

## SAVREMENI SISTEMI ZA DIJAGNOSTIKU VOZILA CONTEMPORARY SYSTEMS FOR DIAGNOSTIC OF VEHICLES

Vladimir Matijević, ETŠ Rade Končar u Beogradu

Predrag Poljak, Vera Petrović, Visoka škola elektrotehnike i računarstva strukovnih studija u Beogradu

**Sadržaj** – U Visokoj školi elektrotehnike i računarstva strukovnih studija u okviru studijskog programa Automatika i sistemi upravljanja vozilima funkcioniše savremena Laboratorija za vozila. U radu je prikazana primena savremene dijagnostike uz upotrebu Bosch-ovog uređaja FSA750. Komunikaciona merenja izvedena su na putničkom vozilu Peugeot 307 sa motorom RHY i elektronskim sistemom za ubrizgavanje Common Rail. Električna šema sistema za upravljanje radom motora prikazana je u Bosch-ovom programu ESI[tronic], a komunikaciona merenja izvedena su sa dijagnostičkim uređajem KTS 670.

**Abstract** – In School of Electrical Engineering and Computer Science of Applied Studies on department Automatics and vehicle control systems exists modern Laboratory for vehicles. In this paper is described application of modern diagnostics with usage of Bosch FSA750 device. Communication measurements were performed on the passenger car Peugeot 307 with RHY motor and electronic injection system Common Rail. Electrical scheme of the system for the engine's work control is shown in Bosch ESI [tronic] program, and communication measurements were performed with the diagnostic device KTS 670.

### 1. UVOD

U poslednjih dvadesetak godina u automobilskoj industriji izvršena je masovna primena elektronskih sistema na vozilima u cilju smanjenja emisije izduvnih gasova, smanjenja potrošnje goriva, poboljšanja performansi vozila, povećanja stabilnosti, bezbednosti i komfora. S jedne strane sve strožija zakonska regulativa o smanjenju emisije štetnih izduvnih gasova, a s druge strane zahtevi kupaca vezani za karakteristike i dodatnu elektronsku opremu u vozilima, doveli su do tehničke opremljenosti vozila koja zahteva stručan servisni kadar. U Visokoj školi elektrotehnike i računarstva strukovnih studija u Beogradu akreditovan je studijski program Automatika i sistemi upravljanja vozilima, čiji je osnovni cilj da nakon završenog školovanja student bude stručno osposobljen u teoretskom i praktičnom delu i da bude „upotrebljiv“ u moderno opremljenom servisu. To podrazumeva objedinjavanje stručno-teorijskih i praktičnih znanja i brzo uključivanje u ponekad veoma složeni servisni proces vozila. Da bi se takav kadar osposobio, škola mora raspolagati sa modernom dijagnostičkom opremom, vlastitim laboratorijskim vozilom za postepeno i sistematsko ispitivanje, kao i mogućnosti prijema svakog vozila koji direktno sa ulice u slučaju kvara može poslužiti kao izvrsno nastavno sredstvo za konkretnu obuku i sticanje praktičnog iskustva. U našem slučaju ta dodatna vozila su vozila svih proizvođača koje sami studenti obezbeđuju za potrebe ispitivanja sa stvarnim kvarovima i sva druga vozila iz okruženja škole, koja se primaju na besplatnu dijagnostiku. U Laboratoriji za vozila, koja se sastoji iz Laboratorije za elektronske sisteme i Laboratorije za motore SUS i vozila, do sada smo uspeli da obezbedimo jedno savremeno vozilo sa benzinskim motorom i sistemom upravljanja motorom SIMOS 9, savremene dijagnostičke uređaje proizvodnje BOSCH: FSA 750 (za komunikaciona i osciloskopska

merenja i BEA 350 (za merenje emisije izduvnih gasova), sa potrebnim raznim alatima i dodatnim priborom.

U okviru šest uskostručnih predmeta vezanih za vozila u toku studiranja studenti prosečno vrše razna dijagnostička merenja na oko 50-60 vozila raznih proizvođača, koji se trenutno nalaze na našim putevima.

Saradnja sa servisima je svakim danom sve bolja, a interesovanje raste za zapošljavanje osposobljenog svršenog studenta, koji se u veoma kratkom vremenu može uključiti u proces servisiranja i opravke modernih vozila.

### 2. OBD I EOB DDIJAGNOSTIKA

Osnovni cilj uvođenja elektronskih sistema na vozila bio je vezan za zahtev smanjenja emisije izduvnih gasova i pojednostavljenje opravke vozila. Automobilaska industrija nazvala je taj sistem „**O**n **B**oard **D**iagnostic-OB**D**“, a Kalifornijska agencija za kontrolu zagađenja vazduha – CARB (The **C**alifornia **A**ir **R**esources **B**oard) izradila je prvu zakonsku regulativu koja se odnosila na proizvođače vozila i obavezu ugradnje OBD sistema.

Generacija I (OBD I) počela se primenjivati na svim vozilima u Kaliforniji od modelske 1988 godine, a obuhvatala je sledeće:

- ugradnju indikatorske sijalice na panelu komandne table u cilju obaveštenja vozača o nastaloj grešci u sistemu upravljanja radom motora. Sijalica je dobila naziv MIL-sijalica (Malfunction indicator lamp), često poznate pod nazivom i kao „CHECK ENGINE“ sijalica.
- sistem mora imati mogućnost snimanja i očitavanja koda greške (DTC=Diagnostic Trouble Code) za sve komponente koje utiču na emisiju izduvnih gasova vozila.
- elektronski sistem mora nadzirati rad Lambda sonde, EGR-ventil i EVAP-ventil.

Uvođenjem druge generacije - OBD II od strane CARB i EPA (Environmental Protection Agency), vozila su morala biti proizvedena sa opremom koja omogućava sledeće:

- prepoznavanje komponente koja smanjuje ili potpuno onemogućava efikasan rad sistema vozila koji regulišu emisiju izduvnih gasova,
- obaveštavanje vozača o potrebi servisiranja/opravke vozila,
- uvođenje standardizovanih kodova grešaka i upotrebu čitača kodova grešaka (Generic Scan Tool).

Evropska unija je 13. oktobra 1988 godine usvojila EU Direktivu 98/69/EC, kojom se u sve zemlje članice Unije uvodi EOBD, a u Nemačkoj je proglašena za nacionalni zakon. Uvođenje EOBD-a nije direktno vezano za standarde o izduvnim gasovima u EU (EU II-V), zbog čega se određeni datum uvođenja standarda i prelazni period moraju posmatrati nezavisno od različitih standarda o izduvnim gasovima.

Od 01.01.2000 godine autoindustrija je u obavezi da primeni samo jedan tip testa za nova vozila pogonjena benzinskim motorom, a koja su opremljena EOBD-om. Zakonske regulative koje definišu emisiju izduvnih gasova za putnička i laka teretna vozila (do 2,5 tone) uvedene su:

- EU I - od 01.06.1992 godine,
- EU II - od 01.01.1996 godine,
- EU III - od 01.01.2000 godine,
- EU IV - od 01.01.2005 godine i
- EU V - od 01.09.2009 godine.

Osnovni cilj EOBD-a je:

- stalni nadzor svih komponenti u vozilu koje su vezane za nivo emisije izduvnih gasova,
- zaštita ugroženih komponenti (katalitički konvertor, lambda sonde),
- optičko upozorenje (MIL-lampica) kod smetnji u funkcionisanju komponenti relevantnih za izduvne gasove,
- memorisanje grešaka sa uslovima rada motora pri kojima je greška memorisana,
- mogućnost dijagnostike.

Najvažnije razlike između evropskog EOBD i američkog OBD II su:

- OBD II, za razliku od EOBD-a, zahteva funkciju provere zaptivenosti sistema za snabdevanje gorivom,
- EOBD prepoznaje izostanak paljenja do 4500 o/min, dok OBD II vrši nadzor sve do maksimalnog broja obrtaja,
- EOBD aktivira MIL-sijalicu nakon 2-10 ciklusa, a OBDII nakon 2 ciklusa,
- EOBD vrši merenje pređenog puta sa aktiviranom MIL-sijalicom, za razliku od OBD II koji ne vrši merenje.

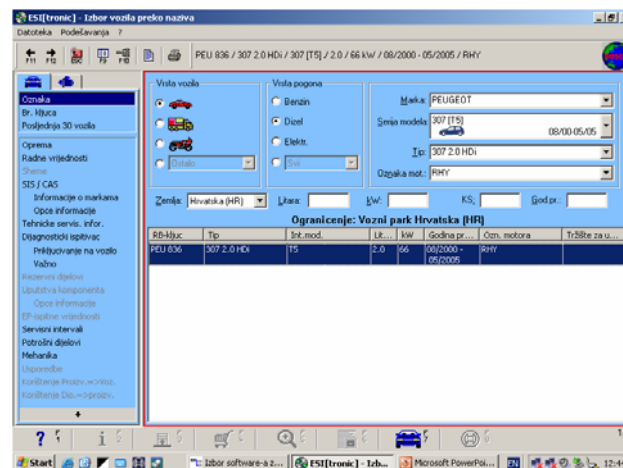
## 2. PRIMENA SAVREMENIH DIJAGNOSTIČKIH UREĐAJA U LABORATORIJI ZA VOZILA

Bosch-ov dijagnostički uređaj FSA 750 sadrži prenosni komunikaciono-merni dijagnostički uređaj KTS 670 sa dijagnostičkim softverom ESI[tronic] i motorskim testerom sa programskim paketom Compact Soft za različita osciloskopska merenja na vozilima.

ESI[tronic] sadrži programski paket koji preko dijagnostičkog konektora uspostavlja komunikaciju sa elektronskim upravljačkim jedinicama različitih elektronskih sistema vozila, kao i detaljna uputstva za traženje grešaka u sistemima upravljanja radom motora, sistemima stabilnosti, bezbednosti i komfora.

### 2.1 Postupak identifikacije vozila i upoznavanje sa elektronskim sistemom za upravljanje radom motora

Postupak izbora vozila prikazan je na Slici 1, a vrši se na osnovu raspoloživih podataka iz saobraćajne dozvole vozila ili karakterističnih kodova (najčešće VIN-kod) na karoseriji vozila.

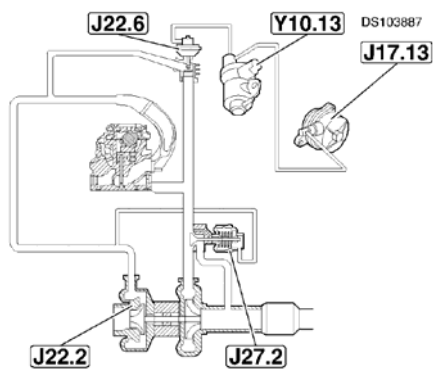


Slika 1. Primer izbora vozila preko "oznake" vozila (vrsta vozila, vrsta pogona, marka, serija modela, tip i oznaka motora)

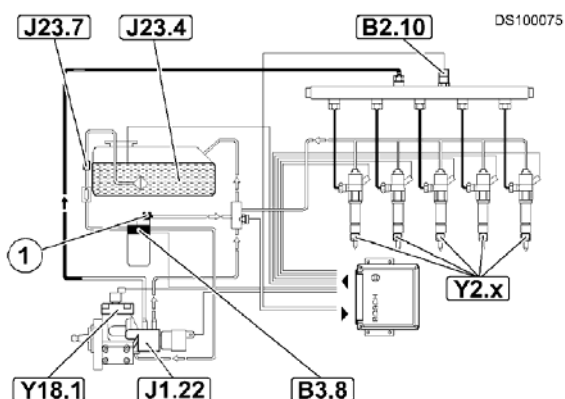
Izborom sistema "Upravljanje motorom", koji se nalazi na navigacionoj listi u SIS/CAS (Slika 1), mogu se dobiti potrebne informacije o elektronskom sistemu (npr. raspored komponentni u motornom prostoru - slika 2, sistem za snabdevanje vazduhom - slika 3, sistem za snabdevanje gorivom- slika 4, pumpa visokog pritiska - slika 5, električna šema sistema (samo deo sa brizgaljkama) - slika 6).



Slika 2. Raspored komponenti u motornom prostoru (A 1.1=ECU motora, J1.22= Pumpa visokog pritiska (PVP), B3.8= Davač temperature goriva, B4.4= Davač broja obrtaja kolenastog vratila sa referentom oznakom, B4.7= Davač pozicije bregastog vratila, Y2.x= Brizgaljke, itd.)

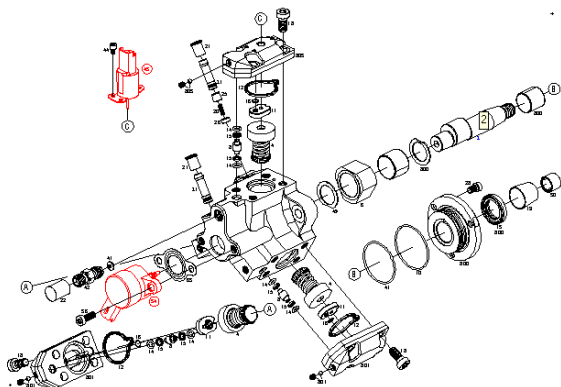


Slika 3. Sistem za snabdevanje vazduhom (J22.2="Waste-gate" turbopunjač, J22.6=EGR ventil, J27.2=elektromagnetni ventil (EMV) za regulaciju pritiska punjenja motora, J17.13=Vakuumpumpa)



Slika 4. Sistem za snabdevanje gorivom Common rail (J2.x=brizgaljke, J1.22= PVP sa EMV za regulaciju pritiska goriva u rail-u, Y18.1=EMV za isključenje jednog cilindra PVP, B2.10= Davač pritiska goriva u rail-u, B3.8= Davač temperature goriva, itd.)

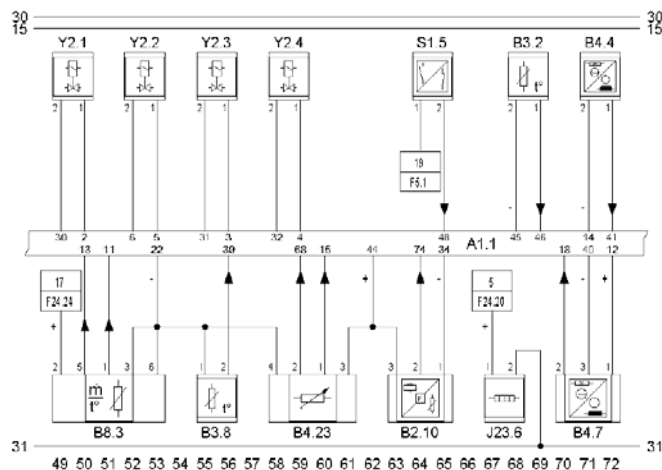
U sistemu za snabdevanje gorivom nalazi se PVP prve generacije CP1S3/R65/10-16S, sa EMV za regulaciju pritiska goriva u rail-u i EMV za isključivanje jednog cilindra PVP (Slika 5). Maksimalni pritisak goriva u sistemu kreće se do 1350 bara.



Slika 5. Pumpa visokog pritiska CP1S3 u rastavljenom stanju

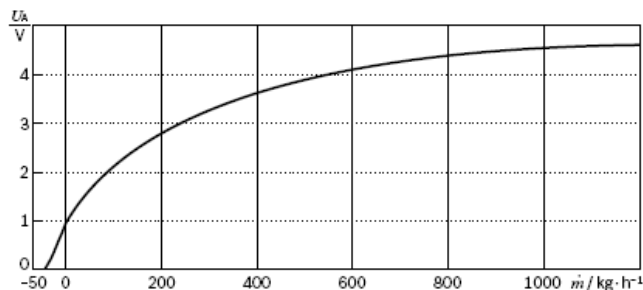
U mnogim slučajevima pri dijagnostici kvara na vozilu neophodna je detaljna električna šema elektronskog sistema, koja uz raspored komponentni prikazan na slici 2, omogućuje dijagnostičaru da vrši detaljna ispitivanja po komponentama

sistema kao i direktno na pinovima ECU motora. Svaka električna komponenta zahteva upoznavanje sa namenom, principom rada, karakterističnim ulaznim/izlaznim signalima, karakterističnim kvarovima i njihovim uticajima na kompletan elektronski sistem upravljanja radom motora. Kako je u sistemu moguća pojava i izuzetno visokih pritisaka, posebna pažnja mora se pokloniti preduzimanju potrebnih sigurnosnih mera pri izvođenju pojedinih radova/ispitivanja, posebno na visokopritisnoj strani sistema.



Slika 6. Izvod iz električne šeme sistema za upravljanje radom motora CR/EDC 15 C2 (npr. Y2.1-Y2.4= brizgaljke, B8.3= Davač protoka vazduha, B4.23= Davač pozicije pedale za gas, B2.10= Davač pritiska u rail-u, B4.7= Davač broja obrtaja kolenastog vratila sa referentnom oznakom, itd)

U praksi se često događa da vozila sa ovakvim i sličnim elektronskim sistemima upravljanja radom motora s vremenom pokazuju sve slabije vučne karakteristike koje se mogu posebno uočiti pri naglom ubrzanju ili preticanju. Konstatacija vozača je da vozilo "nema snagu". U našem okruženju, prvenstveno zbog slabijeg kvaliteta goriva i maziva, kao i pređene kilometraže, najčešći uzroci takve neispravnosti su vezani za EGR ventil, turbopunjač, MAP-senzor i/ili davač protoka vazduha ("protokomer"). Trenutno, na mnogim vozilima je ugrađen protokomer sa vrelin filmom, čija je izlazna naponska karakteristika prikazana na slici 7.



Slika 7. Izlazna karakteristika protokomera sa vrelin filmom

Kod protokomera je karakteristično da zbog starenja i nakupljanja nečistoća na mernom elementu (prašina sa isparanjima ulja iz kartera nakon gašenja motora=ulje slabog kvaliteta) izlazna karakteristika postepeno opada, odnosno da za istu količinu usisanog vazduha protokomer pokazuje sve

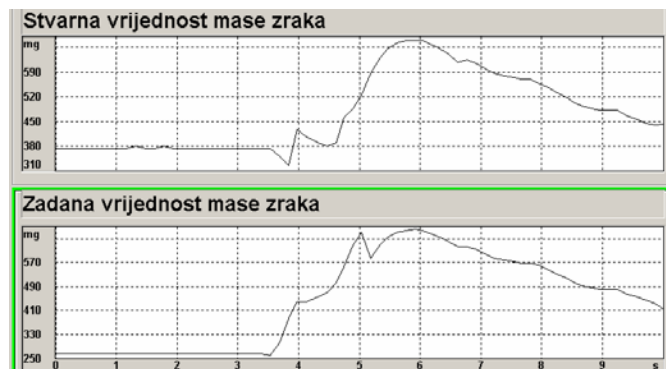
manje i manje naponske vrednosti. Kod dizel motora to konkretno znači da ECU motora dobija pogrešan podatak o usisanoj masi svežeg vazduha, zbog čega ECU sve više zatvara EGR ventil.

U cilju rešavanja kvarova koji mogu, ali i ne moraju, biti popraćeni sa memorisanom greškom u memoriji ECU motora, za edukovanog dijagnostičara pomoć predstavljaju komunikacioni parametri koji se mogu snimiti u različitim režimima rada motora.

## 2.2 Komunikaciona merenja u elektronskom sistemu za upravljanje radom motora

Jedan od načina ulaska u komunikaciju sa ECU motora je izbor funkcije „Dijagnostički ispitivač“ (slika 1). Nakon provere podataka o ugrađenom elektronskom sistemu, dijagnostičari često odmah nastoje da očitaju memoriju grešaka, koja usmerava dalji dijagnostički postupak. Ukoliko se greška ne može obrisati, to znači da je i dalje prisutna i da treba pronaći osnovni uzrok kvara. U procesu traženja kvara u sistemu, naročito su korisni komunikacioni parametri (stvarne vrednosti) merene u različitim režimima rada motora. Izmereni parametri mogu se predstaviti grafički u realnom vremenu, što je prikazano na narednih nekoliko karakterističnih komunikacionih oscilograma.

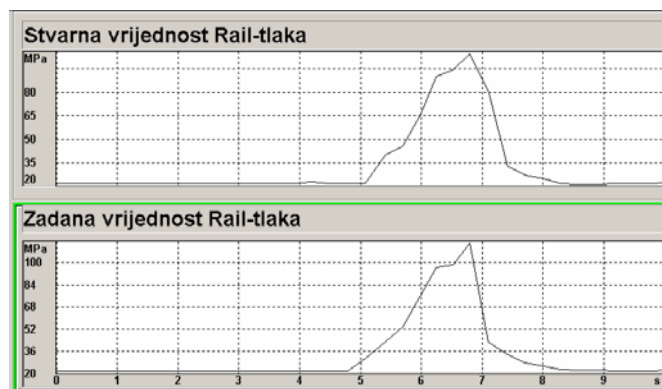
Na Slici 8. prikazana je stvarna i zadana vrednost mase vazduha, na osnovu koje se može uočiti razlika u praznom hodu kao posledica uključenosti EGR ventila. Pri dodavanju gasa motoru ECU isključuje EGR ventil, da bi motor imao punu snagu, pa se sa prikazanog oscilograma vidi da je u šestoj sekundi merenja izjednačena zadana i stvarna vrednost mase vazduha.



Slika 8. Dijagram stvarne i zadane vrednosti mase vazduha pri dodavanju gasa.

Na Slici 9. prikazana je karakteristična promena pritiska goriva u rail-u pri dodavanju gasa iz režima praznog hoda pri radu vozila na mestu. Iz dijagrama se vidi da pritisak od 200 bara dostiže vrednost oko 1000 bara, što je za merene uslove zadovoljavajući podatak. Međutim, u pojedinim situacijama zbog provere pritiska i količine goriva neophodno je ispitivanje na valjcima ili u probnoj vožnji.

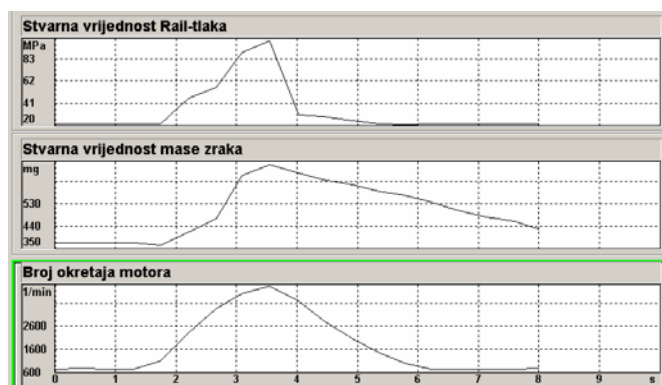
Od ponekad više desetina komunikacionih parametara, koji nam stoje na raspolaganju, u zavisnosti od memorisane greške potrebno je izabrati određene parametre, koji dijagnostičaru mogu ukazati na određeni problem u sistemu. U ovom softverskom rešenju moguće je jednovremeno snimanje do četiri parametra.



Slika 9. Dijagram stvarne i zadane vrednosti pritiska goriva u rail-u pri dodavanju gasa.

Na Slici 10. prikazan je jedan takav slučaj sa tri bitne merne veličine: stvarni pritisak goriva u rail-u, stvarna usisana masa vazduha i broj obrtaja motora.

Detaljnijom analizom uporednih kriva moguće je zaključiti u kom delu sistema se nalazi problem i u toku daljih ispitivanja, detaljnog pregleda komponenti, eventualnog čišćenja ili zamene komponente, pronaći i otkloniti osnovni uzrok kvara.



Slika 10. Uporedni prikaz promene pritiska goriva u rail-u, mase vazduha i broja obrtaja motora pri naglom dodavanju gasa iz režima praznog hoda (pri radu motora na mestu)

U zavisnosti od tipa vozila, ugrađenog softvera za komunikaciju na dijagnostičkom uređaju, na raspolaganju su i razne druge komunikacione funkcije ispitivanja rada elektronskih sistema. Pored ispitivanja pojedinačnih izvršnih elemenata (aktuatora), koji se pojedinačno ili automatski uključuju u praznom hodu ili na „kontaktu“, u ovom slučaju posebno interesantno merenje predstavlja upoređivanje količina ubrizganog goriva po cilindrima (Slika 11).

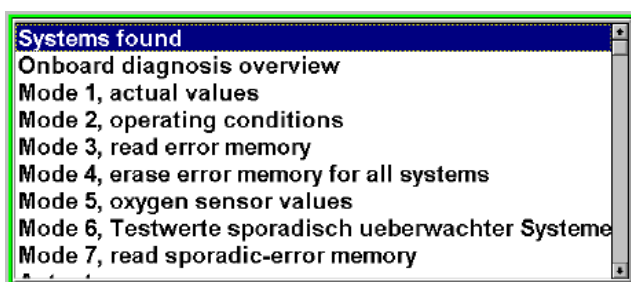
Uspoređivanje količina		
Količina korekcije za cilindar 1	95.7	%
Količina korekcije za cilindar 2	108.2	%
Količina korekcije za cilindar 3	97.3	%
Količina korekcije za cilindar 4	98.8	%

Slika 11. Funkcionalno ispitivanje razlike ubrizgane količine goriva po cilindrima (mereno u praznom hodu)

Za iskusnog dijagnostičara ovo su posebno bitne informacije koje ukazuju na, najčešće, razne mehaničke probleme, koje u određenim granicama može korigovati ECU motora dodavanjem ili oduzimanjem ubrizgane količine goriva po cilindrima. Iz prikazanih rezultata merenja vidi se da je cilindar br. 2 „najslabiji“ i da ECU produžava ubrizgavanje za 8,2 %, kako bi ujednačio razvijene obrtne momente po cilindrima. Na osnovu prikazanih podataka, dijagnostičar po potrebi proverava količinu goriva na povratu brizgaljke, skida i šalje u ispitivanje brizgaljke ili ih menja, a u slučaju da nije kvar u brizgaljkama, daljnji dijagnostički koraci su vezani za dinamičko ispitivanje kompresije preko struje startovanja vozila, merenje kompresije klasičnim manometrom ili testerom propustljivosti. U svakom slučaju zaključak koji dijagnostičar donosi o mogućem uzroku kvara, podrazumeva ponekad ozbiljne troškove u daljim radovima na opravi vozila.

U pojedinim slučajevima na vozilima koja nisu još uvek obrađena u opisanom softveru, na raspolaganju imamo EOBD komunikaciju. Nakon ulaska u OBD dijagnozu dijagnostički uređaj prikazuje sledeće radne funkcije (SAE 1979), Slika12:

- Pronađeni sistemi,
- Pregled Onboard dijagnoze,
- Mod 1, stvarne vrednosti - čitanje parametara sistema,
- Mod 2, pogonski uslovi (Freeze Frame),
- Mod 3, čitanje memorije grešaka – potvrđeni kodovi grešaka,
- Mod 4, brisanje memorije grešaka svih sistema,
- Mod 5, lambda vrednosti – test vrednosti i proširenja lambda sonde,
- Mod 6, vrednosti testa sporadično kontrolisanih sistema (bez stalnog nadzora),
- Mod 7, čitanje memorije sporadičnih grešaka – nepotvrđene greške,
- Mod 8, aktuatori (izvršni elementi) i
- Mod 9, informacije o vozilu (Vehicle-Identification Code).

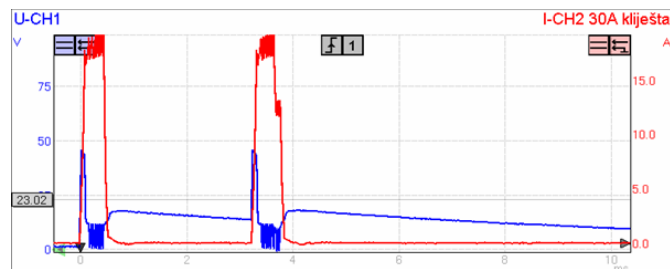


Slika 12. Prikaz na KTS670 nakon ulaska u EOBD-dijagnozu

Ukoliko je kod složenijih kvarova neophodno osciloskopsko merenje karakterističnih električnih veličina na davačima i izvršnim elementima (npr. na brizgaljkama - slika 13), na raspolaganju je motortester za proveru signala i otkrivanje neispravnosti u elektronskom sistemu.

Pri veoma složenim kvarovima, posebno u slučajevima kada su kvarovi posledica „ljudskih ruku“- neovlašćene intervencije i prepravke u sistemu kao i neznanje, potrebno je mnogo znanja, upornosti i vremena da bi se otklonio osnovni uzrok kvara. Naravno, u renomiranom servisu, osnovni cilj trebao bi biti zadovoljan vlasnik vozila koji će imati

poverenje u „svog“ servisera i ponovo navratiti po potrebi, a ne zamena što većeg broja rezervnih delova/sklopova sa osnovnim ciljem da se u što kraćem vremenu uzme što više novca.



Slika 13. Napon i struja elektromagnetne Common-rail brizgaljke u praznom hodu (predubrizgavanje i glavno ubrizgavanje)

### 3. Zaključak

Razvoj i primena raznovrsnih elektronskih sistema na vozilima zahtevaju i školovanje stručnog kadra koji će biti u mogućnosti da uspešno rešava sve zahtevniji i složeniji sistem održavanja i opravke vozila. U svakodnevnom životu svedoci smo velikog broja problema i izraženog nezadovoljstva pri servisiranju i opravi vozila. Podizanje nivoa znanja stručnog kadra u servisima predstavlja dugotrajan i permanentan proces. Ovaj problem ne može se generalno rešiti kratkim specijalističkim kursovima, već se mora u sistemu školovanja promeniti pristup obrazovanja učenika i studenata, koji će iz škole poneti osnovna upotrebljiva teoretska i praktična znanja. Specijalistički kursevi tako obrazovanog kadra mogu dalje u procesu rada podizati nivo osposobljenosti, stručnosti i odgovornosti. Stručna, brza i prihvatljiva cena opravke vozila podrazumeva ne samo smanjenje nivoa traume koju svako od nas ima pri ulasku u servis, već i podizanje stepena ispravnosti vozila. Na taj način, zajedno sa podizanjem nivoa kulture ponašanja vozača u saobraćaju, može se smanjiti i broj saobraćajnih nesreća koje su posledica tehničkih neispravnosti vozila. Prosečan „balkanac“ još uvek nije svestan ekoloških problema koji su direktna posledica emisije izduvnih gasova, ali će savremena tehnička rešenja sa skupim komponentama na izduvnoj grani, postepeno prisilno i ubrzano menjati mišljenje i pristup problematici održavanja vozila. Prihvatanjem standarda Evropske unije i njihovim striktnim provođenjem u bliskoj budućnosti izazvaće mnoge promene u našem svakodnevnom ponašanju i podizanju svesti. U tom smislu redovno školstvo zauzima posebno mesto, ima svoju ulogu, interes ali i odgovornost.

### 4. Literatura

- [1] Automotive Handbook, Robert Bosch GmbH, 2007
- [2] Diesel Engine Management, 4rd Edition, Robert Bosch GmbH, 2007,
- [3] Automotive Electrics/Automotive Electronics, 5th Edition, Robert Bosch GmbH, 2007
- [4] Beleške sa predavanja i laboratorijskih vežbi na Visokoj Školi elektrotehnike i računarstva strukovnih studija, Beograd, 2009