

ЈЕДАН ПРИЛОГ ДИЈАГНОСТИЦИ САВРЕМЕНОГ ДИЗЕЛ МОТОРА

A CONTRIBUTION TO MODERN DIESEL ENGINE DIAGNOSTICS

Немања Ђукић, Јован Дорић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – МАШИНСТВО

Кратак садржај: Дизел мотори представљају кључну компоненту у модерном транспорту и индустрији захваљујући својој издржљивости, енергетској ефикасности и поузданости. Савремени дизел мотори користе напредне системе за убризгавање горива и управљање ваздухом који омогућавају боље сагоревање и смањење емисија штетних гасова. Међутим, услед комплексности ових система, дијагностификовање кварова постаје све сложеније, што захтева примену нових метода и приступа. Мотив за писање рада је напредак технологије, а мањак стручњака за темељно испитивање одређених система мотора. У раду, на основу неколико специфичних случајева, биће продискутовани и представљени начини дијагностификовања проблема дизел мотора.

Кључне речи: дијагностификовање, испитивање мотора, дизел мотор

Abstract: Diesel engines are a key component in modern transportation and industry due to their durability, energy efficiency, and reliability. Modern diesel engines use advanced fuel injection and air management systems that enable better combustion and reduced emissions. However, due to the complexity of these systems, diagnosing faults is becoming increasingly difficult, requiring the use of new methods and approaches. The motive for writing the thesis is the advancement of technology and the lack of experts for thorough examination of certain engine systems. In the thesis, based on several specific cases, methods for diagnosing diesel engine problems will be discussed and presented.

Key words: diagnosing, engine examination, diesel engine

1. УВОД

Методе дијагностификовања кварова дизел мотора играју кључну улогу у поправкама и одржавању оптималног рада мотора. Дизел мотори су сложени системи у којима је прецизност рада сваке компоненте од суштинског значаја за њихову ефикасност и трајност.

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији је ментор био др Јован Дорић, редовни професор.

Савремена дијагностика обухвата широк спектар метода које се могу поделити на визуелне, механичке, електронске и компјутеризоване, а свака од њих има своју специфичну примену и значај у различитим фазама откривања и решавања проблема. Усавршавање у области дијагностике дизел мотора је од изузетног значаја због све веће сложености савремених мотора и технологија које се примењују. Нови модели дизел мотора користе системе као што су Common Rail, турбопуњаче са променљивом геометријом и комплексне системе за контролу емисија. Разумевање ових технологија и њихових потенцијалних проблема захтева сталну едукацију и праћење технолошких трендова.

У наставку ће бити приказане методе дијагностификовања кварова дизел мотора и његових компоненти.

2. ТЕОРИЈСКЕ ОСНОВЕ

Систем „OBD2“ (енг. „On-board Diagnostics“), друга генерација је стандардизовани систем за дијагностику који омогућава возилима да прате, прикупљају и анализирају информације о перформансама и раду мотора, емисијама издувних гасова и свих осталих система опремљених електронским контролним јединицама. „OBD2“ систем користи сензоре и електронске контролне јединице (ECU - Electronic Control Unit) уграђене у возило за праћење различитих параметара [1].

„Common Rail“ систем је систем који представља најсофистициранији и најмодернији систем јер нуди највећу флексибилност параметара убризгавања па је преузео вођство над осталим системима убризгавања горива и са поштравањем еколошких норми нуди могућност коришћења дизел мотора како у путничке тако и у комерцијалне и индустријске сврхе. „Common Rail“ систем се у циљу дијагностификовања кварова може поделити на три подсистема: нископритисни систем горива, високопритисни систем горива, управљачки систем [2].

Турбо систем дизел мотора функционише тако што користи енергију издувних гасова да повећа количину ваздуха који улази у цилиндри, чиме се побољшава сагоревање и повећава снага мотора. Пуњење ваздуха у коморе за сагоревање, односно моћ усисавања ваздуха, остварена је тако што продукти сагоревања приликом такта издувавања покрећу турбинско коло које је чврсто везано за вратило које погони компресорско коло. Компресорско коло прихвата

ваздух од пречистача и компримује га притом повећавајући притисак ваздуха. У самом турбокомпресору, с обзиром да га погоне продукти сагоревања, температура је јако висока, и преноси се и на компресорску страну турбокомпресора, самим тим се повећава и температура ваздуха који тек треба да сагори. Из тог разлога, путања ваздуха до усисног колектора мотора је остварена преко хладњака ваздуха (енг. „Intercooler“). Поменуто хлађење ваздуха омогућава да већа количина кисеоника доспе у комору за сагоревање и смањује термичке утицаје на компоненте мотора као што је усисна грана. Након интеркулера свеж ваздух доспева у усисни колектор, односно у комору за сагоревање.

3. ПОСТУПАК ДЕФЕКТАЖЕ КВАРА И АНАЛИЗА МОГУЋИХ УЗРОКА

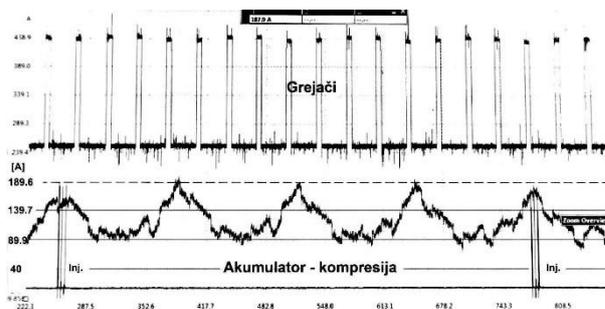
Пример комплексног квара засниваће се на мотору „1.5 BlueHdi“ произведеног 2020. године (слика 1). Поменути мотор у конкретном примеру „тешко стартује“, односно период стартовања је у трајању од приближно 10 секунди и када стартује ради релативно у реду, без трзаја, неравномерности, неправилности и слично. Не постоји забележена ниједна грешка и мотор се у раду понаша очекивано, нема губитак снаге.



Слика 1. „1.5 BlueHdi DV5“ мотор произведен 2020. године [3]

Напредно испитивање система горива, без интрузије, односно скидања појединих елемената, се своди на рад самог система убризгавања. Како је и поменуто у поглављу о испитивању система убризгавања, инјектори могу очекивати сигнал од моторног рачунара тек када притисак у високопритисном делу достигне приближно 200 бар, односно реципрочно томе, уколико у на самом почетку стартовања постоји сигнал на електричној инсталацији инјектора, можемо сматрати да је и цео систем убризгавања горива осим инјектора исправан, а уколико је тај сигнал пролонгиран, односно уколико се појављује тек након две или више секунди, можемо сумњати да је постоји проблем са системом убризгавања горива.

Из тог разлога наредни корак је посматрање електричне инсталације инјектора, рада грејача мотора и анласера. Узимајући у обзир да се обрађује комплексан проблем, претпоставићемо да основни дијагностички уређаји нису довољни за решење, и наставак дефектаже обављаће се помоћу осцилоскопа и посматраће се почетни тренутак стартовања мотора и наредних неколико секунди (слика 2).



Слика 2. Увећан осцилоскопски приказ параметара струје грејача, анласера и инјектора

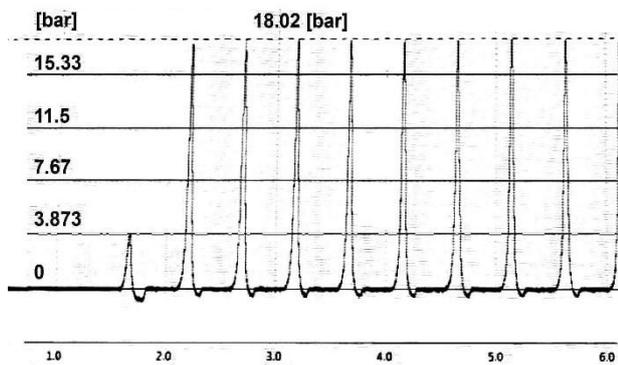
Зона приказа обележена са „Акумулатор – компресија“ представља струју коју анласер узима од акумулатора у тренутку стартовања. Свака осцилација (узвишење) на кривој струје представља један такт сабијања, односно оптерећење за анласер.

Из поменутог може се закључити да се прво активирање инјектора (обележено на слици са „Inj.“) догоди након четири такта сабијања, односно након само једног обртаја коленастог вратила.

Из приложених резултата са слике 1 можемо извести следећи закључак: Инјектор чије се активирање анализира се активира сваки четврти пут, што индикује на то да је убризгавање у реду. Крива грејача показује да се грејачи активирају. На кривој акумулатора – компресије, примећује се да је вредност струје при стартовању приближна 190 [A]. Из практичног искуства, вредност струје при стартовању треба да буде приближно 3 пута већа од капацитета акумулатора, да би мотор успешно стартовао, односно уколико је капацитет акумулатора 75[Ah] струја при стартовању би требала да буде приближно 220 [A].

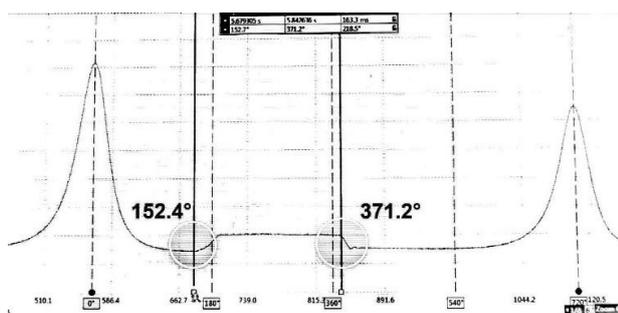
На кривој компресије примећују се и одступања вредности струје при такту сабијања у цилиндру посматраног инјектора, у односу на вредности струје при такту сабијања остала три цилиндра. Наиме, вредност струје је за приближно 30 [A] мања. То може да значи да је и компресија у поменутом цилиндру мања, али не нужно. Мотор би са благим недостатком компресије у једном од четири цилиндра требао да стартује без проблема, али ово сазнање служи да нас упуту на следећи корак при дефектажи – мерење компресије.

Мерење притиска компресије дизел мотора ради се тако што се на месту инјектора или грејача прикључи црево са адаптером и манометар, или у случају који се представити у раду, прикључи сензор притиска са одговарајућим адаптером прилагођеним осцилоскопу и мотору (слика 3).



Слика 3. Осцилоскопски приказ - крива притиска у цилиндру

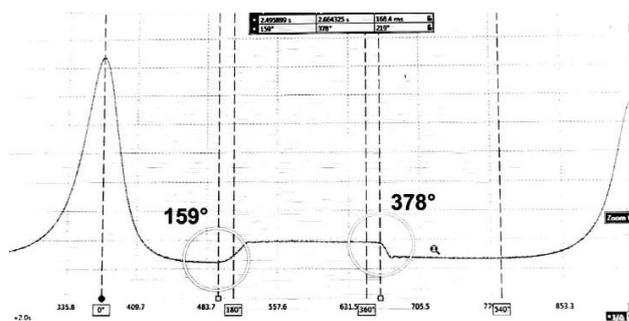
Помоћу софтвера осцилоскопа поделили смо позадинску мрежу на четири дела, односно омогућили приказ сва четири такта једног циклуса сагоревања. Следећи корак је прецизно одређивање угла коленастог вратила под којим креће такт усисавања и такт издувавања, односно места на којима се отвара усисни и издувни вентил. Вертикалном линијом обележен је моменат у ком крива из опадајуће прелази у растућу криву – моменат отварања вентила (слика 4).



Слика 4. Осцилоскопски приказ – увећана крива притиска у цилиндру – детаљ – отварање усисног вентила

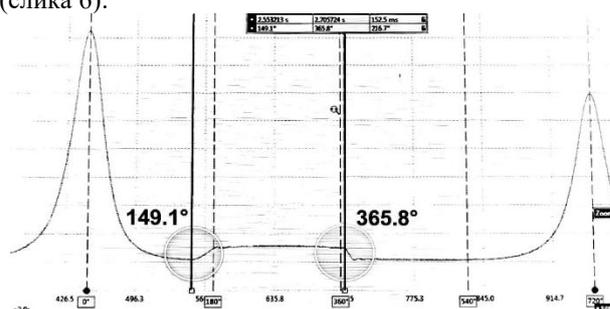
На резултату мерења, може се уочити да је тренутак отварања издувног вентила $27,6^\circ$ пре доње мртве тачке у такту експанзије, а да је отварање усисног вентила $11,2^\circ$ након горње мртве тачке у такту усисавања. У циљу разматрања добијених резултата потребно је измерити и ове параметре и на преостала три цилиндра. На следећој слици биће приказан резултат мерења компресије другог цилиндра (слика 5).

Као што се може видети, постоје одступања у отварању вентила у појединим цилиндрима мотора. На другом цилиндру издувни вентил се отвара 21° пре доње мртве тачке у такту експанзије, док се усисни вентил отвара 18° након горње мртве тачке у такту усисавања, што је знатна разлика. Мала одступања се могу толерисати, али кад је разлика вредности велика као на овом примеру, може се претпоставити да је проблем мотора управо у овој разлици.



Слика 5. Осцилоскопски приказ – увећана крива притиска у другом цилиндру – детаљ – отварање издувног вентила и усисног вентила

Конкретно, за поменути мотор, а вероватно и било који други мотор, није могуће једноставно и брзо пронаћи податак о томе на колико тачно степени коленастог вратила требају да се отварају вентили. Када би се поставио упит овлашћеном сервису или дистрибутеру, одговор би након неколико дана чекања вероватно био негативан. У оваквим случајевима, у пракси, најбоље је контактирати колеге и познанике и пронаћи возило са идентичним мотором који је потпуно исправан и стартује задовољавајуће, измерити компресију и потврдити дефект. Вођени тим принципом, биће представљен осцилоскопски резултат мерења компресије у цилиндрима возила са исправним мотором (слика 6).



Слика 6. Осцилоскопски приказ – увећана крива притиска у цилиндру исправног мотора – детаљ – отварање издувног вентила и усисног вентила

Резултат мерења компресије исправног мотора је да се усисни вентил отвара $5,8^\circ$ након горње мртве тачке у такту усисавања, док се издувни вентил отвара 31° пре доње мртве тачке у такту експанзије. Дакле, може се извести закључак да је проблем дефинитивно везан за недостатак компресије мотора и да је узрок тог недостатка неправилно отварање (и затварање) вентила мотора, и као следећи корак дефектаже могу се анализирати различити узроци који могу да доведу то таквог исхода, али уз напомену да је недостатак компресије присутан током стартовања мотора. Током рада мотора, не можемо измерити вредност притиска компресије.

3. ЗАКЉУЧАК

Померање угла брегова који отварају вентиле може се јавити због неколико различитих кварова. Један од њих је хабање клинова или нежељено одвртање вијака који причвршћују каишник (или ланчаник) брегастог вратила и омогућавају круту везу. Квар може бити и у затезачу ланца, што може да изазове хаварију мотора. Кад је овакав проблем у питању, треба обратити пажњу са којих елемената сензори коленастог и брегастог вратила шаљу импулс о синхронизацији поменутих елемената. На разматраном мотору, сензори читавају вредност угла са каишника коленастог вратила и са каишника брегастог вратила, и с обзиром да моторни рачунар није запамтио грешку синхронизације, у подсвести можемо сматрати да није проблем у поменутом хабању елемената и правилној монтажи зупчастог каиша. С обзиром да мотор након неког периода стартује и ради релативно добро, треба размотрити вредности параметара које се у мотору повећавају током стартовања, а то је притисак уља. Једини елементи који имају директан контакт са вентилима су брегови брегастог вратила и хидроподизачи. С обзиром да је јако ретко да се сви брегови брегастог вратила поједу у тој мери, нарочито у мотору који је релативно млад (2020. годиште производње са пређених 80.000км), може се извести закључак да је дефект у хидроподизачима. И у сваком случају следећи корак је поступно растављање мотора и демонтажа брегастог вратила и хидроподизача и њихово испитивање. Логика која стоји иза теорије да је дефект поменутог мотора у неисправности хидроподизача, своди се на то да су хидроподизачи толико оштећени да, док се не оствари довољан притисак уља, хидроподизачи изазивају кашњење отварања вентила (хидроподизачи могу имати ход унутрашњег клипа и до 10 милиметара).

Идеално би било кад би помоћу алата, дијагностичких уређаја, и мерних инструмената могли да дијагностикујемо квар или бар да се приближимо разрешењу проблема, али да би то успешно урадили, неопходно је константно истраживање, искуство, теоријско знање, али и интуиција. Претходно описан случај је битан као пример, да докаже да се квар мотора не може дијагностификовати искључиво аутодијагностичким уређајем, нити искључиво визуелним прегледом и заменом појединих електричних компонената мотора. Да би се квар успешно дијагностификовао, потребна је максимална концентрација, посвећеност и разумевање принципа рада мотора као целине, али и рада и зависности између појединачних елемената мотора.

4. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Robert Bosch GmbH. Electronic Diesel Control EDC. Robert Bosch GmbH, Stuttgart, Germany 2001.
- [2] Konrad Reif Ed. Diesel Engine Management Systems and Components. Springer Fachmedien Wiesbaden 2014.
- [3]<https://mymotorlist.com/engines/peugeot/dv5re/> приступљено 23.10.2025.

Кратка биографија:



Немања Ђукић рођен у Шапцу 2001. године, Основне академске студије, завршио 2023. године, на Факултету техничких наука, где је 2025. године одбранио мастер рад из области Моторних возила, смер Аутомобилско инжењерство.



Јован Дорић (1973) докторирао је на Факултету техничких наука из области мотора СУС у моторним возилима 2012. год. Изабран је за директора Департмана за механизацију и конструкционо машинство 2021. године.