



Pedagogická
fakulta
Faculty
of Education

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Pedagogická fakulta
Katedra aplikované fyziky a techniky

Diplomová práce

Měření na panelu Common-rail

Vypracoval: Bc. Petr Hart, DiS.
Vedoucí práce: Mgr. Pavel Černý

České Budějovice 2016

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě - v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Pedagogickou fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 20. dubna 2016

.....

Anotace

Tato diplomová práce se zabývá názorným praktickým měřením na palivové soustavě vznětového motoru, systému Common-rail. Práce je rozdělena na dvě základní části.

První část je teoretická a má za úkol seznámit čtenáře s historií vstřikování nafty až po systém Common-rail, kde je vysvětlen princip a části tohoto systému.

Druhá část je zaměřena na možnosti praktického měření palivové soustavy Common-rail na výukovém panelu. Na základě praktických měření jsou vytvořeny měřicí úlohy pro studenty, včetně ukázkového zadání, a vypracování formou protokolu. Na závěr je provedeno ověření úloh na studentech a zhodnocení práci.

Klíčová slova

Common-rail, vstřikovač, vysokotlaké čerpadlo, vznětový motor, měření, diagnostika, laboratorní měření

Abstract

This diploma thesis deals with practical measurements on the fuel system of the diesel engine system Common rail. The thesis is divided into two basic parts.

The first part is theoretical and has the task to familiarize the reader with the history of the diesel injection until after the system Common-rail, where the principle and part of this system will be explained.

The second part is focused on the possibility of practical measurement to the fuel system Common-rail on the tutorial panel. Measurement tasks for students will be created on the basis of practical measurements, including the sample assignment, and the elaboration of the form of the protocol. Verification tasks on students and the evaluation of the thesis work will be carried out in the conclusion.

Key word

Common-rail, injector, high-pressure pump, diesel engine, measurement, diagnostics, laboratory measurements

Poděkování

Rád bych zde poděkoval vedoucímu diplomové práce, kterým je Mgr. Pavel Černý, za jeho rady a čas, které mi věnoval při řešení dané problematiky.

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Petr HART, DiS.**
Osobní číslo: **P14872**
Studijní program: **N7503 Učitelství pro základní školy**
Studijní obory: **Učitelství fyziky pro 2. stupeň základních škol**
Učitelství technické výchovy pro 2. stupeň základních škol
Název tématu: **Měření na panelu Common-rail**
Zadávací katedra: **Katedra aplikované fyziky a techniky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Student se v rámci této diplomové práce bude zabývat systémem vstřikování vznětového motoru s tlakovým zásobníkem Common-rail, vypracuje sériovou a paralelní diagnostiku systému. Na základě této diagnostiky provede kontrolu komponent systému a vypracuje soubor laboratorních cvičení, která ověří na žácích. Laboratorní cvičení budou sloužit ve výuce technicky zaměřených předmětů. Diplomant se rovněž zaměří na didaktický aspekt řešené problematiky.

Rozsah grafických prací: podle potřeby
Rozsah pracovní zprávy: cca 60-80 stran
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická
Seznam odborné literatury:

1. GSCHEIDLE, R.: Příručka pro automechanika. 3. přeprac. vyd. /. Překlad Iva Michňová, Zdeněk Michňa, Jiří Handlíř. Praha: Europa - Sobotáles, 2007, 685 s. ISBN 978-80-86706-17-7
2. LANDHÄUER, F.: Systém vstřikování s tlakovým zásobníkem Common Rail pro vznětové motory. 1. české vyd. Praha: Robert Bosch, 2005, 95 s. Technické vzdělávání. ISBN 80-903132-7-2
3. JAN, Z., ŽDÁNSKÝ, B.: Automobily. 2., aktualiz. vyd. Brno: Avid, 2008, 313 s. ISBN 978-80-87143-08-7


Vedoucí diplomové práce: **Mgr. Pavel ČERNÝ**
Katedra aplikované fyziky a techniky

Datum zadání diplomové práce: **20. října 2015**
Termín odevzdání diplomové práce: **30. dubna 2016**



Mgr. Michal Vančura, Ph.D.
děkan




doc. PaedDr. Jiří Tesař, Ph.D.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 20. října 2015

Obsah

1	Úvod	8
2	Literární přehled	9
2.1	Historie vznětového spalovacího motoru	9
2.2	Popis systému Common-rail	18
2.2.1	Historie systému Common-rail	18
2.2.2	Činnost systému Common-rail	18
2.2.3	Komponenty mechanického principu systému Common-rail	19
2.2.4	Elektrické snímače systému Common-rail	28
2.3	Popis panelu Common-rail.....	35
3	Metodika.....	37
3.1	Diagnostika systému	37
3.1.1	Druhy diagnostikování.....	37
3.1.2	Přístroje pro sériovou diagnostiku	37
3.1.3	Paralelní diagnostika komponent.....	50
3.1.4	Kontrola a paralelní diagnostika jednotlivých komponent panelu	52
4	Výsledky.....	61
4.1	Ukázka laboratorního měření	61
4.2	Ověření na studentech	63
5	Závěr.....	64
6	Seznam použité literatury	65
7	Přílohy	67

1 Úvod

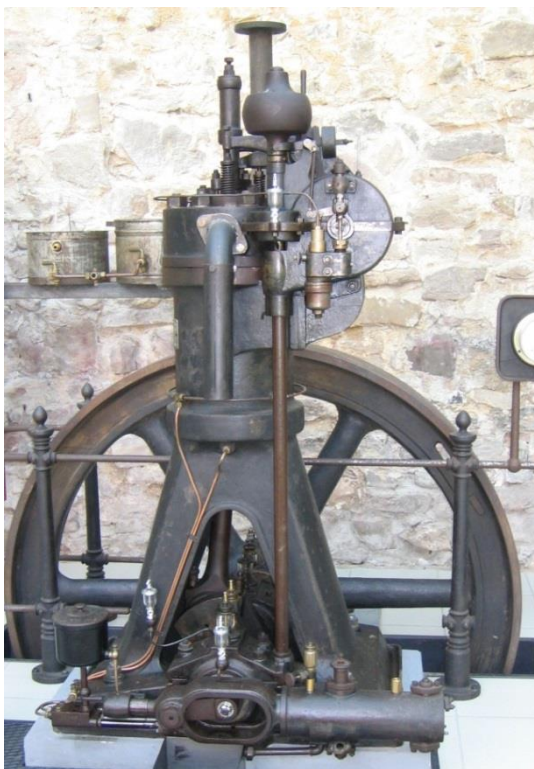
Již mnoho let je automobilový průmysl hnacím motorem české ekonomiky. Automobilový průmysl není ale jen výroba samotných automobilů nebo jejich částí, ale také síť autorizovaných i neautorizovaných autoopraven. Vývoj vozidel pokračuje mílovými kroky kupředu, nové technologie jsou uplatňovány ve vyrobených vozidlech, a proto i autoopravenství nesmí zahálet. Proto jsem si vybral téma diplomové práce „Měření na panelu Common-rail“. Autor pracuje jako učitel odborných předmětů na VOŠ, SPŠ automobilní a technické v Českých Budějovicích a s těmito technologiemi se setkává nejen v práci, ale i na školeních od dodavatelů různých komponent nebo od samotných výrobců automobilů. Tyto vědomosti předává studentům v rámci odborných předmětů prostřednictvím různých pomůcek. Jednou z nich je panel nejpoužívanější palivové soustavy vznětového motoru. V rámci diplomové práce v literární části seznámí autor čtenáře stručně s principem, historií a konstrukcí palivové soustavy vznětového motoru a podrobněji se vstříkáním s tlakovým zásobníkem Common-rail. V praktické části seznámí čtenáře s možností praktické diagnostiky tohoto systému, možností kontroly jednotlivých komponent, včetně reálných fotografií. Na základě kontroly a diagnostiky je vytvořen soubor řešených praktických laboratorních úloh pro zlepšení uplatnitelnosti studentů na trhu práce. Laboratorní úlohy na tento systém ještě dříve nebyly vytvořeny.

2 Literární přehled

2.1 Historie vznětového spalovacího motoru

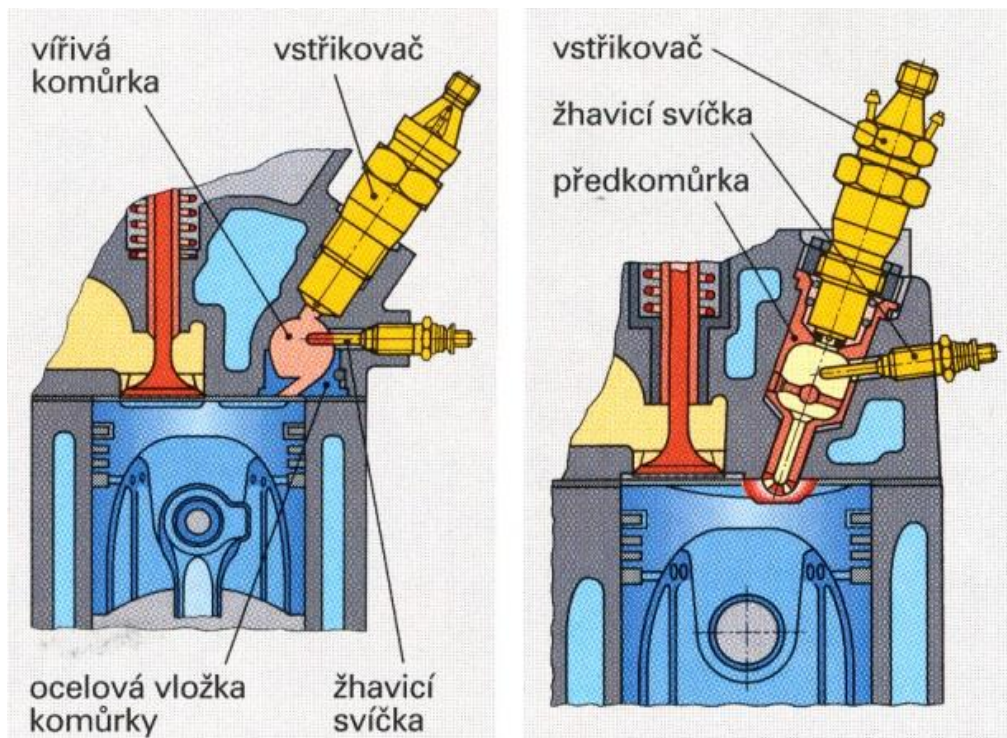
Spalovací motor je tepelný stroj, který spalováním paliva získává tepelnou energii a využitím vhodného plynného média ji převádí na mechanickou práci. Energie plynného média je využívána jako potenciální energie (tlak) u pístových spalovacích motorů. První spalovací motor využíval pro zapálení směsi zapalovací svíčku, proto ho Nicolaus Otto nazval zážehovým [1, 2, 6].

První vznětový motor, který byl roku 1892 patentován Rudolfem Dieselem, se začal rodit s velkými obtížemi. Prototyp spalovacího motoru s kvalitativním spalováním, tedy s řízením přesného vstříku paliva do stlačeného plynu, se zrodil o rok později. Nepoužíval ještě jako palivo naftu, ale uhelný mour. První naftový motor vyvinul Rudolf Diesel v roce 1897 (Obr. 1). Již v této době měl účinnost spalování dvacet šest procent, tedy dvakrát více než soudobé parní stroje. Na přelomu 19. a 20. století nebyly vznětové motory díky své mohutnosti používány v automobilech. Následovala První světová válka, vývoj motorů se uspíšil a roku 1923 již bylo možné na silnici vidět nákladní automobily se vznětovým motorem [3, 4, 8].



Obr. č. 1 Naftový motor Rudolfa Diesela [20]

V první fázi vývoje pevných a pohyblivých částí vznětových motorů bylo používáno *nepřímé vstřikování paliva* (Obr. 2). Palivo bylo vstřikováno do předkomůrky vytvořené v hlavě válce [3]. Tento druh vstřikování paliva měl výhodu ve snadných startech při snížených teplotách pod 0 °C a kultivovanější chod. Nevýhodou byl nižší výkon a větší nároky na pevnost hlavy válce motoru [11].



Obr. č. 2 Nepřímé vstřikování vznětového motoru [2]

Ve stejné době začala firma M.A.N. vyrábět vznětový spalovací pístový motor *s přímým vstřikem paliva* (Obr. 3), což byl krok vpřed. Palivo je vstřikováno přímo do spalovacího prostoru nad píst. Díky tomu je možné využít více energie v palivu a tím je motor účinnější než tzv. komůrkový. Přímé vstřikování se objevuje ve vozidlech se vznětovými motory dodnes, komůrkové motory se přestaly vyrábět na přelomu 20. a 21. století kvůli nemožnosti splnit náročné emisní normy. Pro zajištění chodu motoru je nutno zajistit odpovídající příslušenství motoru, tedy odpovídající palivovou soustavu [2, 7, 8].

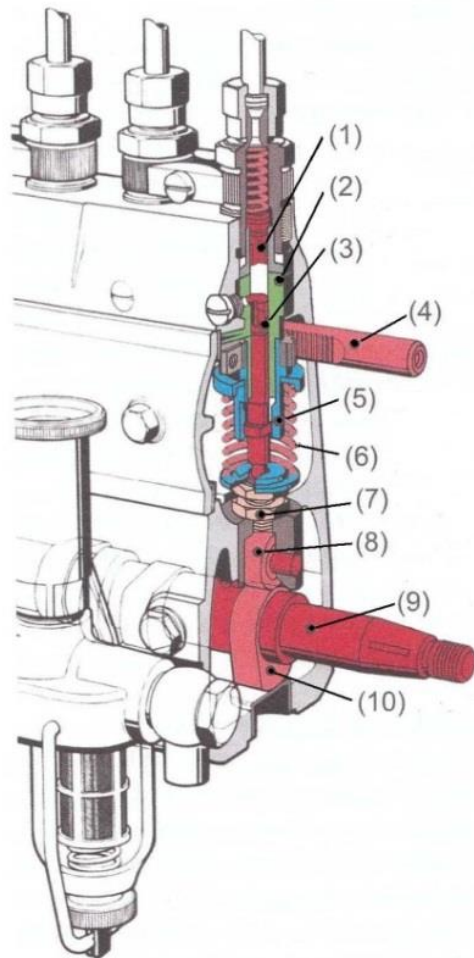


Obr. č. 3 Přímé vstřikování vznětového motoru [20]

Palivová soustava prvotních vznětových motorů byla s *řadovým vstřikovacím čerpadlem* (Obr. 4), které se používá dodnes. Řadové vstřikovací čerpadlo je soustava vysokotlakých čerpadel jednočinných pístových tj. vstřikovací jednotky (Obr. 5). Jejich počet je stejný jako počet válců motoru. Toto čerpadlo musí být vybaveno regulátorem otáček [3, 13].

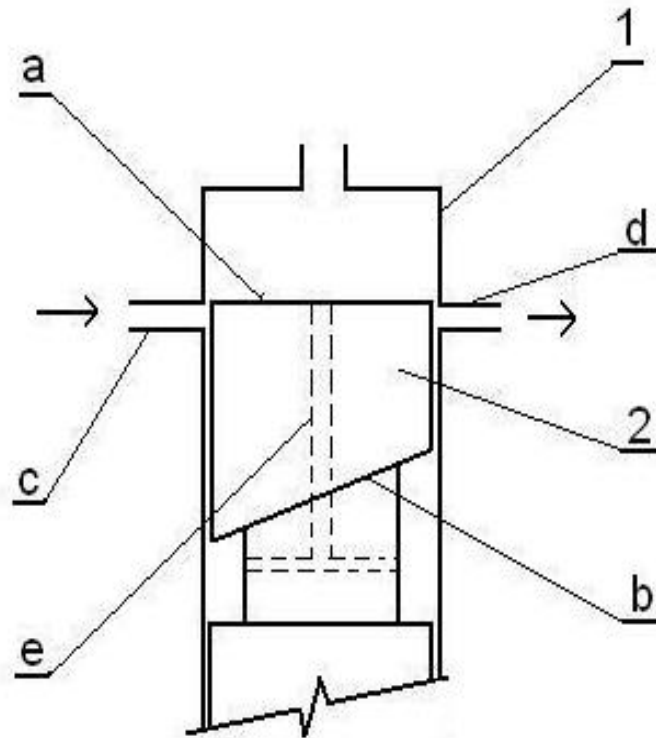


Obr. č. 4 Řadové vstřikovací čerpadlo [20]



Obr. č. 5 Vstřikovací jednotka: 1 - výtlačný ventil, 2 - válec vstřikovací jednotky, 3 - píst vstřikovací jednotky, 4 - regulační tyč, 5 - regulační objímka, 6 - pístová pružina, 7 - seřizovací šroub, 8 - pístové zdvihátko s kladkou, 9 - vačkový hřídel, 10 - vačka [3]

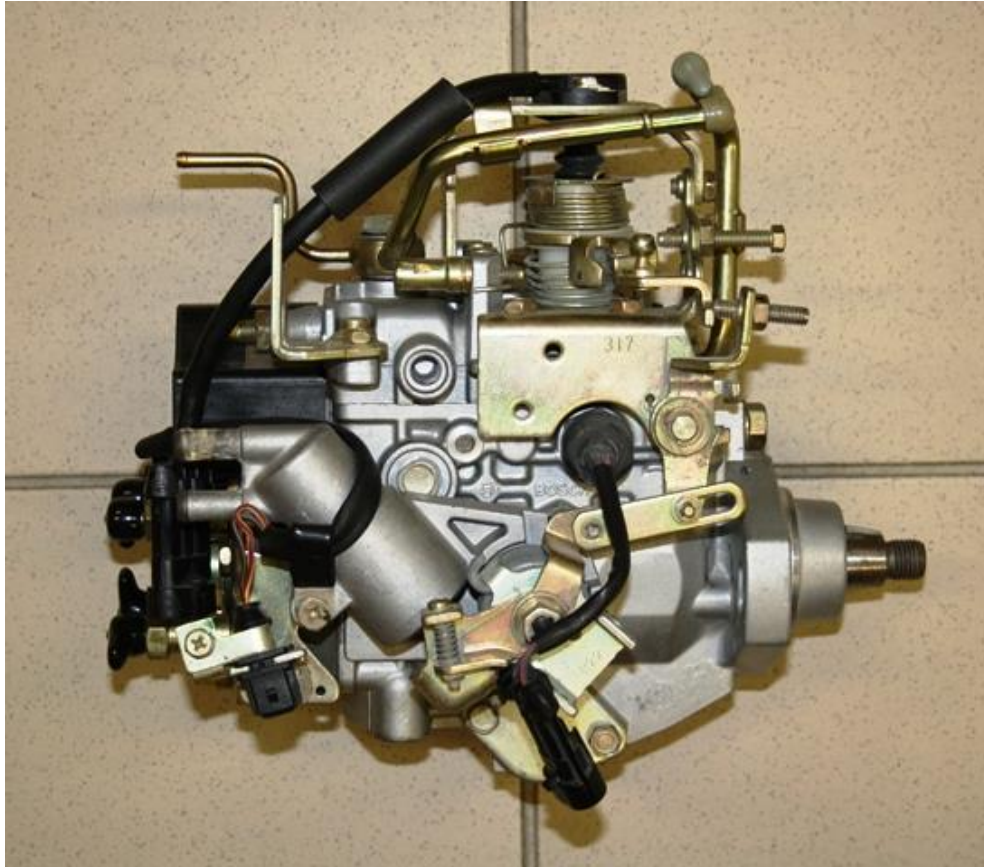
Základní částí vstřikovací jednotky (Obr. 6) je vstřikovací element, tj. přesně těsnící píst a válec vstřikovací jednotky. Těsnící vzdálenost mezi válcem a pístem se pohybuje od 0,002 mm u vozidel nákladních do 0,005 mm u řadových vstřikovacích čerpadel používaných u traktorů [3].



Obr. č. 6 Vstříkovací element: a - horní konstantní hrana pístku, b - spodní šikmá regulační hrana, c - plnicí kanál, d - přepadový kanál, 1 - válec, 2 – píst

Vznětový motor používá palivovou soustavu, která se sama bez regulátoru neureguluje, a tudíž by hrozilo přetočení motoru, a tím i jeho havárie. Rozlišujeme dva základní mechanické regulátory otáček, které pracují na principu odstředivé síly působící na závaží spojené s regulační tyčí přes dvojici párů pružin, a to regulátor omezovací a výkonový. Omezovací regulátor má za úkol regulovat volnoběžné a maximální (přeběhové) otáčky motoru bez zásahu řidiče. Používá se hlavně u silničních vozidel. Výkonostní má za úkol udržet nastavené otáčky motoru pákou řidiče při jakémkoliv zatížení. Používá se u pracovních strojů [9].

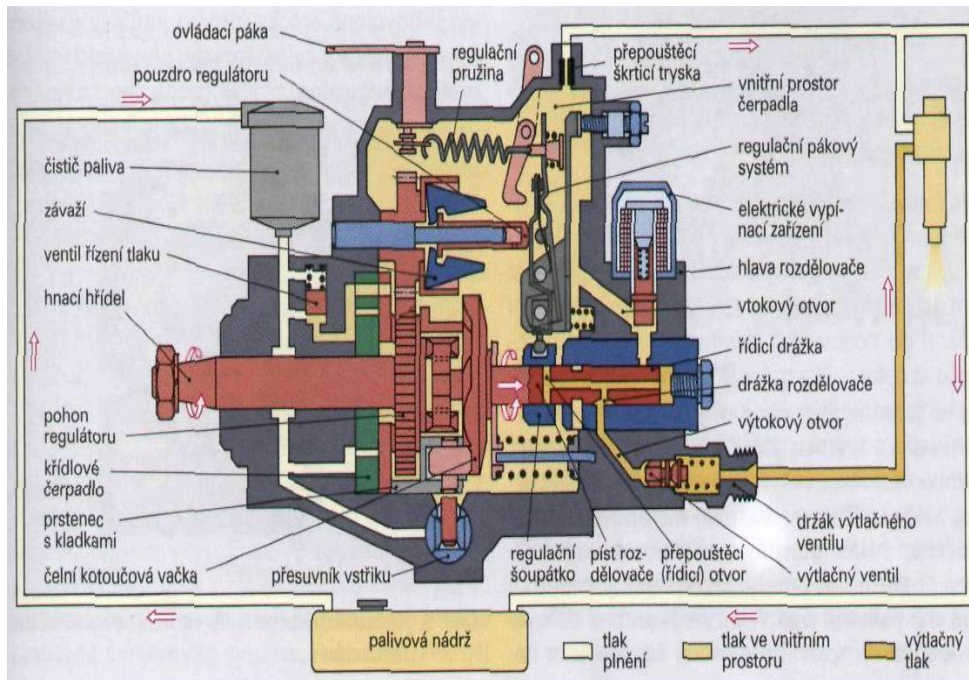
V roce 1975 vyvinula firma BOSCH nový systém vstříkování *s rotačním vstříkovacím čerpadlem* (Obr. 7). Palivová soustava vznětového motoru s rotačním vstříkovacím čerpadlem je nejpoužívanější systém vstříkování vznětového motoru u osobních vozidel a lehkých užitkových vozidel. Jsou použity dvě základní provedení čerpadla [2, 3, 4, 10].



Obr. č. 7 Rotační vstřikovací čerpadlo

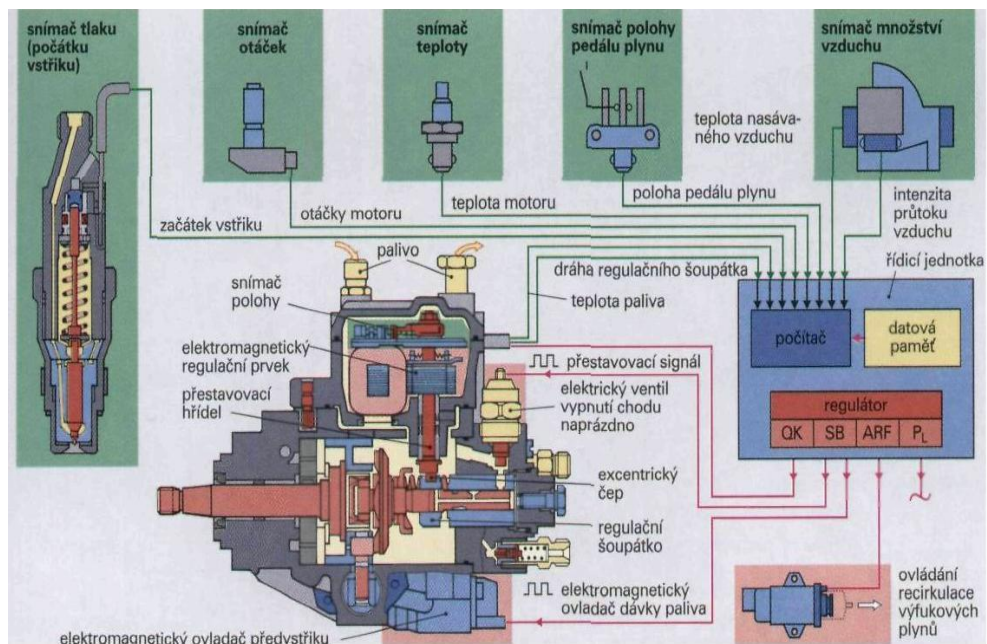
a) Rotační čerpadlo s axiálním pístem

Činnost tohoto čerpadla probíhá tak, že se axiální vačka točí a její výstupky najíždí na stojící kladky. Tím se na píst přenáší posuvný čerpací pohyb. Píst nasává přes plnicí drážky palivo a vytlačuje ho do výtlačného rozdělovacího kanálu. Protože se vačka otáčí, přenáší se na píst i rozdělovací otáčivý pohyb. Výtlačný rozdělovací kanál pístu se při svém otáčení napojuje na jednotlivé výstupní kanály válce. Tento systém vstřikování je opatřen regulátorem otáček. Na obrázku 8 níže je rotační vstřikovací čerpadlo s axiálním pístem s mechanickým regulátorem a s elektronickou regulací otáček. Mechanický regulátor otáček má výhodu minimální elektrické zástavby do čerpadla (pouze elektromagnetický ventil pro zastavení dodávky a tím i zastavení motoru) [2, 6].



Obr. č. 8 Mechanický regulátor rotačního vstřikovacího čerpadla [2]

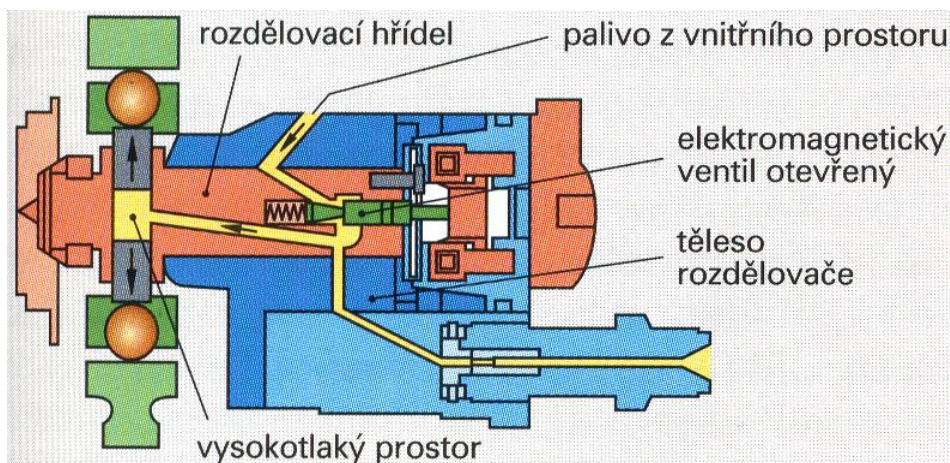
Elektronický regulátor otáček (Obr. 9) je řídicí jednotka, která určuje dodávku paliva podle zjištěných otáček motoru, jeho zatížení, teploty a množství nasávaného vzduchu, teploty oleje a chladicí kapaliny. Zároveň nastavuje podle aktuálních hodnot snímačů volnoběžné otáčky bez zásahu řidiče a omezuje maximální otáčky motoru [2, 3].



Obr. č. 9 Schéma elektronického regulátoru rotačního vstřikovacího čerpadla [2]

b) Rotační čerpadlo s radiálními písty

Otáčením rotoru ve vačce se písty pohybují vlivem výstupků vačky proti sobě a od sebe, a tím konají čerpací pohyb. Palivo se nasává i vytlačuje přes kanál v čerpadle. Rozdělovač paliva spojuje přes kanál čerpací část střídavě s přívodním kanálem a výstupními kanály. Čerpací část proto může stejným kanálem nasát i vytlačit do jednotlivých výstupů po obvodu (Obr. 10) [2, 3].



Obr. č. 10 Schéma rotačního čerpadla s radiálními písty [2]

Následoval další vývoj a konstruktéři dospěli k zatím posledním možnostem palivových soustav, tedy k individuálnímu vstřikování. To může být provedeno např.: soustavou s vysokotlakým čerpadlem, které dodává trvale palivo ke vstřikovači pod tlakem nebo umístěním vysokotlakého čerpadla přímo na vstřikovač [2, 3].

a) Palivová soustava vznětového motoru s tlakovým zásobníkem (Common Rail)

Tento systém vstřikování využívá pístového vysokotlakého čerpadla spolu s tlakovým zásobníkem a elektromagnetickými nebo piezoelektrickými vstřikovači pro dokonalé rozprašení paliva (Obr. 11) [5, 6, 7]. Podrobněji se autor věnuje systému Common-rail v další kapitole.



Obr. č. 11 Komponenty vstříkovacího systému Common-rail [1]

b) Palivová soustava čerpadlo – tryska

Tuto palivovou soustavu (Obr. 12) uvedl jako námět student německé vysoké školy a od něj tento návrh, později patent koupila firma BOSCH, která tento systém vyráběla od roku 1999 do roku 2008 pro osobní automobily. Činnost soustavy čerpadlo – tryska funguje tak, že vačka začne pohybovat s pístem, pod který je natlačeno palivo dopravním nízkotlakým palivovým čerpadlem. Ale palivo je vytlačováno jen do přepadu. Teprve po uzavření elektrohydraulického ventilu je palivo vytlačeno do spalovacího prostoru motoru přes trysku. Otevřením elektrohydraulického ventilu se dodávka opět ukončí. Okamžikem otevření je řízen předstih vstříku, okamžikem zavření je řízena velikost dodávky. Toto otevření a zavření je možné provádět až pětkrát během jednoho stlačení a tím fázovat optimálně dodávku paliva. Ale s přibývajícimi nároky emisní limity palivových soustav vznětových motorů musel tento systém ustoupit systému Common-Rail [6, 11].



Obr. č. 12 Sdružený vstřikovač systému čerpadlo-tryska

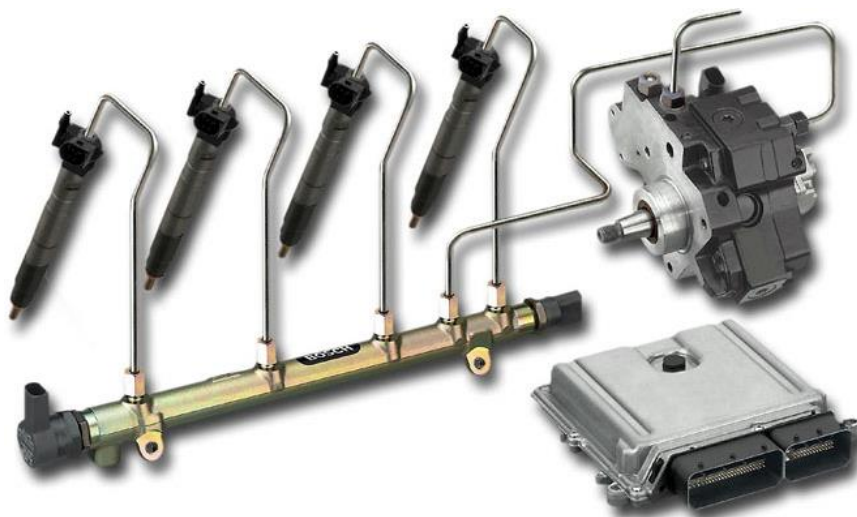
2.2 Popis systému Common-rail

2.2.1 Historie systému Common-rail

Systém vysokotlakého vstřikování motorové nafty Common-rail je v současné době jediná palivová soustava vyráběná pro vznětové motory osobních automobilů. Tento systém vyvinul koncem 60. let dvacátého století švýcarský technik Robert Huber. Postupem desetiletí se tento systém v laboratorních podmínkách ověřoval a vylepšoval, až dosáhl svého použití v osobních vozidlech. Stalo se tak v roce 1997 ve vozech Alfa Romeo s označením motoru JTD a ve vozidle Mercedes Benz s označením 320 CDI [5]. Nyní se tento systém díky svým vhodným vlastnostem používá v páté generaci pod různým označením u všech světových výrobců osobních i nákladních vozidel [1, 8, 9].

2.2.2 Činnost systému Common-rail

Systém Common-rail (Obr. 13) odděluje místo vytváření tlaku a vstřikování paliva. Palivové čerpadlo umístěné v nádrži dopravuje motorovou naftu přes předehříváč a jemný čistič paliva k zubovému tlakovému čerpadlu. Toto čerpadlo dopravuje palivo k vysokotlakému pístovému čerpadlu, které vytváří vstřikovací tlak. Natlakované palivo je z čerpadla dopraveno vysokotlakým vedením do zásobníku tlaku (railu) a odtud k elektrickým vstřikovačům paliva, které ho rozpráší v jemnou mlhovinu pro jednodušší vznícení paliva [15, 16].



Obr. č. 13 Schéma vstřikovacího systému Common-rail [5]

2.2.3 Komponenty mechanického principu systému Common-rail

2.2.3.1 Palivová nádrž

Účelem palivové nádrže je zajistit zásobu paliva pro provoz vozidla. Palivová nádrž musí být odolná proti korozi a při dvojnásobku provozního přetlaku (maximálně 0,3 bar) těsná. Vznikající přetlak způsobený výparů paliva musí unikat vhodným otvorem, bezpečnostním ventilem nebo do nádoby s aktivním uhlím vnitřním odvětráním palivové nádrže. Palivo nesmí vytékat plnicím zařízením nebo bezpečnostním ventilem ani při jízdě po šikmé ploše, při jízdě zatáčkou nebo při nárazech [1].

2.2.3.2 Dopravní palivové čerpadlo v nádrži

Úkolem dopravního palivového čerpadla je zásobovat vysokotlaké čerpadlo dostatkem paliva v každém provozním stavu, potřebným tlakem a po celou dobu životnosti. V současné době jsou možné dva konstrukční typy dopravních palivových čerpadel, a to buď elektrické palivové čerpadlo válečkové, nebo mechanické zubové [1].

2.2.3.3 Elektrické palivové čerpadlo

Elektrické válečkové palivové čerpadlo je použito výhradně u osobních a lehkých užitkových automobilů. Vedle dopravy paliva pro vysokotlaké čerpadlo má v rámci kontroly systému ještě úkol přerušit dodávku paliva v případě potřeby. Čerpadlo je uvedeno v činnost zapnutím klíčku zapalování do polohy „1“ nepřetržitě a nezávisle na otáčkách motoru. Dopravuje tak palivo kontinuálně přes palivový čistič do vysokotlakého čerpadla. Přebytečné palivo je přes vlastní ventil dopravováno zpět do nádrže. Elektrické čerpadlo může být tzv. Intank (Obr. 14), to znamená přímo

v palivové nádrži a nebo Outtank (Obr. 15), tedy mimo nádrž. Čerpadlo určené pro nádrž je součástí palivového modulu spolu s regulátorem tlaku a plovákem pro zjištění stavu paliva v nádrži. Oproti tomu palivové čerpadlo určené mimo nádrž je umístěno na palivovém potrubí mezi nádrží a čističem paliva. Konstrukce palivového čerpadla je u obou provedení stejná. Pro palivový systém Common-rail je provedeno jako válečkové lamelové objemové čerpadlo a sestává se z excentricky uspořádaného prostoru, ve kterém rotuje drážkový rotor. V každé drážce se nachází váleček. Rotačním pohybem rotoru se odstředivou silou přimáčknou válečky ke stěně komory a díky jejímu excentrickému tvaru dochází ke změně objemu a tím vytváření tlaku a čerpaní paliva [1, 3].



Obr. č. 14 Palivové čerpadlo umístěné v palivové nádrži



Obr. č. 15 Palivové čerpadlo umístěné mimo palivovou nádrž

2.2.3.4 Mechanické palivové čerpadlo

Zubové palivové čerpadlo (Obr. 16) je používáno u osobních, užitkových i pracovních strojů. Může být součástí vysokotlakého palivového čerpadla, nebo je umístěno na bloku motoru, kde má vlastní pohon od klikového hřídele řetězem nebo řemenem. Je konstrukčně odlišné od elektrického čerpadla. Zde zabírají dvě protiběžně se otáčející ozubená kola, která dopravují palivo v zubových mezerách ze sací do výtlačné části. Musí zde být zaručena dokonalá těsnost tělesa čerpadla a rotačních částí. Dopravované množství je přímo úměrné velikosti otáček motoru. Proto je prováděna regulace množství paliva škrticím ventilem na sací straně nebo obtokem na výtlačku. Zubové čerpadlo pracuje jako bezúdržbové. Odvzdušení systému je prováděno buď ručním tlakovým čerpadlem na čerpadle, nebo odsávacím zařízením [1].



Obr. č. 16 Mechanické zubové palivové čerpadlo umístěné mimo nádrž

2.2.3.5 Jemný čistič paliva

Nečistoty v palivu mohou vést ke škodám na vysokotlakém čerpadle, vysokotlakých ventilech nebo na vstřikovačích. Použití čističů (Obr. 17) je proto předpokladem pro bezporuchový provoz a dlouhou životnost. Palivo může obsahovat vodu ve formě emulze nebo ve formě kapaliny. Když se tato voda dostane do vstřikovacího systému, vzniknou vlivem koroze nenávratná poškození. Systém vstřikování s tlakovým zásobníkem potřebuje stejně jako i jiné palivové systémy palivový čistič s integrovaným zásobníkem na vodu a odkalovacím šroubem. Tímto šroubem musí být voda v pravidelných intervalech určených výrobcem pravidelně vypouštěna včetně výměny buď filtrační vložky, nebo celého čističe [1, 6].



Obr. č. 17 Jemný čistič paliva

2.2.3.6 Vysokotlaké čerpadlo

Úkolem vysokotlakého čerpadla je vytvořit dostatek stlačeného paliva ve všech provozních stavech motoru po celou dobu životnosti systému a motoru. Vysokotlaké čerpadlo vytváří trvale vysoký tlak paliva, až 2500 bar, pro vysokotlaký zásobník (rail). Vysokotlaké čerpadlo je na vznětovém motoru přednostně montováno na stejné místo jako jeho předchůdce (rotační vstřikovací čerpadlo). Mazáno je palivem a konstrukčně je vyřešeno jako pístové jednočinné. Palivo je ve vysokotlakém čerpadle stlačováno

radiálním pístem nebo písty čerpadla. Točivý moment spotřebováváný těmito čerpadly je do 25 Nm, což je menší o 80 %, než u adekvátního rotačního vstřikovacího čerpadla. První generace systému Common-rail používala třípístové čerpadlo s umístěním pístů po 120°, druhá a třetí generace systému Common-rail používala jak dvou, tak třípístové čerpadlo (Obr. 18). Čtvrtá a pátá generace používá již jen jednopístové fázované vysokotlaké čerpadlo (Obr. 19) s daným vstřikovačem. Maximální vstřikovací tlaky se pohybují od 1350 bar u první generace do 2500 bar u páté generace. Vícepístová čerpadla umožňují odpojit jeden píst z činnosti kvůli snížení maximálního tlaku při volnoběhu, kdy je potřeba přibližně 30 % maximální hodnoty vstřikovaného tlaku. Protože je vysokotlaké čerpadlo dimenzováno na vysoké množství, musí být při volnoběhu a částečném výkonu, i přes odpojení pístu, zajištěn odvod přebytečného stlačeného paliva. Tento přebytek paliva je přes regulační ventil tlaku veden do přepadové části. Palivo v přepadové části prochází chladičem paliva, který je nejčastěji umístěn na podvozku vozidla, a dále zpět do nádrže [1, 18, 19].



Obr. č. 18 Třípístové vysokotlaké palivové čerpadlo



Obr. č. 19 Jednopístové vysokotlaké palivové čerpallo [1]

2.2.3.7 Zásobník tlaku (rail)

Vysokotlaký zásobník (Obr. 20) má za úkol akumulovat palivo pod vysokým tlakem. Musí dále svým objemem tlumit tlakové kmitání vzniklé vysokotlakým čerpadlem. Tlak je při odběru jednotlivými vstřikovači udržován na přibližně konstantní hodnotě pro dané zatížení motoru regulačním ventilem. Tím je zajištěno, že při otevření vstřikovače zůstane vstřikovací tlak konstantní. Zásobník může být z hlediska zástavby pro vozidlo různě tvarován a jeho pracovní objem je přibližně 2 cm³ pro osobní automobily do 2000 cm³ zdvihového objemu motoru. Tento pracovní objem je trvale plněn palivem. Stlačitelnost paliva dosažená vysokým tlakem (až 2500 bar) se využívá pro akumulaci efekt. Pokud vstřikovač otevře, zůstává tak tlak v zásobníku přibližně konstantní. Stejně tak jsou utlumeny rázy při výtlačku vysokotlakého palivového čerpadla. Pro řídicí jednotku je důležité zjistit okamžitý tlak v zásobníku. Pro zjištění tlaku se využívá snímač tlaku v railu [1, 16].



Obr. č. 20 Tlakový zásobník paliva – rail

2.2.3.8 Tlakový pojistný ventil

Účelem tlakového pojistného ventilu (Obr. 21) je omezit tlak v zásobníku tím, že při vysokém zatížení uvolní přepadový otvor. Umožňuje i částečné přetížení krátkodobě podle generace systému od 1500 bar do 2700 bar. Pojistný ventil se skládá pouze z mechanických částí, a to z pružiny, pohyblivého pístu, přípojky na přepadové vedení a pouzdra se šroubením na zásobník tlaku paliva. Pouzdro na straně k zásobníku je tvaru kužele s dosedajícím kuželovým pístem, který do maximálního tlaku těsní díky pružině. Pokud je maximální tlak v zásobníku překročen, pohyblivý píst přetlačí pružinu a palivo je přepuštěno do přepadu. Tím se sníží tlak v zásobníku na bezpečnou hodnotu [1, 3].

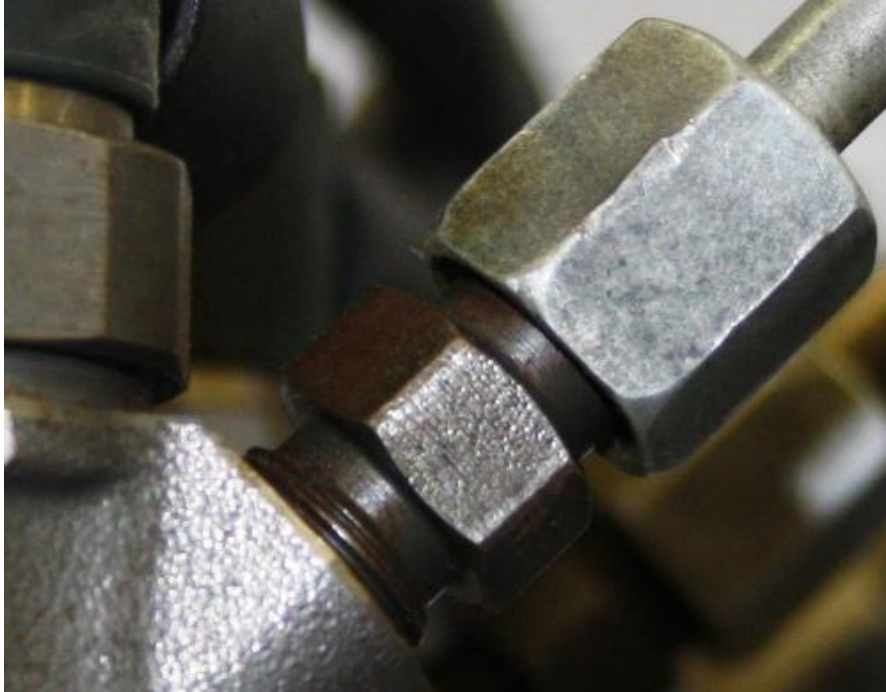


Obr. č. 21 Tlakový pojistný ventil

2.2.3.9 Omezovač průtoku

Úkolem omezovače průtoku paliva (Obr. 22) je zamezit nepravděpodobnému trvalému vstřikování vstřikovače. Aby toto splnil, uzavírá omezovač průtoku při překročení maximálního průtoku přívod ke vstřikovači, kterého se tato závada týká. Omezovač průtoku je tvořen kovovým pouzdem s jedním šroubením pro upevnění na zásobník a druhým pro vstřikovač. Uvnitř omezovače se nachází píst, který je zatlačován do sedla pružinou. Při normálním provozu se píst nachází na dorazu na straně zásobníku tlaku.

Vlivem vstřikování klesá tlak na straně vstřikovače a tímto poklesem je píst posouván směrem k sedlu. Pokud je vstřikovač trvale otevřen, píst se posune až do sedla a tím uzavře přívod ke vstřikovači a uvede ho v nečinnost [1, 10].



Obr. č. 22 Mechanický omezovač průtoku

2.2.3.10 Vstřikovač

Účelem vstřikovače (Obr. 23) je elektronicky nastavit počátek dodávky paliva, její fázování, a zajistit přesně odměřené množství paliva v závislosti na signálech snímačů motoru. Vstřikovač se skládá z otvorové trysky, hydraulické části a akčního prvku. Akční prvek může být elektromagnetický nebo piezoelektrický ventil [1, 12].



Obr. č. 23 Elektromagnetický vstřikovač

2.2.3.10.1 Činnost vstřikovače

Palivo je vedeno od vysokotlaké přípojky přes přívodní kanál k trysce, stejně jako přes přívodní kanál do prostoru ovládacího prvku. Prostor ovládacího ventilu je spojen přes obtokovou škrticí trysku, kterou otevírá akční prvek, do přepadové části. V zavřeném stavu je jehla otvorové trysky zatlačena do sedla tělesa trysky (Obr. 24) hydraulickým tlakem. Na akční prvek není přivedeno napětí. Při počátku vstřiku je akční prvek aktivován a upustí hydraulický tlak nad jehlou otvorové trysky a tím dochází k otevření otvorů v tělese trysky a nastává samotný počátek dodávky. Jelikož je akční prvek ovládán minimálním elektrickým proudem, řádově mA, nevypouští hydraulický tlak nad tryskou v celém svém průřezu, ale právě jen otevírá obtokovou trysku [11, 14]. Touto tryskou dojde ke snížení tlaku nad jehlou otvorové trysky a tedy k dodávce paliva. Pro zastavení dodávky paliva není aktivován akční prvek, tedy je zavřena obtoková tryska a vstřikovač nevstřikuje. V dnešní době je samotná dodávka paliva několikrát přerušena, tedy fázována. První část dodávky se nazývá „pilotní vstřik“ a slouží k prvotnímu vznícení paliva. Tato fáze je menší než druhá, „hlavní vstřik“ a zmenšuje detonační hoření, klepání motoru a zlepšuje využitelnost energie v palivu. „Hlavní vstřik“ slouží jako nosič energie pro pohon motoru, vozidla. Další fáze mohou být až tři a nazývají se korekční. Slouží ke korekci chodu motoru podle jeho opotřebení [2, 3].

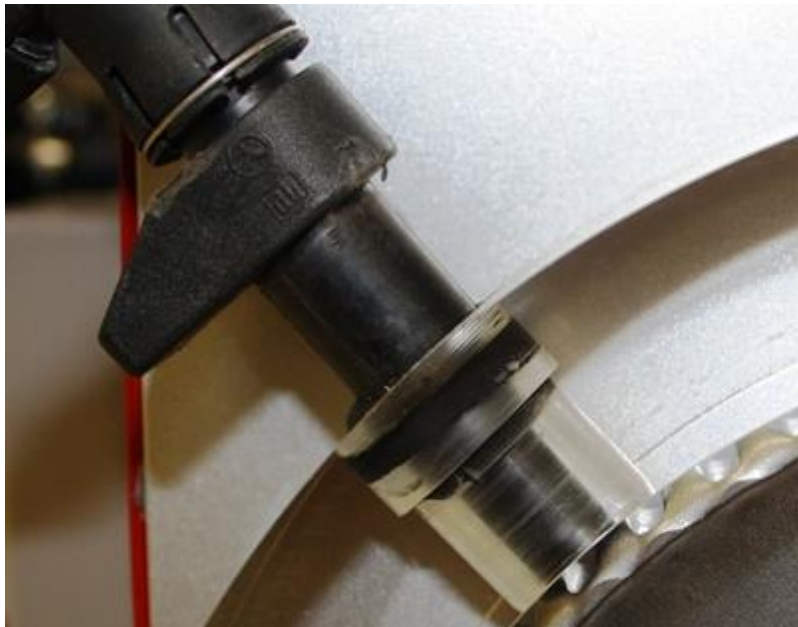


Obr. č. 24 Řez tělesem a držákem trysky vstřikovače [1]

2.2.4 Elektrické snímače systému Common-rail

2.2.4.1 Indukční snímač otáček klikového hřídele

Poloha pístu prvního válce je rozhodující pro stanovení bodu zážehu, tj. předstihu zážehu. Jelikož jsou písty spojeny klikovou hřídelí, snímač otáček klikového hřídele (Obr. 25) určuje polohu všech pístů. Z rychlosti změny měřené na snímači klikového hřídele určíme otáčky motoru. Na klikovém hřídeli je připevněn feromagnetický ozubený kotouč s určitým počtem zubů (podle typu vstřikování a zapalování), přičemž jsou dva zuby vynechány – zubová mezera. Snímač se sestává z jádra z magneticky měkké oceli a měděné cívky [1, 2]. Na základě změny magnetického toku v cívce se indukuje střídavé napětí. Elektrický odpor indukčního snímače je podle typu vstřikování 300 Ω - 1500 Ω [14, 15].

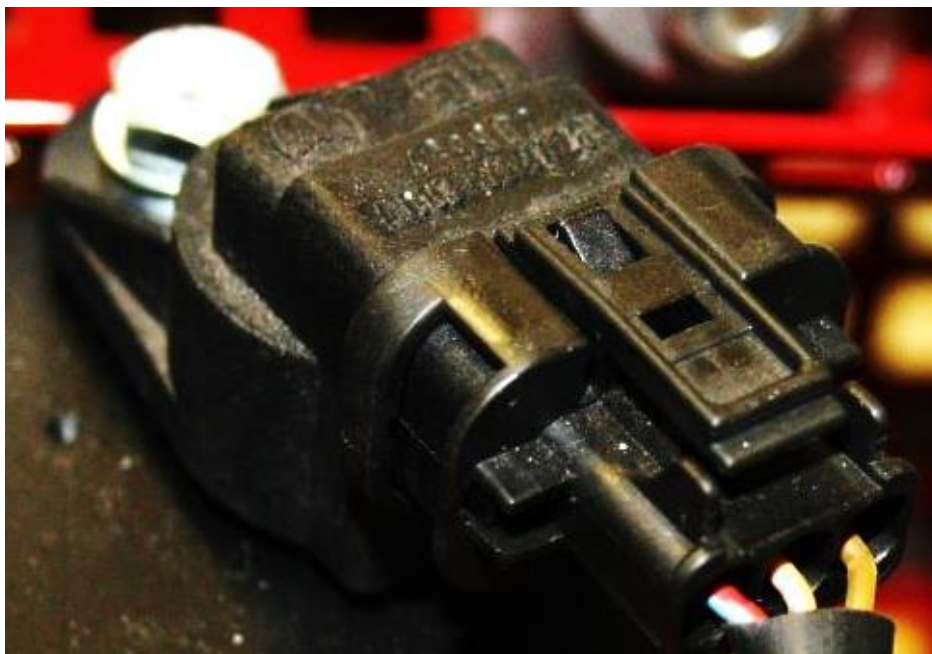


Obr. č. 25 Snímač otáček klikového hřídele

2.2.4.2 Snímač polohy vačkového hřídele

Snímač polohy vačkového hřídele (Obr. 26) určuje, kdy je píst prvního válce v horní úvrati v kompresi. Pracuje na principu Hallova jevu, kdy při protékání elektrického proudu vodičem, jenž se nachází ve stacionárním magnetickém poli, vzniká napětí. V případě, že proud a magnetická indukce jsou na sebe kolmé, lze příčně ke směru proudu naměřit Hallovo napětí úměrné velikosti magnetického pole. Hallův efekt nese jméno podle svého objevitele Edwina Halla, který jev popsal v roce 1879. Hallovo napětí má jen malé hodnoty (řádově mV). Proto je na snímači umístěn vyhodnocovací obvod, který

signál zpracuje a poskytne ho řídicí jednotce ve formě obdélníkového signálu v hodnotách elektrického napětí obvykle 5 V nebo 12 V. Napětí signálu je na rozdíl od indukčního snímače nezávislé na zrychlení impulsního kotouče (otáčkách hřídele, kola či náboje) [1, 2, 3].



Obr. č. 26 Snímač polohy vačkového hřídele

2.2.4.3 Snímač polohy pedálu akcelérátoru

Snímač polohy pedálu (Obr. 27) snímá úhel natočení pedálu pro zjištění vedlejšího signálu zatížení. Tento signál je společně s dalšími signály z ostatních snímačů použitý jako přídatná funkce na zjištění provozního stavu motoru (volnoběh, částečné zatížení, plný výkon). Potenciometr je umístěn různými způsoby přímo na pedálu akcelérátoru, nebo je spojený lanovodem od pedálu do motorového prostoru. Aby byl docílen přesný poměr paliva a vzduchu, je nutné znát hmotnost vzduchu nasátého za jeden pracovní cyklus motoru. Za tohoto předpokladu se odměří přesně časově omezeným otevřením vstřikovače přesné množství a okamžik vstříknutí paliva. Sešlápnutím pedálu akcelerace určuje řídicí proud nasátého vzduchu do motoru a tím předurčuje požadovaný okamžitý výkon. Potenciometr vyhodnocuje úhel sešlápnutí pedálu. Potenciometr je napájen stabilizovaným napětím 5 V z řídicí jednotky [1, 3].



Obr. č. 27 Pedál akcelerátoru

2.2.4.4 Snímač množství nasávaného vzduchu

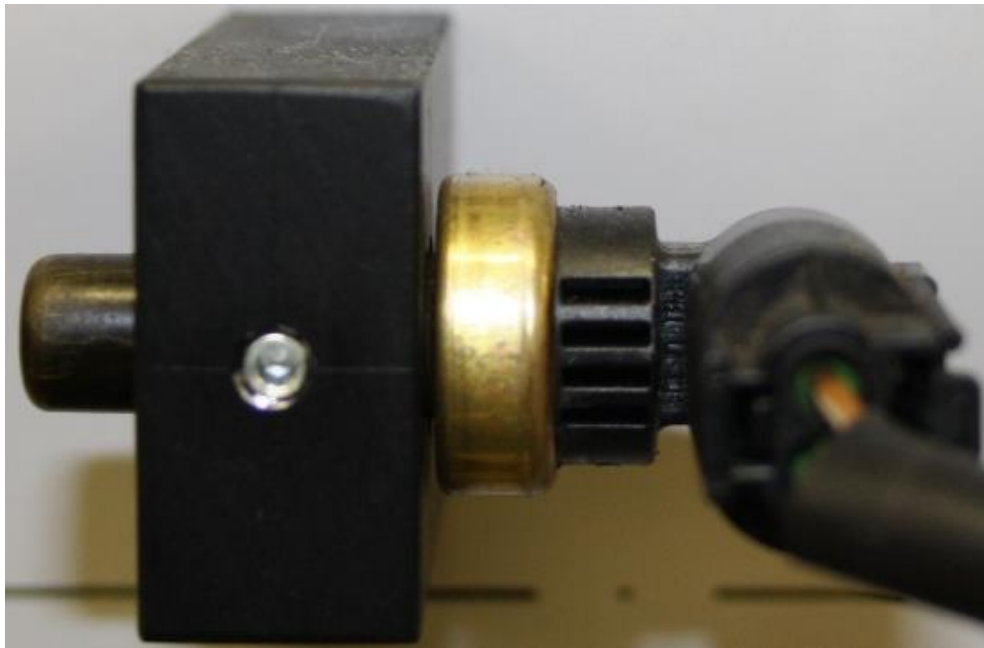
Měřič hmotnosti vzduchu (Obr. 28) je umístěn mezi vzduchovým filtrem a škrtkou klapkou. Měří hmotnost proudu vzduchu nasátého motorem v kilogramech za hodinu. Pokud se při měření hmotnosti vzduchu používá vyhřívané těleso, jedná se o termický snímač zatížení. Údaj o hmotnosti vzduchu vyhodnocuje řídicí jednotka spolu s posledními vstupními údaji a řídí optimálně směšování směsi. V proudění nasávaného vzduchu je umístěno vyhřívané těleso, které je proudem vzduchu ochlazováno. Řídicí elektronika snímače reguluje do vyhřívaného tělesa takový proud, aby rozdíl teploty tohoto tělesa vůči teplotě nasávaného vzduchu byl konstantní. Velikost vyhřívacího proudu je tedy úměrná hmotnosti proudění vzduchu [1, 12].



Obr. č. 28 Měřič množství nasávaného vzduchu

2.2.4.5 Snímač teploty chladicí kapaliny

Snímač teploty chladicí kapaliny se skládá z teplotně závislého odporu. Tento odpor má většinou negativní teplotní koeficient (NTC). V ojedinělých typech vstřikování může mít i pozitivní teplotní koeficient (PTC). NTC snímač – se zvyšující teplotou chladicí kapaliny motoru se odpor snímače zmenšuje. PTC snímač – se zvyšující teplotou chladicí kapaliny motoru se odpor snímače zvětšuje. Snímač je umístěný v chladicí kapalině a měří její teplotu. Úbytek napětí, který je přímo úměrný teplotě, je vyhodnocován analogově-digitálním převodníkem v řídicí jednotce motoru. V řídicí jednotce motoru je uložena tabulka, ve které každá hodnota napětí odpovídá určité teplotě. Tím je kompenzována nelineární charakteristika mezi napětím a teplotou. Snímač teploty chladicí kapaliny ve spolupráci s ostatními snímači ovlivňuje množství vstřikovaného paliva, okamžik vstříknutí a zapálení směsi. Snímače teploty chladicí kapaliny (Obr. 29) se používají s napájením 5 V nebo 12 V [1, 3].



Obr. č. 29 Snímač teploty chladicí kapaliny

2.2.4.6 Snímač teploty nasávaného vzduchu

Vstřikované množství paliva se přizpůsobuje teplotě vzduchu. Hmotnost vzduchu rozhodující pro spalování je závislá na teplotě nasátého množství vzduchu. Studený vzduch má vyšší měrnou hmotnost. To znamená, že s přibývajícím teplotou vzduchu je plnění válců horší. Pro snímání tohoto jevu je v sacím traktu namontován snímač teploty (Obr. 30), který hlásí řídicí jednotce motoru teplotu nasávaného vzduchu. Principově

odpovídá snímači teploty chladicí kapaliny pouze s jiným teplotním rozsahem hodnot [1, 8].



Obr. č. 30 Snímač teploty nasávaného vzduchu

2.2.4.7 Snímač tlaku v sacím potrubí

Snímač tlaku v sacím potrubí (Obr. 31) je pneumaticky spojen se sacím potrubím a snímá v něm absolutní tlak. Tento tlak se mění na elektrický signál, který zpracovává řídicí jednotka motoru. Snímač je uvnitř rozdělen na tlakový článek se dvěma měřicími elementy a na prostor, ve kterém je uložena měřicí elektronika. Měřicí element se skládá z membrány ve tvaru zvonu a komory s konstantním tlakem. Podle velikosti tlaku se mění velikost prohnutí membrány. Na membráně jsou přilepené piezo-rezistory, které mění svůj odpor v závislosti na mechanickém tlaku, který na ně působí. Tyto odpory jsou zapojeny do elektronického můstku. Napětí na můstku je přímo úměrné velikosti tlaku v sacím potrubí. Úlohou vyhodnocovacího obvodu se zesilovačem je zesílit napětí na můstku, kompenzovat vliv teploty a linearizovat tlakovou charakteristiku [1, 14].



Obr. č. 31 Snímač tlaku v sacím potrubí

2.2.4.8 Regulační ventil tlaku paliva

Úkolem tohoto ventilu je nastavit a udržet tlak v zásobníku tlaku (railu) v závislosti na zatížení motoru. Při příliš vysokém tlaku v zásobníku otevírá se regulační ventil do polohy pro částečné upuštění tlaku. Při nízkém tlaku se ventil uzavře a dochází tak ke zvyšování tlaku v zásobníku. Regulační ventil (Obr. 32) je upevněn buď na vysokotlakém čerpadle, nebo na samotném zásobníku tlaku. Základem tohoto ventilu je elektromagnet, který vtahuje jádro cívky a tím mění tlak v zásobníku. Pokud není regulační ventil aktivován řídicí jednotkou pomocí obdélníkového signálu, je ventil uzavřen jen díky vnitřní přítlačné pružině. Tu otevře tlak paliva přibližně 100 bar. Pokud je regulační ventil aktivován, pak je uvedeno do pohybu jádro cívky a spolu s přítlačnou pružinou zavře ventil. Řídicí jednotka systému řídí tento ventil obdélníkovým signálem, tedy změnou napětí v čase. Mezní hodnoty se pohybují na logické „0“ (0 - 0,8 V) a logické „1“ (3-5 V) a podle délky logické „1“ je řízen tlak v zásobníku. Řídicí frekvence ventilu je přibližně 1 kHz [1, 12].



Obr. č. 32 Regulační ventil tlaku paliva

2.2.4.9 Snímač tlaku v railu

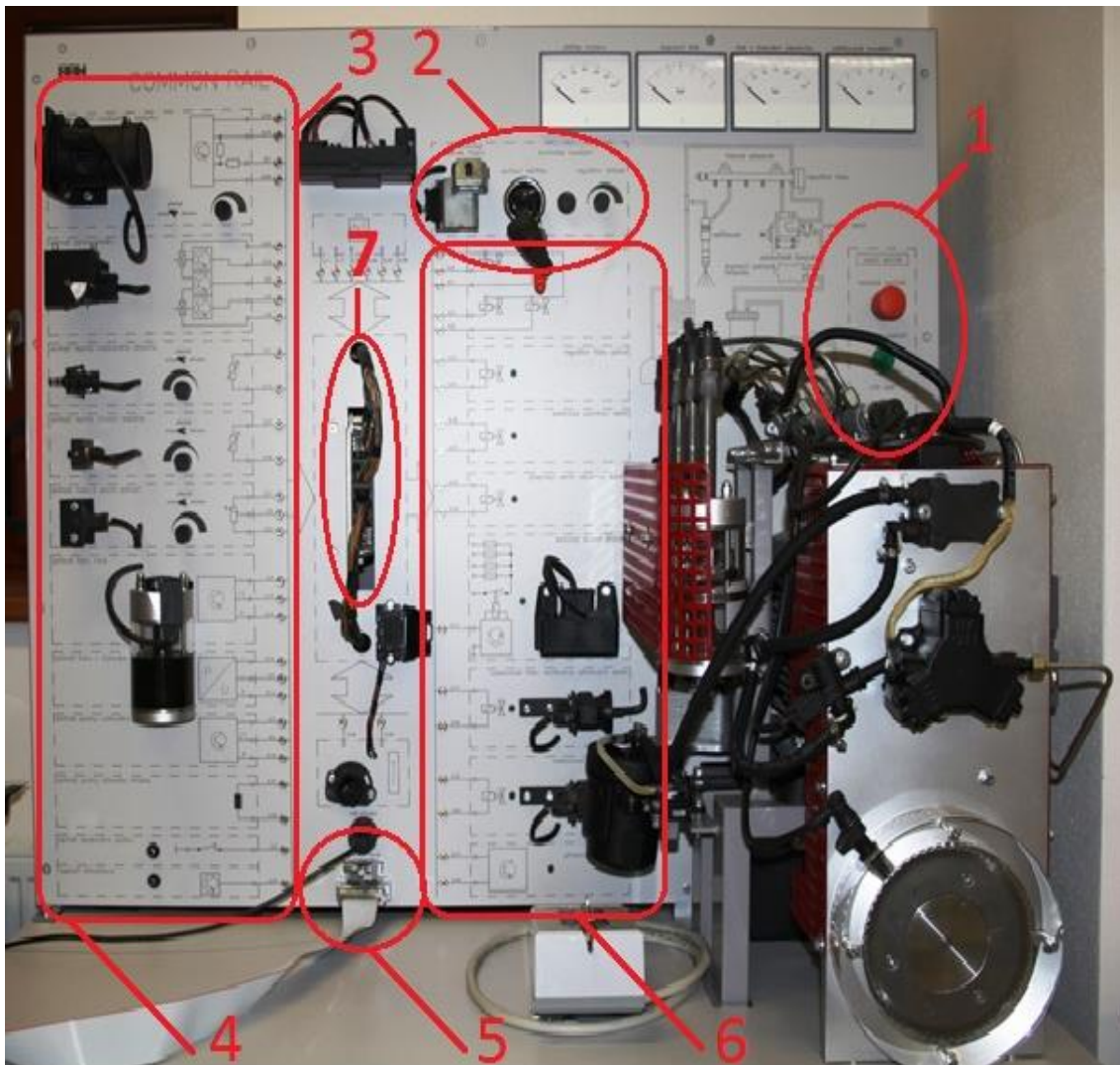
Snímač tlaku musí měřit aktuální tlak v zásobníku s vyhovující přesností a v reálném čase. Tyto údaje musí poskytnout řídicí jednotce systému Common-rail ve formě napěťového signálu. Snímač (Obr. 33) se sestává z integrovaného snímacího prvku, základní desky s plošnými spoji a pouzdrem. Palivo je otvorem v zásobníku přivedeno na snímací prvek, který se deformuje a přes základní desku s plošnými spoji je možné měřit na výstupu signál. Tento snímač je napájen. Snímací prvek se skládá z membrány, na které je umístěn rezistor. Elektrický odpor rezistoru se mění v závislosti na změně tvaru membrány. Tato změna tvaru (1 mm deformace při 1500 bar) je rovna napěťové změně od 0,5 - 4,5 V při napájecím napětí 5 V. Přesné měření tlaku v zásobníku je nutné. Díky tomu jsou povolené tolerance pro tento snímač nízké, tedy $\pm 2 \%$ měřené hodnoty [1, 14].



Obr. č. 33 Snímač tlaku v railu

2.3 Popis panelu Common-rail

Výukový panel Common-rail (Obr. 34), na kterém budu provádět měření, je umístěn spolu s dalšími výukovými panely palivové soustavy zážehových a vznětových motorů v odborné autolaboratoři pro 16 studentů. Panel je tvořen odolným skeletem a vstřikováním Common-rail první generace CP1 H, verzí řídicí jednotky BOSCH EDC 15C0. Vstřikovací systém Common-rail je tvořen skutečnými snímači, skutečnými akčními členy přímo převzatými pro automobil Mercedes Benz Vito 2,2 CDI 75 kW.



Obr. č. 34 Výukový panel Common-rail

Na pozici 1 je část pro zapnutí, vypnutí samotného napájení panelu elektrickým napětím 230 V včetně bezpečnostního tlačítka pro vypnutí. Pozice 2 značí umístění spínací skříňky s elektronickým zámek sloupku řízení a elektronický regulátor otáček

motoru, pozice 3 ukazuje pojistky pro systém Common-rail. Jsou shodné pro použití v automobilu. Pozice 4 znázorňuje umístění většiny snímačů pro systém Common-rail a regulátory pro jejich možné nastavení, pozice 5 ukazuje připojení žákovské desky. Pozice 6 znázorňuje umístění akčních členů. Pozice 7 je řídicí jednotka systému Common-rail, pod ní se nachází konektor pro připojení diagnostického přístroje pro sériovou diagnostiku.

3 Metodika

3.1 Diagnostika systému

Účelem diagnostiky je bez demontáže za použití přístrojů zabezpečit spolehlivé, hospodárné, bezpečné a dlouhodobé provozování vozidel. To lze dosáhnout jedine systematickou péčí o jejich technický stav. Jedině tak dochází k vynaložení co nejmenších nákladů, materiálových prostředků i spotřeby času. Diagnostika se postupně stává základním faktorem komplexní technické obsluhy vozidel. Pravidelná diagnostika technického stavu vozidel má navíc velký ekonomický přínos, neboť vytváří podmínky pro větší bezpečnost silničního provozu, čistotu ovzduší, a tím lepší životní prostředí, ale i dlouhodobou provozuschopnost vozidel, snižování spotřeby paliva a náhradních dílů i úsporu pracovního času při prohlídkách a opravách [14].

3.1.1 Druhy diagnostikování

Podle úplnosti postupu diagnostikované části:

- Úplný pro vyčtení celého systému
- Částečný s využitím jedné nebo několika možností kontrol nabízených daným diagnostickým přístrojem

Podle rozsahu komunikace s řídicí jednotkou:

- Sériová (vnitřní) komunikace s řídicí jednotkou přístroji k tomu určenými umožňuje čtení a mazání paměti závad, čtení skutečných hodnot zjišťovaných samotnou ŘJ pomocí interních snímačů, test akčních členů atd. [4].
- Paralelní (vnější) zahrnuje kontrolu pomocí externě připojených snímačů (analyzátoru výfukových plynů, multimetru, osciloskopu atd. [1].

Touto diagnostikou se budu zabývat v další části diplomové práce.

3.1.2 Přístroje pro sériovou diagnostiku

Pro sériovou diagnostiku řídicí jednotky systému Common-rail autor vybral diagnostický přístroj firmy BOSCH – KTS 870 (Obr. č. 35) a přístroj firmy ATAL ACTIA 905 (Obr. 37). Oba přístroje mají odlišné prostředí, které ale musí přivést studenta ke stejnému cíli. Přístroj KTS 870 se skládá z diagnostického tabletu ECU 130 a komunikačního modulu KTS 570, který se připojuje k řídicí jednotce systému Common-rail přes diagnostickou zásuvku. Komunikace mezi tabletem a modulem je realizována bezdrátově, systémem Bluetooth. Přístroj ACTIA obsahuje diagnostický software. Adaptér pro připojení řídicí jednotky systému Common-rail přes diagnostickou

zásuvku komunikuje též přes rozhraní Bluetooth. Pro další využití lze použít simulátor závad (Obr. 36).



Obr. č. 35 Diagnostický přístroj KTS 870



Obr. č. 36 Simulátor závad firmy BBH



Obr. č. 37 Diagnostický přístroj ATAL ACTIA 905

3.1.2.1 Postup sériové diagnostiky panelu Common-rail přístrojem Bosch

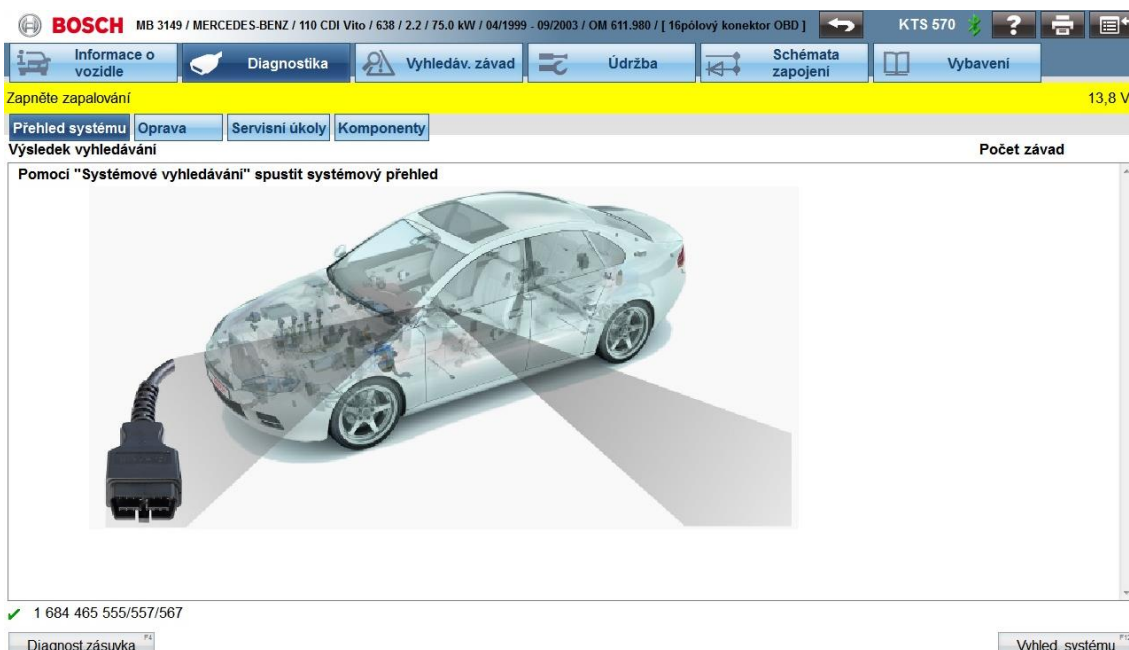
Nejdříve diplomant zapojil komunikátor Bosch KTS 570 k panelu přes diagnostickou zásuvku tohoto panelu. Poté zapnul přístroj Bosch EDU 130 a po naběhnutí systému zvolil na základní ploše ikonu „ESI (tronic) 2.0“. Ikonou se spouští virtuální dílenská příručka s programem pro sériovou diagnostiku [18].

Po spuštění programu „ESI tronic 2.0“ v nabídce Identifikace vozidla vybral vozidlo, ve kterém je použit systém na panelu. Nastavil stát Česká republika, druh vozidla Osobní, druh pohonu Vznětový, značka MERCEDES-BENZ, modelová řada Vito - 638. Palivová soustava panelu je pro motor o výkonu 75 kW (Obr. 38).

Klíč RB	Typ	Interní model	l	kW	Rok výroby	Ozn. motoru
MB3148	108 CDI Vito	638	2.2	60.0	04/1999 - 09/2003	OM 611.980
MB2416	108 D Vito	638	2.3	60.0	11/1995 - 09/2003	OM 601.942
MB3149	110 CDI Vito	638	2.2	75.0	04/1999 - 09/2003	OM 611.980
MB2417	110 D Vito	638	2.3	72.0	11/1995 - 09/2003	OM 601.970
MB3147	112 CDI Vito	638	2.2	90.0	04/1999 - 09/2003	OM 611.980

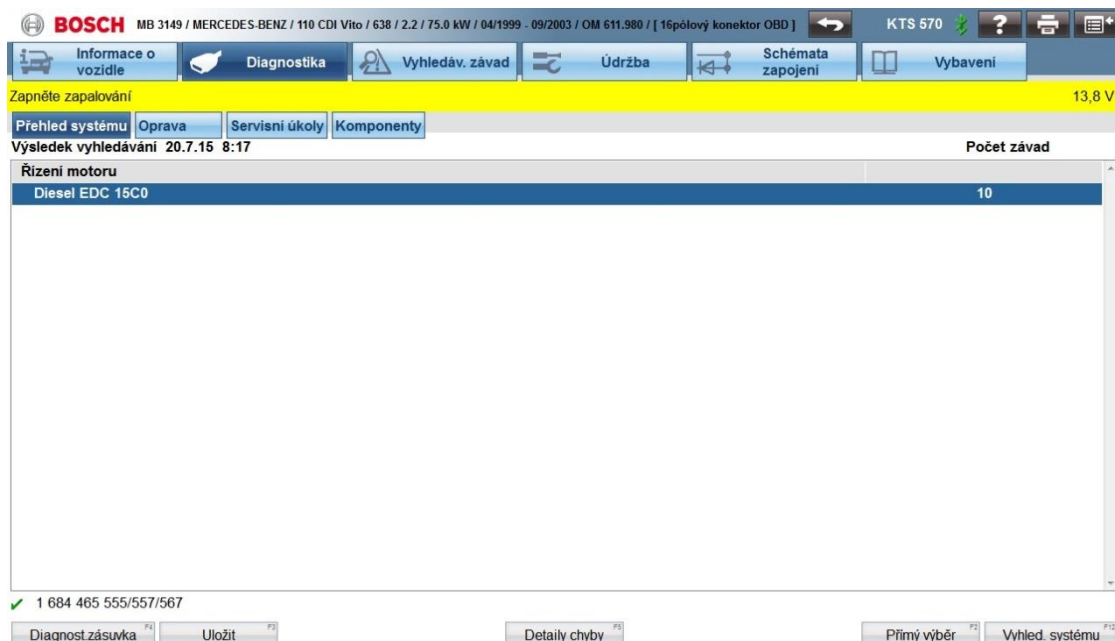
Obr. č. 38 Prostředí programu ESI-tronic 2.0

Bylo spuštěno vyhledávání a pro konkrétní komunikaci s panelem přístroj jsou potřeba dodatečné informace pro připojení. Zda byl použit univerzální připojovací konektor pro vozidla od roku 2000 povinný, nebo speciální pro připojení diagnostického přístroje firmy Mercedes-Benz. Zvolen byl univerzální připojovací 16pólový konektor OBD [12]. Po stisknutí tlačítka „Dále“ se program přepnul do režimu Diagnostika – Přehled systému. Zde jsem pokračoval tlačítkem „Vyhledání systému“ (Obr. 39), které spustí vyhledávání všech řídicích jednotek v automobilu, naváže s nimi komunikaci a vypíše počet závad uložených v paměti řídicích jednotek.



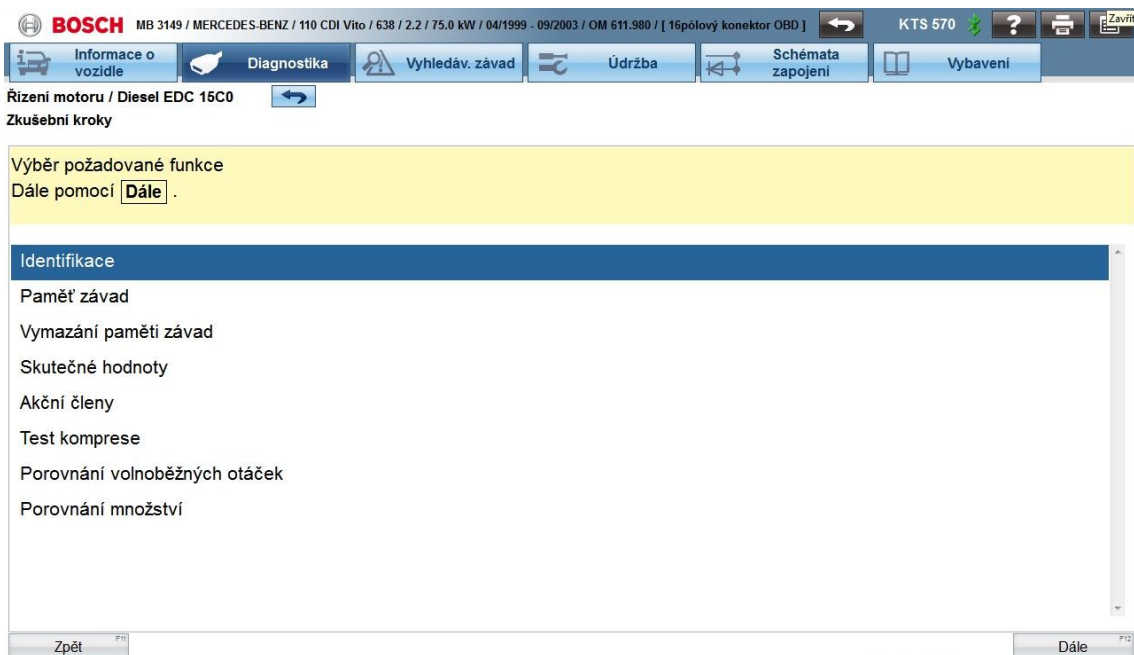
Obr. č. 39 Systémové vyhledávání řídicích jednotek

Systém identifikoval pouze jednu řídicí jednotku, a to Řízení motoru Diesel EDC 15C0 (Obr. č. 40), kde zjistil celkem 10 závad. Autor pokračoval tlačítkem „Přímý výběr“.



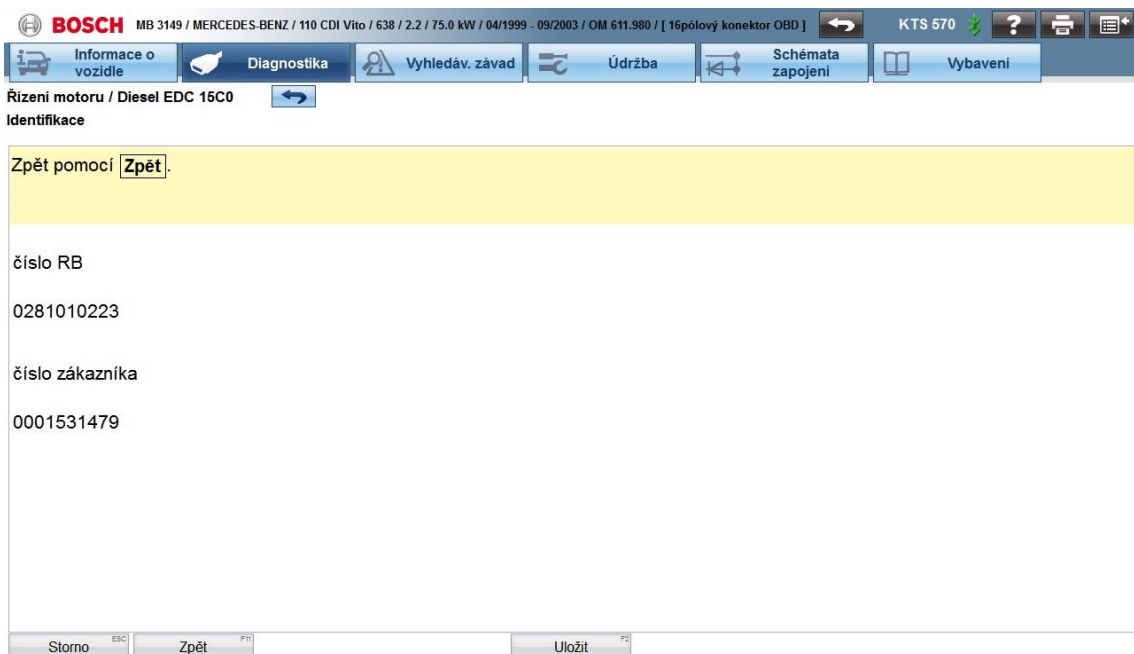
Obr. č. 40 Vyhledání řídicí jednotky

Nyní program již „dobudoval“ spojení a nastavil základní menu (Obr. 41), které je stěžejní pro sériovou diagnostiku a komunikaci. První položka je Identifikace.



Obr. č. 41 Menu pro sériovou diagnostiku

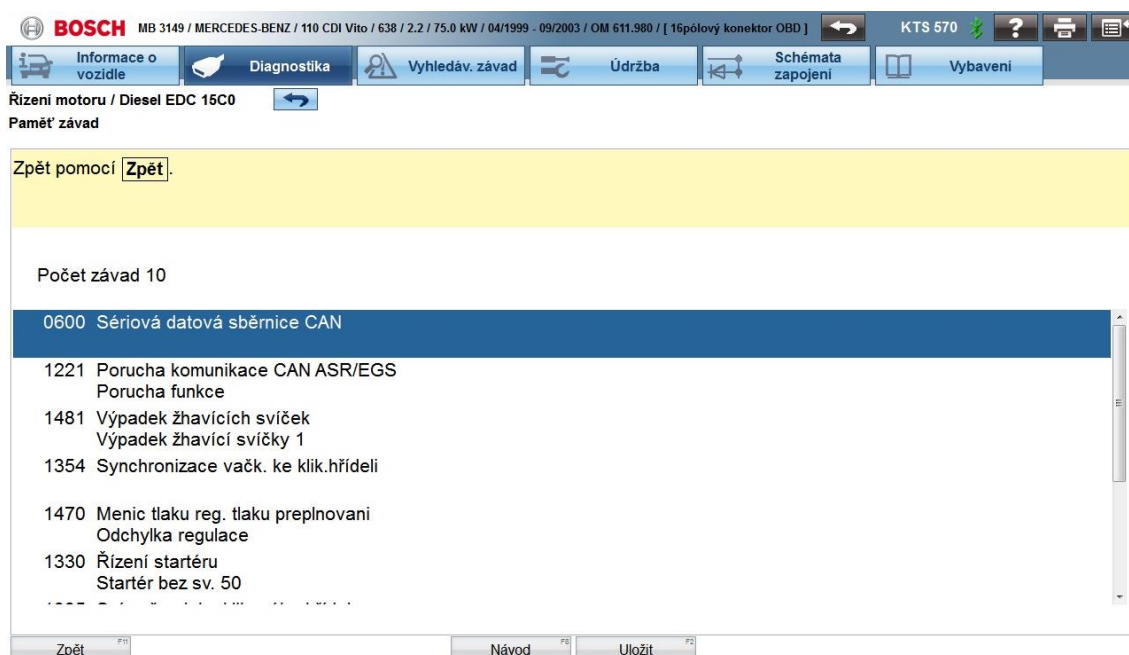
Identifikace slouží ke zjištění čísla kódované řídicí jednotky a skutečného čísla na jejím vnějším krytu. Tj. Číslo RB (Robert Bosch) a číslo zákazníka (Obr. 42). Tato čísla se musí shodovat v diagnostickém přístroji a na obalu. Pokud se neshodují, řídicí jednotku někdo vyměnil a systém nemusí fungovat bez chyb.



Obr. č. 42 Identifikace řídicí jednotky

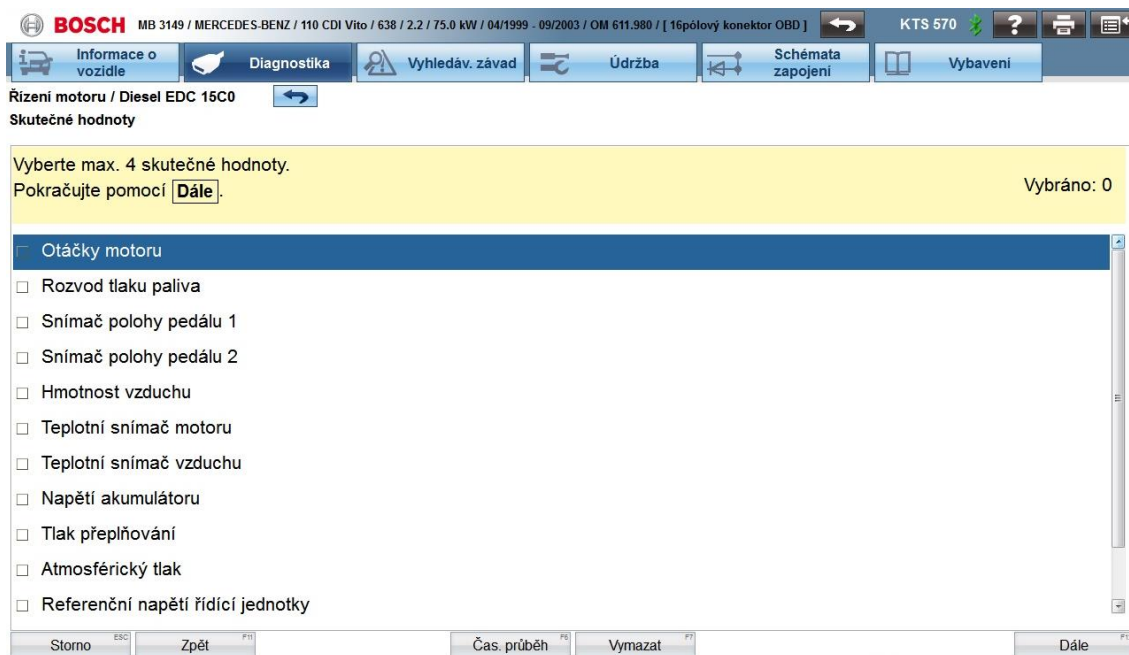
Dalším důležitým odkazem v menu je Paměť závad (Obr. 43). Kliknutím na tento odkaz program přesune k seznamu závad, kde je uvedeno čtyřmístné číslo závady a název

závady. Je zde možnost využít ikonu „Návod“, kde jsou uvedeny podrobnosti o dané závadě, zda je trvalá nebo nahodilá, popřípadě návod, jak ji odstranit.



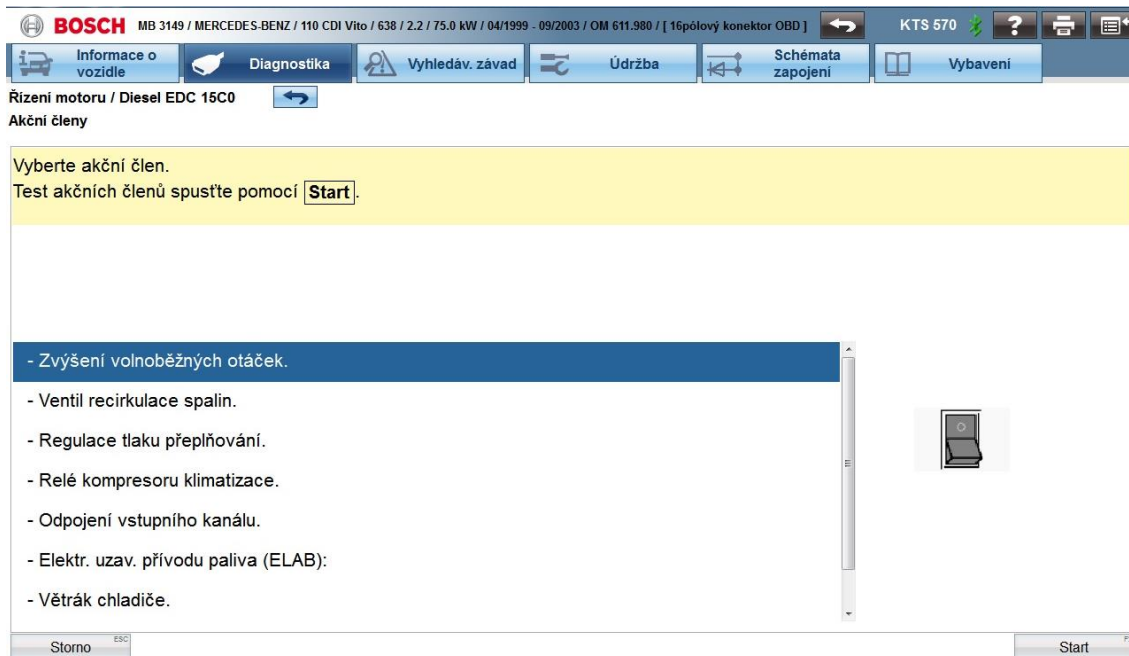
Obr. č. 43 Vyčtení paměti závad

Další možností v menu je možnost „Vymazání paměti závad“. Tato funkce smaže paměť závad, ale pouze po jejím přečtení. Tato funkce je důležitá např. pro opakovaný start, funkci imobilizéru, možnosti přerazení rychlostního stupně v automatické převodovce aj. Pro zjištění okamžitých hodnot jednotlivých snímačů nebo polohy jednotlivých akčních členů systému slouží položka „Skutečné hodnoty“ (Obr. 44). Uživatel zaškrtně maximálně čtyři skutečné hodnoty systému, které chce zobrazit. Jsou jimi otáčky motoru, rozvod tlaku paliva, snímač polohy pedálu 1, snímač polohy pedálu 2, hmotnost vzduchu, teplotní snímač motoru, teplotní snímač vzduchu, napětí akumulátoru, tlak přeplňování, atmosférický tlak nebo referenční napětí řídicí jednotky. V kombinaci s paralelní diagnostikou jednotlivých komponent lze přesně zjistit funkčnost snímačů, akčních členů nebo samotné řídicí jednotky.



Obr. č. 44 Skutečné hodnoty

Možnost, jak řídicí jednotka testuje při každém zapnutí zapalování jednotlivé akční členy, se nazývá „Test akčních členů“ (Obr. 45). Test umí spustit i diagnostický přístroj pro zjištění funkčnosti komunikace mezi řídicí jednotkou systému a jednotlivými komponenty.



Obr. č. 45 Test akčních členů

3.1.2.2 Postup sériové diagnostiky panelu Common-rail přístrojem ATAL

Dalším přístrojem pro sériovou diagnostiku systému Common-rail byl použit přístroj ATAL ACTIA 905 s integrovaným programem Multi-Diag. Připojen byl komunikátor do 16pólové zásuvky OBD a následně autor zapnul přístroj. Přístroj automaticky spustí nabídku, kde lze vybrat „Gas Analyser“ pro měření emisí zážehového motoru, „Smoke Meter“ pro měření emisí vznětového motoru, „Multi-Diag Scope“ k použití měřicího ramene pro zjištění stavu hodnot snímačů, akčních členů nebo „Multi-Diag“ pro sériovou diagnostiku.

Po kliknutí na ikonu se spustí nabídka (Obr. 46), ve kterém si lze vybrat „Easy Injektion“ pro přímé vyčtení vstřikování, „Multi-Diag“ pro komunikaci s řídicí jednotkou systému Common-rail a nebo „Technická data“ pro zjištění technických informací o daném systému. Bohužel poslední funkce na tomto diagnostickém přístroji není aktivní. Vybral jsem možnost „Multi -diag“.



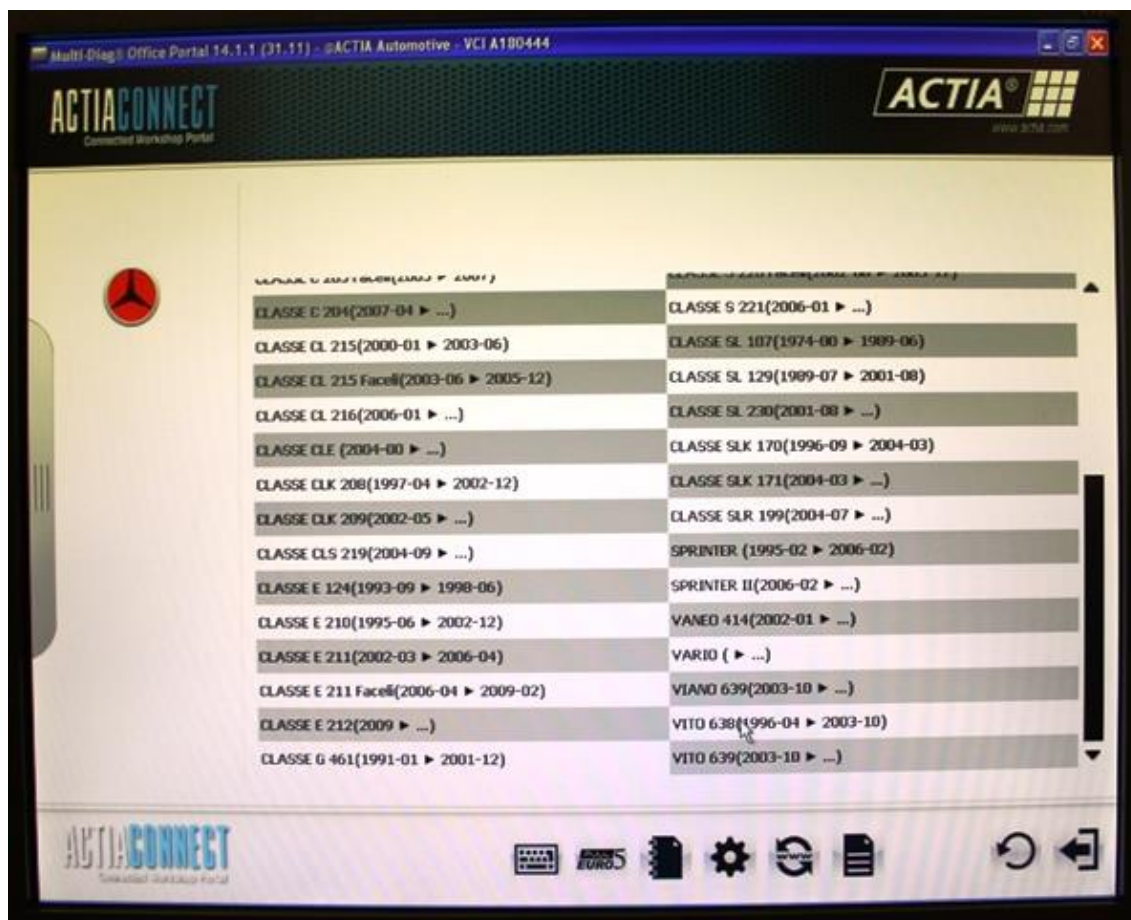
Obr. č. 46 Nabídka diagnostického přístroje ATAL ACTIA 905

Další okno spustí výběr značky testovaného vozidla (Obr. 47). Zvolena značka Mercedes-Benz.



Obr. č. 47 Výběr značky

Vybráním značky se spustila možnost identifikace vozidla podle jména typové řady a roku výroby (Obr. 48). Vybrána možnost VITO 638.



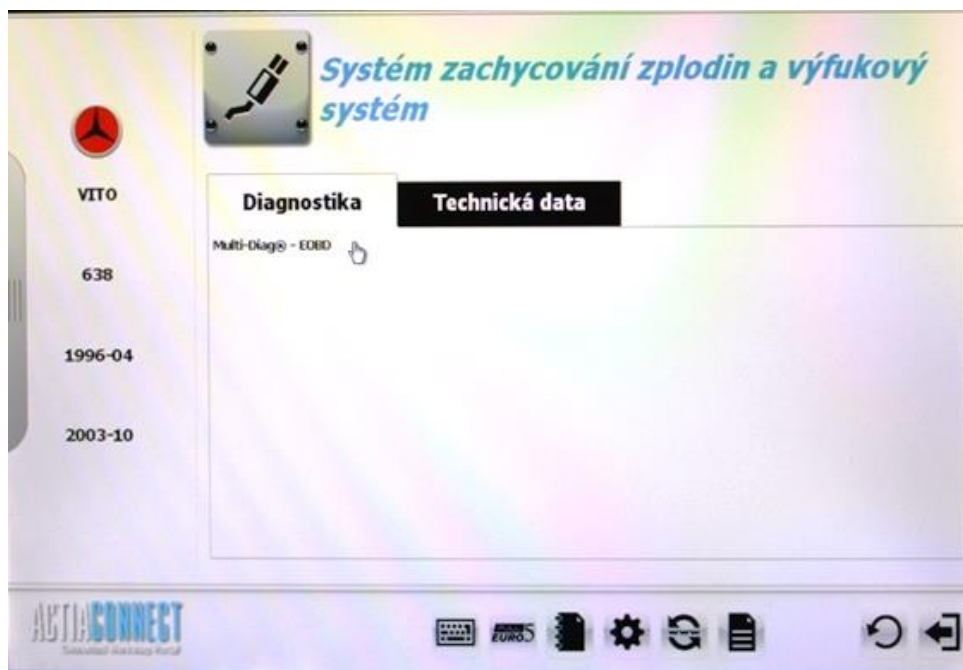
Obr. č. 48 Výběr typu vozu dané značky

Nyní se otevřela nabídka možnosti sériové diagnostiky pro daný vůz (Obr. 49). Nabídka umožňuje zvolit „Údržba“ pro smazání servisních intervalů a rychlé vyčtení paměti závad, „Brzdy, kola, odpružení“ pro vyčtení elektronických brzdových systémů, vypnutí elektrické ruční brzdy nebo pro diagnostiku elektronických tlumičů odpružení. Další možností je „Karoserie a přední sklo“ pro diagnostiku systémů stabilizujících jízdu, „Systém zachycování zplodin a výfukový systém“ pro diagnostiku palivové soustavy přes diagnostickou 16pólovou zásuvku OBD, „Motorizace“ pro diagnostiku elektronických systémů motoru a „Odborný režim“ pro odborné nastavení jednotlivých systémů. Zvolena možnost „Systém zachycování zplodin a výfukový systém“.



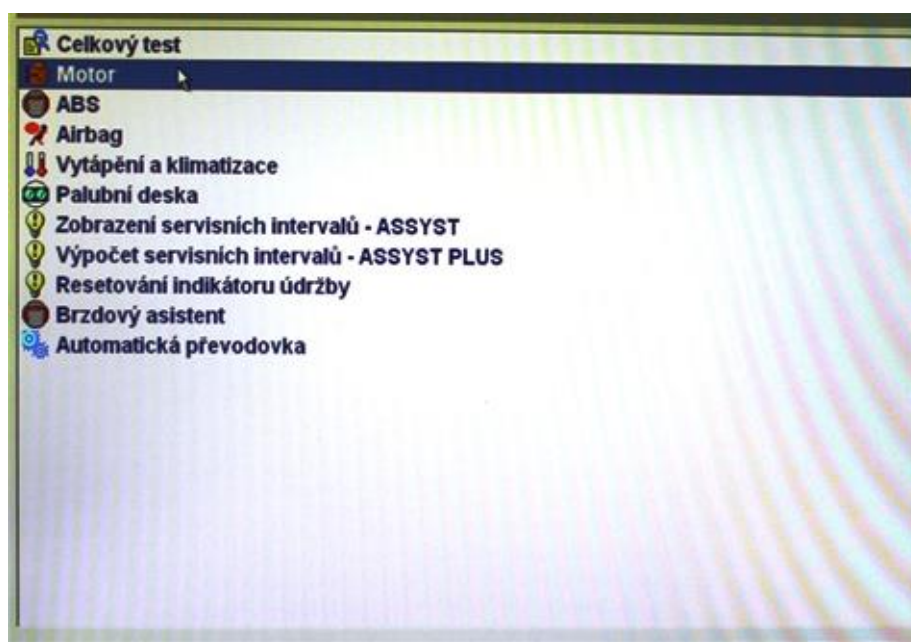
Obr. č. 49 Volba diagnostikovaných systémů vozu

Po otevření nabídky je jediná možnost pokračovat kliknutím na Multi-Diag-EOBD (Obr. 50).



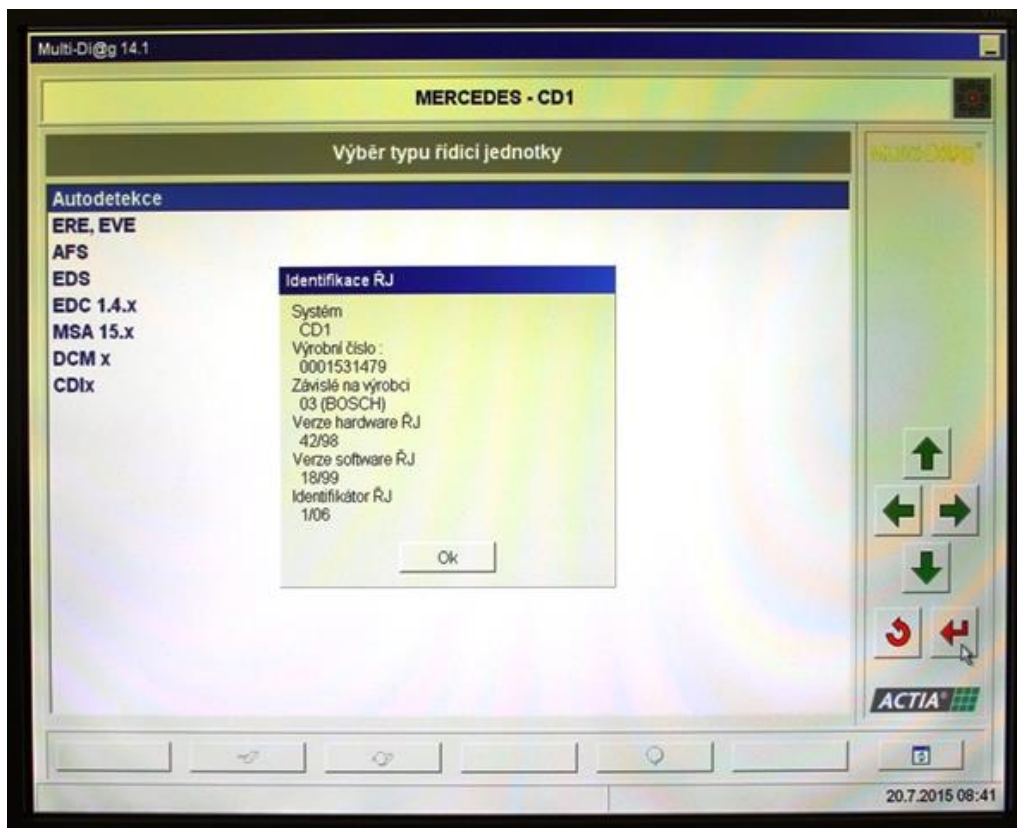
Obr. č. 50 EOBD diagnostika

Nyní program Multi-Diag nabízí možnost vyčtení řídicích jednotek v daném vozidle (Obr. 51). V nabídce je možnost „Celkový test“, kdy diagnostický přístroj vyčte všechny řídicí jednotky vozidla najednou, možnost „Motor“, kdy vyčte řídicí jednotku palivové soustavy motoru vozidla. Další možností je „ABS“, kdy přístroj vyčte řídicí jednotku protiblokovacího systému brzd. Možnosti vyčtení řídicí a komunikace s dalšími řídicími jednotkami systémů jako je Airbag, vytápění, klimatizace, brzdový asistent nebo automatická převodovka nabízí toto menu. Spuštěn odkaz „Motor“.



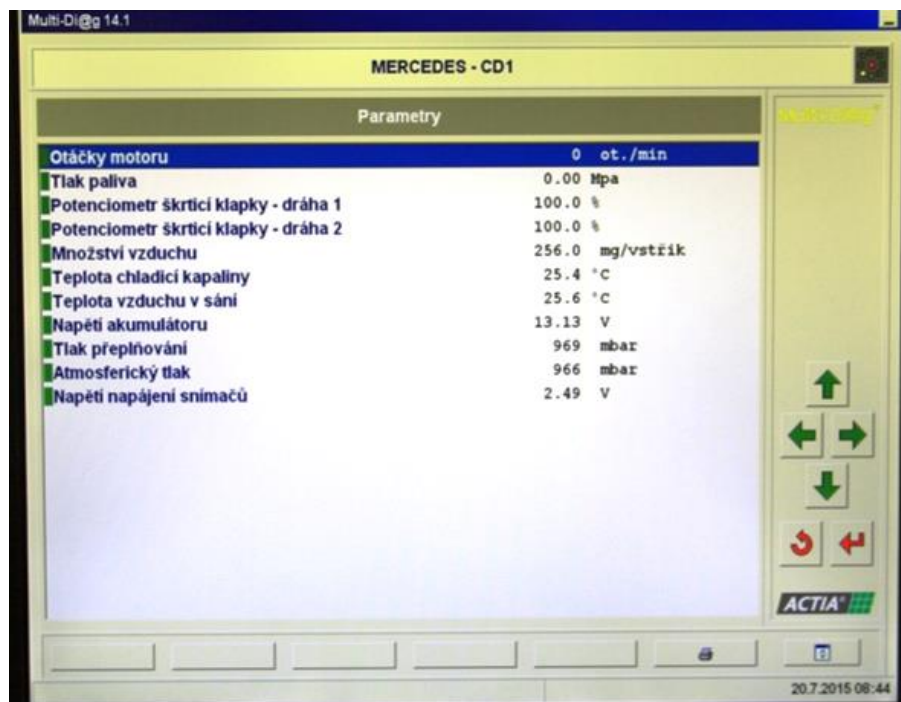
Obr. č. 51 Výběr řídicích jednotek

Dále se musí zvolit typ motoru. Jelikož autor diagnostikuje palivový systém Common-rail, vybral možnost „Dieselový motor.“ Dále vybral možnost CD1x pro výběr řídicí jednotky a přístroj automaticky identifikoval řídicí jednotku motoru (Obr. 52), včetně údajů o verzi hardware ŘJ a software ŘJ.



Obr. č. 52 Identifikace řídicí jednotky vozidla

Dále byla vyčtena paměť závad, a poté smazána. Poslední možností, co menu sériové diagnostiky přístroje ATAL umožňuje, je možnost „Parametry“. Zde jsou uvedeny aktuální hodnoty otáček motoru, tlaku paliva v zásobníku tlaku (railu), hodnoty drah potenciometru škrtecí klapky 1 a 2, údaj o množství nasávaného vzduchu, teplotě nasávaného vzduchu a chladicí kapaliny, napětí akumulátoru, tlaku přeplňování, atmosférickém tlaku nebo o napětí napájení snímačů (Obr. č. 53).



Obr. č. 53 Parametry řídicí jednotky

3.1.3 Paralelní diagnostika komponent

Paralelní diagnostikou rozumíme zjišťování technického stavu jednotlivých funkčních celků i jednotlivých komponent měřením. Proto se autor zabývá možnostmi kontroly a diagnostiky jednotlivých komponent přístroje pro paralelní diagnostiku.

3.1.3.1 Přístroje pro paralelní diagnostiku

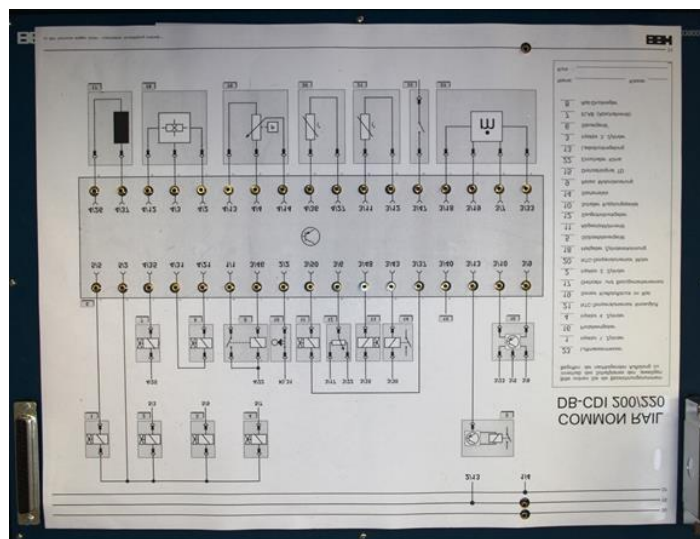
Pro měření elektrických veličin – elektrického proudu, napětí a rezistence jsem použil multimetr UNIT-UT 33A (Obr. 54), a pro zaznamenání průběhu elektrického napětí v čase osciloskop UNIT UTD 2052CEX (Obr. 55) nebo přístroj KTS 870. Signály od snímačů jsem měřil na žákovské desce (Obr. 56) dodané výrobcem panelu, která nahrazuje amatérské připojení přímo do kabeláže řídicí jednotky a tím minimalizuje její mechanické poškození.



Obr. č. 54 Multimetr UNIT UT 33A



Obr. č. 55 Dvoukanálový osciloskop UNIT UTD 2052CEX



Obr. č. 56 Žakovská měřicí deska

3.1.4 Kontrola a paralelní diagnostika jednotlivých komponent panelu

Kontrola a paralelní diagnostika jednotlivých komponent panelu jsou důležité úkony pro zjištění technického stavu celého systému i samotných komponent. Na základě této kontroly a diagnostiky jsem zpracoval soubor laboratorních úloh. Tyto úlohy nejsou na daný panel k dispozici, a proto je autor níže vytvořil.

3.1.4.1 Snímač množství nasávaného vzduchu s vyhříváním filmem (Obr. 57)



Obr. č. 57 Snímač množství nasávaného vzduchu s možností simulace a měření elektrických veličin

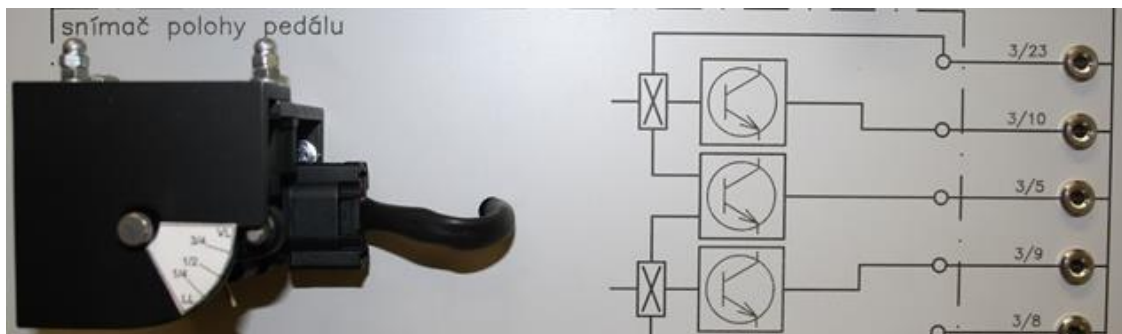
Subjektivní kontrola

- Vizuálně zkontrolovat těsnost, mechanické poškození svorkovnice snímače.
- Hmatem zkontrolovat uchycení konektoru svorkovnice snímače, dotažení spojů.

Objektivní kontrola

- Měření průběhu elektrického napětí při různém průtoku vzduchu, který je simulován, a lze jej porovnat s dílenskou příručkou.
- Měření elektrického odporu vyhřívacích tělísek a porovnání s dílenskou příručkou.

3.1.4.2 Snímač pohybu pedálu akcelérátoru (Obr. 58)



Obr. č. 58 Snímač pohybu pedálu akcelérátoru s možností simulace a měření elektrických veličin

Subjektivní kontrola

- Pohledem kontrola celistvosti, mechanického poškození.
- Hmatem upevnění konektoru svorkovnice snímače, kabeláže panelu.

Objektivní kontrola

- Sériovou diagnostikou zjistit zatížení motoru.
- Měřením průběhu elektrického napětí v závislosti na poloze akcelérátoru.

3.1.4.3 Snímač teploty nasávaného vzduchu (Obr. 59)



Obr. č. 59 Snímač teploty nasávaného vzduchu s možností simulace a měření elektrických veličin

Subjektivní kontrola

- Pohledem mechanické poškození, těsnost okolo snímače.
- Hmatem upevnění snímače v sacím potrubí a upevnění konektoru svorkovnice snímače.

Objektivní kontrola

- Sériovou diagnostikou pro zjištění aktuální hodnoty teploty nasávaného vzduchu.
- Měřením elektrického odporu podle teploty nasávaného vzduchu, která je simulována.
- Měřením průběhu elektrického napětí podle teploty nasávaného vzduchu, která je simulována.

3.1.4.4 Snímač teploty chladicí kapaliny (Obr. 60)



Obr. č. 60 Snímač teploty chladicí kapaliny s možností simulace a měření elektrických veličin

Subjektivní kontrola

- Pohledem nečistotu snímače, koroze konektoru svorkovnice snímače.
- Hmatem těsnost snímače, upevnění svorkovnice snímače.

Objektivní kontrola

- Sériovou diagnostikou pro zjištění aktuální hodnoty teploty chladicí kapaliny.
- Měřením elektrického odporu podle teploty chladicí kapaliny, která je simulována.
- Měřením průběhu elektrického napětí podle teploty chladicí kapaliny, která je simulována.

3.1.4.5 Snímač tlaku v sacím potrubí (Obr. 61)



Obr. č. 61 Snímač tlaku v sacím potrubí s možností simulace a měření elektrických veličin

Subjektivní kontrola

- Pohledem kontrola upevnění snímače v sacím potrubí, kontrola těsnosti.
- Hmatem upevnění snímače a konektoru svorkovnice snímače

Objektivní kontrola

- Měřením průběhu elektrického napětí v závislosti na tlaku vzduchu v sacím potrubí
- Měřením elektrického odporu podle tlaku vzduchu v sacím potrubí

3.1.4.6 Snímač polohy vačkového hřídele (Obr. 62)



Obr. č. 62 Snímač polohy vačkového hřídele s možností měření elektrických veličin

Subjektivní kontrola

- Pohledem čistotu snímače, vzduchové mezery mezi snímačem a clonkou.
- Hmatem upevnění snímače, konektoru svorkovnice snímače.

Objektivní kontrola

- Měřením hodnoty napájecího napětí.
- Měřením průběhu Hallova napětí v závislosti na otáčkách.

3.1.4.7 Snímač polohy vačkového hřídele (Obr. 63)



Obr. č. 63 Snímač polohy vačkového hřídele s možností měření elektrických veličin

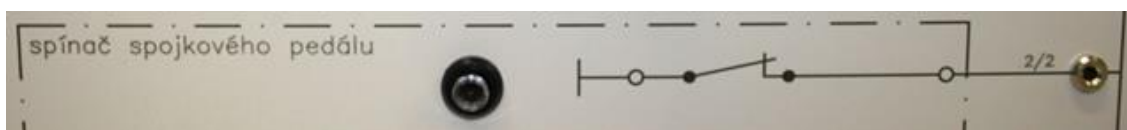
Subjektivní kontrola

- Pohledem čistotu snímače, vzduchové mezery mezi snímačem a impulzním kolem.
- Hmatem upevnění snímače, konektoru svorkovnice snímače.

Objektivní kontrola

- Měřením elektrického odporu snímače.
- Měřením průběhu elektrického napětí v závislosti na otáčkách motoru.

3.1.4.8 Spínač spojky (Obr. 64)



Obr. č. 64 Spínač spojky s možností měření elektrických veličin

Subjektivní kontrola

- Vizuálně funkčnost kontrolky spínače spojkového pedálu.

Objektivní kontrola

- Sériovou diagnostikou činnost spínače spojkového pedálu.
- Měřením elektrického odporu na spínacím prvku.

3.1.4.9 Zapnutí klimatizace (Obr. 65)



Obr. č. 65 Spínač klimatizace s možností měření elektrických veličin

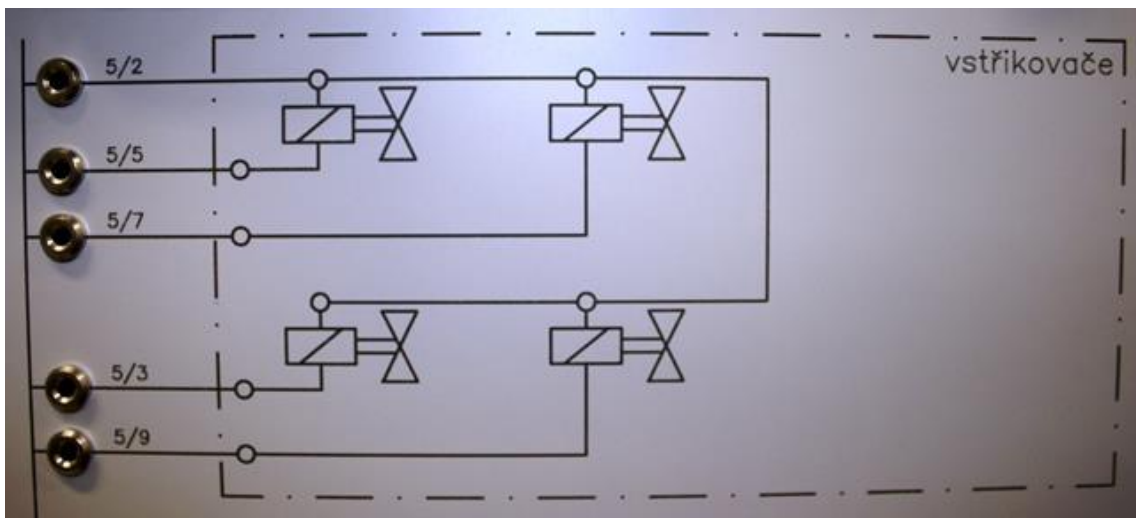
Subjektivní kontrola

- Vizuálně kontrolka spínače zapnutí klimatizace.

Objektivní kontrola

- Sériovou diagnostikou činnost spínače klimatizace.
- Měřením elektrického odporu na spínacím prvku.

3.1.4.10 Vstřikovače (Obr. 66)



Obr. č. 66 Schéma vstřikovačů s možností měření elektrických veličin

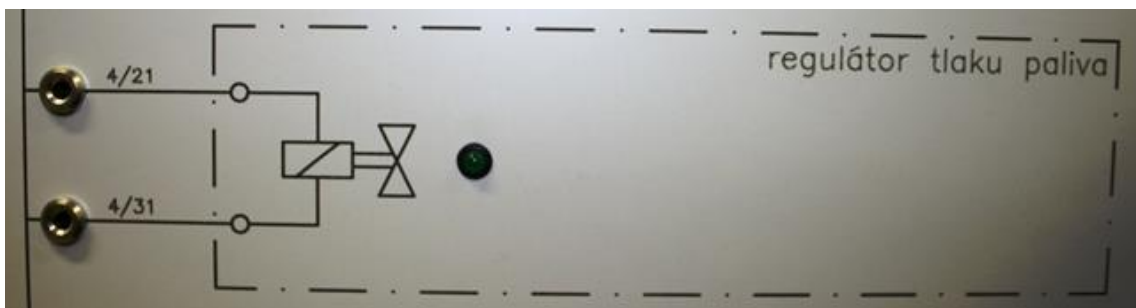
Subjektivní kontrola

- Pohledem čistotu a správné číslo vstřikovače.
- Hmatem upevnění a čistoty vstřikovače, konektoru svorkovnice snímače.

Objektivní kontrola

- Sériovou diagnostikou zkontrolovat minimální korekci vstřikovače.
- Sériovou diagnostikou zkontrolovat správnou kalibraci vstřikovače.
- Měřením elektrického odporu vinutí elektromagnetu vstřikovače.
- Měřením průběhu elektrického napětí na vstřikovači.

3.1.4.11 Regulátor tlaku paliva (Obr. 67)



Obr. č. 67 Schéma regulátoru tlaku paliva s možností měření elektrických veličin

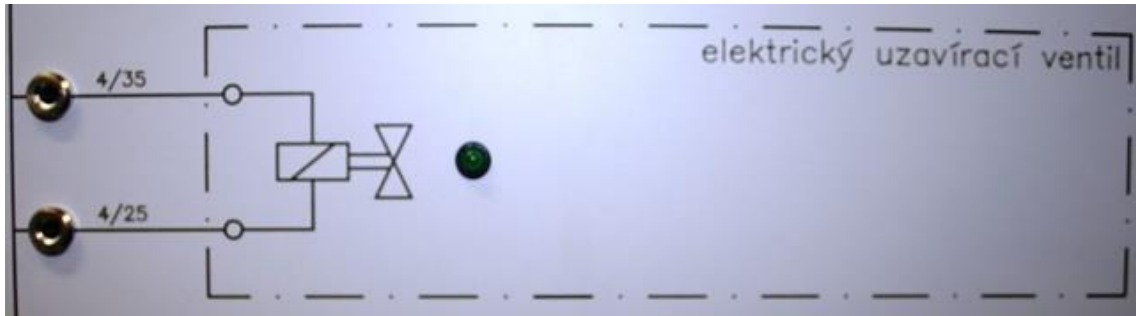
Subjektivní kontrola

- Hmatem upevnění konektoru svorkovnice snímače.

Objektivní kontrola

- Sériovou diagnostikou zjistit funkčnost.
- Měření elektrického odporu vinutí elektromagnetu ventilu.

3.1.4.12 Elektrický uzavírací ventil (Obr. 68)



Obr. č. 68 Schéma elektrického uzavíracího ventilu s možností měření elektrických veličin

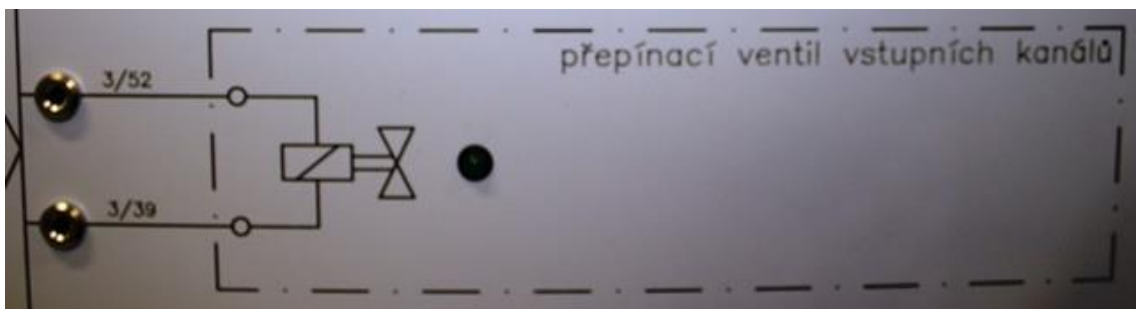
Subjektivní kontrola

- Hmatem upevnění konektoru svorkovnice snímače.

Objektivní kontrola

- Měření elektrického odporu vinutí elektromagnetu ventilu.

3.1.4.13 Přepínací ventil vstupních kanálů (Obr. 69)



Obr. č. 69 Schéma přepínacího ventilu vstupních kanálů s možností měření elektrických veličin

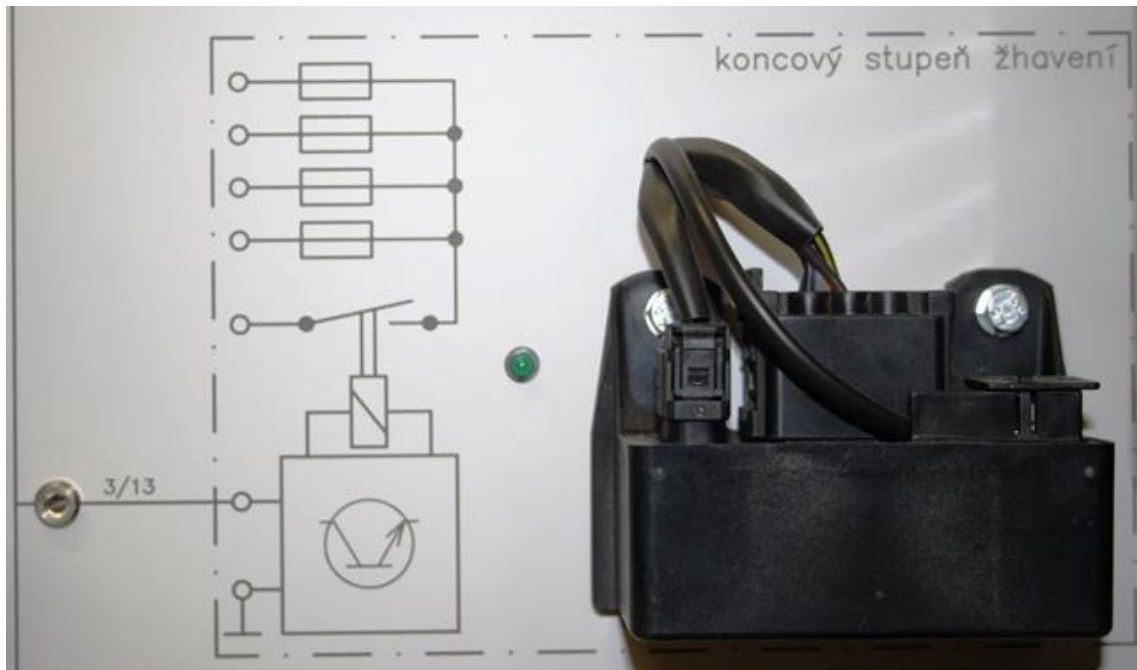
Subjektivní kontrola

- Vizuální kontrola upevnění snímače, celistvost.
- Hmatem upevnění konektoru.

Objektivní kontrola

- Měření elektrického odporu vinutí elektromagnetu ventilu.
- Test akčních členů sériovou diagnostikou.

3.1.4.14 Koncový stupeň žhavení (Obr. 70)



Obr. č. 70 Schéma a komponenta koncového stupně žhavení s možností měření elektrických veličin

Subjektivní kontrola

- Hmatem upevnění konektoru svorkovnice snímače.

Objektivní kontrola

- Měřením odběru elektrického proudu při zapnutí zapalování.

3.1.4.15 Nastavovač tlaku recirkulace výfukových spalin (Obr. 71)



Obr. č. 71 Nastavovač tlaku recirkulace výfukových spalin s možností měření el. veličin

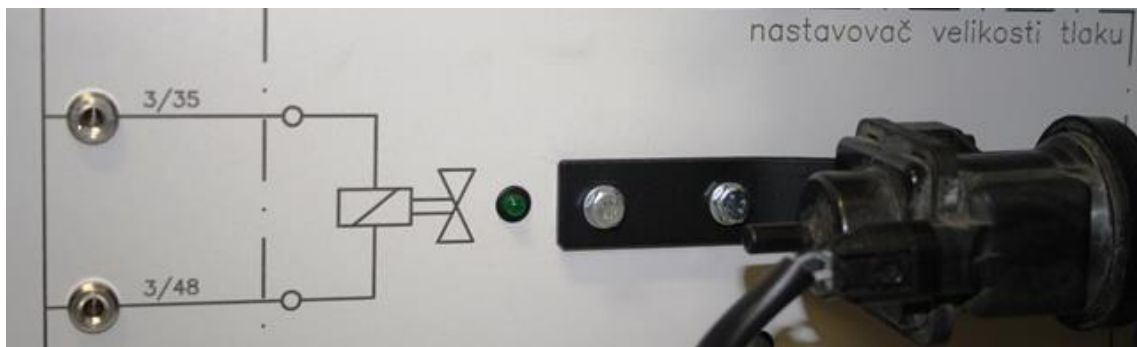
Subjektivní kontrola

- Pohledem čistotu snímače.
- Hmatem upevnění konektoru svorkovnice snímače.

Objektivní kontrola

- Měřením elektrického odporu vinutí elektromagnetu nastavovače.
- Sériovou diagnostikou testem akčních členů.

3.1.4.16 Nastavovač velikosti tlaku (Obr. 72)



Obr. č. 72 Nastavovač velikosti tlaku s možností měření elektrických veličin

Subjektivní kontrola

- Hmatem upevnění konektoru svorkovnice snímače.

Objektivní kontrola

- Měřením elektrického odporu vinutí cívky nastavovače.
- Sériovou diagnostikou testem akčních členů.

4 Výsledky

4.1 Ukázka laboratorního měření

Na základě sériové a paralelní diagnostiky, subjektivní a objektivní kontroly jednotlivých komponent systému Common-rail jsem zpracoval ukázkové laboratorní měření. Toto měření je zaměřeno na diagnostiku snímače otáček klikového hřídele a další laboratorní úlohy jsem uvedl v kapitole Přílohy.

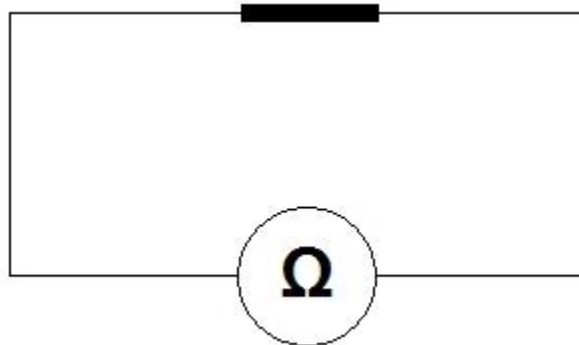
Název úlohy:

Diagnostika snímače otáček klikového hřídele

Úkol:

- Zjistí podle elektrického schématu zapojení řídicí jednotky typ snímače otáček klikového hřídele.
- Zjistí hodnotu elektrického odporu snímače klikového hřídele.
- Zjistí tvar signálu snímače a zakreslí tvar při otáčkách 1000 min^{-1} , 1500 min^{-1} a 2000 min^{-1} .

Náčrt:



Obr. č. 73 Schéma měření elektrického odporu

Použité přístroje:

- BOSCH EDU 130, BOSCH KTS 570
- Multimetr UNIT-UT33A
- BOSCH EDU 130, BOSCH KTS 570, osciloskop UNIT UT

Postup měření:

1. Zapnout diagnostický přístroj BOSCH EDU 130.
2. Zapnout výukový panel Common-rail.
3. Připojit komunikátor BOSCH KTS 570.
4. Připojit žákovskou desku se schématem měření.
5. Zapnout v přístroji BOSCH EDU 130 program ESI (tronik) 2.0.
6. Nastavit příslušné vozidlo.
7. Vyhledat elektrické schéma zapojení řídicí jednotky systému Common-rail.
8. Zjistit podle elektrického schématu zapojení typ snímače otáček.
9. Připojit multimetr do měřicích zdířek.
10. Nastavit měření elektrického odporu.
11. Odečíst hodnotu elektrického odporu.
12. Odpojit přístroj.
13. Otočit klíčkem ve spínací skříňce do polohy „1“.
14. Provést sériovou diagnostiku panelu přístrojem BOSCH.
15. Načíst skutečné hodnoty – otáčky motoru.
16. Zapnout osciloskop UNIT-UT.
17. Připojit osciloskop do měřicích zdířek.
18. Změřit signál při zadaných otáčkách.
19. Zaznamenat hodnoty signálu.
20. Vypnout všechny přístroje a panel.

Zjištěné a naměřené hodnoty:

- a) Zjistili jsme tvar signálu – **sinusový s proměnnou amplitudou a frekvencí.**
- b) Zjistili jsme podle elektrického schématu typ snímače: **indukční.**
- c) Hodnota měřeného elektrického odporu snímače **$R = 653 \Omega$.**

Závěr měření:

Měření bylo prováděno pod dohledem p. učitele. Při měření jsme zjistili podle tvaru signálu vycházejícího ze snímače, že jde o snímač podle konstrukce indukční, tedy bez napájení. Všechny přístroje jsme vrátili funkční a na místo, odkud byly vzaty.

4.2 Ověření na žácích

Laboratorní úlohy byly testovány jednak na žácích 8. ročníku základní školy a zároveň na studentech 3. a 4. ročníku střední školy automobilní v Českých Budějovicích.

Ověření na žácích základní školy

Žáci základní školy se s měřením na panelu Common-rail setkali v rámci „projektových dnů“, které pořádá VOŠ, SPŠ automobilní a technická jednou týdně vždy 2 hodiny. Žáci si zde ověřili základní principy jednotlivých snímačů v návaznosti na některá témata z hodin fyziky. Výuka probíhala ve skupinách po 10 žácích, kde i tato skupina byla rozdělena na 3 podskupiny, které měly různé úkoly. Během vyučování se všichni vystřídali na panelu Common-rail a vyzkoušeli si naměřit různé hodnoty veličiny. Žáci měli problém se čtením elektrotechnických schémat a se schématickými značkami, které si osvojili během měření.

Ověření na žácích střední školy

Žáci 3. a 4. ročníků probírají kontrolu a diagnostiku vozidel, jejich částí a komponent hlavně v předmětu Diagnostická měření. Zde žáci ve skupinách, přibližně o stejné velikosti jako žáci základní školy, zpracovávají jednotlivé úlohy na základě předchozích znalostí a výstupem tohoto měření je laboratorní protokol, který je jim hodnocen spolu s přístupem k měření. Žáci pracují na panelu Common-rail přibližně 20 hodin za rok, kde si ověří teoretické znalosti, jako například elektromagnetická indukce, základy vstřikování motorové nafty, elektrické obvody, elektrické napětí, elektrický odpor aj., a poté jsou již lépe vybaveni pro předmět Praxe nebo Odborný výcvik.

5 Závěr

Tato práce byla zaměřena na kontrolu a diagnostiku systému vstřikování nafty s tlakovým zásobníkem Common-rail. Při diagnostice jsem použil dostupné diagnostické přístroje od dvou světových výrobců BOSCH a ATAL. Díky přístupu obou přístrojů k diagnostice byly ukázány výhody či nevýhody každého z nich. Objektivně lze zhodnotit jako vítěze diagnostický přístroj BOSCH, který obsahuje navíc zdarma oproti ATALu elektronickou dílenskou příručku propojenou s programem diagnostiky. Dále jsem provedl kontrolu jednotlivých komponent systému Common-rail, kde jsem simuloval různé stavy jejich veličin. Při simulaci veličin jsem dokázal navodit různé stavy vstřikování, které lze navodit na vozidle pouze jednou, a to při havárii. Na základě kontroly a diagnostiky jsem vypracoval soubor laboratorních úloh, které jsem později ověřil na žácích základní školy a na studentech střední školy. Žáci základní školy si prohloubili znalosti z fyziky a získali praktické zkušenosti s dílenským vybavením autoservisů. Studenti střední školy si nejen prohloubili znalosti z fyziky a elektrotechniky, ale získali možnosti aplikovat tyto dovednosti a znalosti do praxe, takže je pro ně snazší spojení teoretického a praktického vyučování.

6 Seznam použité literatury

- [1] LANDHÄUBER, Felix. *Systém vstřikování s tlakovým zásobníkem Common Rail pro vznětové motory*. 1. české vyd. Překlad Stanislav Hanák. Praha: Robert Bosch, 2005. Technické vzdělávání. ISBN 80-903-1327-2.
- [2] GSCHEIDLE, Rudolf. *Příručka pro automechanika*. 2. Praha: Europa-Sobotáles cz, 2007. ISBN 978-80-87143-08-7.
- [3] JAN, Zdeněk a Žďánský BRONISLAV. *Automobily IV - Příslušenství*. 3. Brno: Avid, 2010.
- [4] HOREJŠ, Karel a Vladimír MOTEJL. *Příručka pro řidiče a opraváře automobilů*. Vyd. 4. Brno: Littera, 2011. ISBN 978-80-85763-61-4.
- [5] KONRAD REIF (HRSG.), Konrad. *Moderne Diesel-Einspritzsysteme: Common Rail und Einzelzylindersysteme*. 1. Aufl. Wiesbaden: Vieweg Teubner, 2010. ISBN 978-383-4813-121.
- [6] ROGERS, Christopher. *Diesel: vznětové motory - údržba a servis: opravy, hledání poruch a rutinní údržba vznětových motorů osobních vozů Citroën, Fiat, Ford, Mercedes-Benz, Opel, Peugeot, Renault a Volkswagen*. 1. vyd. České Budějovice: Kopp, 1998. ISBN 80-7232-031-9.
- [7] MOTEJL, Vladimír. *Vstřikovací zařízení zážehových motorů*. 3., rozš. vyd. České Budějovice: Kopp, 2001, 273 s. ISBN 80-7232-141-2.
- [8] VLK, František. *Vozidlové spalovací motory*. 1. vyd. Brno: František Vlk, 2003, viii, 580 s. ISBN 80-238-8756-4.
- [9] VLK, František. *Elektronické systémy motorových vozidel*. 1. vyd. Brno: František Vlk, 2002. ISBN 80-238-7282-6.
- [10] VLK, František. *Příslušenství vozidlových motorů*. 1. vyd. Brno: František Vlk, 2002, vii, 338 s. ISBN 80-238-8755-6.
- [11] HROMÁDKO, Jan. *Spalovací motory: komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilních škol*. 1. vyd. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3475-0.

- [12] ŠTĚRBA, Pavel. *Elektronika a elektrotechnika motorových vozidel: seřizování, diagnostika závad a chybové kódy OBD*. 1. vyd. Brno: CPress, 2013. ISBN 978-80-264-0271-8.
- [13] PILÁRIK, Milan a Jiří PABST. *Automobily: pro obor vzdělání Automechanik*. 3., přeprac. vyd. Praha: Informatorium, 2014. ISBN 978-80-7333-100-9.
- [14] JIČÍNSKÝ, Štěpán. *Osciloskop a jeho využití v autoopravářské praxi*. 1. vyd. Praha: Grada, 2006, 238 s. ISBN 80-247-1417-5.
- [15] MCCOSH, Dan. Pollution Busters. *Popular Science*. Bonnier Corporation, 2010, (3.), 104. ISSN 0161-7370.
- [16] Journal of Middle European Construction and Design of Cars. Volume 11, Issue 3, Pages 22–28, ISSN (Online) 1804-9338, ISSN (Print) 1214-0821, DOI: [10.2478/mecdc-2013-0013](https://doi.org/10.2478/mecdc-2013-0013), March 2014
- [17] Effects of needle response on spray characteristics in high pressure injector driven by piezo actuator for common-rail injection system. *Journal of Mechanical Science and Technology* [online]. 2005, **19**(5), 6 [cit. 2016-03-13]. ISSN 1976-3824. Dostupné z: <http://link.springer.com/article/10.1007%2FBF02984041>
- [18] MAVRIGIAN, Mike. Bosch KTS 340 mobile vehicle diagnostic tool. *Tool Review* [online]. 20 11.,,5[cit.2016-03-13].Dostupné z: <http://yourdiagnostictools.com/bosch/images/BoschProd/edocs/pdfs/KTS%20340%20in%20AutomotiveServiceProfessional%20.pdf>
- [19] LINO, Paolo, Bruno MAIONE a Alessandro RIZZO. Nonlinear modelling and control of a common rail injection system for diesel engines. *Applied Mathematical Modelling* [online]. Elsevier, 2007, **31**(9), 1770-1784 [cit. 2016-03-13]. DOI: 10.1016. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0307904X06001417>

7 Přílohy

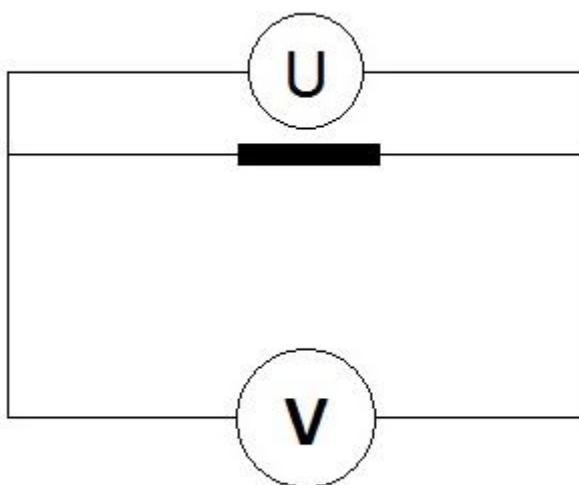
Příloha č. 1 – soubor úloh

Úloha č. 1 – Diagnostika snímače polohy vačkového hřídele

Úkol:

- Zjistí podle elektrického schématu druh snímače polohy vačkového hřídele.
- Paralelní diagnostikou zjistí tvar signálu.

Náčrt:



Použité přístroje:

- a) BOSCH EDU 130, BOSCH KTS 570
- b) Multimetr UNIT-UT33A
- c) BOSCH EDU 130, BOSCH KTS 570, osciloskop UNIT UT

Postup měření:

1. Zapnout diagnostický přístroj BOSCH EDU 130.
2. Zapnout výukový panel Common-rail.
3. Připojit komunikátor BOSCH KTS 570.
4. Připojit žákovskou desku se schématem měření.
5. Zapnout v přístroji BOSCH EDU 130 program ESI (tronik) 2.0.
6. Nastavit příslušné vozidlo.

7. Vyhledat elektrické schéma zapojení řídicí jednotky systému Common-rail.
8. Zjistit podle elektrického schématu zapojení typ snímače otáček (podle napájení).
9. Připojit multimetr do měřicích zdířek.
10. Nastavit měření elektrického odporu.
11. Odečíst hodnotu elektrického odporu.
12. Odpojit přístroj.
13. Zapnout osciloskop UNIT-UT.
14. Připojit osciloskop do měřicích zdířek.
15. Změřit signál.
16. Zaznamenat hodnoty signálu.
17. Vypnout všechny přístroje a panel.

Zjištěné a naměřené hodnoty:

- a) Podle dílenské příručky se jedná o snímač Hallův.
- b) Jedná se o obdélníkový signál o napětí 0 V nebo 5 V.

Závěr měření:

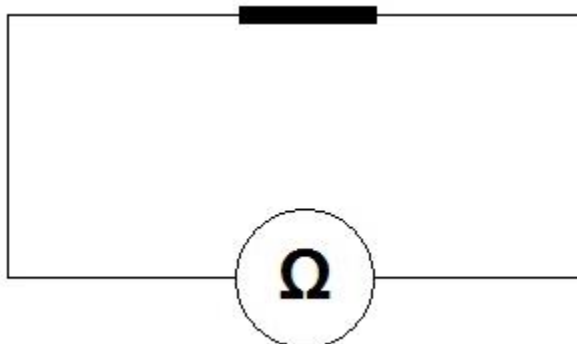
Měření bylo prováděno pod dohledem p. učitele. Podle dílenské příručky jsme zjistili, že jde podle konstrukce o snímač Hallův, tedy s napájením. Dále jsme zjistili tvar signálu – obdélníkový s hodnotami 0 V a 5 V. Všechny přístroje jsme po měření vrátili funkční na místo, odkud byly vzaty.

Úloha č. 2 – Diagnostika vstřikovače

Úkol:

- Zjistí podle dílenské příručky typ vstřikovače.
- Zjistí elektrický odpor vstřikovače.

Náčrt:



Použité přístroje:

- a) BOSCH EDU 130, BOSCH KTS 570
- b) Multimetr UNIT-UT33A
- c) BOSCH EDU 130, BOSCH KTS 570, osciloskop UNIT UT

Postup měření:

1. Zapnout diagnostický přístroj BOSCH EDU 130.
2. Zapnout výukový panel Common-rail.
3. Připojit komunikátor BOSCH KTS 570.
4. Připojit žakovskou desku se schématem měření.
5. Zapnout v přístroji BOSCH EDU 130 program ESI (tronik) 2.0.
6. Nastavit příslušné vozidlo.
7. Vyhledat elektrické schéma zapojení řídicí jednotky systému Common-rail.
8. Zjistit podle elektrického schématu zapojení typ vstřikovače (podle napájení).
9. Připojit multimetr do měřicích zdířek.
10. Nastavit měření elektrického odporu.
11. Odečíst hodnotu elektrického odporu.
12. Odpojit přístroj.

13. Vypnout všechny přístroje a panel.

Zjištěné a naměřené hodnoty:

- a) Podle dílenské příručky jsme zjistili, že se jedná o elektromagnetický vstřikovač.
- b) Elektrický odpor vinutí cívky elektromagnetu vstřikovač **$R = 0,6 \Omega$** .

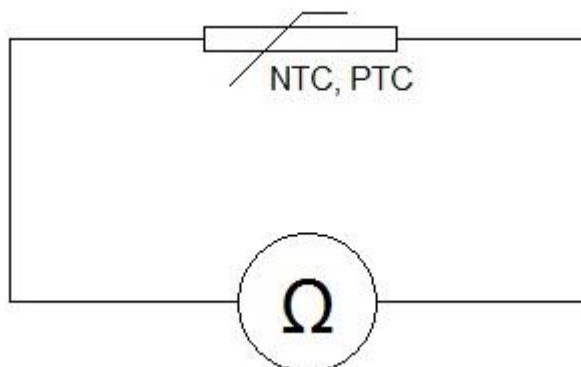
Závěr měření:

Měření bylo prováděno pod dohledem p. učitele. Při měření jsem zjistil podle tvaru signálu vycházejícího ze vstřikovače o typ elektromagnetický. Dále jsem zjistil tvar elektrický odpor cívky. Všechny přístroje jsme po měření vrátili funkční na místo, odkud byly vzaty.

Úloha č. 3 – Diagnostika snímače teploty chladicí kapaliny

Úkol: Zjistí elektrický odpor snímače při různých teplotách.

Náčrt:



Použité přístroje:

- a) BOSCH EDU 130, BOSCH KTS 570
- b) Multimetr UNIT-UT33A
- c) BOSCH EDU 130, BOSCH KTS 570, osciloskop UNIT UT

Postup měření:

1. Zapnout diagnostický přístroj BOSCH EDU 130.
2. Zapnout výukový panel Common-rail.
3. Připojit komunikátor BOSCH KTS 570.
4. Připojit žákovskou desku se schématem měření.
5. Zapnout v přístroji BOSCH EDU 130 program ESI (tronik) 2.0.
6. Nastavit příslušné vozidlo.
7. Vyhledat elektrické schéma zapojení řídicí jednotky systému Common-rail.
8. Připojit multimetr do měřicích zdířek.
9. Nastavit měření elektrického odporu.
10. Odečíst hodnotu elektrického odporu při různých teplotách.
11. Odpojit přístroj.
12. Vypnout všechny přístroje a panel.

Zjištěné a naměřené hodnoty:

Teplota chladicí kapaliny [°C]	Elektrické odpor R [Ω]
49,3	1353
60	949
70	529
80	347,1
90	198,2
104,1	187,3

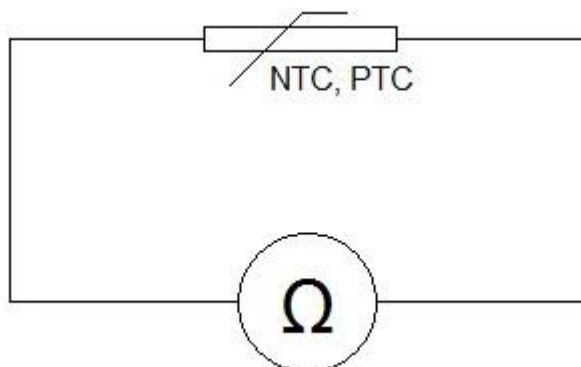
Závěr měření:

Diagnostikou snímače teploty chladicí kapaliny jsme zjistili konstrukční typ snímače chladicí kapaliny podle naměřených hodnot elektrického odporu – typ NTC.

Úloha č. 4 – Diagnostika snímače teploty nasávaného vzduchu

Úkol: Zjistí elektrický odpor snímače při různých teplotách.

Náčrt:



Použité přístroje:

- a) BOSCH EDU 130, BOSCH KTS 570
- b) Multimetr UNIT-UT33A
- c) BOSCH EDU 130, BOSCH KTS 570, osciloskop UNIT UT

Postup měření:

1. Zapnout diagnostický přístroj BOSCH EDU 130.
2. Zapnout výukový panel Common-rail.
3. Připojit komunikátor BOSCH KTS 570.
4. Připojit žákovskou desku se schématem měření.
5. Zapnout v přístroji BOSCH EDU 130 program ESI (tronik) 2.0.
6. Nastavit příslušné vozidlo.
7. Vyhledat elektrické schéma zapojení řídicí jednotky systému Common-rail.
8. Připojit multimetr do měřicích zdířek.
9. Nastavit měření elektrického odporu.
10. Odečíst hodnotu elektrického odporu při různých teplotách.
11. Odpojit přístroj.
12. Vypnout všechny přístroje a panel.

Zjištěné a naměřené hodnoty:

Teplota nasávaného vzduchu [°C]	Elektrické odpor R [Ω]
9,3	2056
18,3	1806
52,5	1051
71,9	666
89,5	433
115,4	220,4

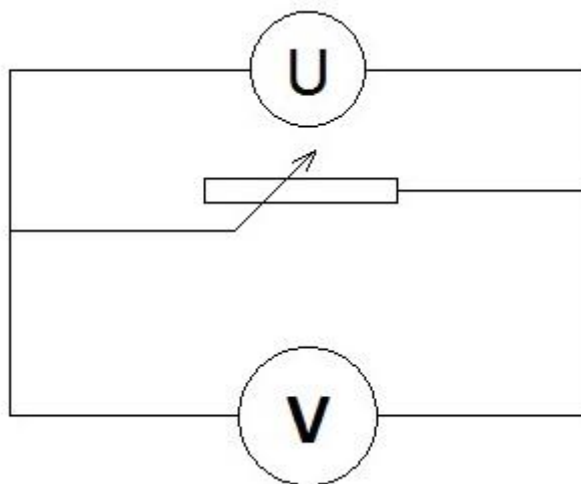
Závěr měření:

Diagnostikou snímače teploty nasávaného vzduchu jsme zjistili konstrukční typ snímače teploty podle naměřených hodnot elektrického odporu – typ NTC.

Úloha č. 5 – Diagnostika snímače tlaku v zásobníku tlaku (railu)

Úkol: Zjisti elektrické napětí na snímači při různých hodnotách tlaku.

Náčrt:



Použité přístroje:

- a) BOSCH EDU 130, BOSCH KTS 570
- b) Multimetr UNIT-UT33A
- c) BOSCH EDU 130, BOSCH KTS 570, osciloskop UNIT UT

Postup měření:

1. Zapnout diagnostický přístroj BOSCH EDU 130.
2. Zapnout výukový panel Common-rail.
3. Připojit komunikátor BOSCH KTS 570.
4. Připojit žákovskou desku se schématem měření.
5. Zapnout v přístroji BOSCH EDU 130 program ESI (tronik) 2.0.
6. Nastavit příslušné vozidlo.
7. Vyhledat elektrické schéma zapojení řídicí jednotky systému Common-rail.
8. Připojit multimetr do měřících zdířek.
9. Nastavit měření elektrického napětí.
10. Odečíst hodnotu elektrického napětí odporu při různém tlaku.
11. Odpojit přístroj.
12. Vypnout všechny přístroje a panel.

Zjištěné a naměřené hodnoty:

Tlak v railu [MPa]	Elektrické napětí U [V]
40,8	3,4
60,4	2,9
70,1	2,6
78,4	2,36
90,3	2,0
100,7	1,8

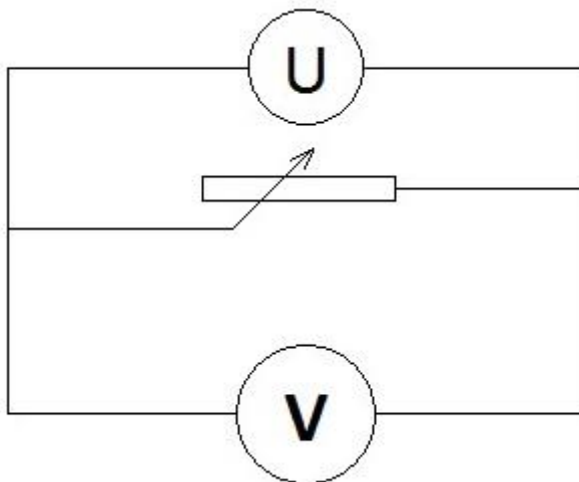
Závěr měření:

Diagnostikou snímače tlaku v railu jsme zjistili hodnoty elektrického napětí podle daného tlaku v zásobníku a tyto hodnoty jsme porovnali s dílenskou příručkou. Tyto hodnoty byly v toleranci.

Úloha č. 6 – Diagnostika snímače pedálu akcelarátoru

Úkol: Zjistí napětí na potenciometru snímače při různém zatížení.

Náčrt:



Použité přístroje:

- a) BOSCH EDU 130, BOSCH KTS 570
- b) Multimetr UNIT-UT33A
- c) BOSCH EDU 130, BOSCH KTS 570, osciloskop UNIT UT

Postup měření:

1. Zapnout diagnostický přístroj BOSCH EDU 130.
2. Zapnout výukový panel Common-rail.
3. Připojit komunikátor BOSCH KTS 570.
4. Připojit žákovskou desku se schématem měření.
5. Zapnout v přístroji BOSCH EDU 130 program ESI (tronik) 2.0.
6. Nastavit příslušné vozidlo.
7. Vyhledat elektrické schéma zapojení řídicí jednotky systému Common-rail.
8. Připojit multimetr do měřicích zdířek.
9. Nastavit měření elektrického napětí.
10. Odečíst hodnotu elektrického napětí při různých polohách pedálu.
11. Odpojit přístroj.
12. Vypnout všechny přístroje a panel.

Zjištěné a naměřené hodnoty:

Zatížení [%]	Elektrické napětí U [V]
0	0,3
25	1,36
50	2,46
75	3,55
100	4,46

Závěr měření:

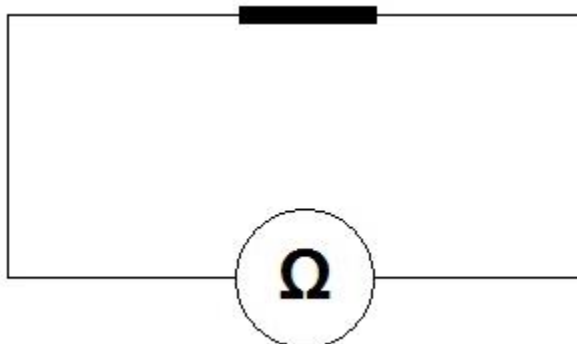
Diagnostikou snímače pedálu akcelérátoru jsme zjistili hodnoty elektrického napětí, které jsme porovnali s dílenskou příručkou. Hodnoty byly v toleranci.

Úloha č. 7 – Diagnostika nastavovače tlaku recirkulace výfukových spalin

Úkol:

- Zjistí funkčnost nastavovače sériovou diagnostikou.
- Zjistí elektrický odpor nastavovače.

Náčrt:



Použité přístroje:

- a) BOSCH EDU 130, BOSCH KTS 570
- b) Multimetr UNIT-UT33A
- c) BOSCH EDU 130, BOSCH KTS 570, osciloskop UNIT UT

Postup měření:

1. Zapnout diagnostický přístroj BOSCH EDU 130.
2. Zapnout výukový panel Common-rail.
3. Připojit komunikátor BOSCH KTS 570.
4. Připojit žákovskou desku se schématem měření.
5. Zapnout v přístroji BOSCH EDU 130 program ESI (tronik) 2.0.
6. Nastavit příslušné vozidlo.
7. Vyhledat elektrické schéma zapojení řídicí jednotky systému Common-rail.
8. Připojit multimetr do měřicích zdířek.
9. Nastavit měření elektrického odporu.
10. Odečíst hodnotu elektrického odporu.
11. Odpojit přístroj.
12. Otočit klíčkem ve spínací skříňce do polohy „1“.

13. Vyhledat v ESI - Tronic 2.0 test akčních členů.
14. Spustit test akčních členů.
15. Ověřit funkčnost.
16. Vypnout všechny přístroje a panel.

Zjištěné a naměřené hodnoty:

- a) Sériovou diagnostikou jsme provedli test akčních členů a zjistili, že nastavovač tlaku recirkulace reaguje na signály řídicí jednotky motoru.
- b) Elektrický odpor vinutí elektromagnetu nastavovače je **$R = 14,3 \Omega$** .

Závěr měření:

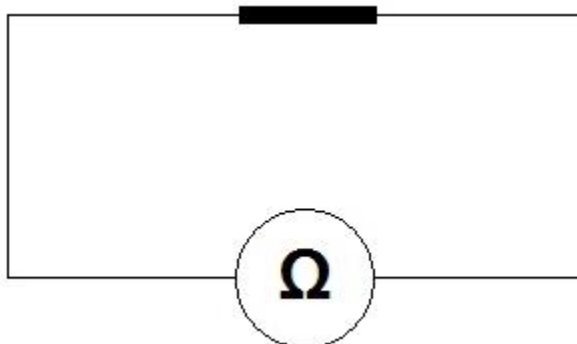
Diagnostikou nastavovače tlaku recirkulace výfukových plynů jsme zjistili funkčnost testem akčních členů a potvrdili správnou komunikaci mezi nastavovačem a řídicí jednotkou motoru a dále jsme zjistili a porovnali hodnotu elektrického odporu s dílenskou příručkou. Ta byla v toleranci.

Úloha č. 8 – Diagnostika nastavovače velikosti tlaku

Úkol:

- Zjisti funkčnost nastavovače sériovou diagnostikou.
- Zjisti elektrický odpor nastavovače.

Náčrt:



Použité přístroje:

- a) BOSCH EDU 130, BOSCH KTS 570
- b) Multimetr UNIT-UT33A
- c) BOSCH EDU 130, BOSCH KTS 570, osciloskop UNIT UT

Postup měření:

1. Zapnout diagnostický přístroj BOSCH EDU 130.
2. Zapnout výukový panel Common-rail.
3. Připojit komunikátor BOSCH KTS 570.
4. Připojit žakovskou desku se schématem měření.
5. Zapnout v přístroji BOSCH EDU 130 program ESI (tronik) 2.0.
6. Nastavit příslušné vozidlo.
7. Vyhledat elektrické schéma zapojení řídicí jednotky systému Common-rail.
8. Připojit multimetr do měřicích zdířek.
9. Nastavit měření elektrického odporu.
10. Odečíst hodnotu elektrického odporu.
11. Odpojit přístroj.
12. Otočit klíčkem ve spínací skříňce do polohy „1“.

13. Vyhledat v ESI - Tronic 2.0 test akčních členů.
14. Spustit test akčních členů.
15. Ověřit funkčnost.
16. Vypnout všechny přístroje a panel.

Zjištěné a naměřené hodnoty:

- a) Sériovou diagnostikou jsme provedli test akčních členů a zjistili, že nastavovač tlaku recirkulace reaguje na signály řídicí jednotky motoru.
- b) Elektrický odpor vinutí elektromagnetu nastavovače je **$R = 14,1 \Omega$** .

Závěr měření:

Diagnostikou nastavovače velikosti tlaku jsme zjistili funkčnost testem akčních členů a potvrdili správnou komunikaci mezi nastavovačem a řídicí jednotkou motoru a dále zjistili a porovnali hodnotu elektrického odporu s dílenskou příručkou. Ta byla v toleranci.

Úloha č. 9 – Simulace závady pro pozici 1

Úkol: Zjisti sériovou diagnostikou simulovanou závadu.

Použité přístroje:

- a) BOSCH EDU 130, BOSCH KTS 570
- b) Simulátor závad

Postup měření:

1. Zapnout diagnostický přístroj BOSCH EDU 130.
2. Zapnout výukový panel Common-rail.
3. Připojit komunikátor BOSCH KTS 570.
4. Připojit simulátor závad a zapnout závadu 1.
5. Zapnout v přístroji BOSCH EDU 130 program ESI (tronik) 2.0.
6. Nastavit příslušné vozidlo.
7. Vyhledat elektrické schéma zapojení řídicí jednotky systému Common-rail.
8. Otočit klíčkem ve spínací skříňce do polohy „1“.
9. Vyhledat v ESI - Tronic 2.0 paměť závad.
10. Vyčíst paměť závad.
11. Ověřit zapojení a funkčnost komponent.
12. Zapsat závady.
13. Vypnout simulátor.
14. Vymazat závady, vyčíst paměť závad.
15. Vypsát závady a porovnat závady.
16. Vypnout všechny přístroje a panel.

Zjištěné a naměřené hodnoty:

Sériovou diagnostikou jsme zjistili závadu: **Snímač otáček motoru – zkrat na plus.**

Závěr měření:

Sériovou diagnostikou jsme zjistili simulovanou závadu snímače otáček motoru – zkrat na plus, tedy odpojení přívodního kabelu do řídicí jednotky. Palivová soustava nevstříkovala.

Úloha č. 10 – Simulace závady pro pozici 2

Úkol: Zjisti sériovou diagnostikou simulovanou závadu.

Použité přístroje:

- a) BOSCH EDU 130, BOSCH KTS 570
- b) Simulátor závad

Postup měření:

1. Zapnout diagnostický přístroj BOSCH EDU 130.
2. Zapnout výukový panel Common-rail.
3. Připojit komunikátor BOSCH KTS 570.
4. Připojit simulátor závad a zapnout závadu 2.
5. Zapnout v přístroji BOSCH EDU 130 program ESI (tronik) 2.0.
6. Nastavit příslušné vozidlo.
7. Vyhledat elektrické schéma zapojení řídicí jednotky systému Common-rail.
8. Otočit klíčkem ve spínací skříňce do polohy „1“.
9. Vyhledat v ESI - Tronic 2.0 paměť závad.
10. Vyčíst paměť závad.
11. Ověřit zapojení a funkčnost komponent.
12. Zapsat závady.
13. Vypnout simulátor.
14. Vymazat závady, vyčíst paměť závad.
15. Vypsát závady a porovnat závady.
16. Vypnout všechny přístroje a panel.

Zjištěné a naměřené hodnoty:

Sériovou diagnostikou jsme zjistili závadu: **Snímač polohy motoru – zkrat na mínus.**

Závěr měření:

Sériovou diagnostikou jsme zjistili simulovanou závadu snímače polohy vačkového hřídele motoru – zkrat na mínus, tedy odpojení kabelu vedeného ke kostře vozidla. Palivová soustava nevstříkovala.

Úloha č. 11 – Simulace závady pro pozici 3

Úkol: Zjistí sériovou diagnostikou simulovanou závadu.

Použité přístroje:

- a) BOSCH EDU 130, BOSCH KTS 570
- b) Simulátor závad

Postup měření:

1. Zapnout diagnostický přístroj BOSCH EDU 130.
2. Zapnout výukový panel Common-rail.
3. Připojit komunikátor BOSCH KTS 570.
4. Připojit simulátor závad a zapnout závadu 3.
5. Zapnout v přístroji BOSCH EDU 130 program ESI (tronik) 2.0.
6. Nastavit příslušné vozidlo.
7. Vyhledat elektrické schéma zapojení řídicí jednotky systému Common-rail.
8. Otočit klíčkem ve spínací skříňce do polohy „1“.
9. Vyhledat v ESI - Tronic 2.0 paměť závad.
10. Vyčíst paměť závad.
11. Ověřit zapojení a funkčnost komponent.
12. Zapsat závady.
13. Vypnout simulátor.
14. Vymazat závady, vyčíst paměť závad.
15. Vypsát závady a porovnat závady.
16. Vypnout všechny přístroje a panel.

Zjištěné a naměřené hodnoty:

Sériovou diagnostikou jsme zjistili závadu: **Snímač pedálu 1 – zkrat na mínus.**

Závěr měření:

Sériovou diagnostikou jsme zjistili simulovanou závadu potenciometru pedálu akcelérátoru, dráhy 1 – zkrat na mínus, tedy odpojení kabelu vedeného ke kostře vozidla. Palivová soustava nereagovala na pohyb pedálu akcelérátoru.

Úloha č. 12 – Simulace závady pro pozici 4

Úkol: Zjistí sériovou diagnostikou simulovanou závadu.

Použité přístroje:

- a) BOSCH EDU 130, BOSCH KTS 570
- b) Simulátor závad

Postup měření:

1. Zapnout diagnostický přístroj BOSCH EDU 130.
2. Zapnout výukový panel Common-rail.
3. Připojit komunikátor BOSCH KTS 570.
4. Připojit simulátor závad a zapnout závadu 4.
5. Zapnout v přístroji BOSCH EDU 130 program ESI (tronik) 2.0.
6. Nastavit příslušné vozidlo.
7. Vyhledat elektrické schéma zapojení řídicí jednotky systému Common-rail.
8. Otočit klíčkem ve spínací skříňce do polohy „1“.
9. Vyhledat v ESI - Tronic 2.0 paměť závad.
10. Vyčíst paměť závad.
11. Ověřit zapojení a funkčnost komponent.
12. Zapsat závady.
13. Vypnout simulátor.
14. Vymazat závady, vyčíst paměť závad.
15. Vypsát závady a porovnat závady.
16. Vypnout všechny přístroje a panel.

Zjištěné a naměřené hodnoty:

Sériovou diagnostikou jsme zjistili závadu: **Snímač pedálu 2 – zkrat na mínus.**

Závěr měření:

Sériovou diagnostikou jsme zjistili simulovanou závadu potenciometru pedálu akcelérátoru, dráhy 2 – zkrat na mínus, tedy odpojení kabelu vedeného ke kostře vozidla. Palivová soustava nereagovala na pohyb pedálu akcelérátoru.

Úloha č. 13 – Simulace závady pro pozici 5

Úkol: Zjisti sériovou diagnostikou simulovanou závadu.

Použité přístroje:

a) BOSCH EDU 130, BOSCH KTS 570

b) Simulátor závad

Postup měření:

1. Zapnout diagnostický přístroj BOSCH EDU 130.
2. Zapnout výukový panel Common-rail.
3. Připojit komunikátor BOSCH KTS 570.
4. Připojit simulátor závad a zapnout závadu 5.
5. Zapnout v přístroji BOSCH EDU 130 program ESI (tronik) 2.0.
6. Nastavit příslušné vozidlo.
7. Vyhledat elektrické schéma zapojení řídicí jednotky systému Common-rail.
8. Otočit klíčkem ve spínací skříňce do polohy „1“.
9. Vyhledat v ESI - Tronic 2.0 paměť závad.
10. Vyčíst paměť závad.
11. Ověřit zapojení a funkčnost komponent.
12. Zapsat závady.
13. Vypnout simulátor.
14. Vymazat závady, vyčíst paměť závad.
15. Vypsát závady a porovnat závady.
16. Vypnout všechny přístroje a panel.

Zjištěné a naměřené hodnoty:

Sériovou diagnostikou jsme zjistili závadu: **Snímač teploty chladicí kapaliny – zkrat na plus.**

Závěr měření:

Sériovou diagnostikou jsme zjistili simulovanou závadu snímače teploty chladicí kapaliny motoru – zkrat na plus, tedy odpojení kabelu vedeného od řídicí jednotky motoru. Palivová soustava vstříkovala trvale větší množství paliva.

Úloha č. 14 – Simulace závady pro pozici 6

Úkol: Zjisti sériovou diagnostikou simulovanou závadu.

Použité přístroje:

a) BOSCH EDU 130, BOSCH KTS 570

b) Simulátor závad

Postup měření:

1. Zapnout diagnostický přístroj BOSCH EDU 130.
2. Zapnout výukový panel Common-rail.
3. Připojit komunikátor BOSCH KTS 570.
4. Připojit simulátor závad a zapnout závadu 6.
5. Zapnout v přístroji BOSCH EDU 130 program ESI (tronik) 2.0.
6. Nastavit příslušné vozidlo.
7. Vyhledat elektrické schéma zapojení řídicí jednotky systému Common-rail.
8. Otočit klíčkem ve spínací skříňce do polohy „1“.
9. Vyhledat v ESI - Tronic 2.0 paměť závad.
10. Vyčíst paměť závad.
11. Ověřit zapojení a funkčnost komponent.
12. Zapsat závady, vypnout simulátor.
13. Vymazat závady, vyčíst paměť závad.
14. Vypsát závady a porovnat závady.
15. Vypnout všechny přístroje a panel.

Zjištěné a naměřené hodnoty:

Sériovou diagnostikou jsme zjistili závadu: **Snímač tlaku v sacím potrubí – zkrat na plus.**

Závěr měření:

Sériovou diagnostikou jsme zjistili simulovanou závadu snímače tlaku nasávaného vzduchu – zkrat na plus, tedy odpojení kabelu vedeného od řídicí jednotky motoru vozidla. Palivová soustava vstříkovala menší množství paliva než při režimu bez závady.

Úloha č. 15 – Simulace závady pro pozici 7

Úkol: Zjisti sériovou diagnostikou simulovanou závadu.

Použité přístroje:

- a) BOSCH EDU 130, BOSCH KTS 570
- b) Simulátor závad

Postup měření:

1. Zapnout diagnostický přístroj BOSCH EDU 130.
2. Zapnout výukový panel Common-rail.
3. Připojit komunikátor BOSCH KTS 570.
4. Připojit simulátor závad a zapnout závadu 7.
5. Zapnout v přístroji BOSCH EDU 130 program ESI (tronik) 2.0.
6. Nastavit příslušné vozidlo.
7. Vyhledat elektrické schéma zapojení řídicí jednotky systému Common-rail.
8. Otočit klíčkem ve spínací skřínce do polohy „1“.
9. Vyhledat v ESI - Tronic 2.0 paměť závad.
10. Vyčíst paměť závad.
11. Ověřit zapojení a funkčnost komponent.
12. Zapsat závady, vypnout simulátor.
13. Vymazat závady, vyčíst paměť závad.
14. Vypsát závady a porovnat závady.
15. Vypnout všechny přístroje a panel.

Zjištěné a naměřené hodnoty:

Sériovou diagnostikou jsme zjistili závadu: **Snímač množství nasávaného vzduchu – zkrat na mínus.**

Závěr měření:

Sériovou diagnostikou jsme zjistili simulovanou závadu snímače množství nasávaného vzduchu do motoru – zkrat na mínus, tedy odpojení kabelu vedeného ke kostře vozidla. Palivová soustava vstříkovala trvale menší množství než při režimu bez závady.

Úloha č. 16 – Simulace závady pro pozici 8

Úkol: Zjistí sériovou diagnostikou simulovanou závadu.

Použité přístroje:

a) BOSCH EDU 130, BOSCH KTS 570

b) Simulátor závad

Postup měření:

1. Zapnout diagnostický přístroj BOSCH EDU 130.
2. Zapnout výukový panel Common-rail.
3. Připojit komunikátor BOSCH KTS 570.
4. Připojit simulátor závad a zapnout závadu 8.
5. Zapnout v přístroji BOSCH EDU 130 program ESI (tronik) 2.0.
6. Nastavit příslušné vozidlo.
7. Vyhledat elektrické schéma zapojení řídicí jednotky systému Common-rail.
8. Otočit klíčkem ve spínací skříňce do polohy „1“.
9. Vyhledat v ESI - Tronic 2.0 paměť závad.
10. Vyčíst paměť závad.
11. Ověřit zapojení a funkčnost komponent.
12. Zapsat závady.
13. Vypnout simulátor.
14. Vymazat závady, vyčíst paměť závad.
15. Vypsát závady.
16. Porovnat závady.
17. Vypnout všechny přístroje a panel.

Zjištěné a naměřené hodnoty:

Sériovou diagnostikou jsme zjistili závadu: **Vstřikovač – zkrat na mínus.**

Závěr měření:

Sériovou diagnostikou jsme zjistili simulovanou závadu elektromagnetického vstřikovače – zkrat na mínus, tedy odpojení kabelu vedeného ke kostře vozidla. Palivová soustava nevstřikovala.

Úloha č. 17 – Simulace závady pro pozici 9

Úkol: Zjistit sériovou diagnostikou simulovanou závadu.

Použité přístroje:

- a) BOSCH EDU 130, BOSCH KTS 570
- b) Simulátor závad

Postup měření:

1. Zapnout diagnostický přístroj BOSCH EDU 130.
2. Zapnout výukový panel Common-rail.
3. Připojit komunikátor BOSCH KTS 570.
4. Připojit simulátor závad a zapnout závadu 9.
5. Zapnout v přístroji BOSCH EDU 130 program ESI (tronik) 2.0.
6. Nastavit příslušné vozidlo.
7. Vyhledat elektrické schéma zapojení řídicí jednotky systému Common-rail.
8. Otočit klíčkem ve spínací skříňce do polohy „1“.
9. Vyhledat v ESI - Tronic 2.0 paměť závad.
10. Vyčíst paměť závad.
11. Ověřit zapojení a funkčnost komponent.
12. Zapsat závady, vypnout simulátor.
13. Vymazat závady, vyčíst paměť závad.
14. Vypsát závady a porovnat závady.
15. Vypnout všechny přístroje a panel.

Zjištěné a naměřené hodnoty:

Sériovou diagnostikou jsme zjistili závadu: **Regulace plnicího tlaku – zkrat na plus.**

Závěr:

Sériovou diagnostikou jsme zjistili simulovanou závadu regulace plnicího tlaku vzduchu přiváděného do motoru – zkrat na plus, tedy odpojení kabelu vedeného od řídicí jednotky motoru vozidla. Palivová soustava vstříkovala menší množství než při režimu bez závady.

Úloha č. 18 – Simulace závady pro pozici 10

Úkol: Zjistí sériovou diagnostikou simulovanou závadu.

Použité přístroje:

a) BOSCH EDU 130, BOSCH KTS 570

b) Simulátor závad

Postup měření:

1. Zapnout diagnostický přístroj BOSCH EDU 130.
2. Zapnout výukový panel Common-rail.
3. Připojit komunikátor BOSCH KTS 570.
4. Připojit simulátor závad a zapnout závadu 10.
5. Zapnout v přístroji BOSCH EDU 130 program ESI (tronik) 2.0.
6. Nastavit příslušné vozidlo.
7. Vyhledat elektrické schéma zapojení řídicí jednotky systému Common-rail .
8. Otočit klíčkem ve spínací skříňce do polohy „1“.
9. Vyhledat v ESI - Tronic 2.0 paměť závad.
10. Vyčíst paměť závad.
11. Ověřit zapojení a funkčnost komponent.
12. Zapsat závady.
13. Vypnout simulátor.
14. Vymazat závady, vyčíst paměť závad.
15. Vypsát závady a porovnat závady.
16. Vypnout všechny přístroje a panel.

Zjištěné a naměřené hodnoty:

Sériovou diagnostikou jsme zjistili závadu: **Snímač tlaku v railu – zkrat na plus.**

Závěr měření:

Sériovou diagnostikou jsme zjistili simulovanou závadu snímače tlaku paliva v tlakovém zásobníku palivové soustavy motoru – zkrat na plus, tedy odpojení kabelu vedeného od řídicí jednotky motoru vozidla. Palivová soustava nevstříkovala.