Svi ovi aktuatori koji su dodani na usis su morali da imaju što precizniju regulaciju koja je uz pomoć senzora i sofisticiranog algoritma koji se nalazi u motornom kompjuteru obezbedila stabilan rad u svakom trenutku. Dalji faktori koji utiču za pripremu punjenja cilindra su :

2.1 Regulacija temperature usisanog vazduha

Konstrukcija usisnog sistema je takva da može regulisati temperaturu usisanog vazduha. Temperatura usisanog vazduha je bitan faktor koji utiče na pravilan rad motora. Usisni sistem može regulisati temperaturu tako da:

- Visoku temperaturu vazduha ohladi u nadpunjenim dizel motorima
- Nisku temperaturu vazduha ugrije, da bi poboljšao pokretanje motora u režimima hladnog starta i zagrevanja do radne temperature

Ukoliko je temperatura vazduha previše visoka, punjenje cilindrom će biti manje zbog manje količine kiseonika po kubnom metru. Takođe dovodi do većih temperatura sagorevanja u cilindru, što negativno utiče na emisiju izduvnih gasova. Ako je temperatura vazduha previše niska, pokretanje dizel motora može biti problematično pa i emisija izduvnih gasova. U nadpunjenim motorima izmenjivač (intercooler) je zadužen da ohladi vazduh pre ulazka u cilindar.

2.1.1 Zagrevanje usisanog vazduha

Zagrevanje usisanog vazduha je veliki zahtev još od početka dizel motora. Za razliku od OTO motora, klasični dizel motori ne koriste upaljenje smeše preko eksterne komponente već se oslanjaju na temperaturu usisanog vazduha koja bi kombinacijom brizganja goriva u zagrejan vazduh izazvali samozapaljenje smeše. Problematika starovanja hladnog motora i process zagrevanja do radne temperature nije samo želja vozača za što kraćim periodom za koje bi vozač mogao nesmetano da koristi pun kapacitet svog motora. Najveći problem je nesagorelo gorivo

koje izaziva povećanu koncentraciju HC (Ugljovodonici), tako da sveukupna koncentracija HC u toku merenja izduvnih gasova može da poraste preko dozvoljenog nivoa.

Razlog zbog koga neki dizel motori imaju konstruktivno veći stepen kompresije je upravo zbog veće efikasnosti u toku perioda zagrevanja. Medjutim trend u modernim dizel motorima je smanjenje stepena kompresije koje se približava vrednostima koje obezbeđuju optimalan rad. Ovakva konstrukcija pogoršava hladan start motora i pojavu belog dima na izduvu. Takođe želja vozača za startovanjem motora i korišćenjem neometano i u toku hladnog starta postaje problem. Implementiranje nekih sistema može zaobići tu vrstu problema, kao npr. varijabilni usisni ventili.

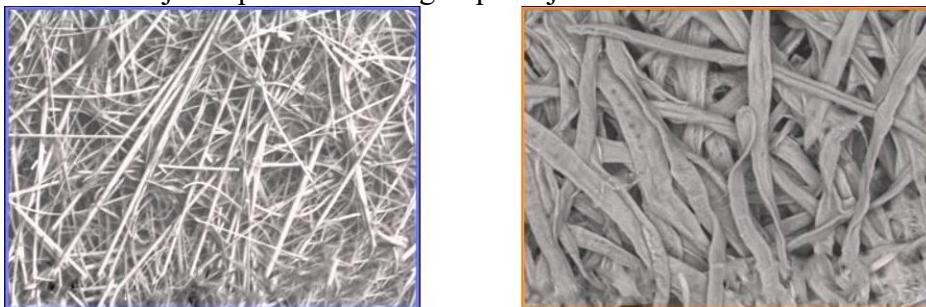
2.2 Recirkulacija izduvnih gasova

Recirkulacija izduvnih gasova (EGR) je process u kome se izduvni gasovi vraćaju nazad u usisni vod zarad redukovanja NO_x emisije. Kao što možemo da primetimo, temperatura izduvnih gasova je veoma visoka što može puno uticati na temperaturu usisanog vazduha kojom se puni cilindar. Da bi sistem povrata izduvnih gasova imao manji uticaj na režime rada i na temperaturu usisanog vazduha dodaju se komponente poput kontrolisanog ventila i izmenjivača toplotne. U toku procesa hladnog starta ovako zagrejan vazduh možemo iskoristiti za skraćivanje perioda zagrevanja tako da povećamo količinu recirkulisanih gasova.

2.3 Prečišćavanje vazduha

Komponenta koja je zadužena da redukuje količinu čestica u usisnom sistemu je filter. Filter je projektovan tako da svojim telom blokira ulaz čestica u usis tako da ih zadržava u internoj strukturi. Filteri sa velikom zapreminom su poželjni kad su u pitanju motori koji zahtevaju veliki protok vazduha. Uloga filtera je da zaustavi čestice prljavštine kao i kapljice ulja da prodru do motora, što ima za rezultat veći radni vek komponenata koje bi mogle da podlegnu mehaničkom oštećenju usled zaprljanosti (klip, klipni prstenovi, zid cilindra). Takođe sem što čuva motor od čestica prljavštine, čuva i senzore koji se nalaze montirani u usisnoj grani. Ukoliko i dodje do zaprljanosti mernih elemenata na usisnoj grani (senzor protoka, pritiska...) to može da izazove pogrešna očitavanja i loše kalkulacije motornog kompjutera koje bi poremetile rad čitavog sistema. Sadržaj čestica u vazduhu može da bude organskog i neorganskog porekla i mogu da variraju po dimenzijama. 75% čestica uglavnom su dimenzija između 0.01um do 100um. Količina čestica uslovljena je najviše okruženjem u kom se motor koristi. Za vozilo koje se koristi u periodu od 10 godina sadržaj koji je filter prečistio može ekstremno da varira, između male količine od par grama do velikih količina prečišćenih čestica od nekoliko kilograma. Mogućnost najnovijih filtera je takva da prečišćavaju 99.8% vazduha za putnička i 99.95% za komercijalna vozila. Konstrukcija filtera treba da bude takva da ne stvara podpritisak u usisnoj grani a da zadovoljava protok vazduha u svim režimima motora. Filter vazduha može biti cilindričnog ili pljosnatog oblika ali ti oblici uglavnom zavise od položaja drugih komponenata motora tako da filter zauzima što manje zapreminskog prostora ispod poklopca motora.

Slika 1. Filter slikan sa elektronskim mikroskopom, desno nekvalitetan filter, levo slika je filter proizveden novijim tehnologijama sa mešavinom celuloze i karbona koje su impregnirane i kompresovane da bi zadovoljile otpornost na vlagu i poboljšale mehaničke karakteristike.

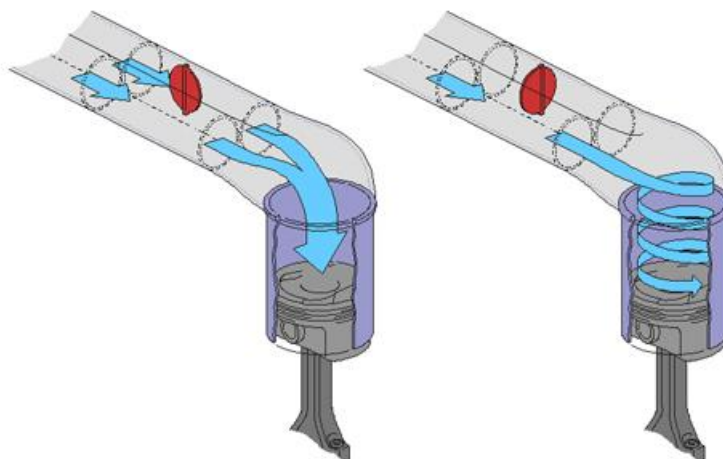


Slika 1. Struktura dva različita filtera pod mikroskopom

2.4 Vrtloženje vazduha

Vrtloženje vazduha u cilindru za posledicu ima poboljšano formiranje smeše. Na dizel motorima se uglavnom koristi sistem kružnog vrloženja vazduha u cilindru aksijalno oko čela klipa. Takav vid vrtloženja ima bolje mešanje vazduha sa gorivom dok je motor delimično opterećen. Način izvodjenja je uz pomoć vrtložne klapne koja se nalazi u usisnom vodu, njen položaj otvoreno-zatvoreno uslovljava različito regulisanje protoka vazduha kroz vod što dovodi do vrtloženja vazduha u režimu kada je klapna zatvorena slika 1. (desno). Kada je motor maksimalno opterećen klapna se otvara slika 1. (levo) što omogućava neometan prodor vazduha u cilindar i gubitak efekta vrtloženja, međjutim takodje se gubi efekat podpritiska koje može izazvati vrtložna klapna, što bi dovelo do značajnog gubitka punjenja cilindra.

Slika 1. predstavlja rad vrtložne klapne u dva odvojena režima



Slika 1. Položaj ugradnje vrtložne klapne u usisni vod

2.5 Klapna za hitno zaustavljanje motora

Nekontrolisano sagorevanje u dizel motoru je stanje u kom uglavnom sa strane usisnog voda motor usisava dodatnu količinu goriva koja može da izazove prekoračenje brzine broja obrtaja i da proizvede i do 10 puta veću izlaznu snagu. Ovakvo stanje može da traje veoma kratko tako da za vreme tog intervala dizel motor ima povećano habanje mehaničkih delova do trenutka potpunog otkaza.

Jedan od sistema koji bi mogao da izazove ovakvu situaciju je odušak uljnih para koji je vezan na usisni sistem. Na motorima koji imaju povećane zazore izmedju pokretnih mehaničkih elemenata može da se desi, da pritisak koji se javlja u cilindru kao proces sagorevanja bude neadekvatno zaptiven pa da poraste i pritisak u uljnom koritu motora. Usled povećanog pritiska u uljnom koritu, ulje u takvoj situaciji može proći preko kanala i ventila za odušak u usisni vod. Pošto bi takvo ulje ulazilo pod nekim pritiskom formiralo bi u usisnom vodu oblak koji bi bio lakši za zapaljenje. Pod uticajem usisavanja, ulje koje završi kao oblak pare usisano u cilindar imalo bi veliki potencijal upaljenja što bi dovelo do povećanog broja obrtaja motora. Sledilo bi još veće povećanje pritiska u uljnom koritu koje bi dopremalo još više ulja u cilindar. Ovakva petlja bi uslovlila linearno povećanje obrtaja u kratkom vremenskom periodu i nemogućnost gašenja motora. Još jedan sistem koji je direktno spregnut sa usisnim vodom bi mogao da izazove ovakvu situaciju a to je turbo punjač. Jedina razlika izmedju prethodno opisanog sistema je način na koji bi ulje dospevalo opet u usisni vod. U ovom slučaju ulje bi bilo dopremano u usisni vod preko zaptivnih elemenata turbo punjača. Takodje neadekvatan nivo ulja i mehanički oštećeni delovi ovih sistema bi samo poboljšali nekontrolisano sagorevanje.

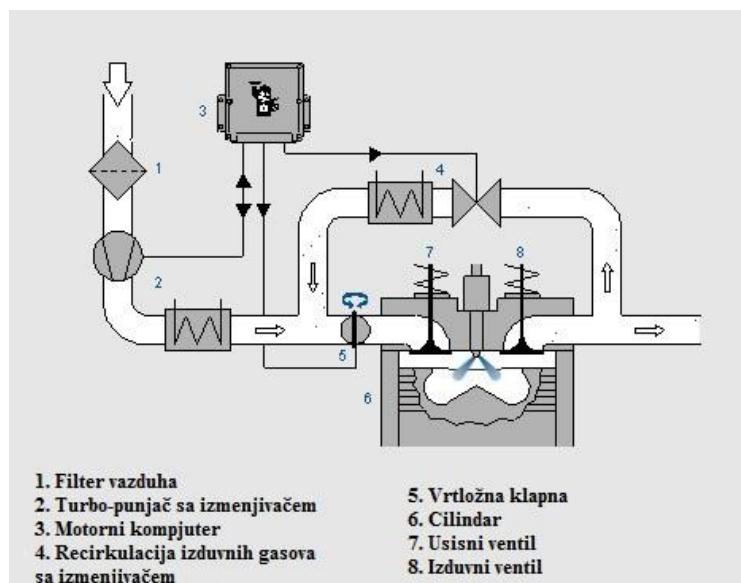
Motor bi sagorevao ulje (pošto već ima slične karakteristike upaljenja kao dizel gorivo) do trenutka kad i prekid sistema za brizganje goriva ne bi imao efekat zaustavljanja motora. Kao sigurnosnu komponentu možemo na nekim sistemima videti i klapnu za hitno zaustavljanje motora koja bi prekidom dotoka vazduha uspešno otklonila nekontrolisano sagorevanje. Ovakva komponenta je uglavnom iskorišćena da radi svaki put kada okrenemo ključ u stanje

zaustavljanja motora. Na nekim modelima automobila koji poseduju vrtložnu klapnu ali tako da ona pravi efekat valjanja vazduha, ta klapna je još iskorišćena u svrhu i zaustavljanja motora. Za motore koji nemaju klapnu za hitno zaustavljanje, korisnik bi u takvoj situaciji morao odreagovati na adekvatan način, da pokuša samostalno uz pomoć menjačkog prenosnika i kočionog mehanizma uspori rad motora do potpunog zaustavljanja bez pomeranja vozila. Ili korišćenjem CO₂ aparata sa kojim bi ukoliko postoji pristup otvoru usisa ubacivao ugljen-dioksid koji bi suzbio proces sagorevanja. Za neuspelo zaustavljanje motora mora se brzo reagovati i odaljiti od vozila jer trenutak potpunog otkaza može izazvati da neki mehanički delovi dobiju preveliku inerciju koja može stvoriti projektele dovoljnih masa da budu opasne po čoveka.

3. Pregled usisnog sistema

Da bi dizel motor sagoreo gorivo, potrebno je dovesti kiseonik koji se isporučuje preko usisne grane. Smeša koja se nalazi zarobljena u cilindru pošto se zatvore ventili je podeljena u 3 komponente. Jedna komponenta je svež vazduh koji se doprema preko ulaza u usisnu granu preko filtera vazduha, druga komponenta su sagoreli gasovi koji su se našli u cilindru ili od nepotpunog ispiranja cilindra ili preko povratnog voda koji vraća izduvne gasove nazad na usis. Dok je treća komponenta samo gorivo koje je ubrizgano u cilindar. Ako usisni sistem napuni što veću količinu vazduha u cilindar to je moguće ubrizgati više goriva pri punom opterećenju. Rezultat toga je direktna veza između količine vazduha kojim je napunjen cilindar i maksimalne moguće izlazne snage. Pored usisnog sistema takodje i konstrukcija čela klipa, ventila i cilindra ima veliki efekat na efikasnost punjenja vazduhom. Zadatak usisnog sistema je takav da obezbedi dovoljnu količinu vazduha u cilindrima pri svim režimima rada motora.

Šematski prikaz osnovnog sistema usisa sadrži komponente koje su prikazane na Slici 2.



Slika 2. Pregled komponenata koje čine usisni sistem

Sa Slike 2. uočavamo numerisane komponente koje su zadužene za isporuku vazduha u cilindar, gde je velikom strelicom odozgo na dole prikazan smer ulazka vazduha u usisni sistem. Prva komponenta označena sa br.1 je filter vazduha koja se nalazi neposredno posle ulazka vazduha iz atmosfere u usisni sistem. Br.2 označava komponentu turbo-punjača ili super punjača a odmah nakon toga vazduh prolazi i kroz izmenjivač toplote. Komponenta br.3 je motorni kompjuter koji upravlja radom aktuatora koji regulišu pritisak, količinu izduvnih gasova preko komponente br.4 koja se nalazi u povratnom vodu zajedno sa izmenjivačem. Takodje aktivacija komponente br.5 tj. klapne za vrtloženje koja je upravljana preko motornog kompjutera. Mešanje vazduha iz usisnog voda i zaobilaznog voda pre ulazka u cilindar komponenta br.6 preko usisnog ventila komponenta br.7.

[illegible]

Komentar :

c) Izvršiti dijagnostička merenja za količinu mase vazduha i procenat otvorenosti ventila za povrat izduvnih gasova, korišćenjem dijagnostičkog uređaja Bosch KTS na različitim opterećenjima motora dok je vod za recirkulaciju izduvnih gasova privremeno blokiran. Po mogućnosti koristiti i izveštaj sa merne stanice za ispitivanje emisije izduvnih gasova.

- Na prvom dijagramu nacrtati grafičko-komunikativni signal količine vazduha iz OBD.
- Na drugom dijagramu nacrtati grafičko-komunikativni signal otvorenosti EGR ventila.

[illegible]

%																			
																	t	[s]	

Komentar:

d) Ukoliko sistem za dovod vazduha poseduje pored osnovnih komponenti još i dodatnu komponentu (ili više komponenti), koristiti program Bosch ESI-tronic za informacije o realizaciji merenja i provere tog podsistema. U komentaru obrazložiti rezultate merenja.

Komentar:



Laboratorijska vežba 3

Regulacija natpunjenja

Ime i prezime studenta: _____

Broj indeksa: _____

Datum: _____

Vežbu pregledao: _____



Laboratorijska vežba 4

Potpritisni servo sistem

Ime i prezime studenta: _____

Broj indeksa: _____

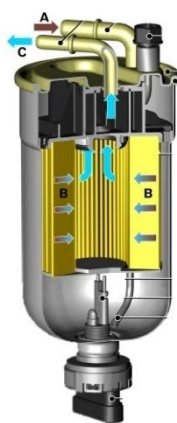
Datum: _____

Vežbu pregledao: _____



Laboratorijska vežba 5

Niskopritisna instalacija za gorivo



Ime i prezime studenta: _____

Broj indeksa: _____

Datum: _____

Vežbu pregledao: _____

1. Cilj laboratorijske vežbe

Cilj laboratorijske vežbe je sticanje znanja o načinu funkcionisanja niskopritisne strane goriva u sistemu dizel motora. Praktično će biti izmerene vrednosti koje definišu pravilan rad sistema kao i diskutovanje uzročno posledičnih pojava koje ga narušavaju.

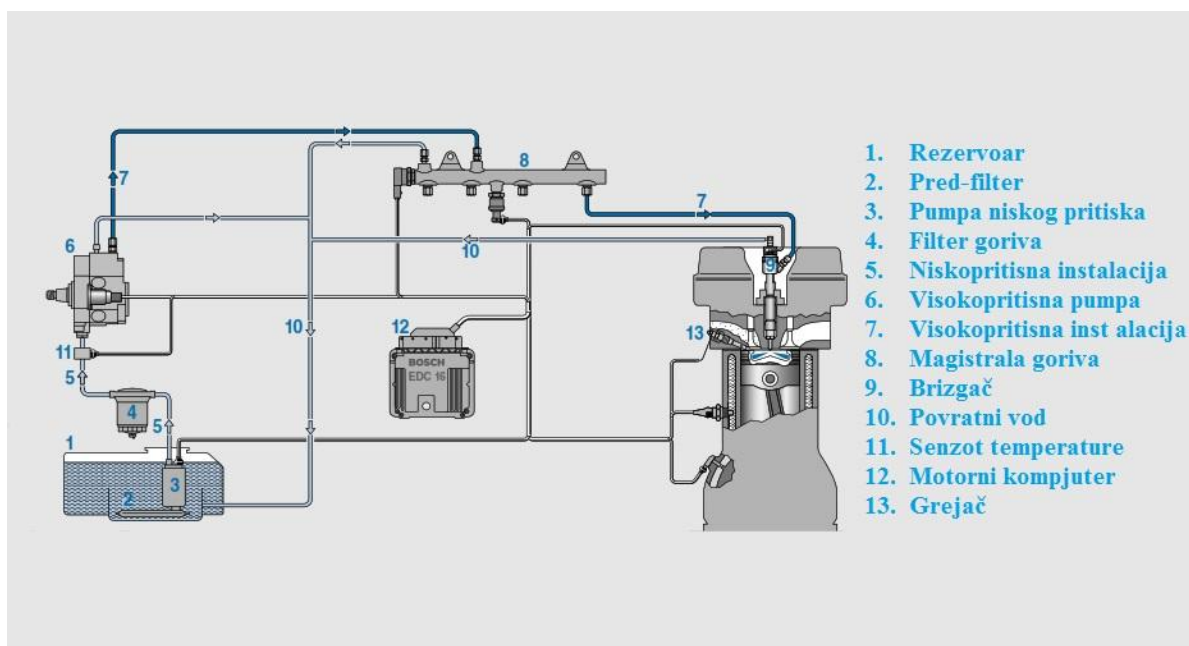
2. Pregled niskopritisne instalacije za gorivo

Funkcija sistema niskopritisne instalacije goriva je da skladišti, filtrira potrebno gorivo kao i da na zahtev isporučuje potrebnu količinu goriva za visokopritisnu stranu pod svim režimima rada. Visokopritisna strana ustvari bitno zavisi od dopremanja gorivom bilo da je u pitanju *common-rail*, *pump-injector* ili *radial-piston-pump* sistem.

Niskopritisni sistem sadrži komponente:

- Rezervoar za gorivo
- Pred-filter
- Izmenjivač toplote na povratnom vodu (nemaju svi sistemi)
- Pred-pumpu (lokacija pumpe u rezervoaru, nemaju svi sistemi)
- Filter goriva
- Pumpu za gorivo (niskopritisna strana)
- Ventil za regulaciju maksimalnog pritiska
- Instalaciju za gorivo (može da prolazi i kroz neke komponente pa da ima funkciju hlađenja)

Na slici 1. je prikazana niskopritisna instalacija koja se uglavnom ugrađuje na *common-rail* sistemu ubrizgavanja.



Slika 1. Instalacija goriva za dizel motor

2.1 Rezervoar za gorivo

Rezervoar za gorivo mora da bude urađen tako da bezbedno skladišti gorivo i da pod uticajem porasta pritiska za bar od 0.3 bara ne ispusti nikakvu količinu goriva. Sistem za rasterećenje je zato instaliran u vidu ventilacione klapne koja bi se otvarala i dozvoljavala izjednačenje pritiska između pritiska u rezervoaru i atmosferskog pritiska. Još mora da obezbedi zadržavanje goriva po svaku cenu ukoliko vozilo naglo menja smer, prelazi preko neravnog terena ili menja nagib usled penjanja ili spuštanja. Rezervoar je smešten van kabine vozila tako da gorivo koje se nalazi u njemu ne ugrožava putnike ukoliko dodje do udesa. Na nekim

modelima je projektovan tako da poseduje dva zapreminska mesta koja su povezana i u koje se skladišti gorivo a usled nemogućnosti da se postavi samo jedno.

2.2 Instalacija za gorivo

Instalacija za gorivo je napravljena od raznih materijala (metalne, plastične, širmovano ojačane itd. cevi). Moraju da budu sprovedene tako da obezbede dovoljno fleksibilnosti izmedju pomerajućih komponenata koje bi mogle izazvati njihovo oštećenje i propuštanje goriva. Ukoliko se šasija vozila uvija ili se motor u odnosu na šasiju pomera, instalacija za gorivo mora da isprati sve deformacije tako da ne pusti sadržaj goriva ili u ekstremnim slučajevima ukoliko se to desi da ni na koji način gorivo sakupi, tako da ono može izazvati zapaljenje. Takodje cela instalacija mora da bude zaštićena od trajnog zagrevanja a na pojedinim mestima i dodatno (prostor oko motora). Instalacija zakonski ne ide kroz kabinski prostor ili transportni porostor ukoliko je u pitanju teretno vozilo.

2.2 Filter goriva

Sistem ubrizgavanja goriva u cilindar je napravljen sa precizno izradjenim elementima koji su osetljivi na kontaminacije goriva sa česticama prljavštine i sadžajem vode. Fiter zato ima zadatak da:

- Redukuje čestice koje bi mogle da uzrokuju erozivna dejstva mehaničkih elemenata, što u suštini znači da izbor filtera treba da bude u određenom opsegu njegovog delovanja. Pored filtracije mora da ima i odredjena akumulaciona dejstva čestica koje u toku skladištenja ne smeju da izazovu smanjen protok goriva kroz niskopritisni vod i da pri takvim uslovima ugroze rad motora. Zato se filter projektuje specifično po protoku isporuke kroz sistem i njegovim intervalom zamene kojim ne bi smeo da utiče na performanse motora. Ukoliko se filter za gorivo zameni sa neadekvatnim, u najboljem ili najgorem slučaju može se dijagnostikovati zamena jednog dela ili zamena svih delova na niskopritisnom i visokopritisnom delu. Za razliku od benzina, dizel gorivo se iz proizvodnje isporučuje sa većom zaprljanošću a uslovi korišćenja zahtevaju povećanu zaštitu od habanja i zbog toga filteri za dizel gorivo poseduju intervale zamena mnogo češće. U zavisnosti od motora zahtevi za redukcijom čestica su u odnosu od 65% do 98.6% a tiču se posebno čestica izmedju 3 do 5 μm (ISO/TR 13353:1994).
- Redukuje vodu efikasno u sistemu od preko 93% (ISO 4020:2001) njene količine pri maksimalnom protoku.

Filter je uglavnom projektovan tako da se nalazi izmedju niskopritisne pumpe i visokopritisne pumpe ispod poklopca motora. Korišćenje kućišta koja se odvijaju sa što manje metalnih delova samog filtera su najviše u upotrebi. Zamenski delovi od filtera su uglavnom napravljeni od aluminijuma, listova čelika i čvrste plastike tako da ostaju kompaktni usled mehaničkih delovanja na njih. Uložak filtera je jedini zamenski deo i uglavnom ima oblik valjka sa otvorom. Postavljanje filtera može da bude paralelno (veća mogućnost akumulacije čestica prljavštine) i redno (finija filtracija čestica). Postavljanje filtera čestica redno je metoda koja se češće koristi jer u nekim zemljama zbog povećanog sadržaja čestica postoje pred-filteri koji se uglavnom nalaze neposredno pre ulazka u instalaciju. Oni su izradjeni tako da zadržavaju veće čestice koje bi mogle narušiti akumulaciona svojstva finijeg filtera koji sledi posle u sistemu. Dizajnirani su u obliku cediljke koja ima mrežu kroz koju ne mogu da prođu čestice veće od 300 μm . Dizajn kućišta filtera je takav da je napravljen od hidrofobnog materijala koji u toku proticanja goriva može obrazovati kapljice vode koje usled veće zapreminske mase padaju na dno filtera. Zbog toga su još i opremljeni sa otvorom na dnu posude uz pomoć koje bi sakupljena voda mogla izaći iz sistema. Otvaranje i istakanje vode se uglavnom radi manuelno u toku zamene uložka filtera uz pomoć čepa ili dugmeta koji bi pritiskom oslobodio vodu iz kućišta filtera. Automatski odstranjivači vode su još u fazi razvoja.

Dodatne funkcije filtera:

- Zagrevanje goriva (uz pomoć električnog grejača i/ili povratnog voda)
- Servisna obaveštenje za vozača (merenjem diferencijalnog pritiska goriva)
- Ozračivanje (manuelna pumpa koja se nalazi na filteru)

Generacija novih filtera imaće sposobnosti prečišćavanja biodizela. U suštini moraće imati veća akumulaciona svojstva zbog povećane koncentracije nečistoća nastale organskim česticama. Pritom interval zamene će se smanjiti i pored većih kapacitivnih mogućnosti.

3. Pumpe niskog pritiska

Pumpa koja se nalazi na strani niskog pritiska je zadužena za isporuku dovoljne količine goriva ka viokopritisnoj strani i to tako da: pritisak koji stvare ne zavisi od uslova rada, smanjenom bukom kao i da ima rok trajanja koji je usklađen sa vekom trajanja samog vozila. Pumpa izvlači gorivo iz rezervoara i isporučuje u određenom protoku koji može da varira između 60 i 500l-h u zavisnosti od tipa motora i pritiscima između 3 do 7bara. Mnoge pumpe se ozračuju automatski tako da je omogućeno startovanje motora i kad je prethodno rezervoar ostao bez goriva. Pumpe možemo podeliti u 3 kategorije a to su :

- Električna pumpa
- Mehanička pumpa sa zupčanicima
- Krilna pumpa

3.1 Električna pumpa

Električna pumpa je ugrađivana jedino u putnička vozila i laka komercijalna vozila. Uz to što je zadužena za isporuku goriva iz rezervoara još ima funkciju zaustavljanja protoka ako je vozilo učesnik saobraćajne nesreće. Električne pumpe mogu biti eksterne ili interne. Eksterne pumpe se nalaze izvan rezervoara sa gorivom uglavnom na donjem delu karoserije vozila. Dok se interne nalaze u rezervoaru sa pratećim dodacima kao što je kućište pumpe, merač nivoa goriva i prateće električne instalacije i instalacije creva između kućišta pumpe i same pumpe. Sa početkom obrtanja motora u toku starovanja, električna pumpa počinje sa radom konstantno nezavisno od opterećenja motora. Što znači da isporučuje gorivo kroz filter do visokopritisnog sistema a višak goriva ide nazad povratnim vodom. Višak goriva se rasterećuje preko ventila nazad u rezervoar. Sigurnosni sistem pumpe je takav da u slučaju da je motor nepogonjen a vozilo u stanju mirovanja ne napaja pumpu električnom energijom. Električnu pumpu možemo podeliti u tri sekcije:

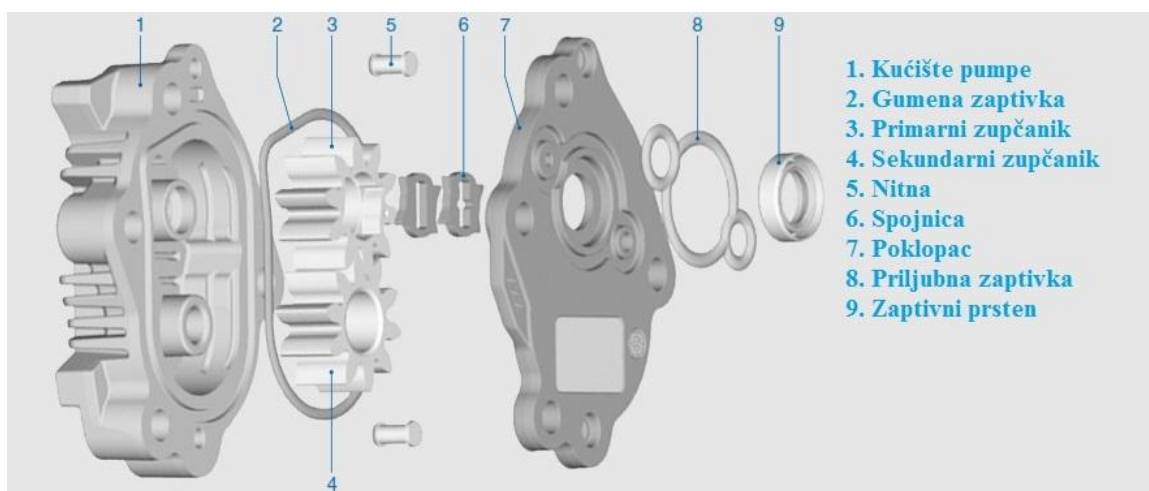
- Pumpni element koji gura gorivo ka visokopritisnoj strani. Uglavnom se koristi element sa promenom zapremine, tako što rotacijom menja zapreminu sa pozitivne u negativnu. S obzirom da ovakav pumpni element poseduje površine koje u toku rada imaju interakciju u vidu trenja nije mu smanjen vek u odnosu na benziske modele. Zbog dizel goriva koje ima bolje mazive karakteristike ovakve pumpe imaju duži vek trajanja. Medjutim centrifugalne pumpe koje se koriste uglavnom kod benziskih motora nisu zastupljene u transportu dizel goriva jer gorivo takodje poseduje veću gustinu i viskozitet koji bi stvarao i veće gubitke.
- Električni motor je jednosmerni motor sa permanentnim magnetima. Karakteristike motora su uglavnom takve da dozvoljavaju gorivu proticanje kroz sam motor bez potrebe komplikovanih izolacionih sistema. Izrađuje se po zahtevu sistema a pošto gorivo nesmetano protiče preko motora biva ohlađen što mu garantuje veću trajnost.
- Priključak za instalaciju je sam početak niskopritisnog voda. Pre priključka se nalazi nepovratni ventil koji sprečava da se gorivo vrati nazad iz sistema u rezervoar. Time se obezbeđuje da visokopritisna pumpa ne ostane bez goriva što može da izazove otežano

startovanje vozila pa čak i onemogućiti ga. Na kraju prikljčka može još biti i ugrađen ublaživač pritiska.

3.2 Zupčasta pumpa

Zupčasta pumpa je ugrađivana uglavnom u putnička vozila, laka komercijalna, teretna i vozila koja se kreću van puta. Nalazi se direktno na motoru ili je uglavnom integrisana u samoj visokopritisnoj pumpi. Pogonjena je preko kaišnika ili direktno spregnuta sa zupčanicom. Glavne komponente ove pumpe su dva međusobno spregnuta zupčanika koji rotacijom uvlače gorivo u procep između zupčanika sa strane ulazka goriva, da bi gorivo gurale ka potisnom vodu. Dodirivanje elemenata zupčanika koji se okreću stvara zaptivenost tako da se gorivo ne može vraćati nazad.

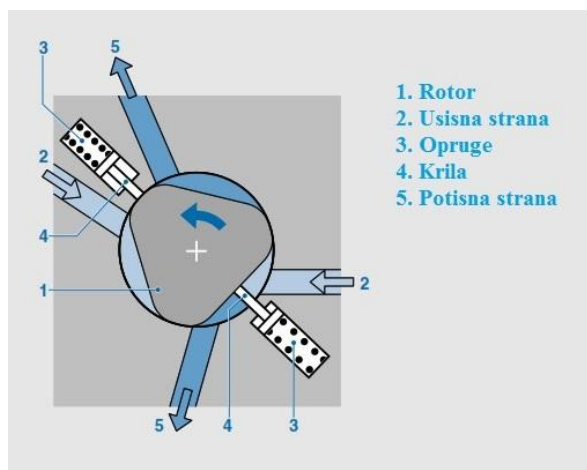
Količina goriva koju pumpa isporučuje je proporcionalna broju obrtaja motora tako da isporuka gorivom zavisi od opterećenosti motora sa strane ulazka goriva u pumpu i rasteretnog ventila koji se nalazi u potisnom vodu. Zupčasta pumpa ne podleže reparacijama i računa se kao deo koji dostiže životni vek motora. Slika 2. je konstrukcija zupčaste pumpe sa njenim sastavnim delovima.



Slika 2. Delovi zupčaste pumpe

3.3 Krilna pumpa

U određenim putničkim i komercijalnim vozilima koristila se krilna pumpa koja je koristila dva odvojena prostora koja su zaptivena preko rotora uz pomoć opruga (3) koje guraju krila (4) pumpe, što vidimo sa slike 3. Kada se rotor okreće, zapremina se sa usisne strane povećava (2) i gorivo ulazi u taj prostor. Sa kontinualnom rotacijom, zapremina se smanjuje i gorivo biva gurano u potisni vod (5). Ovakva vrsta pumpi isporučuje gorivo i na malim obrtajima rotora.

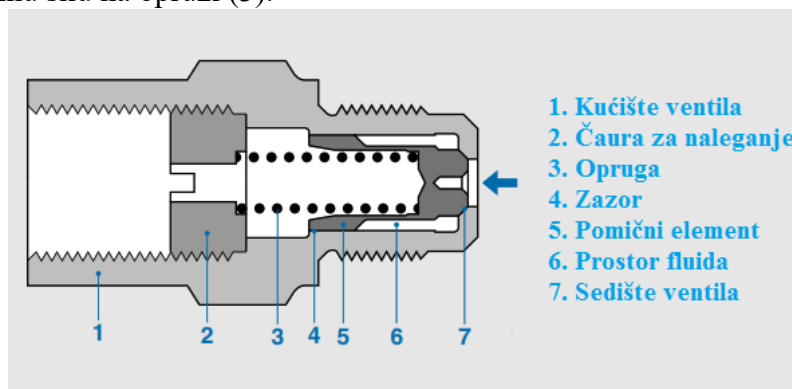


Slika 3. Osnovni delovi krilne pumpe

4. Ostali elementi

Pod ostalim elementima možemo nazvati elemente koji mogu biti ugrađeni u vozilo u zavisnosti od samog dizajna i zahteva niskopritisnog sistema. To su elementi koji poboljšavaju isporuku na niskopritisnom sistemu ili eliminišu neke negativne pojave koje su specifične za postojeći sistem. Elementi koji se uslovno ne nalaze na svakoj niskopritisnoj instalaciji:

- Niskopritisni rasteretni ventil koji je tipičan za sisteme: pumpa vod brizgač i pumpa-brizgač sisteme. Nezavisnost ovog elementa je takva da u svakom trenutku obezbeđuje gorivo pod određenim pritiskom za bilo koji režim rada motora i ublažava oscilacije. Pritisak varira za razliku od aplikacije u kojoj se nalazi a može se na nekim rasteretnim ventilima i naknadno ručno podešavati. Na slici 4. je prikazan ventil tako da pomični element (5) u slučaju varijacija pritiska do 0.5 bara odvaja od sedišta (7) i pušta gorivo u prostor za fluid (6). Mala količina goriva može da protekne između pomičnog elementa (5) i kućišta ventila (1) tako da obezbedi ublažavanje pritiska nastalog u niskopritisnom sistemu. U slučaju da pritisak poraste preko 0.5 bara, pomični element je pritiskom poguran tako da gura oprugu više i pušta gorivo nazad u povratni vod bez zadržavanja. Čaura za naleganje (2) ima funkciju podešavanja tako da odvijanjem ili zavijanjem pravi različitu zateznu silu na opruzi (3).



Slika 4. Niskopritisni rasteretni ventil

- Korišćenje goriva kao rashladni fluid je moguće na nekim sistemima koji imaju za potrebu da ohlade neke elemente ispod temperature rashladnog sistema motora. Ti elementi su uglavnom elektronske komponente koje imaju opseg rada između -40 i 120°C . Tako da gorivo koje protiče kroz niskopritisni sistem, iskorišćeno da kroz kanale u kućištima gde se nalaze te elektronske komponente svojom prolazom odvede deo toplote.
- Izmenjivač toplote se koristi kod sistema koji imaju povećano zagrevanje goriva u povratnom vodu. Usled zagrevanja goriva koje protiče kroz vruće delove a koji se nalaze u motornom porostoru, povećan je rizik da to gorivo koje odlazi u povratni vod naškodi elementima u rezervoaru i samom rezervoaru. Zato je izmenjivač u povratnom vodu obavezan i nalazi se ispod vozila ili blizu izmenjivača toplote sa rashladnom tečnošću ali tako da ne postoji uzajamno delovanje između ova dva izmenjivača.
- Korišćenje blokirajućih ventila na nekim sistemima ima za posledicu da poveća sigurnost i obezbedi prekid rada dizel motora. U upotrebi su dva različita tipa ventila a to su : elektronski blokirajući ventil i elektrohidraulični blokirajući ventil. Uglavnom su pogonjeni preko motornog kompjutera tako da proticanje struje uslovljava otvorenost ventila i nesmetan prolaz goriva do visokopritisnog sistema. Za male motore se koriste čisto električni ventili dok kod velikih motora sa velikim protocima goriva iskorišćeni su elektrohidraulični ventili koji uspevaju da u što kraćem vremenskom periodu zaustave dotok goriva.

5. Zadatak

Na dostupnom vozilu detaljno proučiti niskopritisni sistem i izmeriti dostupne parametre preko dijagnostičke opreme.

Vozilo:	
Sistem za upravljanje radom motora:	

a) Nacrtati šemu niskopritisnog sistema

Šema:

b) Ukoliko vozilo poseduje niskopritisnu pumpu koja se nalazi u rezervoaru, izvršiti uporedna merenja pritiska i struje. Koristiti manometar za merenje pritiska goriva sa dodatnim priključnim elementima za ostvarivanje konekcije sa niskopritisnom stranom. Za merenje struje i napona koristiti dostupan osciloskop koji je potrebno priključiti na konektor niskopritisne pumpe. Nacrtati dijagram i popuniti izmerene parametre.

P(bar)															
U,I(V,A)															
															t(s)



Laboratorijska vežba 6

Pumpa visokog pritiska

Ime i prezime studenta: _____

Broj indeksa: _____

Datum: _____

Vežbu pregledao: _____



Laboratorijska vežba 7

Regulacija visokog pritiska

Ime i prezime studenta: _____

Broj indeksa: _____

Datum: _____

Vežbu pregledao: _____



Laboratorijska vežba 8

Brizgaljke

Ime i prezime studenta: _____

Broj indeksa: _____

Datum: _____

Vežbu pregledao: _____



Laboratorijska vežba 9

Sistem za smanjenje emisije štetnih gasova i čestica

Ime i prezime studenta: _____

Broj indeksa: _____

Datum: _____

Vežbu pregledao: _____

1. Cilj laboratorijske vežbe

Cilj laboratorijske vežbe je sticanje elementarnih znanja o radu sistema za redukciju štetnih izduvnih gasova. Detaljno su obrađeni osnovni sistemi koji se koriste na vozilima da bi se ispunile trenutne norme koje su obuhvaćene evropskom direktivom od 2014. god. pod nazivom EURO 6 standard i pripreme koje slede za najavljeni EURO7 standar koji je najavljen za 2020 godinu.

2. Produkti sagorevanja kod dizel motora i njihovo rano suzbijanje

U toku takta sabijanja kod dizel motora se ubrizgava gorivo pod pritiskom a ono formira smešu sa vazduhom koji se našlo u cilindru što je prva faza procesa sagorevanja u cilindru. To je u stvari početak brizganja do trenutka kad se smeša samozapali i počne da gori. Sledeći korak u procesu je domešavanje preostalog goriva sa vazduhom dok proces gorenja traje. Na kraju je preostala smeša vazduha i goriva koja gori do kraja procesa sve dok postoje uslovi za izgaranje. Sve tri faze: formiranje smeše, domešavanje i sagorevanje, imaju veliki uticaj na formiranje sastava izduvnih gasova. Ove faze zavise od pasivnih parametara motora i od aktivnih parametara motora. Za pasivne parametre koje utiču na procese sagorevanja možemo uvrstiti: kompresija motora, hod klipa, površinu klipa, oblik klipa, oblik usisne grane, ugao otvaranja i zatvaranja usisnih i izduvnih ventila. Za aktivne parametre možemo smatrati sistem ubrizgavanja goriva i usisni sistem.

- Usisni sistem ima veliki uticaj na formiranje smeše tako što od njega zavisi punjenje cilindra vazduhom kao i energija vrloženja. Delovanje na ove pojave vrše komponente usisnog sistema a to je geometrija usisne grane i oblik cilindra. Više pažnje je posvećeno povratu izduvnih gasova s obzirom da su azotni oksidi po novim direktivama minimalizovani. Pa je usisni sistem u mogućnosit da isporuči velike količine vazduha sa preciznim doziranjem povratnih izduvnih gasova za sve cilindre u svim režimima sa veoma dobrim odzivom.
- Sistem ubrizgavanja poseduje brizgače sa veoma malim prolazima ubrizgavanog goriva kao i specifične geometrije koje obezbeđuje dobro formiranje smeše goriva i vazduha u cilindru. Pored toga i dobro kontrolisane količine koje mogu da se u kratkom vremenu brizgaju su ključne za smanjivanje vremena formiranja smeše. S obzirom da je pritisak usisnog sistema dosta porastao samanjilo se i kontrolisanje tog sistema pa je fokus prebačen na sistem ubrizgavanja kojim bi se nadomestilo slabo vrtloženje u cilindru.

Ostali uticaji koji mogu da utiču na proces sagorevanja pa i na sastav izduvnih gasova su: brzina obrtanja motora, opterećenje motra i gorivo.

- Velika brzina obrtanja motora uslovljava veća trenja između elemenata i još veće gubitke usled povećane brzine obrtanja elemenata koji su vezani na vratilo radilice npr. vodena pumpa. Zbog toga efikasnos motora opada. Zato je na visokim obrtajima potrebno da količina ubrizganog goriva bude veća u odnosu na performanse motora što dovodi do povećane emisije izduvnih gasova. Kad su u pitanju azotni oksidi za njihovo formiranje je potreban proces vezivanja koji duže traje i povećana temperatura, međutim povećanjem broja obrtaja pojava azotnih oksida se sve više smanjuje zbog skraćivanja procesa sagorevanja a i smanjivanja temperature u cilindru. Za HC i CO jedinjenja kako povećavamo broj obrtaja motora tako se i količina ovih neželjenih gasova povećava. To se dešava zbog skraćivanja vremena formiranja radne materije pa i pada pritiska u cilindru dok su obrtaji motora veći a opterećenje malo. Pozitivna pojava je formiranje boljeg vrtloga sa usisne strane i to delimično kompenzuje loše uslove formiranja smeše. Takođe formiranje čađi je manje zbog veće energije vazduha koji se vrtloži.

- Sa povećanjem opterećenja motora povećava se i temperatura u cilindru, što dovodi do boljih uslova u cilindru. Međutim zbog nesavršenosti toka sagorevanja u većem broju se pojavljuju jedinjenja azot dioksida ali najviše zbog povećane temperature. Nekompletnih sagorevanja ima sve manje pa je zato CO i HC emisija izduvnih gasova smanjena. Međutim što je opterećenje veće a odnos goriva i vazduha takav da je lambda faktor veći od 1.4, tj. vazduha ima manje, ima za posledicu povećanu emisiju čađi i CO.
- Gorivo je još jedan od faktora koji utiču na povećanje emisije ali na njega se uglavnom utiče u proizvodnji. Zato je prezentovano gorivo koje ima manje sumpora ili čak bez sumpora koje posle u procesu sagorevanja ne može napraviti jedinjenja sumpor dioksida. Tako je i težnja za cetanskim brojem veća koja bi uslovila kraće vreme između početka ubrizgavanja i zapaljenja što bi redukovalo i nagle poraste pritiska koje izazivaju buku. Količina goriva je direktno srazmerna sa emisijom CO₂ pa je smanjivanje potrošnje goriva još jedan cilj koji treba ispuniti. Veliki procenat povratnih izduvnih gasova je takav da stvara lošije performanse tj. manju efikasnost motora što povećava emisiju CO₂.

3. Suzbijanje štetnih izduvnih gasova u izduvnom sistemu

Pored aktivnih parametara sa kojim se utiče na sastav izduvnih gasova za nove norme nije moguće redukovati nepoželjnu emisiju izduvnih gasova bez



Laboratorijska vežba 10

Motorni računar

Ime i prezime studenta: _____

Broj indeksa: _____

Datum: _____

Vežbu pregledao: _____