



Zemědělská
fakulta
Faculty
of Agriculture

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

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Katedra: Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky

Bakalářská práce

Diagnostika a opravy systému Common-rail

Vedoucí práce:

Ing. Antonín Dolan, Ph.D.

Autor práce:

Tomáš Vastl, DiS.,

České Budějovice,

2021

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem autorem této kvalifikační práce, a že jsem ji vypracoval pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Českých Budějovicích dne

Podpis

Abstrakt

Tato bakalářská práce se věnuje systému Common-rail. Zaměřuje se na diagnostiku sériovou i paralelní na konkrétním vozidle Ford. Úvodní část je zaměřena na teorii systému, metody diagnostiky a její význam.

Následující část řeší konkrétní problematiku se zaměřením na konkrétní závadu na vozidle. V praktické části práce jsou provedena jednotlivá měření sériovou a paralelní diagnostikou na vozidle.

Klíčová slova: Common-rail, Ford, závady, sériová diagnostika, paralelní diagnostika

Abstract

This bachelor thesis deals with the common-rail system. It focuses on serial and parallel diagnostics on a specific Ford vehicle. The introductory part is focused on system theory, diagnostic methods and its importance.

The following section addresses a specific issue with a focus on a specific defect in the vehicle. In the practical part of the work, individual measurements are performed by serial and parallel diagnostics on the vehicle.

Keywords: Common-rail, Ford, defects, serial diagnostic, parallel diagnostic

Poděkování

Tímto děkuji Ing. Antonínu Dolanovi, Ph.D., za odborné vedení mé bakalářské práce, cenné připomínky, jichž se mi dostalo.

Obsah

| | |
|--|----|
| Úvod..... | 7 |
| 1 Literární přehled..... | 8 |
| 1.1 Historie systému Common-rail | 8 |
| 1.2 Součásti systému Common Rail..... | 8 |
| 1.3 Princip činnosti..... | 9 |
| 1.4 Nízkotlaká část | 10 |
| 1.4.1 Palivová nádrž..... | 10 |
| 1.4.2 Palivové vedení | 11 |
| 1.4.3 Palivový filtr | 11 |
| 1.4.4 Dopravní palivové čerpadlo | 12 |
| 1.4.5 Zpětné vedení paliva | 13 |
| 1.5 Vysokotlaká část vedení paliva | 13 |
| 1.5.1 Vysokotlaké čerpadlo..... | 14 |
| 1.5.2 Dávkovací ventil | 15 |
| 1.5.3 Zásobník tlaku (rail)..... | 15 |
| 1.5.4 Omezovač průtoku | 16 |
| 1.5.5 Vstřikovací ventily | 16 |
| 1.6 Diagnostika automobilu | 18 |
| 1.6.1 Sériová diagnostika | 18 |
| 1.6.2 Paralelní diagnostika | 18 |
| 2 Cíle práce | 19 |
| 3 Metodika | 20 |
| 3.1 Metodika sériové diagnostiky..... | 20 |
| 3.2 Metodika paralelní diagnostiky | 21 |
| 4 Vlastní práce..... | 23 |

| | | |
|-------|--|----|
| 4.1 | Závada na vozidle..... | 23 |
| 4.2 | Postup sériové diagnostiky | 23 |
| 4.2.1 | KTS-560..... | 23 |
| 4.3 | Postup paralelní diagnostiky | 24 |
| 4.3.1 | Multimetr UT33C | 24 |
| 4.3.2 | Osciloskop Hantek DSO5102P | 24 |
| 4.3.3 | AHProfi LIATP2116..... | 25 |
| 4.4 | Výsledky měření na vozidle sériovou diagnostikou Bosch KTS 560 | 25 |
| 4.4.1 | Vyčtení paměti závad..... | 25 |
| 4.4.2 | Korekční množství vstříkovaného paliva..... | 26 |
| 4.5 | Výsledky měření paralelní diagnostikou | 26 |
| 4.5.1 | Měření multimetrem UT33C | 26 |
| 4.5.2 | Měření osciloskopem Hantek DSO5102P | 26 |
| 4.5.3 | Test přepadového množství sadou AHProfi LIATP2116 | 27 |
| 4.6 | Shrnutí naměřených hodnot..... | 28 |
| 5 | Diskuze..... | 29 |
| 5.1 | Vyhodnocení výsledků | 31 |
| 5.2 | Prognóza | 32 |
| | Závěr | 33 |
| | Seznam použité literatury..... | 34 |
| | Seznam obrázků | 36 |
| | Seznam tabulek | 37 |

Úvod

Se stále zpřísnujícími se emisními normami jsou kladeny čím dál tím větší nároky a požadavky na vozidla se spalovacími motory, v oblastech emisí, spotřeby a hluku. Tyto normy jsou překážkou hlavně pro dieselová vozidla z důvodu produkce NOx. Pro splnění těchto norem je podstatné přesné vstřikování paliva pod vysokým tlakem. Dosud nejefektivnějším a nejrozšířenějším způsobem vstřikování paliva dieselových motorů je elektronický systém vstřikování Common-rail. Tento systém je dnes schopen poskytovat vstřikovací tlak téměř 300 MPa a to nezávisle na otáčkách motoru. Díky tomu je dnes možné provést vstřikování paliva několikrát v jedné a kterékoliv fázi motoru.

Aby bylo dosaženo vstřikování vždy ve správný moment, využívá systém několika snímačů, jejichž měřením lze posoudit stav systému a odhalit případnou závadu.

1 Literární přehled

1.1 Historie systému Common-rail

Prototyp systému byl vyvinut Robertem Huberem koncem šedesátých let, ale první firmou, která tento systém využila, byla společnost Bosch v roce 1997. Nejprve ve vozidle Alfa Romeo 156 JTD a ve vozidle Mercedes-Benz C220 CDI (Bosch.cz, 2021).

Zavedením systému common-rail v devadesátých letech došlo k výraznému snížení oxidu uhelnatého, oxidu dusičného a dusičnanu o více jak 95 % vůči předchozím systémům. Od roku 2010 se v osobních automobilech využívá výhradně tohoto systému (Autonorma.cz, 2021).

1.2 Součásti systému Common Rail

Systémy Common-rail v současné době vyrábí hned několik firem. Mezi tyto firmy patří Bosch, Denso, Delphi, Continental (Siemens). Každá z firem má ve svém systému mírné odlišnosti. Zaklad systému je ovšem totožný a skládá se z:

- palivové nádrže,
- řídící jednotky,
- palivového filtru,
- podávacího čerpadla (pouze Bosch a Continental),
- vysokotlakého čerpadla,
- zásobníku vysokého tlaku (rail),
- vysokotlakého potrubí,
- elektronicky ovládaných vstřikovačů.

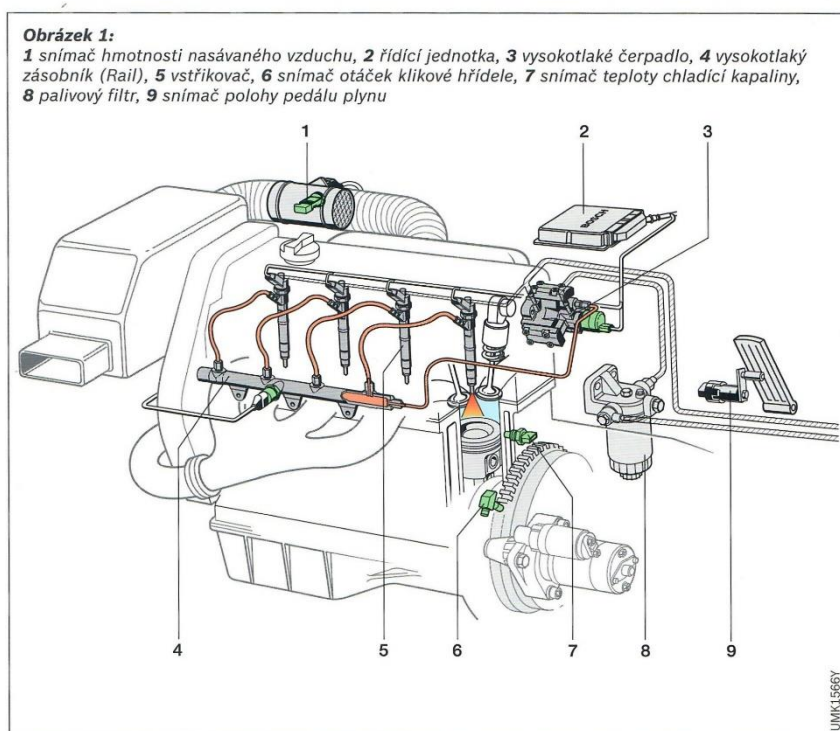
Pro správné fungování systému je zapotřebí také několika snímačů:

- snímač otáček klikové hřídele,
- snímač polohy vačkové hřídele,
- snímač hmotnosti nasávaného vzduchu,
- snímač polohy akcelérátoru,

- snímač vysokého tlaku ve vysokotlakém zásobníku (rail),
- snímač plnicího tlaku,
- snímač teploty chladicí kapaliny,
- snímač teploty paliva (Ždánský a Jan, 2008).

1.3 Princip činnosti

Řídicí jednotka automobilu shromažďuje požadavky řidiče předávaných prostřednictvím snímačů (viz obrázek 1.1), (Štěrbá a Čupera, 2013).

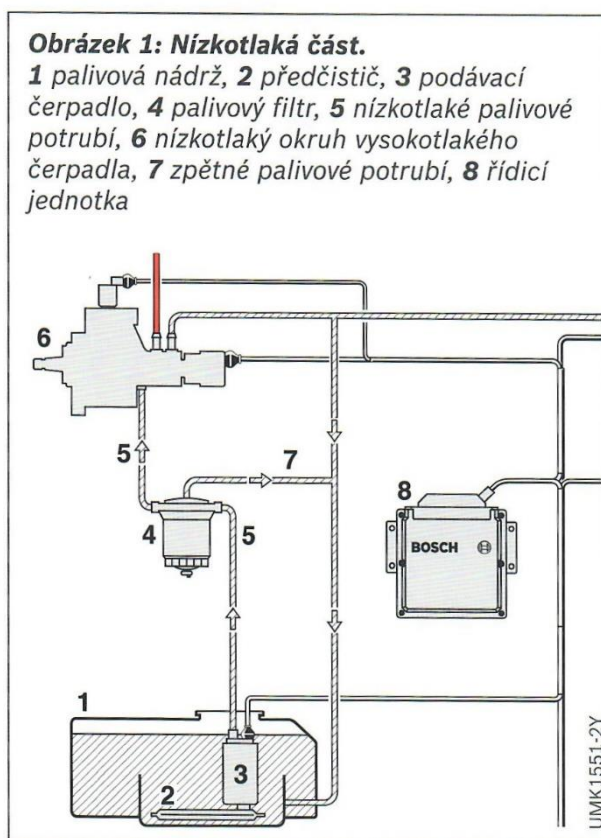


Obrázek 1.1 - Popis systému Common Rail, (Robert Bosch, 1999)

Jedná se především o snímač polohy akcelerátoru a spínače spojkového a brzdového pedálu. Po vyhodnocení požadavků řidiče a informací z jednotlivých snímačů motoru a informací z jiných řídicích jednotek si sama prostřednictvím akčních členů upravuje vstřikovací tlak, počet a čas vstříků, natočení vačkových hřídelů apod. Řídicí jednotka motoru komunikuje s ostatními jednotkami skrze datovou sběrnici CAN (Štěrbá a Čupera, 2013).

1.4 Nízkotlaká část

V nízkotlaké části palivového systému automobilu se nachází palivová nádrž z materiálu nepodléhajícího korozi, protože je systém velmi citlivý na kvalitu a znečištění paliva. Odtud je odčerpáváno palivo skrze hrubý čistič paliva. Palivo se dopravuje dopravním čerpadlem v nádrži nebo dopravním čerpadlem zabudovaným ve vysokotlakém čerpadle. U novějších vozidel je tlak dopravního čerpadla regulován řídicí jednotkou. Hlavní funkcí nízkotlaké části je tedy uchovávat palivo, dopravovat jej k vysokotlaké části a udržovat jej na správné teplotě (viz obrázek 1.2), (Vlk, 2003).



Obrázek 1.2 - Nízkotlaká část Common-Rail, (Robert Bosch, 1999)

1.4.1 Palivová nádrž

Hlavním úkolem palivové nádrže je uchovávat palivo. Palivo je v nádrži uchováno pod tlakem 30 Kpa. Musí být za všech okolností zabráněno jakémukoliv úniku paliva z nádrže, zvláště při provozu vozidla v náročnějších situacích (sklon vozidla, brzdění, náraz apod.) V případě nehody je bezpodmínečně nutné oddělit palivovou nádrž od

motorového prostoru tak, aby nevznikla možnost požáru. Proto je palivová nádrž u vozidel s motorem uloženým vpředu, obvykle umístěna nad zadní nápravou vozidla, kde statisticky nejméně hrozí její poškození. Dnes jsou již palivové nádrže vyráběny především z plastu, kde nehrozí koroze a tím následný únik paliva, ani zanesení palivového systému částmi z korodujícího vnitřku palivové nádrže (Vlk, 2003).

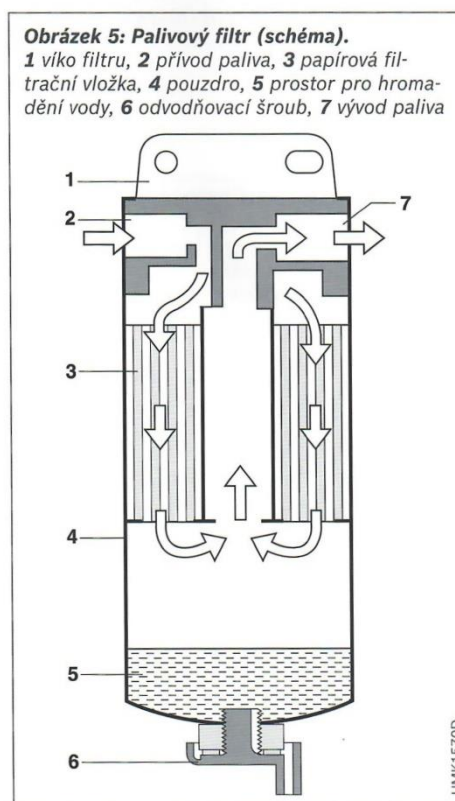
1.4.2 Palivové vedení

Pro vedení paliva se využívá zejména kovových trubek pro vyšší tlak, pružného gumového vedení s ocelovou výztuží pro umístění v místech předpokládaného ohybu a plastových trubek pro nižší tlak v místech bez mechanického namáhání. Vedení paliva musí mít sníženou hořlavost, být důkladně uloženo tak, aby nedocházelo k tření např. o karoserii vozidla a nebylo zatížené mechanickým namáháním, s výjimkou pružného vedení určeného k použití v místech ohybu. Kovové vedení paliva musí být navrženo tak, aby byla zajištěna pružnost vedení a při působení vibrací od agregátu nedošlo k jeho poškození (Gscheidle, 2007).

1.4.3 Palivový filtr

Součásti všech systémů vstřikování paliva jsou vyráběny s velmi vysokou přesností, a to především systém Common-rail. Je proto velmi důležité, aby se do systému nedostávaly nečistoty. Proto je hned za palivovou nádrží nebo popř. před vysokotlakým čerpadlem se zabudovaným dopravním čerpadlem umístěn palivový filtr. Palivový filtr má hned několik funkcí. První z nich je filtrace pevných částic z důvodu možného poškození vstřikovací soustavy. Filtr musí být navržen, tak aby nedošlo k jeho předčasnému ucpání. Musí mít dostatečný prostor pro uložení všech nečistot. V případě ucpání dochází ke snížení průtoku paliva a zvýšenému namáhání komponentů. Nedostatkem paliva pak dochází ke snížení výkonu motoru. Další funkcí neméně důležitou je odlučování vody z paliva. Stárnutím motorové nafty dochází k vázání vody, výrobce uvádí maximální dobu skladování 3 měsíce, jinak hrozí znehodnocení motorové nafty vodou. Voda nejenže snižuje cetanové číslo nafty, ale také může docházet ke korozi uvnitř palivového systému. U vozidel provozovaných v náročnějších podmínkách se špatnou kvalitou motorové nafty se využívá hlavního filtru, předřadného filtru a odlučovače vody. U osobních vozidel dnes zastává všechny funkce jen jeden hlavní filtr doplněný o hrubý čistič paliva v sacím koši palivové nádrže, jehož součástí je i ukazatel hladiny paliva v palivové

nádrži. Hlavní filtr slouží i jako ohřívač nafty. Při nižších teplotách se přebytečné palivo vrací zpět do filtru a opětovným prouděním přes vysokotlakou část se ohřívá. Po dosažení správné teploty je přebytečné palivo vedeno přímo do palivové nádrže kde se ochlazuje. Princip odloučení vody od paliva využívá rozdílného povrchového napětí vody a motorové nafty. Voda se uskladňuje ve spodní části palivového filtru a její vypuštění se musí uskutečňovat ručně. Filtrace nafty probíhá přes papírovou filtrační vložku (viz obrázek 1.3), (Gscheidle, 2007).



Obrázek 1.3 - Palivový filtr, (Robert Bosch, 1999)

1.4.4 Dopravní palivové čerpadlo

Funkcí dopravního palivového čerpadla je přečerpávat palivo z nádrže a pod tlakem cca 0,15 - 0,3 MPa ho dopravovat do čerpadla vysokotlakého. Od použití dopravního palivového čerpadla v nádrži dnes již většina výrobců upustila. Dopravní čerpadla jsou dnes již většinou součástí vysokotlakých čerpadel. Výhodou použití dopravního čerpadla v nádrži je snadnější odzdušnění palivové soustavy. Nevýhodou je vyšší cena takového uspořádání. Pokud je dopravní čerpadlo součástí vysokotlakého palivového čerpadla, někteří výrobci doplňují palivovou soustavu i o ruční pumpu

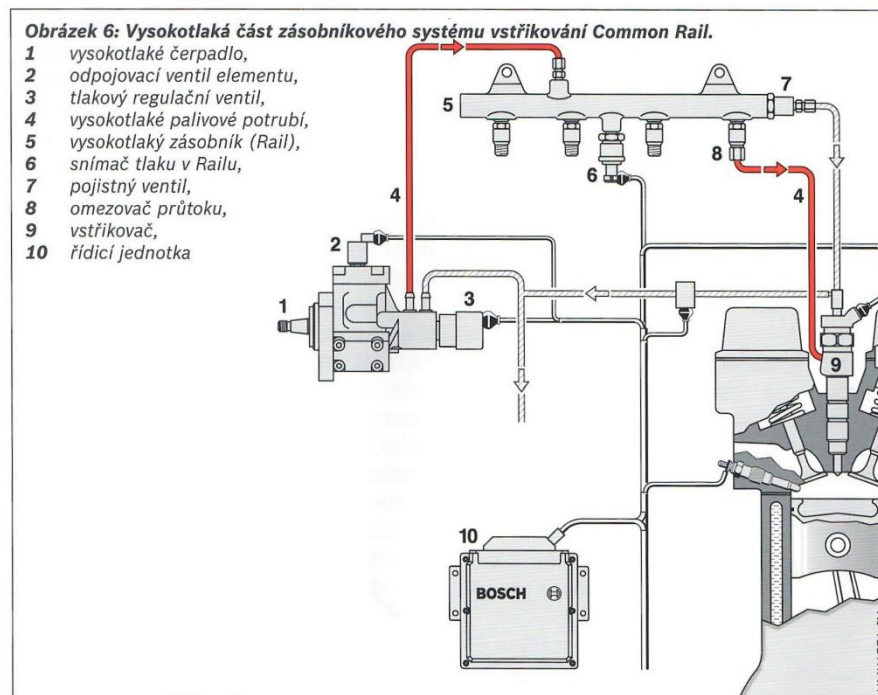
paliva před filtrem paliva. Bez ruční pumpy je velmi obtížné palivovou soustavu odvzdušnit. Dopravní palivová čerpadla jsou konstrukčně řešená jako zubová, elektrická a tandemová (Gscheidle, 2007).

1.4.5 Zpětné vedení paliva

Vedení složené z gumového a plastového vedení vracející přebytečné palivo od vstřikovačů zpět do vysokotlakého čerpadla, filtru či palivové nádrže na základě teploty paliva. Součástí tohoto vedení je i ventil, který udržuje tlak ve vedení na 0,5 MPa. Bez vytvoření tohoto tlaku je odtékání paliva moc rychlé a některé soustavy nejsou bez něj schopny dlouhodobě fungovat (Horejš a Motejl, 2009).

1.5 Vysokotlaká část vedení paliva

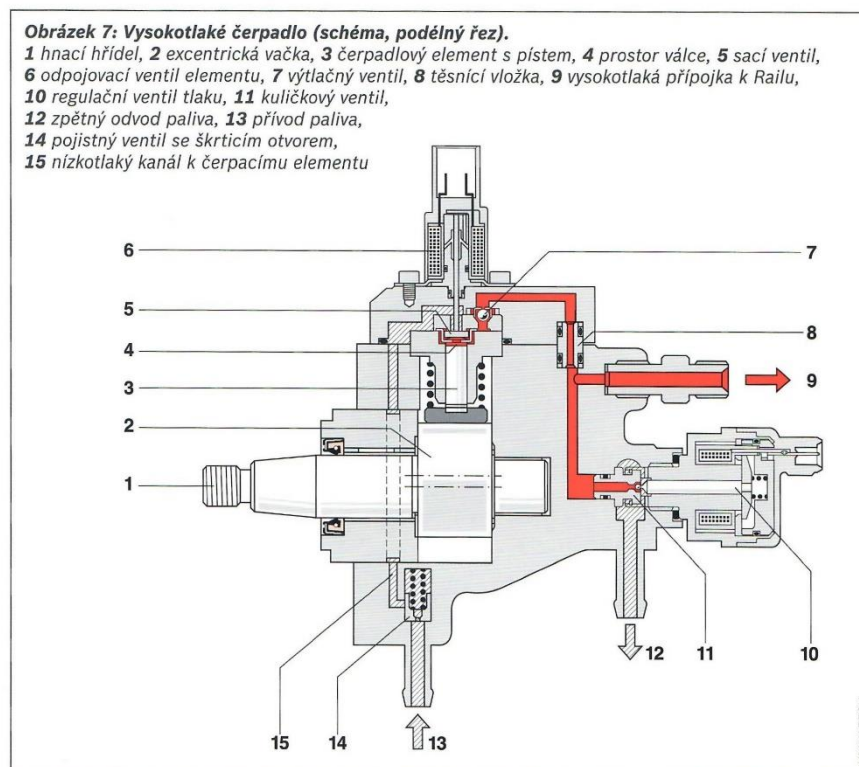
Po přivedení paliva z nízkotlaké části do vysokotlakého čerpadla dochází k vytvoření vysokého tlaku ve vysokotlakém čerpadle paliva. Vysokotlaká čerpadla jsou jedno, dvou či tří pístová. U jedno-pístových vysokotlakových čerpadel je zapotřebí správného natočení vysokotlakého čerpadla vůči rozvodu motoru tak, aby ke stlačování paliva docházelo při hlavním vstřiku a tlak byl v té době stálý. Vzniká tedy jistá závislost na otáčkách motoru. I přesto je systém a vstřikování paliva víceméně nezávislé na otáčkách motoru. Součástí vysokotlakých čerpadel je i regulátor paliva. Je snazší regulovat tlak při nižším tlaku než při vysokém tlaku v palivové liště. Následně je palivo dopravováno skrze vysokotlaké vedení do palivové lišty, která slouží i jako zásobník vysokého tlaku. Součástí vysokotlaké lišty je snímač vysokého tlaku paliva a regulátor tlaku paliva, který má za úkol hlídat, aby nedošlo k vytvoření příliš vysokého tlaku, jenž by mohl vést k poškození palivové soustavy. Elektronický regulátor paliva je dále pro případ selhání elektronického regulátoru opatřen mechanickým regulátorem. Z palivové lišty je vysoký tlak rozveden vysokotlakým vedením ke vstřikovačům. Vstřikovače a správný čas vstřikování, ať už u elektromechanických tak piezoelektrických, jsou ovládány řídicí jednotkou na základě informací ze snímačů. Přebytečné palivo je odváděno přepadovým vedením zpět do vysokotlakého čerpadla, palivového filtru či nádrže na základě teploty paliva (viz obrázek 1.4), (Hromádko, 2011).



Obrázek 1.4 - Vysokotlaká část Common-Rail, (Robert Bosch, 1999)

1.5.1 Vysokotlaké čerpadlo

Vysokotlaké čerpadlo stlačuje přivedené palivo pod vysokým tlakem až 300 MPa. Vysokotlaké čerpadlo je poháněno rozvodem motoru přes řemen či ozubená kola. Převodový poměr je nastaven tak, aby čerpadlo ani při nejvyšších otáčkách motoru nepřekročilo hranici $3\,000\text{ min}^{-1}$, čímž by mohlo dojít k jeho poškození. Pro stlačování paliva se používá pístových čerpadel s jedním až třemi písty opatřenými sacími a výtlačnými ventily (viz obrázek 1.5). Z důvodu velmi vysokého tlaku a vysokých otáček je těsnění mezi pístem a válcem zajištěno přesností výroby na hodnotu deseti tisícín milimetru (Hromádko, 2011).



Obrázek 1.5 - Vysokotlaké čerpadlo, (Robert Bosch, 1999)

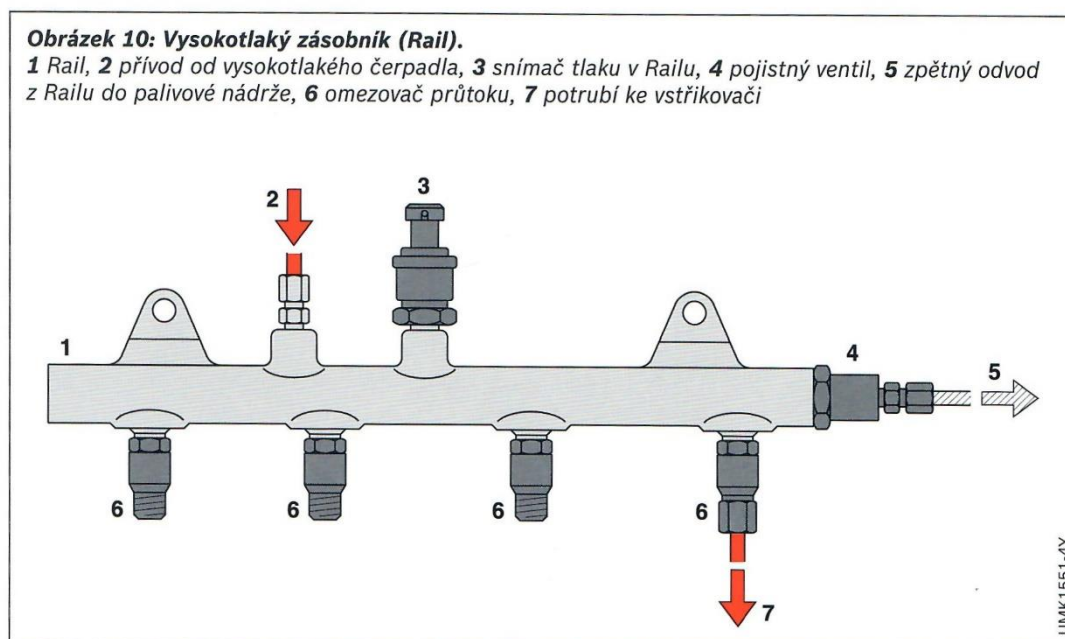
1.5.2 Dávkovací ventil

Dávkovací ventil reguluje přívod paliva do vysokotlakého čerpadla a tím i následný vysoký tlak, protože čerpadlo stlačuje jen takové množství paliva, které je v danou chvíli potřeba (Štěrba, 2013).

1.5.3 Zásobník tlaku (rail)

Vysokotlaký zásobník je vyroben ze silnostěnné kované oceli a zajišťuje akumulaci a tlumení kolísání tlaku. Kolísání tlaku je způsobeno pohybem pístů čerpadla a otevíráním a zavíráním vstřikovacích ventilů. Z důvodu kolísání tlaku jsou také jednopístová čerpadla nastavena v určité poloze vůči rozvodu motoru. Vysokotlaký zásobník musí mít dostatečný objem, aby kolísání tlaku bylo co nejméně znatelné. Na vysokotlakém zásobníku paliva je dále umístěn snímač tlaku paliva a pojistný regulátor tlaku paliva. Pojistný regulátor paliva slouží zejména k tomu, aby při poruše regulátoru tlaku paliva nedošlo k nárůstu nad maximální tlak a poškození systému. Skládá se z pístku a pružiny a při překročení maximálního

systémového tlaku palivo skrze písteč odteče zpět do nádrže automobilu (viz obrázek 1.6), (Hromádko, 2011).



Obrázek 1.6 - Zásobník tlaku Rail, (Robert Bosch, 1999)

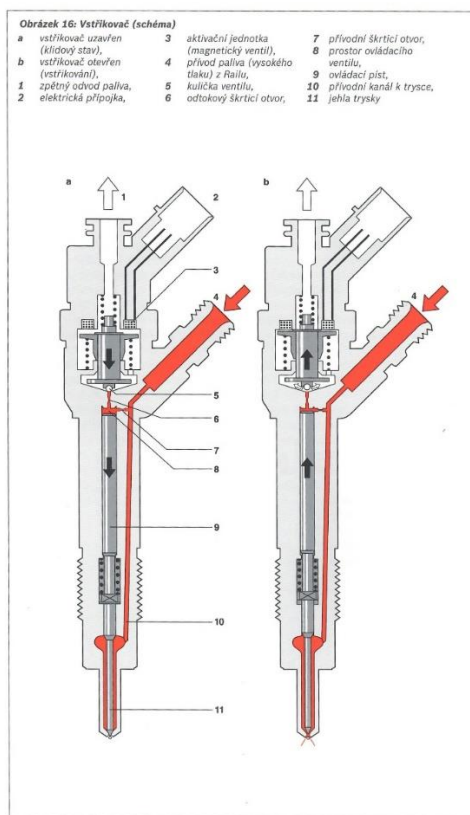
1.5.4 Omezovač průtoku

Před každým vstřikovacím ventilem je umístěn omezovač průtoku, zabráňující při poruše vstřikovače nekontrolovanému úniku paliva do spalovacího prostoru. Jedná se o kovové pouzdro s pístkem a pružinou. Při vstřikování dochází k poklesu tlaku ve vstřikovači a písteč má snahu se uzavírat. Vstřikování paliva však netrvá tak dlouho, aby k uzavření došlo. Při úniku paliva je tlak ve vstřikovači nízký dlouhodobě a písteč se uzavře a přeruší přívod paliva (Hromádko, 2011).

1.5.5 Vstřikovací ventily

U systémů Common-rail využíváme dvou typů vstřikovacích ventilů podle druhu ovládání, a to vstřikovač elektromagnetický a piezoelektrický. Jejich úkolem je vstříknout palivo do spalovacího prostoru ve správném množství a čase. Elektromagnetický vstřikovací ventil se skládá ze vstřikovací trysky, hydraulického členu a elektromagnetického ventilu. Palivo je přiváděno do ovládacího prostoru nad ovládací písteč přes přívodní škrťací trysku a k jehle vstřikovací trysky. Pružina a tlak paliva v horní části ovládacího pístku tlačí jehlu trysky do sedla. Proti těmto silám

působí tlak paliva přivedeného na nad zvedací plochu jehly trysky. V klidové poloze je vstříkovač uzavřen. Tlak v ovládacím prostoru nad tryskou je stejný jako tlak pro nadzvednutí jehly trysky. Tím jsou tlaky vyrovnané a pouze tlak pružiny tlačí jehlu trysky do sedla a nedochází ke vstříkovaní. Ke vstříkovaní dochází při přivedení otevíracího proudu přibližně 2 A. Otevírací proud slouží k rychlému otevření vstříkovače. Elektromagnet přemůže pružinu a otevře odtokovou škrťací trysku. Při otevření trysky se proud zmenší na přibližnou hodnotu 1,2 A přidržovacího proudu. Při přerušení proudu dojde ke konci vstříkovaní a dojde k nárůstu tlaku v ovládacím prostoru. Zvýšení tlaku způsobí zvýšení přítlačné síly na ovládací píst a s pružinou přetlačí tlak na nadzvedací plochu (viz obrázek 1.7). Tryska se tak uzavře. Piezoelektrický ventil funguje na velmi podobném principu s výjimkou toho, že namísto elektromagnetu používá piezokrystal. Při použití piezoelektrického vstříkovače lze docílit více vstříků za stejný čas, přesnějších a menších dávek předvstříků, menší doby mezi vstříky a z toho vyplývající tišší chod motoru, redukce emisí a změkčení chodu motoru. Nevýhodou je ovšem vyšší pořizovací cena (Jan a Žďánský, 2008).



Obrázek 1.7 – Vstříkovač, (Robert Bosch, 1999)

1.6 Diagnostika automobilu

Diagnostikou automobilu je označeno zjištění technického stavu vozidla, nebo konkrétních součástí bez jejich demontáže. Způsobů pro provedení diagnostiky je mnoho od vizuální zkoušky pohledem, čichem či sluchem, přes sériovou či paralelní diagnostiku až po laboratorní diagnostiku. Pro účely dílenské diagnostiky je ovšem nejpoužívanější mimo vizuální zkoušky sériová a paralelní diagnostika (Štěrbá a Čupera, 2013).

1.6.1 Sériová diagnostika

Je zaměřena na zkoumání stavu automobilu komunikací s řídicími jednotkami ve vozidle diagnostickým přístrojem. U starších vozidel se využívalo blikacího kódu, kdy vozidlo určitým počtem bliknutí kontrolky vyjádřilo konkrétní poruchu. U nových vozidel se využívá pouze diagnostického testeru ke komunikaci s jednotlivými řídicími jednotkami nebo se všemi zároveň (Štěrbá a Čupera, 2013).

Při použití sériové diagnostiky lze snadno a rychle zjistit závadu, provést základní nastavení komponentů, změnit nastavení různých funkcí automobilu, např. automatické zamykání vozidla apod. Dalšími funkcemi je načtení skutečných hodnot, spuštění akčních členů, či jejich nahrání do řídicích jednotek. U moderních vozidel nelze smazat servisní interval bez použití sériové diagnostiky. Při načítání nejmodernějších vozidel vybavených Security Gateway zanechá každá změna ve vozidle digitální stopu. Sériovou diagnostikou ovšem nelze zjistit mechanickou závadu, nebo může dojít k nepřesnému popisu závady. Bližší informace o závadě je tedy třeba zjistit paralelní diagnostikou (Vémola, 2006).

1.6.2 Paralelní diagnostika

Paralelní diagnostika se využívá k měření jednotlivých komponentů ve vozidle, jejich mechanických vlastností a elektrických veličin. K paralelní diagnostice se využívá mnoha speciálních přístrojů.

Paralelní diagnostikou je možné zjistit skutečný stav komponentu. Měření ale bývá složitější a časově náročnější. Navíc je zapotřebí mnoha různých přístrojů k měření rozdílných komponentů, veličin a z toho vyplývající větší finanční náročnost na příslušenství (Vémola, 2006).

2 Cíle práce

Cílem práce je provedení sériové, paralelní diagnostiky a vyhodnocení prognóz vývoje stavu a poruch palivové soustavy a odpovědět na otázky:

1. Je zvolený diagnostický systém dostačující pro určení prognózy?
2. Je použitý systém vhodný z ekonomického pohledu?

V práci se zaměřím na:

1. Popis používaných diagnostických systémů pro palivové soustavy.
2. Provedení konkrétní diagnostiky.
3. Porovnání zjištěných a naměřených výsledků s doporučeními výrobce a direktivou EU.
4. Odpovédím na otázky z cíle této práce.
5. Výsledky vyhodnotím a uvedu závěry pro praxi.

3 Metodika

Pro diagnostiku bude použité vozidlo Ford C-max, rok výroby 2011 se vznětovým motorem 1.6 TDCI 85 kW. Stejný motor lze nalézt i ve vozidlech koncernu PSA pod označením HDI a u vozidel Volvo.

Jako zdroj informací a předepsaných hodnot použijí dílenskou příručku od firmy Bosch, která je součástí taktéž použitého diagnostického přístroje KTS-560. Pro srovnání informací dále využijí autodata od firmy LKQ.

Při práci na automobilu je nutné dodržovat požadavky na bezpečnost práce. Ty jsou uvedené v zákoníku práce (Zákon č. 262/2006 Sb., část pátá).

3.1 Metodika sériové diagnostiky

Pro sériovou diagnostiku bude použit program od firmy Bosch KTS 560.

Po spuštění programu se objeví úvodní obrazovka. Zde je nutné vybrat přesné označení automobilu. Lze také načíst označení vozidla dle VIN.

1. Pro potřeby této opravy postačí funkce diagnostika a autodata.
2. Automatický test postupně zkontroluje všechny řídicí jednotky namontované ve vozidle a vypíše chyby. Ve vozidlech vybavených datovou sběrnici CAN zvládne tato funkce vyčist závady během několika vteřin.

Po výběru konkrétní řídicí jednotky nalezené systémem lze vyčist paměť závad, skutečné hodnoty a akční členy (viz obrázek 3.1).



Obrázek 3.1 - Diagnostický přístroj KTS-560

3.2 Metodika paralelní diagnostiky

Pro kontrolu elektrických komponentů motoru bude použit digitální multimetr UT33C. specifikace přístroje:

- DC napětí: 200mV / 2000 mV / 20 V / 200 V / 500 V (přesnost: +/- 0,5 + 2 %),
- AC napětí: 200 V / 500 V (přesnost: +/- 1,2 + 10 %),
- DC proud: 2000 μ A / 20 mA / 200 mA / 10 A (přesnost: +/- 1 + 2 %),
- Odpor: 200 Ω / 2000 Ω / 20 k Ω / 200 k Ω / 20 M Ω (přesnost: +/- 0,8 + 2 %),
- Teplota: -40 až +1 000 °C, -40 až +1 832 °F (přesnost: +/- 1 + 3 % °C, +/- 1 + 4 % °F),
- Test diod,
- Akustický test celistvosti vinutí

Osciloskop

Pro měření elektrického napětí v čase byl vybrán digitální dvoukanálový osciloskop Hantek DSO5102P, který je napájen síťovým napětím 230 V. Vyrobený byl v roce 2018 (viz obrázek 3.2).

- Počet kanálů 2,
- Šířka pásma: 100 MHz,
- Vzorkovací frekvence: 1GS.s⁻¹,
- Vertikální citlivost: 1 mV.dílek⁻¹ ~ 20 V.dílek⁻¹,
- Rozsah časové základny: 2 ns.dílek⁻¹ ~ 50 s.dílek⁻¹,
- Spouštěcí módy: hrana, impuls, alternate,
- Rozhraní: USB OTG,
- Displej: 7", rozlišení 800 x 480, 64 k barev.



Obrázek 3.2 - Osciloskop

Sada pro měření průtoku zpětného vedení vstřikovačů

Pro měření průtoku přepadů vstřikovačů bude použit přístroj AHProfí LIATP2116. Sadou adaptérů se připojí na místo zpětného vedení paliva na vstřikovačích a měří se při volnoběhu množství paliva protékající přes vstřikovače zpět do palivové nádrže (viz obrázek 3.3).



Obrázek 3.3 - Sada pro měření přepadů

4 Vlastní práce

Diagnostikované vozidlo (viz obrázek 4.1).



Obrázek 4.1 - Ford C-max

4.1 Závada na vozidle

Vozidlo neprošlo emisní kontrolou z důvodu zvýšené kouřivosti. Technik STK uvedl závadu nízké účinnosti filtru pevných částic. Po vyčtení paměti závad řídicí jednotky motoru a skutečných hodnot motoru je zřejmé, že se jedná o závadu na vstříkovacím systému Common-rail. Z důvodu upřesnění závady bylo provedeno sériové i paralelní měření vstříkovací soustavy.

4.2 Postup sériové diagnostiky

4.2.1 KTS-560

Vyčtení hodnot z řídicí jednotky motoru.

1. Zajistit vozidlo proti pohybu.
2. Připojit Bluetooth komunikátor KTS-560.

3. Zapnout diagnostický program Bosch v notebooku.
4. Vyhledat vozidlo dle VIN a upřesnit označení.
5. Zapnout zapalování do polohy „2“.
6. Spárovat počítač s diagnostickým modulem přes rozhraní Bluetooth.
7. Spojit se s řídicí jednotkou motoru.
8. Vyčíst paměť závad a skutečné hodnoty z řídicí jednotky motoru.
9. Provést test funkcí vstřikovacího systému, korekční množství vstřikovačů.

4.3 Postup paralelní diagnostiky

4.3.1 Multimetr UT33C

Měření elektrického odporu vinutí vstřikovače.

1. Zajistit vozidlo proti pohybu.
2. Odpojit akumulátor.
3. Demontovat kryty motoru.
4. Odpojit svorkovnici ze vstřikovače.
5. Zapnout multimetr a nastavit měření elektrického odporu.
6. Připojit multimetr na pin 1 a 2 na vstřikovači.
7. Zapsat hodnoty a odpojit multimetr.

4.3.2 Osciloskop Hantek DSO5102P

Měření elektrického signálu na vinutí vstřikovače.

1. Zajistit vozidlo proti pohybu.
2. Demontovat kryty motoru.
3. Připojit osciloskop na elektrické vedení ke vstřikovači (pro lepší porovnání připojit druhý kanál na další vstřikovač).
4. Zapnout osciloskop a nastavit rozsah.
5. Nastartovat motor a nechat běžet na volnoběh.
6. Odečíst hodnoty a zaznamenat je.

7. Vypnout motor.
8. Vypnout měřicí přístroj a odpojit jej.

4.3.3 AHProfi LIATP2116

Měření průtoku zpětným vedením paliva na vstřikovačích.

1. Zajistit vozidlo proti pohybu.
2. Demontovat kryty motoru.
3. Odpojit zpětné vedení paliva od vstřikovačů.
4. Připojit sadu dle vhodných redukcí na všechny vstřikovače.
5. Nastartovat motor a nechat běžet na volnoběh.
6. Po naplnění odměrných dóz vypnout motor.
7. Odečíst a zapsat výsledky.
8. Odpojit měřicí sadu.

4.4 Výsledky měření na vozidle sériovou diagnostikou Bosch KTS 560

Sériová diagnostika společně s vizuální kontrolou plní úlohu „prvního kroku“ při hledání závady a zvolení dalšího postupu. Na rozdíl od paralelní diagnostiky, je míra využití sériové diagnostiky přímo závislá na hardwarové a softwarové výbavě automobilu a konkrétního měřicího přístroje.

4.4.1 Vyčtení paměti závad

Po vyčtení paměti závad byla v řídicí jednotce uložena závada P02CF00 Vstřikovač druhého válce maximální hodnota meze regulace dosažena. Po vymazání závady z řídicí jednotky, zkušební jízdě a následnému opětovnému vyčtení paměti závad, se objevila závada P020200 Vstřikovač druhého válce přerušeni/rušení.

Ačkoli po vyčtení paměti závad vše poukazuje na systém vstřikování paliva, nemusí se nutně jednat o závadu na tomto systému. Je tedy potřeba ověřit, jak k vytvoření této závady dochází. Vyčtením skutečných hodnot a testy funkcí lze vyčíst jaké údaje dostává řídicí jednotka od jednotlivých snímačů. Pro určení této závady jsou nejdůležitějšími hodnotami korekční množství vstřikování paliva jednotlivých vstřikovačů a porovnání volnoběžných otáček. Porovnání volnoběžných otáček není touto konkrétní řídicí jednotkou podporováno.

4.4.2 Korekční množství vstřikovaného paliva

Korekční množství vstřikovaného paliva se provádí při zahřátém motoru na provozní teplotu a volnoběhu. Korekční množství je v toleranci, pokud není větší než $4 \text{ mm}^3 \cdot \text{zdvih}^{-1}$. Dle přiložené tabulky je korekční množství v toleranci, ale druhý válec má výrazně vyšší hodnoty než zbylé tři (viz tabulka 4.1).

Tabulka 4.1 – Korekční množství vstřikovaného paliva

| Válec | Vstřikované množství [$\text{mm}^3 \cdot \text{zdvih}^{-1}$] |
|---------|---|
| 1 válec | -1,23 |
| 2 válec | 2,58 |
| 3 válec | -1,08 |
| 4 válec | -1,21 |

Z vyčtených hodnot jasně vyplývá, že řídicí jednotka **prodlužuje dobu vstřiku druhého válce** pro udržení volnoběžných otáček jednotlivých pístů v toleranci. Snížení otáček druhého pístu může být způsobeno jak poškozením vstřikovače, tak i mechanickým poškozením jednotlivých částí motoru. Pro upřesnění závady je tedy nutné následné měření paralelní diagnostikou.

4.5 Výsledky měření paralelní diagnostikou

Paralelní diagnostika (osciloskop, multimetr, testery, tlakoměry) plní úlohu provedení konkrétního testu podezřelé součásti systému.

4.5.1 Měření multimetrem UT33C

Multimetrem lze změřit odpor piezoelektrického členu vstřikovače U Piezoelektrického vstřikovače by se měl odpor piezoelektrického členu pohybovat v rozmezí 150 - 210 $\text{k}\Omega$. Dle přiložené tabulky je **odpor všech piezoelektrických členů v požadované toleranci** (viz tabulka 4.2).

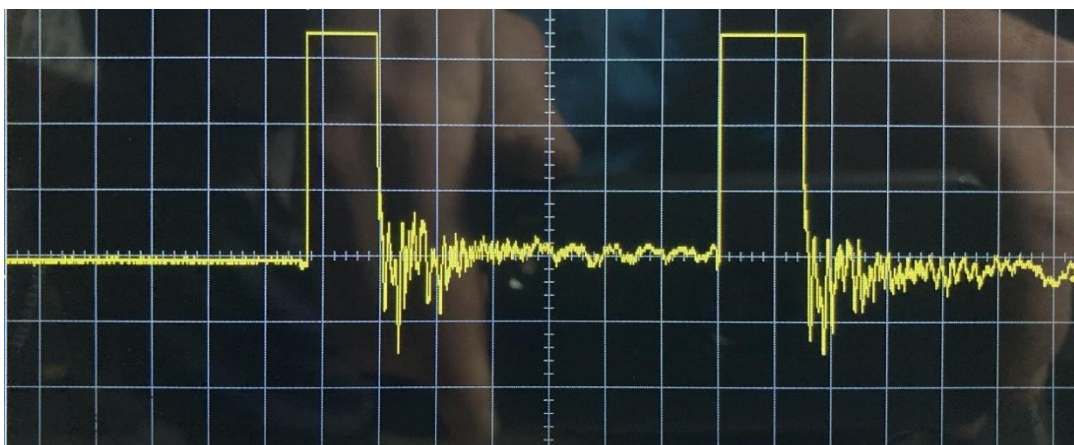
Tabulka 4.2 – Odpor piezoelektrických členů

| Vstřikovač | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Odpor [$\text{k}\Omega$] | 190,6 | 205,3 | 208,3 | 198,7 |

4.5.2 Měření osciloskopem Hantek DSO5102P

Dle měření na vstřikovačích lze soudit, že všechny vstřikovače **jsou ovládnány správně**. Při poškození elektroinstalace vozidla, řídicí jednotky či piezoelektrického

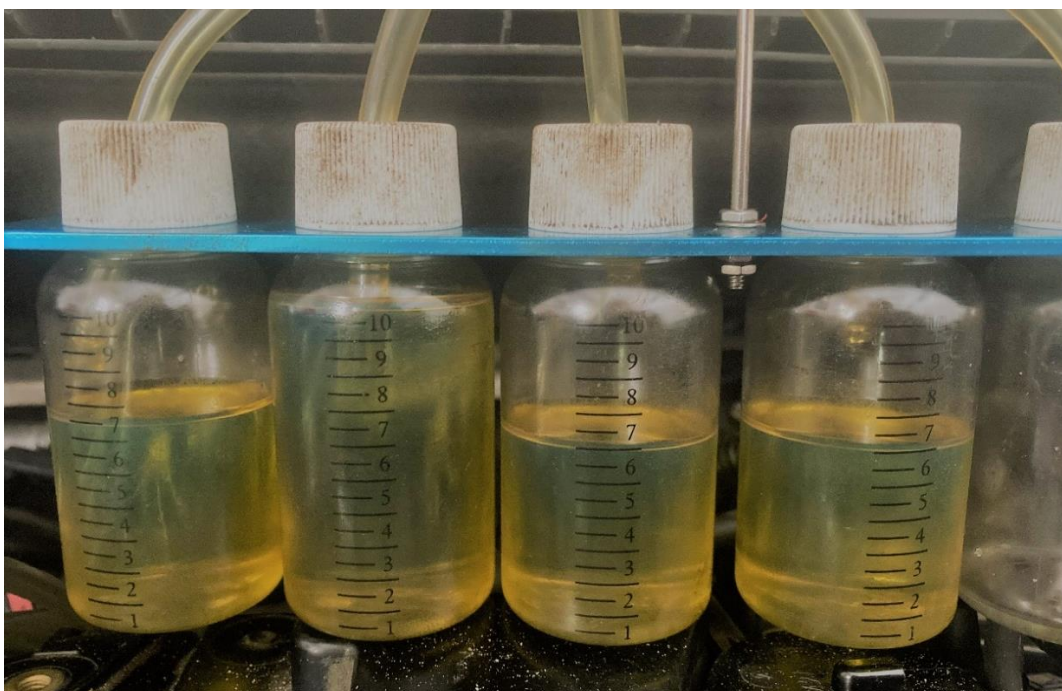
členu, by se signál na postiženém vstřikovači lišil jinou amplitudou nebo zvýšeným šumem (viz obrázek 4.2).



Obrázek 4.2 – Měření el. signálu na vstřikovači

4.5.3 Test přepadového množství sadou AHProfi LIATP2116

Pokud lze motor nastartovat, je možné provést test, při kterém pozorujeme množství paliva, které uvolňují vstřikovací ventily aktivním vstřikováním. Zachycené palivo je zachytáváno do odměrných nádob. Tímto testem zjišťujeme rozdíly mezi vstřikovači, které nesmí být příliš velké. Pokud ano a problém je potvrzen jiným měřením (korekční dávky vstřikovačů, menší úhlové zrychlení postiženého válce) jedná se o vadný vstřikovač (viz obrázek 4.3) a (viz tabulka 4.3).



Obrázek 4.3 – Měření průtoku zpětného vedení paliva

Tabulka 4.3 – Přepadové množství vstřikovačů

| Válec | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-----------------------------------|----------|----------|----------|----------|
| Počet odměrných rysek [ks] | 7 | 10 | 6,5 | 6,5 |

4.6 Shrnutí naměřených hodnot

Po načtení řídicí jednotky motoru za použití sériové diagnostiky poukázovala řídicí jednotka na závadu na druhém vstřikovači. Při testu korekčního množství byla zřejmá odchylka korekčního množství vstřikovaného paliva na druhém vstřikovači. Po provedení měření elektrických veličin paralelní diagnostiky jsem dokázal, že je vstřikovač ovládán správně a je po elektrické stránce plně funkční. Avšak po změření přepadového množství protékajícího paliva a porovnání naměřených hodnot s údaji od řídicí jednotky vyčtenými sériovou diagnostikou, je zřejmé mechanické poškození vstřikovače. Z důvodu vysokého průtoku paliva skrze vstřikovač do zpětného vedení paliva nebyl vstřikovač schopen poskytnout dostatek paliva požadovaného řídicí jednotkou.

5 Diskuze

Je zvolený diagnostický systém dostačující pro určení prognózy?

Ano je.

Zvolený diagnostický systém je pro určení prognózy zcela dostačující. Použité diagnostické metody jsou těmi nejběžnějšími a nejpoužívanějšími ve všech druzích servisů. Použitými metodami lze diagnostikovat všechny systémy Common-rail bez demontáže jednotlivých součástí. Sériová diagnostika relativně přesně určí místo poruchy a paralelní diagnostikou poté jen zbývá určit a ověřit konkrétní příčinu vzniku závady.

Na internetu lze najít široký sortiment diagnostických nástrojů, přes přístroje pro sériovou diagnostiku (viz tabulka 5.2), multimetry, osciloskopy, sady pro měření neelektrických veličin, bezdotykové teploměry apod (viz tabulka 5.3). V případě paralelní diagnostiky lze použít mnoho výrobků, jelikož se jedná většinou o zcela univerzální nástroje. Zde je potřeba zvolit pouze kvalitní a přesný nástroj se správným rozsahem. U sériové diagnostiky je tato problematika mnohem složitější. Vývoj těchto diagnostických nástrojů je velice nákladný a není mnoho společností zabývajících se vývojem univerzálních sériových diagnostických nástrojů. Originální sériové diagnostiky jsou velice drahé a zaměřené pouze na automobily jedné značky, popř. koncernu. Pro potřeby originálního servisu se jedná o nejlepší volbu. Originální diagnostika samozřejmě nabízí největší množství funkcí. Pro potřeby autoservisů zabývajících se vícero značkami není reálné nakoupit originální diagnostické nástroje a musí se tedy uchýlit k univerzálním nástrojům. Lze zakoupit nepřehrné množství takzvaných „čínských“ diagnostik, ale ty zřídka nabízejí rozšířenější funkce, než je vyčtení paměti závad (viz tabulka 5.1).

Tabulka 5.1 – Ceny neznačkových diagnostických přístrojů pro sériovou diagnostiku (Autodiagnostik.cz, 2021)

| Značka | Požizovací cena s DPH [Kč] |
|---------|----------------------------|
| Kebidu | 200 |
| Konnwei | 600 |
| Topdon | 8 000 |

Nejlepší volbou jsou tedy univerzální diagnostické přístroje společností Bosch, Delphi, Texa aj. (viz tabulka 5.2), které mají sice vyšší pořizovací cenu, ale zároveň mají pravidelné aktualizace, nabízejí víceméně podobné funkce jako originální diagnostiky a technickou podporu. Navíc jsou už automobily některých značek vybaveny rozhraním Security gateway, a tudíž neznačkové diagnostické nástroje nejsou schopny s těmito automobily dostatečně komunikovat. Brzy bude tento systém rozšířen pro všechny nově vyrobené automobily.

Stejného diagnostického systému využívá autor Hart (2018) ve své diplomové práci.

Mnoho závad lze odstranit již po odhalení sériovou diagnostikou. Pokud sériová diagnostika odhalí závadu konkrétního akčního členu či snímače a po vizuální stránce není zřejmé poškození vodičů, je ve většině případů tato součást opravdu vadná. Pokud se jedná o levnou součást v podobě např. snímače teploty, lze jej vyměnit a doufat, že závada byla právě v onom snímači. V případě, kdy se jedná například o vstřikovač, jehož cena se může pohybovat v řádů tisíců až desetitisíců korun, je opravdu nutná paralelní diagnostika.

Je použitý systém vhodný z ekonomického pohledu?

Ano je

Použité přístroje v této bakalářské práci jsou tím nejzákladnějším a nejnutenějším pro správné určení poruchy na systémech Common-rail. V případě sériové diagnostiky pro autorizovaný servis je nejlepším řešením originální autodiagnostika od výrobce konkrétní značky či koncernu automobilu. Originální autodiagnostika se pohybuje v cenách deseti, dvaceti tisíc a poskytuje nejvíce funkcí. V případě neautorizovaných servisů není reálné nakupovat originální diagnostiky a levné neznačkové autodiagnostiky neposkytují potřebné množství funkcí. Je tedy nutností zakoupit kvalitní univerzální diagnostiku, kde se mohou pořizovací náklady pohybovat v rozmezí čtyřicet až sto tisíc korun (viz tabulka 5.2).

Tabulka 5.2 – Ceny diagnostických přístrojů pro sériovou diagnostiku (Autodiagnostik.cz, 2021)

| Značka | Pořizovací cena s DPH [Kč] |
|----------------------------|----------------------------|
| Bosch KTS 560 | 59 000 |
| TEXA Navigator Nano S | 67 000 |
| Hella Gutmann Mega Macs PC | 49 990 |

Další nákladnou položkou jsou každoroční aktualizace v řádu deseti až dvaceti tisíc korun. Bez kvalitní sériové diagnostiky nelze úspěšně odhalit závadu na vozidle, ať už systému Common-rail i jiných.

V případě paralelní diagnostiky od obyčejného multimetru v řádu tisíce korun až po asi nejdražší zařízení v podobě osciloskopu za pět tisíc korun je výběr mnohem větší (viz tabulka 5.3).

Tabulka 5.3 – Ceny diagnostických přístrojů pro paralelní diagnostiku (Aliexpress.com, 2021)

| Značka a typ přístroje | Pořizovací cena s DPH [Kč] |
|--|----------------------------|
| Multimetr UT33C | 500 |
| Osciloskop Hantek DSO5102P | 5 000 |
| Sada pro měření přepadového množství AHProfi LIATP2116 | 1 300 |

Tyto přístroje jsou zcela univerzální a použitelné pro všechny typy automobilů. Lze se samozřejmě spoléhat na výsledky sériové diagnostiky a mnoho autoservisů postupuje tímto způsobem, ale konečné náklady pro zákazníka jsou mnohem vyšší a v některých případech se jedná o opravy výměnným způsobem (pokus x omyl).

Z ekonomického pohledu jsou tyto přístroje opravdu tím nejlepším možným řešením, o mnoho více způsobů diagnostiky bez nutnosti demontáže komponentů není.

5.1 Vyhodnocení výsledků

Zákazníkovi bylo při emisní kontrole vyhodnoceno ucpání a nízká účinnost filtru pevných částic. Již při provedení sériové diagnostiky bylo zřejmé, že závada je ve vstřikování paliva, v důsledku čehož došlo k zanesení filtru pevných částic. Výměna filtru pevných částic by se pohybovala okolo padesáti tisíc korun a závada by přesto nebyla odstraněna. Po určité době by se závada opět projevila a došlo by znovu k ucpání filtru pevných částic. Za použití popsaných systémů sériové a paralelní diagnostiky byla určena pravá příčina ucpání filtru pevných částic. Výměna druhého vstřikovače včetně diagnostiky v součtu vyšla na necelých deset tisíc korun. Životnost filtru pevných částic u konkrétního vozu Ford C-Max je odhadována na 180 000 km. U vozidla s nájezdem 170 000 km byla tedy možnost nízké účinnosti filtru pevných částic velmi reálná. Překvapivé bylo, že vozidlo nesignalizovalo poruchu rozsvícením kontrolky MIL, ačkoli v paměti závad byla uvedena porucha na vstřikování paliva. Po včasné opravě tedy byla životnost filtru pevných částic výrazně prodloužena, a to za vynaložení mnohem nižších nákladů. Pokud by nedošlo k opravě

vstřikování paliva, bylo by vysoce pravděpodobné úplné zničení filtru pevných částic, či mechanické poškození agregátu z důvodu vyššího množství paliva vstřikovaného do spalovacího prostoru a vyšší teploty spalování.

Čoček (2012) klade ve své Bakalářské práci též velký důraz na kvalitu a čistotu paliva. Podotýká také, že při dlouhé odstávce vozidla dochází k usazování povlaku z biosložky na stěnách komponentů vstřikovacího systému a následnému opotřebení či přídření. Dále popisuje systémy na kontrolu vstřikovačů a vstřikovacích čerpadel. Zkouška je přesnější, ale v podmínkách běžného autoservisu nelze tyto zkoušky provádět. Přístroje pro zkoušení vstřikovačů a čerpadel jsou velmi nákladné a pro běžný servis finančně nevýhodné.

5.2 Prognóza

Systém Common-rail je velmi náchylný na čistotu a kvalitu paliva. Pokud je vozidlu poskytováno kvalitní a čisté palivo je schopno vydržet velmi vysoký nájezd kilometrů. Bohužel, v České republice je běžně dostupné palivo s vyšším obsahem síry než v západních zemích. Navíc se na kvalitě paliva také značně podepisuje příměs biosložky, jejíž podíl se v palivu ze zákona zvyšuje. Vozidla dovezená ze zahraničí mají také jiný software a při tankování paliva s vyšším obsahem síry nedochází ke správnému intervalu regenerací filtru pevných částic. Tím jsou zbytečně namáhány komponenty motoru. Vzhledem k poškození druhého vstřikovače lze očekávat i brzkou poruchu na zbytku vstřikovací soustavy. Životnost palivového systému je ovšem ovlivněna dalšími faktory a při dodržení správných servisních intervalů a kvality paliva se další poruchy nemusí ještě dlouho projevit.

Závěr

V první části bakalářské práce jsem se zabýval stručným přehledem, představením systému Common-rail a dostupným metodám pro diagnostiku systému pro běžný autoservis bez demontáže jednotlivých součástí. Tento přehled vychází z vlastních zkušeností a dostupné literatury. I přes neustálý vývoj a zdokonalování automobilovými výrobci zůstává princip systému nezměněn.

V další části jsem se zaměřil na představení použitých diagnostických metod a přístrojů při měření systému Common-rail na konkrétním automobilu a postup měření.

Za použití Diagnostických metod sériovou i paralelní diagnostikou jsem poté provedl měření a určil závadu na vstřikování paliva, konkrétně na druhém vstřikovači.

Zvolené diagnostické metody jsou zcela dostačující pro určení veškerých závad na systémech Common-rail.

Z ekonomického pohledu jsou zvolené metody tím nejzákladnější a nejlevnějším, co lze pro diagnostiku pořídit a absolutní nutností pro každý autoservis. Vyšší pořizovací cena je pouze u sériové diagnostiky Bosch KTS-560. Lze samozřejmě pořídit i levnější diagnostické přístroje pro sériovou diagnostiku, ale diagnostické přístroje Bosch jsou nejuniverzálnější na trhu, jsou neustále aktualizované a mají nejlepší technickou podporu. S nástupem rozhraní „Security Gateway“ do nových vozidel se výběr přístrojů pro sériovou diagnostiku velmi rychle ztenčuje.

Seznam použité literatury

Gscheidle, R. (2007). *Příručka pro automechanika. 3., přeprac. vyd.* Přeložil I. Michňová, Z. Michňa, J. Handlír. Praha: Europa-Sobotáles. ISBN 978-80-86706-17-7.

Horejš, K. a Motejl, V. (2009). *Příručka pro řidiče a opraváře automobilů II. díl – Motory, paliva, emise, diagnostika.* 4. Brno: Littera. ISBN 978-80-85763-52-2

Hromádko, J. (2011) *Spalovací motory: komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilních škol. 1. vyd.* Praha: Grada: ISBN 978-80-247-3475-0.

Jan, Z. a Žďánský, B. (2008). *Automobily (4) -Příslušenství.* 2. Brno: Avid. ISBN 978-80-87143-08-7.

Robert Bosch (1999). *Systém vstřikování nafty s tlakovým zásobníkem Common Rail.* 1. 14000 Praha 4- Krč: ISBN 80-902585-6-5.

Štěrba, P. a Čupera, J. (2013). *Automobily (7) - Diagnostika motorových vozidel I.* 3. Brno: Avid. ISBN 978-80-87143-28-5.

Štěrba, P. (2013) *Elektronika a elektrotechnika motorových vozidel: seřizování, diagnostika závad a chybové kódy OBD.* 1. vyd. Brno CPress: ISBN 978-80-264-0271-8.

Vémola, A. (2006) *Diagnostika automobilů II.díl.* Brno Littera: ISBN 80-85763-32-x.

Vlk, F. (2001). *Zkoušení a diagnostika motorových vozidel.* Brno Vlk: ISBN 80-238-6573-0.

Vlk, F. (2002). *Elektronické systémy motorových vozidel. 1. vyd.* Brno Vlk: ISBN 80-238-7282-6

Vlk, F. (2003). *Automobilová technická příručka.* Brno Vlk: ISBN 80-238-9681-4.

Internetové zdroje:

Bosch.cz (2021). *Desáté výročí Common-rail v osobních automobilech* [online]. [cit. 8. 12. 2021] Dostupné z: https://web.archive.org/web/20071010172215/http://www.bosch.cz/press/detail.asp?f_id=589

Autonorma.cz (2021). *Common-rail vstřikovače k čemu slouží a jak poznat že nefungují* [online]. [cit. 8. 12. 2021] Dostupné z: <https://www.autonorma.cz/content/53-common-rail-vstrikovace-k-cemu-slouzi-a-jak-poznat-ze-nefunguji>

Bosch.cz (2021). *Modular Common-rail system* [online]. [cit. 1. 2. 2021] Dostupné z: <https://www.bosch-mobility-solutions.com/en/products-and-services/commercial-vehicles/powertrain-systems/modular-common-rail-system>

Závěrečné práce:

Čoček, J. (2012). *Sériová a paralelní diagnostika pohonných jednotek motorových vozidel*. Bakalářská práce, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství.

Hart, P. (2018). *Praktické měření a diagnostika systému Common-rail*. Diplomová práce, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta zemědělská

Seznam obrázků

| | |
|--|----|
| Obrázek 1.1 - Popis systému Common Rail (Robert Bosch, 1999)..... | 9 |
| Obrázek 1.2 - Nízkotlaká část Common-Rail (Robert Bosch, 1999)..... | 10 |
| Obrázek 1.3 - Palivový filtr (Robert Bosch, 1999)..... | 12 |
| Obrázek 1.4 - Vysokotlaká část Common-Rail (Robert Bosch, 1999)..... | 14 |
| Obrázek 1.5 - Vysokotlaké čerpadlo (Robert Bosch, 1999)..... | 15 |
| Obrázek 1.6 - Zásobník tlaku Rail (Robert Bosch, 1999)..... | 16 |
| Obrázek 1.7 – Vstřikovač (Robert Bosch, 1999)..... | 17 |
| Obrázek 3.1 - Diagnostický přístroj KTS-560..... | 20 |
| Obrázek 3.2 – Osciloskop..... | 22 |
| Obrázek 3.3 - Sada pro měření přepadů..... | 22 |
| Obrázek 4.1 - Ford C-max..... | 23 |
| Obrázek 4.2 - Měření el. signálu na vstřikovači..... | 27 |
| Obrázek 4.3 - Měření průtoku zpětného vedení paliva..... | 27 |

Seznam tabulek

| | |
|---|----|
| Tabulka 4.1 - Korekční množství vstřikovaného paliva..... | 26 |
| Tabulka 4.2 - Odpor piezoelektrických členů..... | 26 |
| Tabulka 4.3 - Přepadové množství vstřikovačů..... | 28 |
| Tabulka 5.1 - Ceny neznačkových diagnostických přístrojů pro sériovou diagnostiku (Aliexpress.com)..... | 29 |
| Tabulka 5.2 - Ceny diagnostických přístrojů pro sériovou diagnostiku (Autodiagnostik.cz)..... | 30 |
| Tabulka 5.3 - Ceny diagnostických přístrojů pro paralelní diagnostiku (Aliexpress.com)..... | 31 |