

BY HORNET

ELEKTRONSKI FAKULTET NIŠ

Seminarski rad iz predmeta:

**AUTO ELEKTRONIKA**

Tema: "Emission control"

- kontrola izduvnih gasova -

## 1.3 Emission control ( Kontrola emisije izduvnih gasova)

### 1.3.1 Uvod

Sagorevanjem benzina i dizela dobija se ugljen dioksid (CO<sub>2</sub>) i vodena para (H<sub>2</sub>O). CO<sub>2</sub> nije toliko škodljiv u direktnom kontaktu s njim ali ipak ima negativnu ulogu u očuvanju zivotne sredine.

Zbog nepotpunog sagorevanja javljaju se štetni gasovi kao sto su ugljen monoksid (CO) i nesagoreo ugljenovodonik (HC). Ovi gasovi oksidiraju sa azotom koji se nalazi u usisnom vazduhu i dobijaju se azotni oksidi (NO<sub>x</sub>).

Osim ovih druge regulisane ili neregulisane emisije koje će biti prisutne su:

- Emisija čestica materije *particulate matter* (PM) je poprilično mala za benzinske motore, kada se posmatra ukupna masa (PM). Zbog težeg usitnjavanja dizel čestica i zbog nehomogene raspodele u dizel gorivu, dizel motori su uvek proizvodili više štetnih materija (dima).
- Do nedavno, takodje sadržaj *sumpora* u benzinu je bio dosta manji nego u dizelu. Sa narednim zakonom, sadržaj sumpora u dizelu i benzinu je smanjen na odgovarajući nivo.
- U prošlosti, *lead* (Pb) je takodje bio prisutan u izduvnim gasovima, zbog upotrebe neeksplozivnih proizvoda (ili oktansko poboljšanje) koji zadržavaju olovo u benzinu.
- *Fosfor, hlor, brom i boron* koji mogu biti prisutni u gorivu ili ulju za podmazivanje, takodje se mogu naći i u izduvnim gasovima kao *dioxins*.

Automobilske emisije se mogu kontrolisati na tri načina.

Jedan je težnja ka potpunom sagorevanju, drugi je povratak viška ugljovodonika nazad u motor gde će se izvršiti sagorevanje, i kao treći način je obezbeđivanje dodatnog prostora za oksidaciju, koji se naziva katalitički konvertor.

Honda je uvek bila jedan od pionira u ekološkom razvoju. 1973 Honda Civic je imala ugrađenu komoru za sagorevanje, da bi umanjila emisije gasova. Ali ubrzo je katalitička tehnologija uzela maha.

Ekoloski katalizatorska tehnologija je bila povezana sa problemima zagadjivanja *light-duty vozila*, uglavnom benzinski putnički automobili. Sa

sledecim usvajanjem zakona za čist vazduh *Clean Air Act (CAA)* postavljeni su osnovni standardi, oksidacioni katalizatori su komercijalizovani u SAD jos sredinom 1970-ih u svrsi kontrole emisije CO i HC.

Tro izlazni katalizatori , uvedeni 1980-ih, su bili u mogućnosti da kontrolišu NOx emisije SI motora na vrlo niskim nivoima. 1990-ih oksidacioni katalizatori su predstavljeni u dizel automobilima u Evropi. Ranih 70-ih dizel katalizatori su korišćeni u nekim profesionalnim okruženjima , kao sto su podzemna miniranja.

### **1.3.2 Catalytic converter ( Katalitički konvertor)**

Katalitički-opremljeni automobile su predstavljeni u SAD 1974, ali su se na Evropskim putevima pojavili tek 1985. Sada više od 275 miliona (svetskih 500 miliona) i preko 85% svih novih automobile proizvedenih u svetu su opremljeni autokatalizatorima. Katalitički konverteri su postavljeni na sva teška motorna vozila , motorcikle, i *off-road* vozila.

Tro izlazno katalizatorska tehnologija, radi na principu katalitičke redukcije NOx, CO i HC, i zahteva da motor ima automatski podesiv vazduh - gorivo odnos ,*air-to-fuel (A/F) ratio*. To je stvorilo potrebe za elektronskim sistemom koji ce podešavati odnos vazduha i goriva. 1981 su predstavljeni automatski podesivi motori (odnosa vazduh – gorivo), sa takozvano ugradjenom feedback (povratna sprega) tehnologijom. Kiseonik – senzor je postavljen u izduvni sistem i merio je sadržaj kiseonika u izduvnoj grani. Signal sa ovog senzora je vezan sa - lambda vrednošću- koja podesava odnos vazduh – gorivo . “Lambda senzor” bi poslao signal mikroprocesoru koji posle čitanja i analize deluje povratnim signalom, sto uzrokuje povećanje ili smanjenje mesavnine goriva i vazduha. Kako računarski sistemi dosta napreduju, oni su trenutno u mogućnosti da podesu moment bacanja varnice(vreme paljenja) al i podešavanje drugih emisija koje postoje na vozilu.

U prisustvu kiseonika, tro izlazni katalizator postaje neefikasan u smanjenju NOx. Iz tog razloga tro izlazni katalizatori ne mogu da kontrolišu NOx na dizel aplikacijama, zato sto slabo sagorevajući motori imaju visoku koncentraciju kiseonika u izduvnim gasovima pri svim radnim uslovima.

**Oksidacioni katalizator** pretvara ugljenmonoksid (CO) i ugljenvodonik (HC) u ugljendioksid (CO<sub>2</sub>) i vodu smanjujući masu dizel čestica, ali malo utiču na smanjenje azotnih oksida (NOx). Oni su korišćeni 70-ih god. u SAD na benzinskim automobilima dok nisu zamenjeni troizlaznim

katalizatorima. Skorašnji oksidacioni katalizatori su zastupljeni kod dizel vozila.

Prvi automobilski dizel-oksidacioni katalizator je bio primenjen na Volkswagen "Umwelt" iz 1989 god. Upotreba katalizatora nije bila potrebna u Evropi po propisima iz tog vremena. Umesto toga, ova upotreba katalizatora, predstavljena je kao ekološki odgovoran stav na auto tržištu. Od uvođenja EURO 2 emisionih standarda sredinom 1990-ih, oksidacioni katalizator je postao standard za proizvedene automobile i u Evropi. Kao zadnja etapa smanjenja CO, HC i PM razvili su se katalizatori za Euro 3 standard (2000).

**Brzi laki katalizatori (Fast light off catalysts)** omogućavaju da katalitički pretvarač radi pri povećanim izduvnim temperaturama. Promena na termalnom kapacitetu uslovljava da se na katalizatoru vrše velika poboljšanja u sastavu i tipu unutarnjih plemenitih metala.

Radi termičke izdržljivosti katalizatora i povećanja stabilnosti, katalitički pretvarač se montira blizu motoru čime se ujedno povećava i vek trajanja katalizatora, naročito tokom zahtevnije voznje. Kristaliti i prečišćivač u katalizatoru radi stabilnosti potrebno je da budu na temperaturi od 1000°C. Poboljšano skladištenje kiseonika u području prečišćavača, maksimizuje vazduh/gorivo "prozor" i označava "zdravstvo" katalizatora prilikom OBD dijagnoze.

### **Substrates (osnova, podloga)**

Aktivni katalizator je doživeo veliki napredak sa usavršavanjem *Tehnologije podloga ( substrates)*. 1974, keramička podloga imala je gustinu od 200 ćelija po kvadratnom inču (u daljem tekstu PKI) i poprečnim presekom (31 ćelija/cm<sup>2</sup>), zid debljine 0.012 inča ili 12 milsa (0.305 mm). Na kraju 70-ih broj ćelija se kretao od 300 do 400, debljina zida je smanjena za 50 % do 6 milsa. U današnje vreme dostupne su podloge od 400, 600 i 900 ćelija PKI, debljina zida je smanjena na 2 milsa gotovo 0.05mm. U kasnim 70-im podloge počunju da se prave iz tankih folija korozije čelika. Na samom početku, folije su bile izradjene od materija sa samo 0.05 mm i omogućavale su jako gustu strukturu. Kompleksnije unutrašnje strukture ustupile su kasnije, broj ćelija se kretao ok 800 i 1000 PKI a debljina zidova je išla dole do 0.025 mm. Napredak keramičkih i metalnih podloga je bio od velike koristi. Katalizator sa većom površinom je omogućavao bolju efikasnos konverzije i trajnost

Optimizovani sistemi su obuhvatili nove tehnologije u proizvodnji. Upotreba dodatnog katalitičkog konvertora višetruko smanjuje vreme emisije. Naime vreme je smanjeno sa oko 2 minuta na 20 sekundi. Tehnologija poboljšane podloge, u kombinaciji sa visoko termičkim stabilnim katalizatorom je ušla u EURO 2 i EURO 3 standarde kao i u California Low Emission Vehicle (LEV), Ultra Low Emission Vehicle (ULEV) i Super Ultra Low Emission Vehicle (SULEV) propisima.

Održavanje i trajnos performansi emisija kao i primena naprednih tehnologija kontrole emisije je od jako velikog značaja za ekologiju i ocuvanje životne sredine. Tehnologija bi trebalo da bude korišćena u granicama njene izdržljivosti, vozilo treba redovno proveravati kako bi se osiguralo da instalirani sistemi na vozilu rade pravilno.

Nakon SAD sredinom 1990-ih, Evropa je usvojila OBD sisteme za praćenje i upravljanje motora kao i kontrolu emisija gasova, uključujući efikasnos konverzije katalitičkog pretvarača. Efikasnos i trajnos katalitičkog pretvarača su jako zavisne od motora, goriva i sistema za upravljanje, u svemu tome pretvarač ima ključnu ulogu.

### **1.3.3 Particulate traps ( filtri cestica )**

Zidni keramički filteri uklone preko 90% ukupne mase čestica u izduvnoj grani kod dizel motora. Trenutni propisi su postavili ograničenja tj. granice na masu čestica u gramima po predjenom kilometru. Kod dizela su te čestice veličine 1 mikrona ili PM<sub>10</sub> = milioniti deo metra, kontrola se vrši nad brojem i veličinom tih čestica, jer su iste jako štetne za zdravlje. Filter after tretman ili poslednaja odnosno zadnja filtracija moze smanjiti brojeve čestica uključujući i one mikročestice (PM 0.01 PM-1) sa čak 99.9% filtracijskom efikasnošću. Posto zid ovog filtra u kratkom vremenskom intervalu postane prljav usled naleta čestica materijala, potrebno je obezbediti neku vrstu "preporoda" odnosno obnavljanja filtracijskih svojstva filtera. Najčešće metode za postizanje ovakvih *regenerativnih* osobina su:

- Električno zagrevanje "zamke" za čestice, odnosno filtera.
- Ugradnja katalitičkih presvlaka na filter koje su na manjoj temperaturi, pa nije potrebno dodatno zagrevanje, vec se čestice spaljuju temperaturom izduvnih gasova.

- Upotreba vrlo male količine posebnog goriva koje se na katalizatoru pomeša sa otpadnim česticama i ta smesa postane zapaljiva pri normalnoj temperaturi izduvnih gasova.
- Ugradnjom jednog oksidacionog katalizatora ispred filtera čime se povećava količina NO<sub>2</sub> u izduvnoj grani. Zarobljene čestice opet sagorevaju na normalnoj temperaturi izduvne grane zbog velikih oksidacionih svojstva NO<sub>2</sub>.

Pežo 607 HDi je prvi moderni automobil opremljen filterom čestica kao standardnim. Filteri sa regenerativnim sposobnostima koji za rad koriste *cerijum* gorivne aditive, su postali osnovna sofisticirana strategija kod upravljanja uobičajnih, *standardnih*, motora.

Test koji je uradila Allgemeine Deutsche Automobilclub (ADAC) i Umweltbundesamt (UBA Nemačka savezna agencija za zaštitu životne sredine) na filteru kojim je bio opremljen Pežo 607 HDi je pokazao veliku izdržljivost emisije čestica. Naime taj filter čestica je pouzdano funkcionisao na preko 80 000 km predjenih tokom testa. Emisioni testovi su pokazali da i posle predjenih 80 000 km filter uklanja 99.9% finih dizel čestica. UBA agencija je iznela na osnovu informacija sa testa da Pežo 607 HDi odnosno automobil sa ovakvim filterom odaje emisiju sa 10 000 puta manje čestica nego automobil bez filtera.

### **1.3.4 Next generation technology for emission after-treatment Tehnologije nove generacije , *after-treatment* emisija**

*Hydrocarbon Adsorber Systems (Ugljovodonični Adsorbni Sistemi)* u sebi sadrži posebne materijale, kao što su *zeoliti*, u ili ispred katalizatora. Ugljovodonične emisije se sakupljaju kada su temperature i suviše male za efikasan rad katalizatora. Ugljovodonici se desorbuju odnosno razilaze na višim temperaturama, kada katalizator postigne radnu temperaturu spreman je za primanje i uništavanje ugljovodonika. Ova tehnologija ima potencija jer smanji više od pola nivoa ugljovodonika koji dolazi sa trostranog katalitickog pretvarača.

*Electrically Heated Catalyst Systems (Električno Grejani Katalizatorski Sistemi)* koristi mali katalizator ispred glavnog. Podloga na kojoj je katalizator smesten, je od metala, tako da kada električna struja prodje, katalizator se zagreje i za nekoliko sekundi dobije svoju radnu temperaturu.

*DeNOx (or Lean NOx) Catalysts* (**DeNOx ili (naslaganje NOx-a) Katalizatori**) koriste napredne kompaktnije delove na katalizatorskoj površini da bi stvorili bogatu "mikroklimu" gde se ugljovodonik iz izduvnika može smnjiti na okside azota. Dalji razvoj ovog sistema se usmerava na povećanje radne temperature i bolju efikasnost konverzije.

*NOx adsorbers (NOx traps)* (**NOx adsorber (NOx zamke odnosno filteri)**) su obećavajući pronalazak što pokazuju rezultati, NOx sistemi adsorpcije su manje ograničeni radnim temperaturama nego DeNOx. NOx zamke odnosno filteri na svojoj površini hvataju i čuvaju NOx u jako nezavidnim uslovima. Postupak rada je ubrzanje konverzije azot monoksida (NO) u azot dioksid (NO<sub>2</sub>) pomoću oksidacionog katalizatora.

*Selective Catalytic Reduction (SCR)* (**Selektivna Katalizatorska Redukcija**) je prvobitno uvedena na stacionarnim moćnim postrojenjima i mašinama, sada se već koristi na teškim dizel motorima ali i na razvoju lakih dizel vozila. Naime Azot ili Amonijak se kotiste kod selektivne redukcije, u prisustvu viška kiseonika, da bi se više od 70 % NOx pretvorilo u azot, ovaj postupak se vrši u posebnim katalizatorskim sistemima. A samim tim također se smanjuje i emisija čestica. SCR je ugrađen na više od stotinu hiljada putničkih automobila.

### **1.3.5 On-Board Diagnostics (OBD) (OBD – Dijagnostika)**

On-Board Diagnostics ( OBD ) je termin koji podrazumeva sposobnost samodijagnoze vozila i komuniciranje vozila sa spoljašnjim svetom. Nastanak ovog standarda vezuje se za 1980. godinu. Tadašnja vozila imala su mogućnost provere pojedinih podešavanja na vozilu i postojala je mogućnost obaveštavanja vozača u slučaju nastanka kvara. Vozač se obaveštavao paljenjem MIL lampice u kolima koja je treptala dok je kod pojedinih vozila ona bila konstantno upaljena.

Moderni OBD standard omogućavaju vlasniku i serviseru vozila kompletni uvid u stanje vozila i omogućeno je trenutno praćenje pojedinih parametara u vozilu. Prilikom detektovanja greške u radu motora ili nekog uređaja na vozilu kompjuter memoriše grešku. Ta greška se može isčitati korišćenjem specijalnog uređaja koji se zove skener. Nakon iščitavanja memorije grešaka sledi otklanjanje kvara na vozilu.

*ISTORIJA OBD-a*

1980. god. na tržištu se pojavljuju prvi automobili sa ugrađenim kompjuterom koji je u realnom vremenu pratio i podešavao ubrizgavanje goriva u glave motora. Tada se po prvi put pojavio OBD koji još uvek nije bio standardizovan tako da su se različiti proizvođači pridržavali sopstvenih standarda prilikom memorisanja grešaka.

1982. god. nastaje Assembly Line Communications Link (ALCL) preteča OBD-a, koju je na tržište "izbacio" General Motors, koji je kasnije isti standard preimenovao u Assembly Line Diagnostics Link (ALDL). ALCL protokol je ostvarivao brzinu od 160 baud-a.

1986. god. ALDL standard se unapređuje i postiže se transfer podataka do 8192 baud-a.

1987. god. država Kalifornija zahteva da se svi proizvođači automobila pridržavaju nekih osnovnih standarda koji bi olakšali komunikaciju vozila sa spoljašnjim svetom. Taj standard je nazvan OBD-I iako tada nije postojao dogovor u auto industriji da se svi pridržavaju istog protokola već je svako koristio svoj, a i konektori koji su služili za povezivanje kola sa računarom nisu bili standardizovani.

1988. god. Society of Automotive Engineers (SAE) je predložilo jedan standardni konektor i jedan protokol.

1994. god. nastaje OBD-II standard. Sva vozila prodana u Kaliforniji morala su da ispune ovaj standard. Kalifornija je pomoću OBD-II standarda uspela da ograniči izduvavanje štetnih gasova u atmosferu.

1996. god. sva vozila prodana u SAD-u morala su da ispune OBD-II standard.

2001. godine Evropska Unija stvara EOBD standard ( modifikaciju OBD-II standarda ). Sva vozila prodana u Evropi morala su da ispune EOBD standard.

Do 2008. god. sva vozila prodana u SAD-u moraju da ispune ISO 15765-4 (CAN bus protokol).

### **1.3.6 Other means of emission control (Ostala sredstva za kontrolu emisije i.g.)**



### 1.3.6.1 Exhaust Gas Recirculation (EGR valve) (Recirkulacija, kruženje izduvnih gasova)

#### EGR ventil / EGR senzor

Senzori motora projektovani su tako da omogućavaju da vozilo ostane u dozvoljenim granicama izbacivanja štetnih gasova u atmosferu, ali i da se poboljšaju performanse vozila.

Lambda sonda je grejni senzor ( HEGO ), koja služi kao povratna informacija ka ECM (kompjuter vozila) koji konstantno podešava odnos vazduh-gorivo. Grejanjem senzora postiže se da senzor brzo dostigne svoju radnu temperaturu.

#### **EGR** - Exhaust Gas Recirculation

**EGR ventil** ( *Ventil recirkulacije izduvnih gasova* ) je veoma važan senzor u vozilu, jer on smanjuje emisiju NOx gasova, čime se postiže da temperatura sagorevanja ne prelazi optimalnih 1800 C (ovo je temperatura pri kojoj nastaje NOx). Takođe pomaže da se zadrži optimalna temperatura, tako što se deo izduvnih gasova vraća u cilindar.

Kako bi se postigle dobre performanse EGR ne funkcioniše kada je motor hladan.

Kada ventil regeneracije izduvnih gasova ( EGR ventil ) ispravno radi procenjuje se da je emisija štetnih NOx gasova smanjena za 30%.

### 1.3.6.2 Positive Crankcase Ventilation (PCV valve) (PCV – Ventil)

PCV – ventil je jedan od prvih tehnika za smanjenje štetnih VOC emisija iz benzinskih vozila. To je bilo jedno od prvih osnova i zakonika o California vozilima iz 1961.

Budući da su gasovi u komori za sagorevanje pod velikim pritiskom, a sagorevanje se odvija, mali deo prolazi između klipa i cilindričnog zida i završava u kućištu radilice, odnosno karteru. Oni su mešavina nesagorelog goriva, vazduha i drugih oksidacionih elemenata. Usled akumulacije gasova, stvara se pritisak u karteru koji bi trebalo izbeći. PCV sistemi se sastoje iz cevi i ventila i služe za kontrolu kompresovanog gasa u karteru, oni naime taj gas vraćaju iz kartra u usisnu granu motora gde će u cilindru biti spaljen.

### 1.3.6.3 Evaporative controls (Kontrola isparenja)

Dvadeset posto svih HC emisija direktno potiču iz rezervoara za gorivo. U cilju suzbijanja ovakvih emisija 1970 godine SAD zakonom propisuju odnosno zbranjuju širenje ovako štetnih isparenja u atmosferu. Da bi se ovakve emisije štetnih isparenja suzbile razvijeni su sistemi za kontrolu istih. Sistemi ovakve namene su direktno suzbijali isparenja koja potiču iz goriva, karburatora odnosno rezervoara. Principi rada ovakvih sistema su zasnovani na tome što vraćaju ovakva štetna isparenja u motor, mesaju se sa vazduh/gorivo smesom i bukvalno spaljuju. Ovakvi sistemi zahtevaju neku vrstu "kape" koja opečaćuje rezervoar i skupljaju štetne gasove. Postojanje ove "kape" je mnogim državama deklarirano u zakonima i deo je mnogih programa koji se bave kontrolom emisije. Pre 1970 štetna gorivna para se širila u atmosferu bez korišćenja ovakve gorivne "kape", ali danas u rezervoaru postoje posebni delovi gde se štetna para skuplja i dalje po potrebi eksploatiše. Da bi se iskontrolisao protok pare u motor koriste se posebni ventili za čišćenje i regulaciju. Jedini problem ovakvog sistema odnosno ovog ventila je čistoća prosledjenog gasa u motor, usled nečistoće istog, gorivna smesa se obogaćuje i onda dolazi do ubrzo zaprljanja svećica na motoru. Ovaj problem se delimično rešava postojećim filterima koji se periodično menjaju.

### 1.3.7 References (izvori literature)

1. Nice, K. (2002): "How catalytic converters work", <http://www.howstuffworks.com/catalytic-converters.htm>
2. AECC (2002): "Current catalyst technology for emissions control / Next generation technology for emissions control", <http://www.aecc.be/en/>
3. Nylund, N. et al. (2002): "Pathways for natural gas into advanced vehicles", VTT, September 2002, prepared for IANGV
4. Carley, L. (2000): "Understanding OBDII: Past, present & future / Basic emission control systems", <http://members.aol.com/carpix256/library/>

