

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: N4101 Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Zemědělská a dopravní technika

Katedra: Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky

Vedoucí katedry: doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.

Diplomová práce

Praktické měření a diagnostika systému
Common-rail

Vedoucí práce: doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.

Konzultant práce: Mgr. Pavel Černý

Autor: Mgr. Petr Hart, DiS.

České Budějovice 2018

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 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 své kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 2. 4. 2018

Podpis studenta

Poděkování

Mé poděkování patří panu doc. RNDr. Petru Bartošovi, Ph.D. za odborné vedení diplomové práce, cenné rady a věcné připomínky.

Dále bych chtěl poděkovat panu Mgr. Pavlu Černému, konzultantovi z Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, za podporu při tvorbě diplomové práce a za čas, který mi věnoval.

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá praktickým měřením a diagnostikou na vybraném vozidle Hyundai Santa Fe a na výukovém panelu. Práce je rozdělena na dvě části. První část má za úkol seznámit čtenáře s palivovou soustavou vznětového motoru s tlakovým zásobníkem Common-rail, s pojmem sériová a paralelní diagnostika. V druhé části diplomant provede sériovou a paralelní diagnostiku palivové soustavy vznětového motoru na vozidle a na výukovém panelu. Diplomant dále naměřená data popíše a zhodnotí rozdíly v měřeních.

Klíčová slova

Common-rail; sériová diagnostika; paralelní diagnostika; měření

Abstract

This diploma thesis deals with practical measurement and diagnostics on chosen Hyundai Santa Fe vehicle and on the training panel. The thesis is divided into two parts. The first part is to familiarize the reader with the fuel system of the diesel engine with the common-rail pressure magazine, with the concept of serial and parallel diagnostics. In the second part, the diplomat performs serial and parallel diagnostics of the diesel engine fuel system on the vehicle and on the training panel. The diplomant will further describe the measured data and evaluate the differences in the measurements.

Key words

Common-rail; serial diagnostics; parallel diagnostics; measurement

Obsah

1	Úvod.....	10
2	Literární přehled.....	11
2.1	System Common-rail.....	11
2.1.1	Historie systému Common-rail	11
2.1.2	Funkce systému Common-rail	11
2.1.3	Komponenty mechanického principu systému Common-rail.....	13
2.1.4	Elektrické snímače systému Common-rail	22
2.2	Pojem diagnostika automobilu	29
2.2.1	Sériová diagnostika	29
2.2.2	Paralelní diagnostika	30
2.2.3	Výhody a nevýhody sériové a paralelní diagnostiky	31
3	Cíle.....	32
4	Materiál a metody	33
4.1	Diagnostické přístroje.....	33
4.1.1	Přístroje pro sériovou diagnostiku	33
4.1.2	Přístroje pro paralelní diagnostiku	34
4.2	Popis vybraného automobilu	39
4.3	Popis panelu Common-rail.....	39
5	Měření na automobilu	41
5.1	Postup sériové diagnostiky automobilu.....	41
5.1.1	Postup sériové diagnostiky přístrojem Bosch KTS 870.....	41
5.1.2	Postup sériové diagnostiky přístrojem SuperVag	41
5.2	Postup paralelní diagnostiky	41
5.2.1	Vybrané postupy paralelní diagnostiky automobilu	41
6	Měření na výukovém panelu palivové soustavy automobilu.....	45
6.1	Postup sériové diagnostiky výukového panelu palivové soustavy.....	45
6.1.1	Postup sériové diagnostiky přístrojem Bosch KTS 870.....	45
6.1.2	Postup sériové diagnostiky přístrojem SuperVag	45
6.2	Postup paralelní diagnostiky výukového panelu palivové soustavy	45
6.2.1	Vybrané postupy paralelní diagnostiky výukového panelu palivové soustavy.....	45
7	Výsledky a diskuse.....	48
7.1	Výsledky měření automobilu	48

7.1.1	Výsledky sériové diagnostiky automobilu přístrojem Bosch.....	48
7.1.2	Výsledky sériové diagnostiky automobilu přístrojem SuperVag.....	51
7.1.3	Porovnání možností sériové diagnostiky automobilu	52
7.1.4	Výsledky měření v paralelní diagnostice automobilu.....	53
7.2	Výsledky měření na výukovém panelu palivové soustavy.....	57
7.2.1	Výsledky sériové diagnostiky výukového panelu palivové soustavy přístrojem Bosch KTS 870.....	57
7.2.2	Výsledky sériové diagnostiky výukového panelu palivové soustavy přístrojem SuperVag	60
7.2.3	Porovnání možností sériové diagnostiky na výukovém panelu palivové soustavy.....	61
7.2.4	Výsledky měření v paralelní diagnostice výukovém panelu palivové soustavy.....	62
7.3	Porovnání naměřených hodnot u automobilu a na výukovém panelu palivové soustavy.....	66
8.	Závěr	73
	Přehled použité literatury a zdrojů	74
	Seznam obrázků	77
	Seznam tabulek	79
	Seznam zkratk	80

1 Úvod

Stále přísnější předpisy emisních a hlukových norem a požadovaná nižší spotřeba paliva staví neustále nové požadavky na systém elektronického vstřikování a řízení vznětového motoru. Aby bylo možno vyhovět těmto požadavkům, musí systém pro správnou tvorbu směsi vstřikovat palivo do spalovacího prostoru pod vysokým tlakem. Tyto tlaky se postupem let zvyšovaly až na dnešní skoro astronomické hodnoty 300 MPa. Nejen vstřikované množství, ale i vstřikovaná dávka se postupně měnila. Vstřikované množství musí být dávkováno s co nevyšší přesností. Systém Common-rail skýtá velký potenciál pro vývoj. Vytváření tlaku a vstřikování paliva je odděleno, tudíž pro vstřik paliva je k dispozici vždy optimální tlak nezávisle na otáčkách motoru.

Nově vyvinutý systém řízení motoru zajišťuje, aby byl přesně vypočten okamžik vstřiku a vstřikované množství, které je přivedeno do válce elektronicky ovládaným vstřikovačem.

Z těchto pádných důvodů je nutná vnitřní kontrola systému vstřikování Common-rail. Systém se sám při každé kontrole motoru zkontroluje, zda pracuje správně pomocí porovnávání hodnot snímačů a dat uložených v paměti řídicí jednotky. Pokud systém zjistí větší odchylku hodnot snímačů od uložených dat, než je v toleranci, tato odchylka je přejmenována na závadu s daným označením. Závada se může projevit snížením výkonu, nebo dokonce vypnutím motoru bez možnosti startu motoru. Pak se systém musí diagnostikovat a zjišťovat závady připojenými přístroji.

Na základě naměřených hodnot různou diagnostikou lze pak porovnat a posuzovat technický stav systému Common-rail. Proto zjišťování a porovnávání různých hodnot snímačů a akčních členů je důležité.

2 Literární přehled

2.1 Systém Common-rail

2.1.1 Historie systému Common-rail

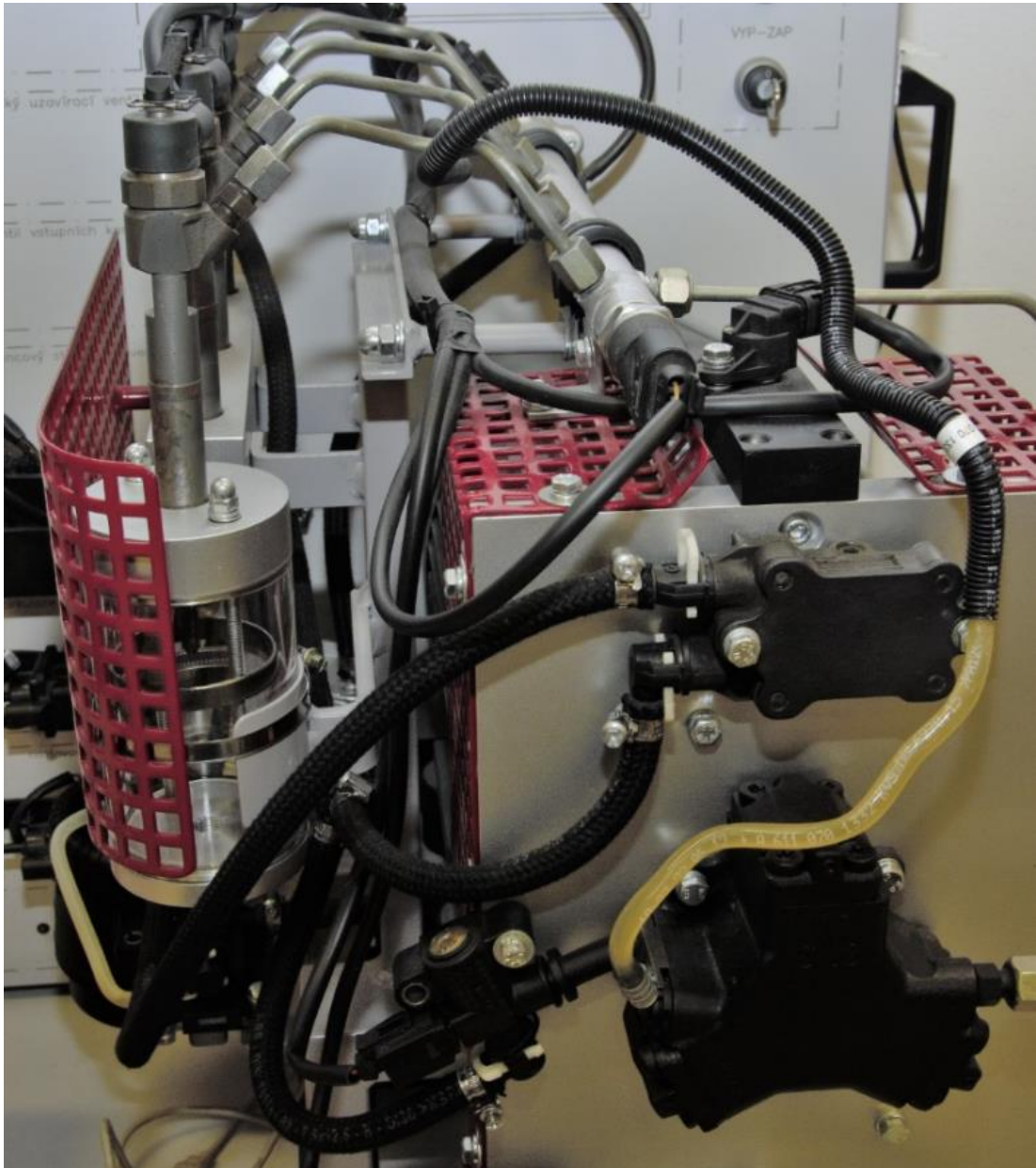
Systém vysokotlakého, elektronicky řízeného, vstřikování motorové nafty s tlakovým zásobníkem Common-rail je v současnosti nejvyráběnějším palivovým systémem nejen pro osobní, ale i pro nákladní automobily, či autobusy. Prvopočátky tohoto systému jsou datovány od 60. let 20. století na území Švýcarska. Postupem času se systém zdokonaloval ve vývojové fázi až do roku 1997. Tehdy jej poprvé použil výrobce automobilů Mercedes-Benz pro vznětové motory s označením CDI a dále výrobce vozidel Alfa Romeo pro své vznětové motory s označením JTD. Tento systém byl dodáván firmou Robert Bosch. Další světové automobilky postupem času přecházely na elektronicky řízené vstřikování Common-rail až do současnosti [1].

2.1.2 Funkce systému Common-rail

U vstřikovacího systému Common-rail (**Obr. 1**) je nezávislé vytvoření tlaku paliva a vstřikování paliva. Vstřikovací tlak je vytvářen nezávisle na otáčkách motoru a vstřikované dávce. Palivo je připraveno pro vstřikování v tlakovém zásobníku, „*railu*“. Vstřikovaná dávka je určena řidičem prostřednictvím pedálu akcelérátoru, okamžik vstřiku a vstřikovací tlak jsou vypočteny z uložených datových map v elektronické řídicí jednotce a realizovány vstřikovačem každého válce prostřednictvím řízení elektromagnetického ventilu [2].

Části řídicí jednotky a senzorky vstřikovacího zařízení vstřikování motorové nafty s tlakovým zásobníkem Common-rail obsahují:

- řídicí jednotku,
- snímač otáček klikového hřídele,
- snímač polohy vačkového hřídele,
- snímač polohy pedálu akcelérátoru,
- snímač plnicího tlaku,
- snímač tlaku v tlakovém zásobníku,
- snímač teploty chladicí kapaliny,
- snímač hmotnosti nasávaného vzduchu.



Obr. 1: Systém Common-rail

Řídicí jednotka shromažďuje pomocí snímačů požadavky řidiče (poloha pedálu akcelérátoru) a aktuální provozní poměry motoru a vozidla. Zpracovává signály vytvářené snímači, které jsou vedené datovými vodiči. Se získanými informacemi přebírá v dané situaci řídicí a regulační vliv nad vozidlem a zejména nad motorem. Snímač otáček klikového hřídele snímá otáčky motoru a snímač polohy vačkového hřídele určuje fázovou polohu pořadí vstřiku. Potenciometr, jako snímač polohy pedálu akcelérátoru, předává řídicí jednotce prostřednictvím elektrického signálu požadavek řidiče na točivý moment a výkon motoru. Snímač hmotnosti nasávaného

vzduchu dává řídicí jednotce informaci o aktuální hmotnosti vzduchu, aby se spalování motorové nafty přizpůsobilo odpovídajícím emisním předpisům. U motorů s turbodmychadlem a regulací plnicího tlaku měří snímač tlaku plnicí tlak vzduchu přiváděný do motoru. Podle teploty chladicí kapaliny a vzduchu může řídicí jednotka při nízkých teplotách a studeném motoru přizpůsobit požadované hodnoty předvstříku, úvodní vstřikované dávky a další parametry provozních podmínek. Podle vozidla jsou ještě připojeny k řídicí jednotce dodatečné snímače a datová vedení, aby bylo vyhověno rostoucím bezpečnostním a komfortním požadavkům [3,4,5].

Základní funkcí vysokotlakého systému vstřikování nafty s tlakovým zásobníkem Common-rail je řízení vstřikování paliva ve správný okamžik, se správným množstvím a s daným tlakem. Tím je zajištěna příznivá spotřeba a klidný běh vznětového motoru [6,7].

Přídavné řídicí a regulační funkce slouží ke snížení emisí a spotřeby nebo zvýšení bezpečnosti a komfortu. Patří sem například: recirkulace výfukových plynů, regulace plnicího tlaku, tempomat, elektronický imobilizér, systém vstřikování DENOX apod. [8,9].

Systémy s datovou sběrnicí CAN, LIN nebo FlexRay umožňují výměnu dat s dalšími elektronickými systémy vozidla, např. ABS, ESP, elektronické řízení převodovky, centrální elektronika apod. Diagnostické rozhraní Gateway dovoluje rychlé vyhodnocení uložených systémových dat při inspekci vozidla [10].

2.1.3 Komponenty mechanického principu systému Common-rail

Palivová nádrž a palivové vedení

Primárním úkolem palivové nádrže je zajistit dostatečné množství paliva pro vozidlo v odolné nádobě. Současný trend palivových nádrží je zmenšovat jejich velikost, aby byla zajištěna kvalita paliva neustálým doplňováním. Palivová nádrž musí být odolná proti korozi. Dále je zkoušena při dvojnásobku provozního přetlaku, což je minimálně 0,4 bar. Při tomto tlaku musí být těsná. Palivová nádrž musí být oddělena od motoru tak, aby ani při nehodě nedošlo ke vznícení. Toto neplatí pro motocykly a traktory s otevřenou kabinou. Pro vozidla s otevřenou kabinou, tahače a autobusy platí mimo to zvláštní ustanovení pro montážní výšku a ochranu palivové nádrže [5].

Pro nízkotlakou část mohou být použity vedle ocelových trubek také pružná vedení paliva s výztuží z ocelového pletiva, která musejí být těžko hořlavá. Musejí být uspořádána tak, aby byla minimalizována mechanická poškození vedení a aby se odkapávající nebo odpařující palivo nehromadilo a nemohlo se vznítit. Palivová vedení nesmějí být při krutu vozidla, pohybu motoru nebo různých vibracích omezena ve své funkci. Všechna vedení vedoucí palivo musejí být chráněna proti ohrožení provozním teplem [6,11].

Dopravní palivové čerpadlo

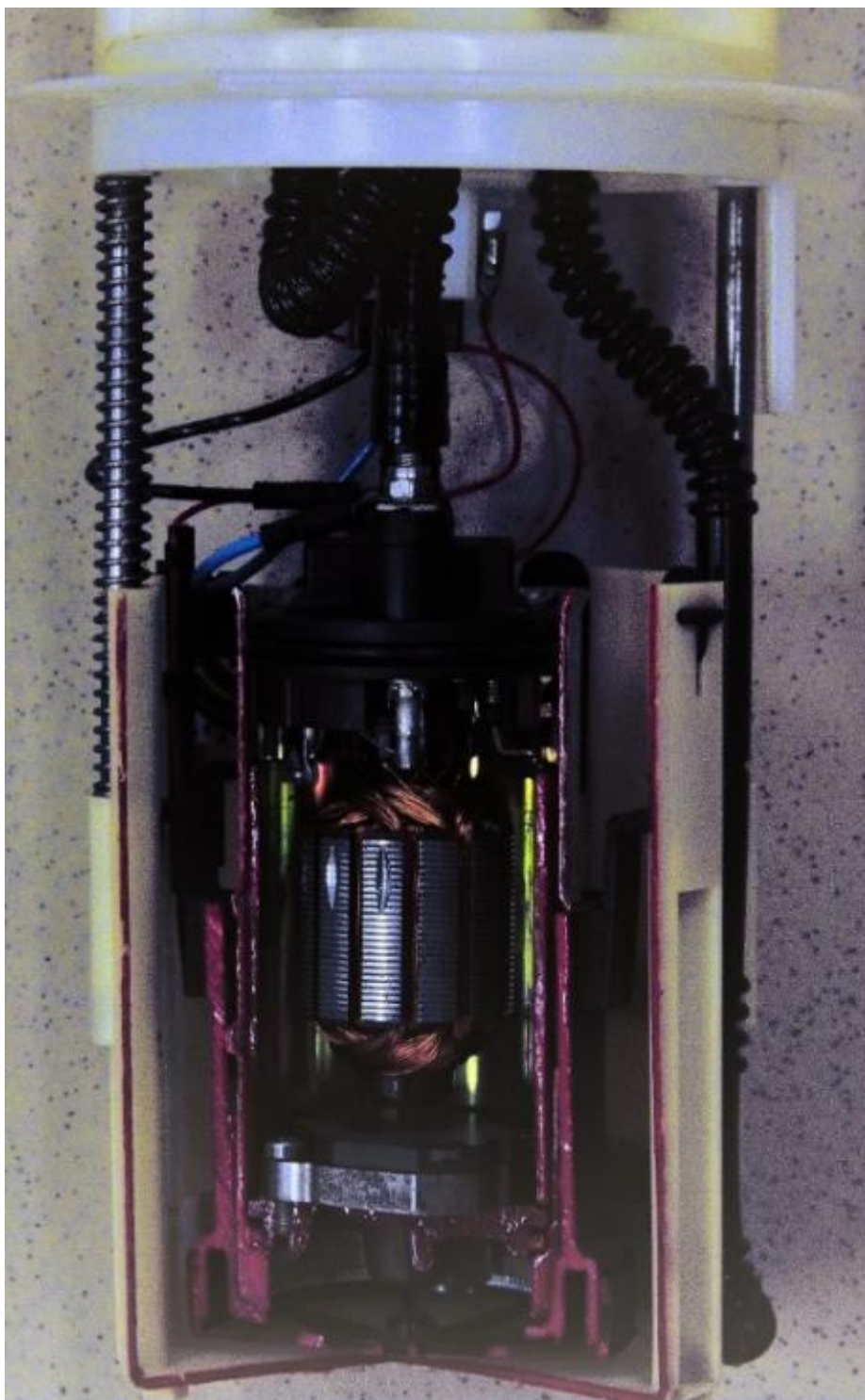
Dopravní palivové čerpadlo (podávací čerpadlo) má za úkol zajistit dostatečné množství paliva pro vysokotlakou část. V současnosti se používají dva druhy dopravních palivových čerpadel: mechanicky poháněné zubové nebo elektrické válečkové palivové čerpadlo [12].

Zubové čerpadlo

Čerpadlo je poháněno buď společně s vysokotlakým čerpadlem (je jeho součástí), nebo je poháněno přímo od motoru vozidla, na kterém je namontován. Čerpadlo tvoří vnitřní hnací zubové kolo a vnější hnané zubové kolo. Vnitřní hnací zubové kolo je v záběru s výstředně umístěným vnějším kolem. Vnější kolo má o jeden zub méně než kolo vnitřní. Mezi zuby jednotlivých kol vznikají mezery, které se při otáčení kol mění. Dopravované množství paliva je přibližně úměrné k otáčkám motoru. Regulace množství se provádí škrcením průtoku na straně sání nebo obtokovým kanálem na straně výtlačné [8, 9,13].

Elektrické válečkové čerpadlo

Čerpadlo je většinou přímo v palivové nádrži (**Obr. 2**). Ve skříní čerpadla je výstředník, který má po obvodu drážky a v nich umístěny kovové válečky. Při otáčení vzniká odstředivá síla, která přitlačuje válečky na stěnu skříně čerpadla. Zmenšením prostoru se vytváří podtlak (sání) a zvětšením prostoru přetlak (výtlač). Čerpadlo dopravuje vždy větší množství paliva, než motor spotřebuje [1, 14].



Obr. 2: Elektrické palivové čerpadlo v řezu

Jemný čistič paliva

Díly vysokotlaké části vysokotlakého čerpadla, vstřikovače a vstřikovací trysky jsou vyrobeny s přesností několik tisícín mm. Znamená to, že nečistoty o stejné nebo větší velikosti mohou negativně ovlivnit jejich funkci. Špatná filtrace jemného čističe

paliva vede k poškození dílů vysokotlakého čerpadla, tlakového zásobníku, omezovače průtoku, vstřikovačů a vstřikovacích trysek. Kromě pevných nečistot může palivo obsahovat vodu ve formě emulze nebo kondenzátu (vytváří se při změnách teploty). Pokud dojde ke styku vody s kovovými díly, dochází ke korozi a poškození napadených dílů. Proto musí jemný čistič paliva obsahovat zásobník (**Obr. 3**), ve kterém se voda obsažená v motorové naftě shromažďuje a musí z něho být v pravidelných intervalech vypouštěna. Jakékoliv poškození dílů vysokotlakého čerpadla nebo vstřikovačů vede k nedokonalému spalování paliva, zhoršení startovacích schopností, snížení výkonu a zvýšení kouřivosti spolu se zvýšením spotřeby. Proto se musí jemný čistič paliva pravidelně měnit a pravidelně odvodňovat. Tento interval je nutné důsledně dodržovat podle údajů výrobce, popřípadě jej zkrátit [10, 13].



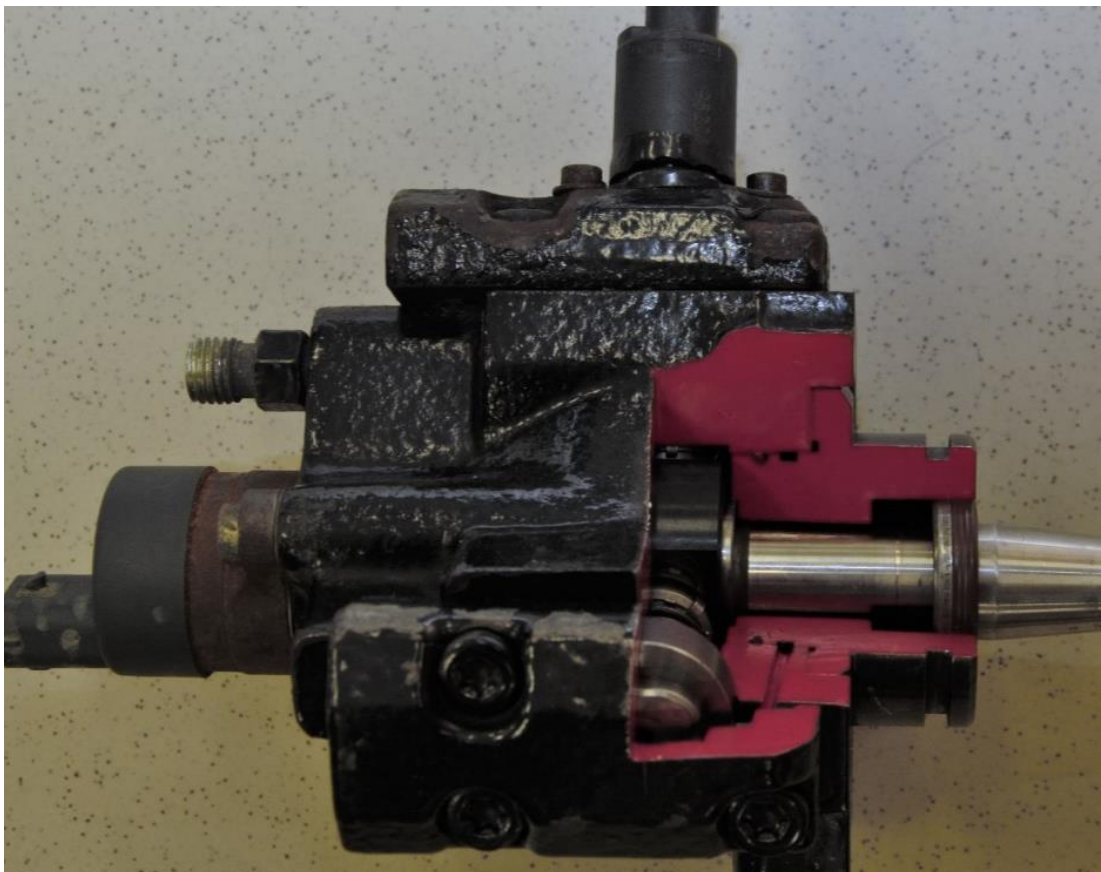
Obr. 3: Jemný čistič paliva s odkalovacím ventilem

Vysokotlaké čerpadlo

Vysokotlaké čerpadlo (**Obr. 4**) má za úkol dodávat dostatečné množství paliva pod vysokým tlakem při všech režimech motoru. Vysokotlaké čerpadlo je umístěno na motoru. Jeho pohon je buď ozubeným soukolím, ozubeným řemenem, nebo řetězem od klikové hřídele. Převod je takový, aby při největších otáčkách motoru nepřekročily otáčky čerpadla hodnotu 3000 min^{-1} . Z důvodu vysokého tlaku jsou nejvhodnější čerpadla pístová s nehybnými válci, sacím a výtlačným ventilem. Těsnění pístu je zajištěno přesností výroby (desetitisíciny milimetru). Pro odlehčení čerpadla se reguluje dodávané množství a tlak [15].

Příklady provedení vysokotlakých čerpadel

- Vysokotlaké palivové čerpadlo Bosch CP1
- Vysokotlaké palivové čerpadlo Bosch CP2
- Vysokotlaké palivové čerpadlo Bosch CP3
- Vysokotlaké palivové čerpadlo Bosch CP4



Obr. 4: Třípístové vysokotlaké palivové čerpadlo

Zásobník tlaku (rail)

Úkolem vysokotlakého zásobníku paliva (**Obr. 5**) je akumulovat palivo pod vysokým tlakem a tlumit kolísání tlaku. Je vyroben z kované oceli. Ke kolísání tlaku dochází při pracovních pohybech vysokotlakého čerpadla a otevírání a zavírání vstřikovačů. Proto musí mít vysokotlaký zásobník dostatečný objem k omezení kolísání [16].



Obr. 5: Tlakový zásobník motorové nafty

Tlakový pojistný ventil

Tlakový pojistný ventil (**Obr. 6**) umožňuje při příliš vysokém tlaku ve vysokotlakém zásobníku odvod paliva zpět do palivové nádrže. Tlakový pojistný ventil je umístěn přímo na vysokotlakém zásobníku paliva. Při překročení maximálního systémového tlaku palivo přemůže pístek přitlačovaný pružinou. Tím palivo odečte zpátky do palivové nádrže a tlak ve vysokotlakém zásobníku poklesne [15].



Obr. 6: Tlakový pojistný ventil umístěný na tlakovém zásobníku

Omezovač průtoku

Omezovač průtoku (**Obr. 7**) zabraňuje při poruše vstřikovače nepřerušovanému odtékání paliva skrz vstřikovač do motoru. Omezovač průtoku je umístěn na vysokotlakém zásobníku paliva a každý vstřikovač má svůj vlastní omezovač

průtoku. Omezovač průtoku se skládá z kovového pouzdra a pístku s pružinou v něm. Pístek je stlačován pružinou k vysokotlakému zásobníku paliva. Při vstřikování dochází k poklesu tlaku na straně ke vstřikovači a pístek se pohybuje směrem ke vstřikovači. Nedojde však k úplnému uzavření. Když vstřikovač správně funguje, trvá pokles tlaku jen malou chvíli a pístek se vrátí zpět do původní polohy. Při poruše vstřikovače trvá pokles tlaku paliva až do chvíle, kdy se překoná síla pružiny a pístek dosedne do sedla. Tím se uzavře přívod paliva k vadnému vstřikovači. Při poruše vstřikovače s malým únikem paliva nedosahuje pístek své původní polohy. Po několika vstřicích však dosedne až do sedla a uzavře přívod paliva. V obou případech zůstává přívod paliva do vstřikovače uzavřen až do vypnutí motoru [17].



Obr. 7: Ukázka omezovače tlaku našroubovaném na vstřikovači

Vstřikovač

Úkolem vstřikovače všeobecně je vstříknout určité množství paliva v určitém okamžiku do spalovacího motoru. Vysokotlaký systém vstřikování motorové nafty s tlakovým zásobníkem Common-rail používá dva druhy vstřikovačů, a to řízený elektromagneticky nebo piezoelektricky [12, 17, 18].

Vstřikovač řízený elektromagneticky

Vstřikovač řízený elektromagneticky (**Obr. 8**) se skládá ze vstřikovací trysky, hydraulického ovládacího členu a elektromagnetického ventilu. Palivo je přivedeno do ovládacího prostoru nad ovládací pístek přes přívodní škrťací trysku a k jehle vstřikovací trysky. Ovládací prostor je spojen přes odtokovou škrťací trysku a elektromagneticky ovládaný kuličkový ventil se zpětným odvodem paliva. Pružina a tlak paliva v horní části ovládacího pístku stlačují jehlu trysky do sedla. Proti těmto silám působí tlak paliva přivedeného na nadzvedací plochu jehly trysky [18].

V klidové poloze je vstřikovač 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 vstřikování. Ke vstřikování dochází při přivedení otevíracího proudu přibližně 2 A. Otevírací proud slouží k rychlému otevření vstřikovače. 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 vstřikování a dojde k nárůstu tlaku v ovládacím prostoru. Zvýšení tlaku způsobí zvýšení přitlačné síly na ovládací píst a s pružinou přetlačí tlak na nadzvedací plochu. Tryska se tak uzavře [12, 13].



Obr. 8: Elektromagneticky ovládaný vstřikovač motorové nafty

Vstřikovač řízený piezoelektricky

Vstřikovač řízený piezoelektricky je velmi podobný jako vstřikovač řízený elektromagneticky. Místo elektromagnetu je zde použit piezoelektrický prvek. Díky tomu je ovládání vstřikovače mnohem rychlejší. Z toho plynou tyto výhody: vícenásobný vstřik, extrémně malé dávky předvstřiků, extrémně malá doba mezi jednotlivými vstřiky, změkčení chodu motoru, snížení emisí [15].

Piezoelektrický jev

Tento jev objevili bratři Pierre a Jacques Curie. Zpozorovali, že při působení tlaku na krystal vyvolají elektrické napětí. To je způsobeno deformací pravidelné krystalické mřížky s kladně a záporně nabitými ionty. Posunutím iontů se vyvolá proudový impuls. To vše funguje i obráceně. Při přivedení elektrického napětí kolem 150 V dochází k velmi rychlé deformaci [14, 19].

Piezoelektrický prvek se skládá z několika set malých tenkých krystalů. Prvek se prodlouží při přivedení elektrického napětí. Přes hydraulický převod nebo pružinami se znásobí prodloužení a dojde k otevření vstřikovací trysky. Piezoelektrický vstřikovač spíná rychlostí větší než desetitisíciny sekundy – to je méně než polovina doby u elektromagnetického vstřikovače [19, 20].

Dávkovací ventil

Dávkovací ventil paliva (**Obr. 9**) řídí přívod paliva k vysokotlaké čerpací jednotce a zajišťuje tak její zásobování palivem. Tím lze již ve větvi nízkého tlaku přizpůsobovat množství paliva dopravované vysokotlakou čerpací jednotkou aktuální potřebě motoru. Vysokotlaká čerpací jednotka tak stlačuje pouze takové množství paliva, které je potřebné pro okamžitý provozní režim [21].

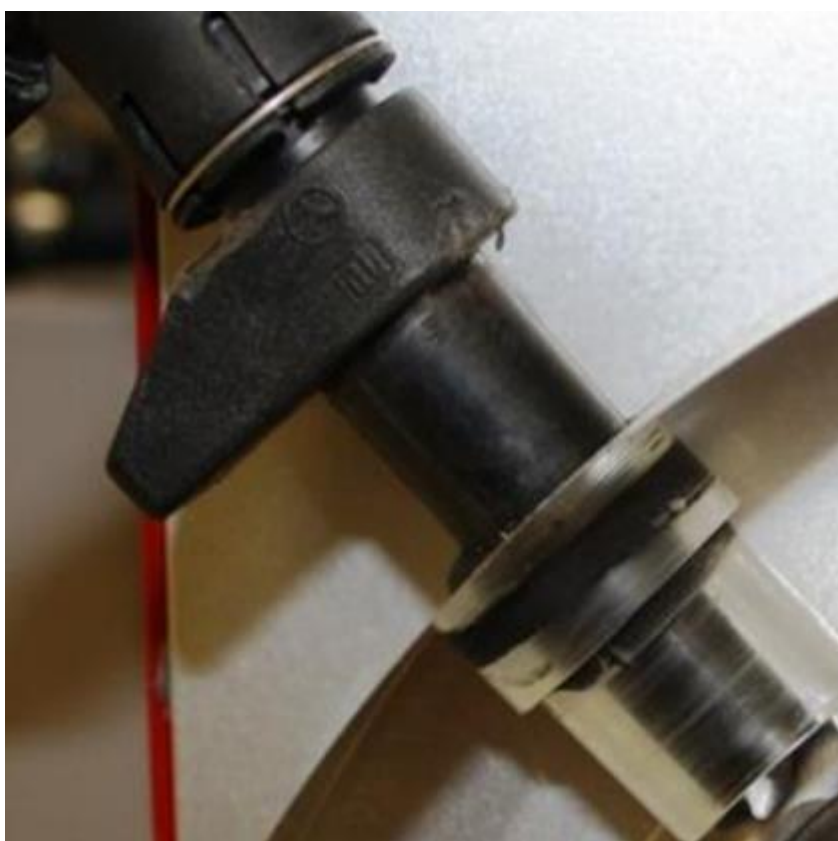


Obr. 9: Dávkovací ventil paliva

2.1.4 Elektrické snímače systému Common-rail

Snímač polohy a otáček klikového hřídele

Indukční snímač (**Obr. 10**) je umístěn na klikovém hřídeli. Podle polohy klikového hřídele řídicí jednotka určuje správný okamžik vstříku a podle otáček určuje otáčky motoru [19, 22].



Obr. 10: Snímač polohy a otáček klikového hřídele

Snímač polohy a otáček vačkového hřídele

Většinou se používá Hallův snímač (**Obr. 11**), který je namontován na vačkovém hřídeli. Snímač určuje, zda se píst, který pohybuje do horní úvrati, nachází v kompresním nebo výfukovém zdvihu. Právě toto při spouštění motoru nemusí být jasné ze snímače klikového hřídele, a proto je nutné použití snímače polohy a otáček vačkového hřídele [15, 19].



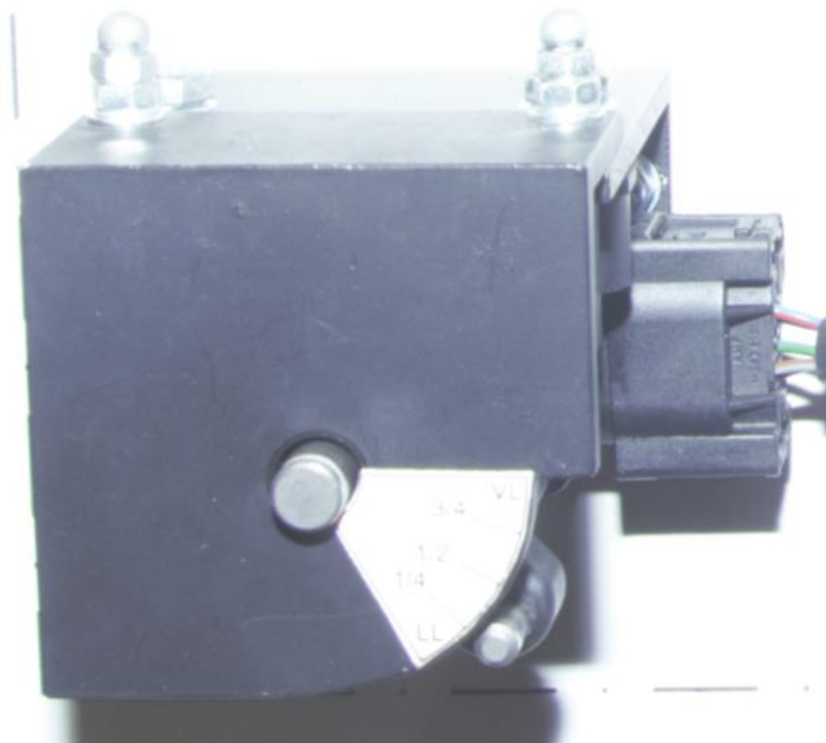
Obr. 11: Snímač polohy vačkového hřídele

Snímač polohy pedálu akcelérátoru

U systému Common-rail není pedál akcelerace pevně spojen s regulátorem výkonu (např. vysokotlakým čerpadlem nebo vstřikovačem). Snímač pevné propojení nahrazuje signálem přiváděným do řídicí jednotky, která dále upravuje povely pro akční členy systému. Využívají se dva základní druhy snímačů, a to snímač natočení pedálu akcelérátoru s potenciometrem (**Obr. 12**) nebo s Hallovým snímačem [15, 22].

Snímač natočení pedálu akcelérátoru s potenciometrem

Hlavní součástí je potenciometr spojený s pedálem. Podle úhlu sešlápnutí potenciometr reguluje napětí. Pro případ poruchy je snímač vybaven dvěma potenciometry, tudíž jeden má poloviční hodnotu, takže jím regulované napětí je dvojnásobné. Tak jsou k dispozici dva signály k porovnávání závad. U některých vozidel je snímač ještě vybaven spínačem nulové polohy, řídicí jednotka díky němu pozná běh naprázdno [15].



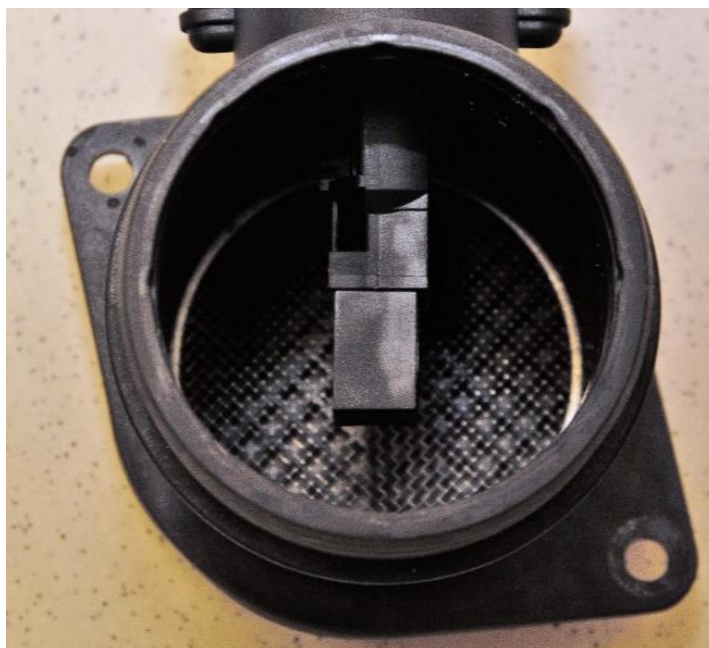
Obr. 12: Snímač polohy pedálu akcelérátoru

Snímač natočení pedálu akcelérátoru s Halloým snímačem

Tento snímač využívá Hallova jevu. Magnetický tok rotoru, který má tvar přibližně půlkruhového trvale magnetického kotouče, postupně prochází přes pólový nástavec, dva další prvky a magneticky měkkou osu zpět k rotoru. V závislosti na úhlové poloze je magnetický tok veden přes oba prvky pro vedení magnetického toku, v jejichž magnetické cestě je umístěn Hallův snímač. Takto lze dosáhnout v měřeném rozsahu téměř lineární charakteristiky. Signál z tohoto druhu snímače je již obdélníkového tvaru, tudíž není potřeba analogově-digitální převodník. Potřebným údajem je hodnota Hallova napětí [23].

Snímač množství nasávaného vzduchu

Aby bylo dosaženo co nejnižších emisí při různých režimech motoru, je nutné dodržet nejideálnější poměr vzduchu a paliva. Recirkulace spalin, variabilní časování vačkového hřídele, pulzace, zpětné proudění, změny teplot nesmí ovlivnit přesnost měření hmotnosti vzduchu. Používá se snímač s keramickou destičkou s vyhříváním filmem (**Obr. 13**). Ten je ochlazován proudícím filmem a tím mění svůj elektrický odpor [13].



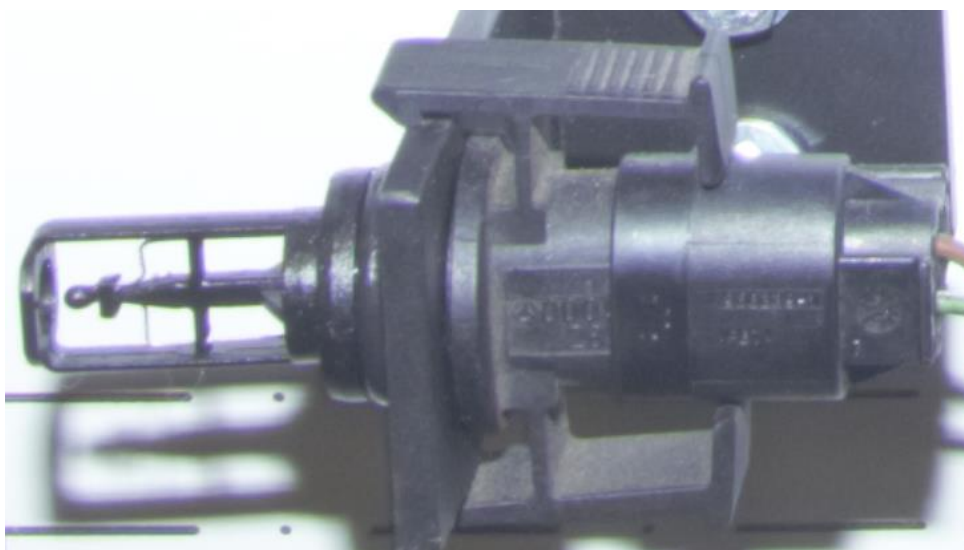
Obr. 13: Snímač množství nasávaného vzduchu s vyhříváním filmem

Snímač teploty

Teplota je snímána snímači na různých místech, a to:

- V chladicím okruhu pro určení teploty motoru z teploty chladicí kapaliny.
- V plnicím potrubí pro měření teploty plnicího vzduchu (**Obr. 14**).
- V mazacím systému pro měření teploty motorového oleje.
- Ve zpětném palivovém potrubí pro měření teploty paliva.

Většinou se používají snímače polovodičové odporové s negativní charakteristikou. Se zvyšující se teplotou se elektrický odpor snižuje [19].



Obr. 14: Snímač teploty nasávaného vzduchu

Snímač tlaku v sacím potrubí

Snímač tlaku je umístěn v sacím potrubí (**Obr. 15**). Snímá absolutní tlak 50 kPa až 300 kPa. Snímač se skládá ze snímacího článku a vyhodnocovacího hybridního obvodu.

Snímací článek

Je membrána uzavírající prostor s přesně stanoveným objemem a vnitřním tlakem. Z druhé strany na ni působí tlak z potrubí. Tím se membrána deformuje. Na membráně jsou umístěny „piezorezistivní“ prvky, jejichž vodivost se mění na základě deformace membrány [14].

Vyhodnocovací hybridní obvod

Tento obvod zesiluje napětí, kompenzuje vlivy teploty a linearizuje tlakovou charakteristiku. Výstupní signál je veden do elektronické řídicí jednotky [19].



Obr. 15: Snímač tlaku v sacím potrubí

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 se otevírá 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. 16**) 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

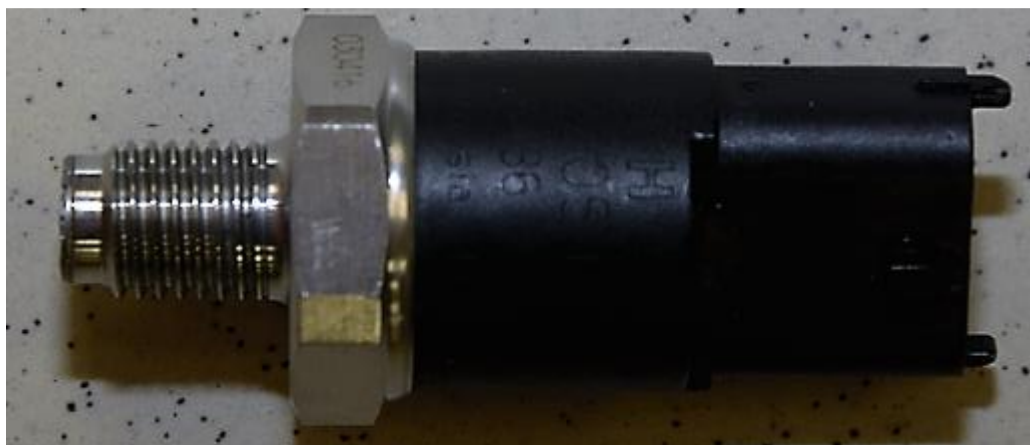
signálu, je uzavřen jen díky vnitřní přitlačné pružině. Tu otevře tlak paliva přibližně 100 bar. Pokud je regulační ventil aktivován, pak je uvedeno do pohybu jádro cívky a spolu s přitlačnou pružinou zavře ventil. Řídicí jednotka systému řídí tento ventil obdélníkovým signálem, tedy změnou napětí v 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 [12].



Obr. 16: Regulační tlakový ventil

Snímač tlaku v railu

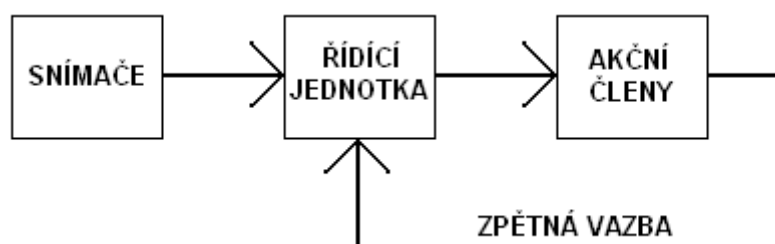
Snímač tlaku musí měřit aktuální tlak v zásobníku s vyhovující přesností a v reálném čase. Tyto údaje musí poskytnout řídicí jednotce systému Common-rail ve formě napěťového signálu. Snímač (**Obr. 17**) se sestává z integrovaného snímacího prvku, základní desky s plošnými spoji a pouzdem. Palivo je 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 z důvodu bezpečnosti a stanovení přesné dávky paliva. Díky tomu jsou povolené tolerance pro tento snímač nízké, tedy $\pm 2\%$ měřené hodnoty [13, 14].



Obr. 17: Snímač tlaku paliva v tlakovém zásobníku

Řídící jednotka

Elektronická řídicí jednotka vyhodnocuje signály z vnějších snímačů a řídí činnost akčních členů (**Obr. 18**).



Obr. 18: Ukázka automatizačního řetězce

Konstrukce

Řídící jednotka je umístěna v kovovém pouzdře. Snímače, akční (ovládací) členy a napájení jsou v řídicí jednotce připojeni vícepólovým konektorem. Do pouzdra i řídicí jednotky jsou také integrovány výkonové prvky pro přímou aktivaci ovladačů, takže je zaručen velmi dobrý odvod tepla do pouzdra. Řídící jednotka může mít jak utěsněné, tak neutěsněné pouzdro [5].

Princip činnosti

Mikroprocesory v řídicí jednotce počítají ze vstupních dat a z uložených datových polí doby okamžiku vstříku. Tyto doby se převádějí na signály s časovým průběhem, které jsou přizpůsobeny činnosti motoru. Pro požadovanou přesnost a vysokou dynamičnost motoru je nutný vysoký výpočetní výkon. Výstupními signály

jsou aktivovány koncové stupně, které poskytují dostatečný výkon pro akční (ovládací) členy regulace tlaku v zásobníku (Railu) [9].

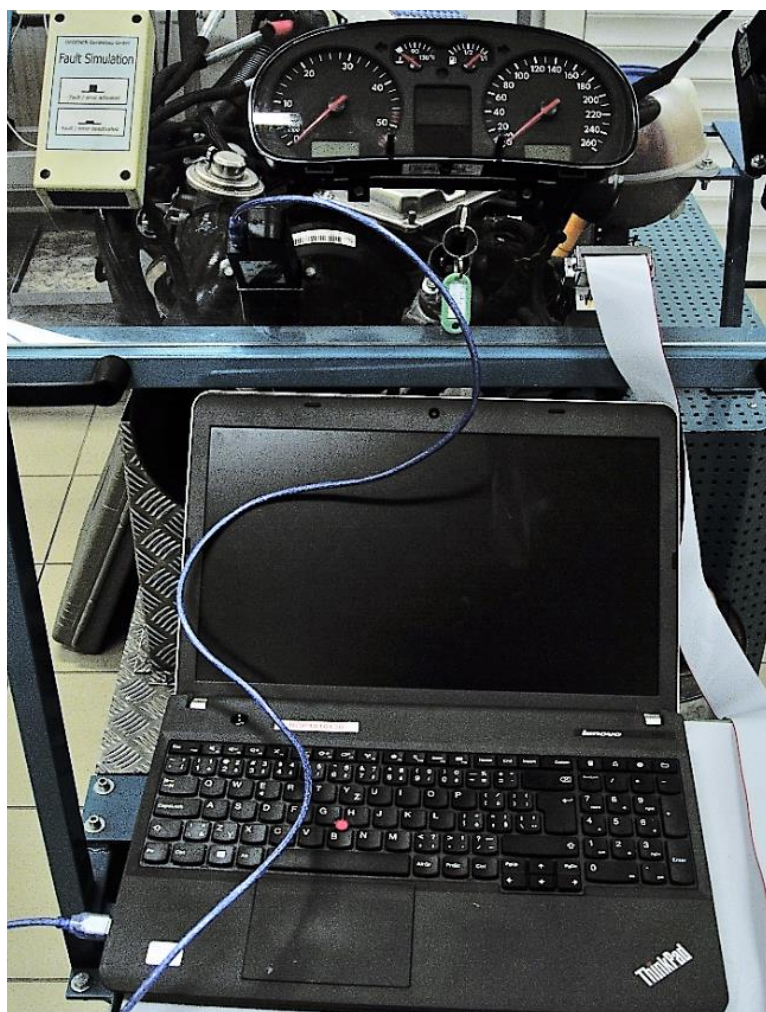
Kromě toho jsou aktivovány ovladače pro činnost motoru (např. elektropneumatické převodníky recirkulace výfukových plynů a plnicího tlaku, relé palivového čerpadla) a pro další pomocné funkce (např. relé ventilátoru přídavného topení, žhavení, klimatizace). Koncové stupně jsou chráněny proti zkratu a zničení elektrickým přetížením. Závady tohoto druhu, stejně jako přerušování vedení, jsou hlášeny zpět mikroprocesoru. Diagnostické funkce koncových stupňů vstřikovačů rozpoznají také chybný průběh signálu. Navíc jsou některé výstupní signály předávány přes rozhraní dalším systémům ve vozidle. V rámci bezpečnosti „hlídá“ vstřikovací jednotka také celý vstřikovací systém [13, 24].

2.2 Pojem diagnostika automobilu

Pojmem diagnostika automobilu je rozuměno zjištění technického stavu automobilu nebo jeho části bez demontáže jednotlivých dílů. Počátky diagnostiky automobilu jsou datovány již od počátku výroby samotných automobilů. Postupně se diagnostické postupy vyvíjely a rozšiřovaly hlavně díky nástupu elektroniky a elektronických řídicích jednotek. Nyní můžeme diagnostiku automobilu rozdělit na diagnostiku sériovou a paralelní [3, 25].

2.2.1 Sériová diagnostika

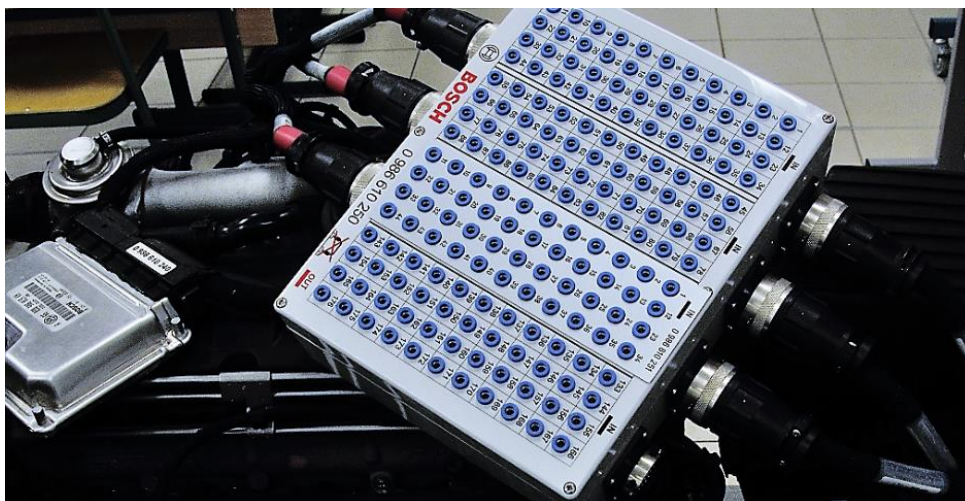
Sériová diagnostika automobilu (**Obr. 19**) znamená vnitřní diagnostiku systému s možností komunikace. Tato komunikace se vyvíjela postupně od tzv. blikacího kódu až po moderní bezdrátovou komunikaci diagnostického přístroje s jednotlivými řídicími jednotkami automobilu nebo se všemi najednou [3].



Obr. 19: Ukázka sériové diagnostiky

2.2.2 Paralelní diagnostika

Paralelní diagnostika, neboli vnější diagnostika (**Obr. 20**), je zjišťování technického stavu jednotlivých komponent, nebo i celého motoru, nebo automobilu různými diagnostickými přístroji určenými pro paralelní diagnostiku automobilu [20, 21].



Obr. 20: Ukázka paralelní diagnostiky

2.2.3 Výhody a nevýhody sériové a paralelní diagnostiky

Výhodou sériové diagnostiky je rychlé zjištění elektronické závady jednotlivých komponent, možnost elektrického nastavení základních nebo naučených hodnot, programování servisních intervalů, nastavení imobilizéru nebo jen samotných klíčů od vozu. Nevýhodou sériové diagnostiky je nemožnost zjištění mechanické závady nebo některých parametrů, které nejsou elektricky zjistitelné. Další nevýhodou jsou přesně dané diagnostické postupy jednotlivých diagnostických přístrojů. Může se totiž objevit závada, např. vadný zapalovací modul, ale diagnostický tester pro sériovou diagnostiku ukáže závadu výpadek zapalování [19].

Výhodou paralelní diagnostiky je zjištění technického stavu každé komponenty, jejich elektrických i neelektrických parametrů. Nevýhodou této diagnostiky je značná finanční náročnost pro pořízení jednotlivých přístrojů. Další nevýhodou je nutnost většího počtu těchto přístrojů pro zjišťování různých parametrů komponent systému vstříkovaní motorové nafty s tlakovým zásobníkem Common-rail [21].

3 Cíle

Přinést teoretický přehled problematiky systému vstřikování vznětového motoru s tlakovým zásobníkem Common-rail. Vypracovat sériovou a paralelní diagnostiku na výukového panelu a na automobilu. Získaná data pomocí jednotlivých diagnostik porovnat a vyhodnotit.

4 Materiál a metody

4.1 Diagnostické přístroje

Pro diagnostiku byly použity následující diagnostické přístroje, které byly dále rozděleny podle použití.

4.1.1 Přístroje pro sériovou diagnostiku

KTS 870

Přístroj KTS 870 (**Obr. 21**) je univerzální diagnostický přístroj, který je určen jednak pro sériovou a jednak pro paralelní diagnostiku. Přístroj se sestává z diagnostického tabletu DCU 133 a komunikátoru KTS 570. DCU 133 a KTS spolu komunikují přes rozhraní Bluetooth. Komunikátor se zapojuje diagnostickým vedením do diagnostické zásuvky. Přístroj byl vyroben v roce 2011 firmou Robert Bosch a.s. a nyní je zde nainstalována verze software 2017 verze 2.



Obr. 21: Diagnostický přístroj Bosch KTS 870

SuperVag

Program pro sériovou diagnostiku SuperVag (**Obr. 22**) je určen pro sériovou diagnostiku a je nahrán v notebooku, který je připojen přes USB komunikátor do diagnostické zásuvky.



Obr. 22: Diagnostický přístroj SuperVag

4.1.2 Přístroje pro paralelní diagnostiku

Vybrané měřicí přístroje byly zvoleny s ohledem na měřené veličiny. Mezi měřené neelektrické veličiny byly vybrány teplota a hluk. Mezi elektrické měřené veličiny byly vybrány elektrické napětí a odpor.

Hlukoměr

Hlukoměr je značky UNI-T, typ UT352 (**Obr. 23**) s možností detekce hluku s rozsahem 30 dB – 130 dB s přesností $\pm 1,5$ dB. Tento přístroj je napájen čtyřmi bateriemi typu AA o napětí 4 x 1,5 V a byl vyroben v roce 2016 [26].

Základní parametry

- Celkový rozsah: 30 až 130 dB, přesnost: ± 1.5 dB
- Přepínání rozsahů: 30 až 80 dB, 50 až 100 dB, 60 až 110 dB, 80 až 130 dB
- Kmitočtový rozsah: 31.5 Hz až 8000 Hz
- Analogový výstup:
 - a) AC: 0.707 V RMS plný rozsah, výstupní impedance: 600 Ohm
 - b) DC: 2 V RMS plný rozsah, 10mV/dB, výstupní impedance: 100 Ohm

- Indikátor baterie: 4.8 V



Obr. 23: Hlukoměr UNI-T UT 352

Multimetr

Pro měření elektrického odporu a napětí byl vybrán měřicí přístroj firmy UNI-T. Jedná se o univerzální multimetr, typ UT71D (**Obr. 24**). Přístroj byl vyroben v roce 2016 [26].

Základní parametry

- DC napětí: 400mV / 4 V / 40 V / 400 V / 1000 V, přesnost: $\pm (0.025 \%+5)$
- AC napětí: 4 V / 40 V / 400 V / 1000 V, přesnost: $\pm (0.4 \%+30)$
- DC proud: 400 μ A / 4000 μ A / 40 mA / 400 mA / 10 A, přesnost: $\pm (0.10 \%+15)$
- AC proud: 400 μ A / 4000 μ A / 40 mA / 400 mA / 10 A, přesnost: $\pm (0.7 \%+15)$
- Odpor: 400 Ohm / 4 kOhm / 40 kOhm / 400 kOhm / 4 MOhm / 40 MOhm s přesností $\pm (0.3 \%+8)$



Obr. 24: Multimetr UNI-T UT71D

Osciloskop

Pro měření elektrického napětí v čase byl vybrán digitální dvoukanálový osciloskop UNI-T UTD2025CEX (**Obr. 25**), který je napájen síťovým napětím 230 V. Vyrobený byl v roce 2015 [26].

Základní parametry

- Počet kanálů: 2
- Šířka pásma: 50 MHz
- Vzorkovací frekvence: 1 GS/s
- Nástupná hrana: $\leq 7\text{ns}$
- Vertikální citlivost: 1 mV/dílek ~ 20 V/dílek.
- Rozsah časové základny: 2 ns/dílek ~ 50 s/dílek.
- Spouštěcí módy: hrana, impuls, alternate.
- Rozhraní: USB OTG.
- Displej: 7", rozlišení 800x480, 64k barev.



Obr. 25: Digitální dvoukanálový osciloskop UNI-T UTD2052CEX

Bezkontaktní teploměr [26]

Pro měření teploty jednotlivých komponent byl zvolen bezkontaktní teploměr UNI-T typ UT303C (Obr. 26) napájený baterií o napětí 9 V. Tento měřicí přístroj byl vyroben v roce 2016 [26].

Základní specifikace

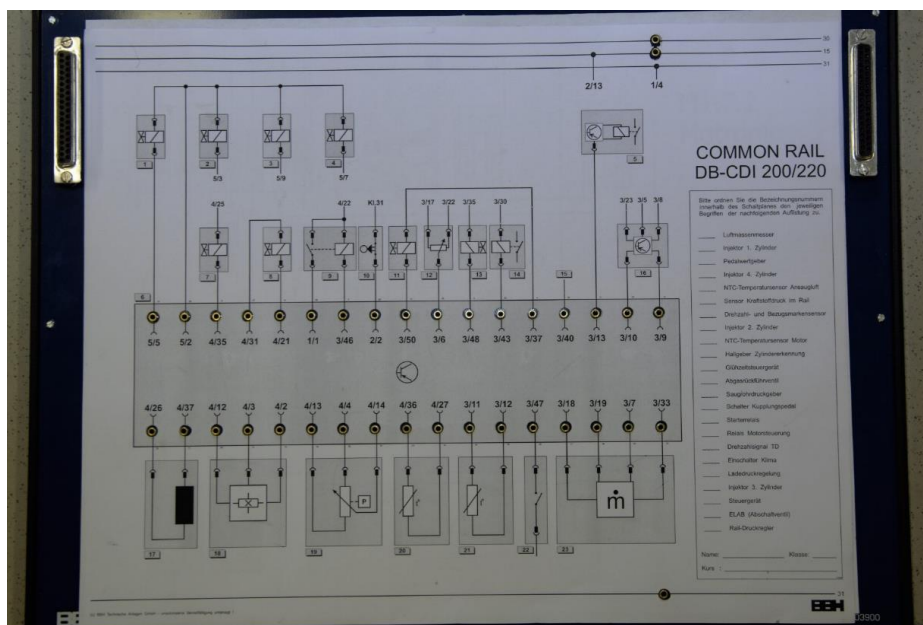
- Teplotní rozsah: - 32 °C až 1050 °C.
- Přesnost: \pm (1.8 °C nebo 1.8 %).
- Čas odezvy (95%): 250 ms.
- Spektrální rozsah: 8 μ m až 14 μ m.
- Laser: Jednobodový Class 2(II) operation, výstup <1 mW, vlnová délka 630–670 nm.
- Přepínání °C/°F.
- Druhý displej: Maximum, Minimum, Rozdíl, Průměr (MAX, MIN, DIF).
- Indikace slabé baterie.



Obr. 26: Bezkontaktní teploměr UNI-T UT303C

Žákovský pinbox s elektrickým schématem elektronické řídicí jednotky

Pro měření elektrických veličin přímo na řídicí jednotce se používá měřicí zařízení zvané pinbox (Obr. 27). Je to paralelní měření ke kabelovému svazku připojenému do řídicí jednotky. Žákovský pinbox obsahuje papírové schéma řídicí jednotky s grafickým znázorněním různých snímačů a akčních členů.



Obr. 27: Žákovský pinbox se schématem řídicí jednotky

4.2 Popis vybraného automobilu

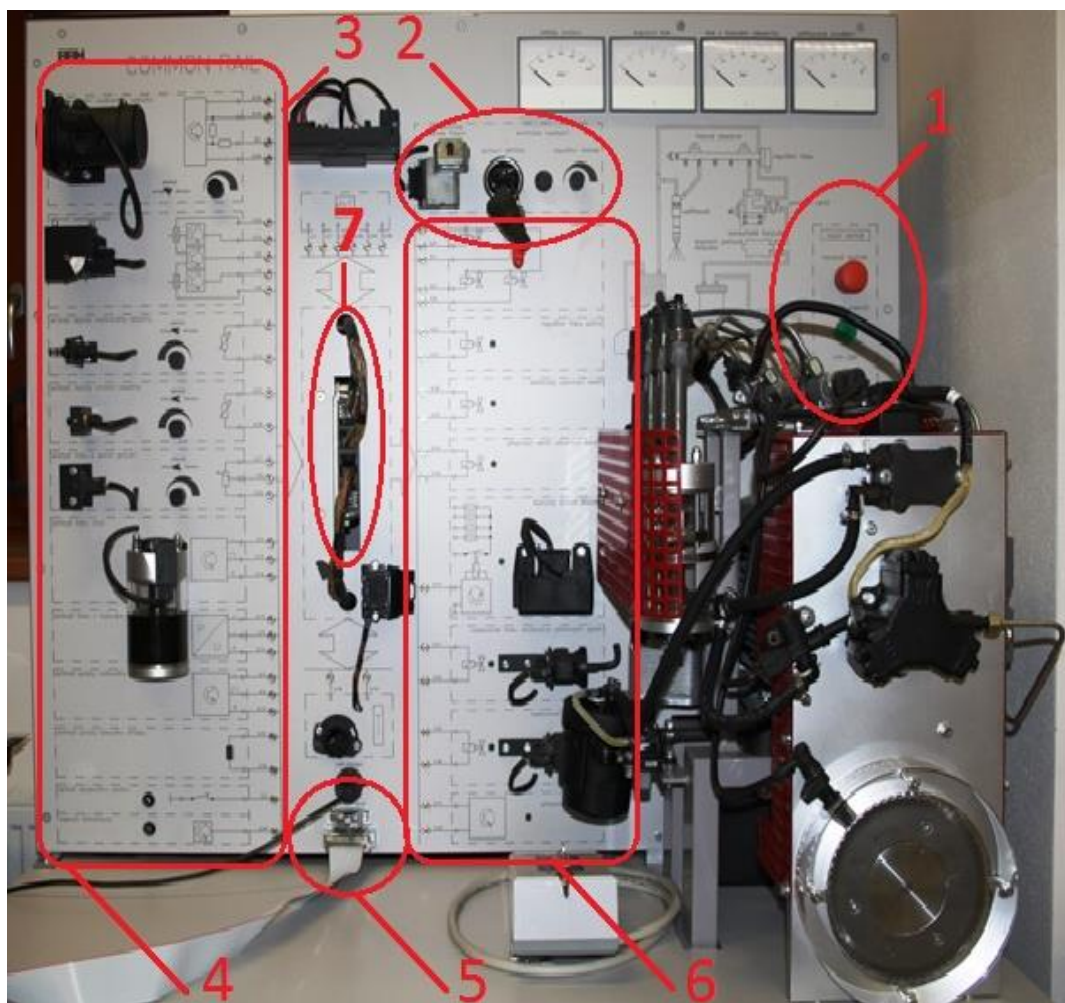
Pro testování byl použit automobil značky Hyundai Santa Fe, rok výroby 2005, 2.0 CRDi 92 kW (**Obr. 28**), který má v sobě integrovaný vysokotlaký systém vstřikování nafty s tlakovým zásobníkem Common-rail, konkrétně systém BOSCH EDC 15C0.



Obr. 28: Vybraný automobil

4.3 Popis panelu Common-rail

Výukový panel Common-rail (**Obr. 29**), na kterém bude prováděno 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 Hyundai Santa Fe 2.0 CRDi.



Obr. 29: Výukový panel vybrané palivové soustavy

Pozice 1 je panel pro aktivaci a deaktivaci napájení panelu 230 V spolu s bezpečnostním vypínacím tlačítkem. Na pozici 2 je umístěna spínací skříňka pro elektronický klíček zapalování se zámek řízení. Dále je zde regulátor otáček. Pojistková skříň vysokotlakého systému s tlakovým zásobníkem je na pozici 3. Pozice 4 ukazuje reálné snímače systému Common-rail s možností jejich nastavení jednotlivými elektronickými regulátory. Pozice 5 značí možnosti externího připojení simulátoru závad nebo žákovského pinboxu, na kterém je vyobrazeno i schéma zapojení elektronické řídicí jednotky vysokotlakého systému Common-rail. Akční členy vybraného systému vysokotlakého vstřikování Common-rail jsou naznačeny pozicí 6. Elektronická řídicí jednotka spolu s diagnostickým konektorem pro připojení diagnostického přístroje určený pro sériovou diagnostiku je na pozici 7.

5 Měření na automobilu

Mezi základní měření na automobilu patří zjišťování technického stavu komponent pomocí sériové a paralelní diagnostiky podle daných postupů.

5.1 Postup sériové diagnostiky automobilu

5.1.1 Postup sériové diagnostiky přístrojem Bosch KTS 870

1. Zajistit vozidlo proti pohybu.
2. Připojit diagnostický komunikátor KTS 570 do diagnostické zásuvky.
3. Zapnout diagnostický tablet DCU 133.
4. Zapnout diagnostický program ESI-Tronic 2.
5. Vyhledat dané vozidlo – Hyundai Santa Fe, rok výroby 2005, 2.0 CRDi.
6. Zapnout klíček zapalování do polohy „1“.
7. Navázat komunikaci s vozidlem.
8. Vyhledat a spojit se s řídicí jednotkou motoru.
9. Provést vyčtení základní nabídky řídicí jednotky.

5.1.2 Postup sériové diagnostiky přístrojem SuperVag

1. Zajistit vozidlo proti pohybu.
2. Připojit diagnostický komunikátor SuperVag do diagnostické zásuvky.
3. Zapnout notebook s nahraným diagnostickým programem.
4. Zapnout diagnostický program SuperVag.
5. Vyhledat dané vozidlo – Hyundai Santa Fe, rok výroby 2005, 2.0 CRDi.
6. Zapnout klíček zapalování do polohy „1“.
7. Navázat komunikaci s vozidlem.
8. Vyhledat a spojit se s řídicí jednotkou motoru.
9. Provést vyčtení základní nabídky řídicí jednotky.

5.2 Postup paralelní diagnostiky

5.2.1 Vybrané postupy paralelní diagnostiky automobilu

Postup měření elektrického odporu vinutí elektromagnetu vstřikovače

1. Zajistit vozidlo proti pohybu.
2. Odpojit akumulátor.

3. Demontovat kryt motoru.
4. Odpojit elektrickou kabeláž vedoucí ke vstřikovači.
5. Nastavit multimetr na měření elektrického odporu.
6. Změřit hodnotu elektrického odporu.
7. Zaznamenat hodnoty.
8. Vypnout měřicí přístroj.
9. Připojit kabeláž.
10. Namontovat kryt motoru.
11. Připojit akumulátor.

Postup měření elektrického odporu vinutí elektromagnetu dávkovacího ventilu

1. Zajistit vozidlo proti pohybu.
2. Odpojit akumulátor.
3. Demontovat kryt motoru.
4. Odpojit elektrickou kabeláž vedoucí k dávkovacímu ventilu.
5. Nastavit multimetr na měření elektrického odporu.
6. Změřit hodnotu elektrického odporu.
7. Zaznamenat hodnoty.
8. Vypnout měřicí přístroj.
9. Připojit kabeláž.
10. Namontovat kryt motoru.
11. Připojit akumulátor.

Postup měření elektrického signálu snímače otáček klikového hřídele

1. Zajistit vozidlo proti pohybu.
2. Demontovat kryt motoru.
3. Připojit se vedením osciloskopu ke snímači otáček klikového hřídele
4. Nastavit osciloskop.
5. Nastartovat motor.
6. Změřit hodnotu v daném čase.
7. Zaznamenat hodnoty.
8. Vypnout měřicí přístroj.
9. Zkontrolovat připojení kabeláže ve vozu.
10. Namontovat kryt motoru.

Postup měření elektrického signálu snímače polohy vačkového hřídele

1. Zajistit vozidlo proti pohybu.
2. Demontovat kryt motoru.
3. Připojit se vedením osciloskopu ke snímači polohy vačkového hřídele.
4. Nastavit osciloskop.
5. Nastartovat motor.
6. Změřit hodnotu v daném čase.
7. Zaznamenat hodnoty.
8. Vypnout měřicí přístroj.
9. Zkontrolovat připojení kabeláže ve vozu.
10. Namontovat kryt motoru.

Postup měření elektrického signálu napětí na vstřikovači

1. Zajistit vozidlo proti pohybu.
2. Demontovat kryt motoru.
3. Připojit se vedením osciloskopu ke vstřikovači.
4. Nastavit osciloskop.
5. Nastartovat motor.
6. Změřit hodnotu v daném čase.
7. Zaznamenat hodnoty.
8. Vypnout měřicí přístroj.
9. Zkontrolovat připojení kabeláže ve vozu.
10. Namontovat kryt motoru.

Postup měření velikosti akustického signálu na vstřikovači při daných otáčkách motoru

1. Zajistit vozidlo proti pohybu.
2. Demontovat kryt motoru.
3. Nastartovat motor.
4. Nastavit hlukoměr.
5. Přiložit hlukoměr ke vstřikovači.
6. Průběžně měnit otáčky motoru a odečíst a zaznamenat zobrazenou hodnotu.
7. Vypnout motor.
8. Vypnout měřicí přístroj.
9. Zkontrolovat kabeláž vozidla.

10. Namontovat kryt motoru.
11. Připojit akumulátor.

Postup měření teploty vstřikovače

1. Zajistit vozidlo proti pohybu.
2. Demontovat kryt motoru.
3. Nastartovat motor.
4. Zapnout teploměr.
5. Přiložit teploměr ke vstřikovači.
6. Změřit teplotu po 10 a 20 minutách práce vstřikovače.
7. Vypnout motor.
8. Vypnout měřicí přístroj.
9. Zkontrolovat kabeláž vozidla.
10. Namontovat kryt motoru.

6 Měření na výukovém panelu palivové soustavy automobilu

Při měření na výukovém panelu palivové soustavy zjišťujeme technický stav komponent sériovou a paralelní diagnostikou podle postupů vybranými přístroji.

6.1 Postup sériové diagnostiky výukového panelu palivové soustavy

6.1.1 Postup sériové diagnostiky přístrojem Bosch KTS 870

1. Připojit diagnostický komunikátor KTS 570 do diagnostické zásuvky.
2. Zapnout diagnostický tablet DCU 133.
3. Zapnout diagnostický program ESI-Tronic 2.
4. Vyhledat dané vozidlo – Hyundai Santa Fe, rok výroby 2005, 2.0 CRDi.
5. Zapnout klíček zapalování do polohy „1“.
6. Navázat komunikaci s vozidlem.
7. Vyhledat a spojit se s řídicí jednotkou motoru.
8. Provést vyčtení základní nabídky řídicí jednotky.

6.1.2 Postup sériové diagnostiky přístrojem SuperVag

1. Připojit diagnostický komunikátor SuperVag do diagnostické zásuvky.
2. Zapnout notebook s nahraným diagnostickým programem.
3. Zapnout diagnostický program SuperVag.
4. Vyhledat dané vozidlo – Hyundai Santa Fe, rok výroby 2005, 2.0 CRDi.
5. Zapnout klíček zapalování do polohy „1“.
6. Navázat komunikaci s panelem.
7. Vyhledat spojení a spojit se s řídicí jednotkou motoru.
8. Provést vyčtení základní nabídky řídicí jednotky.

6.2 Postup paralelní diagnostiky výukového panelu palivové soustavy

6.2.1 Vybrané postupy paralelní diagnostiky výukového panelu palivové soustavy

Postup měření elektrického odporu vinutí elektromagnetu vstřikovače paliva

1. Odpojit napájení stiskem tlačítka „STOP“.
2. Odpojit elektrickou kabeláž vedoucí ke vstřikovači.

3. Nastavit multimetr na měření elektrického odporu.
4. Změřit hodnotu elektrického odporu.
5. Zaznamenat hodnoty.
6. Vypnout měřicí přístroj.
7. Připojit kabeláž.
8. Připojit napájení vytažením tlačítka „STOP“.

Postup měření elektrického odporu vinutí elektromagnetu dávkovacího ventilu

1. Odpojit napájení stiskem tlačítka „STOP“.
2. Odpojit elektrickou kabeláž vedoucí k dávkovacímu ventilu.
3. Nastavit multimetr na měření elektrického odporu.
4. Změřit hodnotu elektrického odporu.
5. Zaznamenat hodnoty.
6. Vypnout měřicí přístroj.
7. Připojit kabeláž.
8. Připojit napájení vytažením tlačítka „STOP“.

Postup měření elektrického signálu snímače otáček klikového hřídele

1. Připojit se vedením osciloskopu ke snímači otáček klikového hřídele.
2. Nastavit osciloskop.
3. Zapnout a uvést do chodu panel.
4. Změřit hodnotu v daném čase.
5. Zaznamenat hodnoty.
6. Vypnout měřicí přístroj.
7. Zkontrolovat připojení kabeláže.
8. Vypnout panel.

Postup měření elektrického signálu snímače polohy vačkového hřídele

1. Připojit se vedením osciloskopu ke snímači polohy vačkového hřídele.
2. Nastavit osciloskop.
3. Zapnout a uvést do chodu panel.
4. Změřit hodnotu v daném čase.
5. Zaznamenat hodnoty.
6. Vypnout měřicí přístroj.
7. Zkontrolovat připojení kabeláže.

8. Vypnout panel.

Postup měření elektrického signálu napětí na vstřikovači

1. Připojit se vedením osciloskopu ke vstřikovači.
2. Nastavit osciloskop.
3. Zapnout a uvést do chodu panel.
4. Změřit hodnotu v daném čase.
5. Zaznamenat hodnoty.
6. Vypnout měřicí přístroj.
7. Zkontrolovat připojení kabeláže.
8. Vypnout panel.

Postup měření velikosti akustického signálu na vstřikovači při daných otáčkách motoru

1. Zapnout a uvést do chodu panel.
2. Nastavit hlukoměr.
3. Přiložit hlukoměr ke vstřikovači.
4. Průběžně měnit otáčky motoru a odečíst a zaznamenat zobrazenou hodnotu.
5. Vypnout měřicí přístroj.
6. Zkontrolovat kabeláž.
7. Vypnout panel.

Postup měření teploty vstřikovače

1. Zapnout a uvést do chodu panel.
2. Zapnout teploměr.
3. Přiložit teploměr ke vstřikovači.
4. Změřit teplotu po 10 a 20 minutách práce vstřikovače.
5. Vypnout měřicí přístroj a zkontrolovat kabeláž.
6. Vypnout panel.

7 Výsledky a diskuse

7.1 Výsledky měření automobilu

7.1.1 Výsledky sériové diagnostiky automobilu přístrojem Bosch

1. Základní nabídka sériové diagnostiky řídicí jednotky motoru

Do základní nabídky sériové diagnostiky byla zjištěna tato data:

- Identifikace.
- Paměť závad.
- Skutečné hodnoty.
- Akční členy.
- Test komprese.
- Porovnání volnoběžných otáček.
- Porovnání množství.

Identifikace slouží pro zjištění čísla řídicí jednotky, které musí souhlasit s výrobním štítkem řídicí jednotky motoru vozidla. Pokud toto číslo nesouhlasí, pak byla provedena výměna vnitřních částí paměti řídicí jednotky.

Test akčních členů slouží ke zjištění komunikace akčních členů s řídicí jednotkou. Diagnostický tester vyvolá podmět k řídicí jednotce a ta vyzkouší komunikaci mezi ní a jednotlivými akčními členy.

Test komprese je vyvolán diagnostickým testerem pro zjištění relativního opotřebení jednotlivých válců. Tato metoda zjišťování technického stavu motoru je rychlejší než měření kompresních tlaků kompresiometrem, ale nedá se zjistit přímo konkrétní hodnota opotřebení. Pouze opotřebení válců vůči sobě, měřené v procentuálních hodnotách. Další hodnoty jsou rozepsány níže.

2. Vyčtení paměti závad

Při vyčtení paměti závad nebyla zjištěna žádná závada. Do této paměti jsou zaznamenávány závady bezprostředně po zapnutí zapalování i během činnosti motoru. Po vypnutí zapalování se tato paměť částečně vymaže. Pokud se závada nebude již při dalším zapnutí klíčku projevovat, bude tato závada označena řídicí jednotkou jako „sporadická“ a po 5 startech motoru bez závady se sporadická závada smaže.

Pokud se závada objevuje stále, pak je tato závada vyhodnocena řídicí jednotkou jako „statická“, zapíše se do polopřepisovatelné paměti. Některé tyto závady mohou být příčinou snížením výkonu, zpožděnou reakcí akčních členů nebo nemožností nastartovat motor. Lze tedy usuzovat, že pokud motor nemá žádné závady, je po elektrické části v pořádku.

3. Skutečné hodnoty

Skutečné hodnoty zaznamenávají v reálném čase hodnoty provozních veličin ovlivňující chod motoru a jeho charakteristiky. Mezi tyto parametry, které lze zjistit diagnostickým přístrojem, patří:

- Otáčky motoru.
- Aktuální hodnota tlaku v zásobníku paliva.
- Požadovaný tlak v zásobníku.
- Snímač polohy plynového pedálu 1, 2.
- Měřič hmotnosti vzduchu, napětí.
- Aktuální hmotnost vzduchu.
- Požadovaná hmotnost vzduchu.
- Teplota chladicí kapaliny.
- Teplota nasávaného vzduchu.
- Napětí akumulátoru.
- Plnicí tlak/tlak v sacím potrubí.
- Atmosférický tlak.
- Rychlost jízdy.
- Napětí kondenzátoru.
- Vstřikované množství.
- Start pilotního vstřiku.
- Vstřikovací doba pilotního vstřiku.
- Start hlavního vstřiku.
- Poměr sepnutí ventilu plnicího tlaku.
- Střída ventilu regulace tlaku.
- Kontrolka závad.
- Kontrolka tempomatu.
- Kontrola předžhavení.
- Hlavní relé žhavení.

- Relé klimatizace.
- Relé elektrického palivového čerpadla.
- Ventilátor chladiče 1.
- Ventilátor chladiče 2.

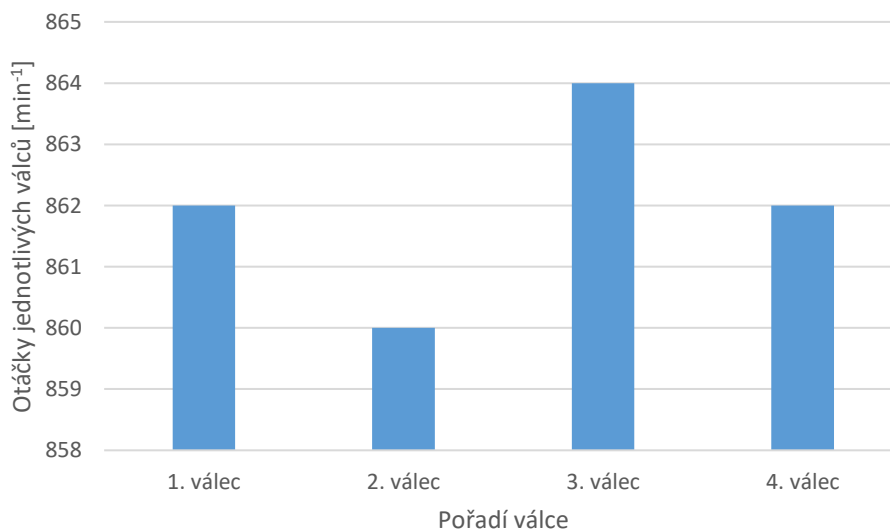
Z celkového počtu 39 měřených parametrů snímačů nebo akčních členů lze zobrazit najednou pouze 8, nezávisle na sobě.

4. Porovnání volnoběžných otáček

Tato možnost sériové diagnostiky umožňuje zjistit otáčky jednotlivých „válců“ motoru (**Tabulka 1, Obr. 30**). Jejich odchylka by neměla být větší než 5 %. Měřené otáčky motoru automobilu byly tedy v toleranci.

Tabulka 1: Porovnání volnoběžných otáček

Pořadí válce	Otáčky jednotlivých válců [min ⁻¹]
1. válec	862
2. válec	860
3. válec	864
4. válec	862



Obr. 30: Porovnání jednotlivých otáček motoru automobilu

5. Porovnání vstřikovaného množství

Porovnání vstřikovaného množství se provádí u zahřátého motoru na provozní teplotu pro korekci volnoběžných otáček. Zvolený vůz byl čtyřválcový, a tedy jeho běh není plně kultivovaný, jako například u šestiválcového motoru. Pokud tato korekce je v absolutní hodnotě menší než hodnota $4 \text{ mm}^3 \cdot \text{zdvih}^{-1}$, pak je motor v dobré kondici a není výrazně opotřebovaný. Změřené hodnoty v **tabulce 2** jsou v toleranci.

Tabulka 2: Porovnání vstřikovaného množství

Pořadí válce	Vstřikované množství [$\text{mm}^3 \cdot \text{zdvih}^{-1}$]
1. válec	0,06
2. válec	- 0,59
3. válec	- 0,89
4. válec	1,04

7.1.2 Výsledky sériové diagnostiky automobilu přístrojem SuperVag

1. Základní nabídka sériové diagnostiky řídicí jednotky motoru

Do základní nabídky sériové diagnostiky patří:

- Identifikace řídicí jednotky.
- Čtení paměti závad.
- Čtení bloku naměřených hodnot.
- Konec komunikace.

Podrobný popis a vyhodnocení bylo popsáno v kapitole 7.1.1.

2. Čtení paměti závad

Při vyčtení paměti závad nebyla zjištěna žádná závada. Podrobný popis s vyhodnocením byl popsán v kapitole 7.1.1.

3. Čtení bloku naměřených hodnot

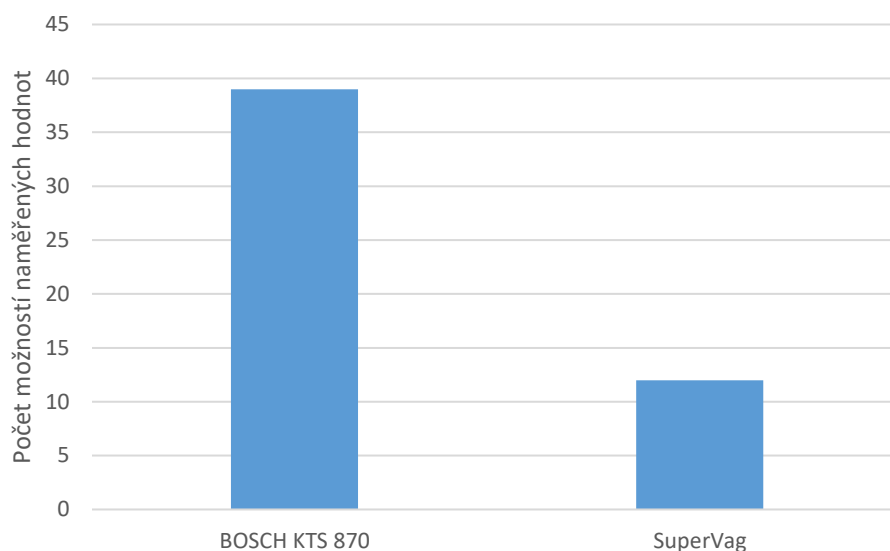
V bloku naměřených hodnot se zaznamenávají hodnoty snímačů nebo akčních členů v reálném čase. Tyto veličiny jsou zobrazovány v rámci prostředí osciloskopu. Hodnoty, které lze zjistit, jsou tyto:

- Absolutní tlak paliva.
- Množství vzduchu dodávaného do motoru.
- Otáčky motoru.
- Poloha pedálu akcelerátoru.
- Poměr max/min lambda sondy 1. řady v. 2.
- Poměr max/min lambda sondy 2. řady v. 1.
- Rychlost vozidla.
- Teplota chladicí kapaliny motoru.
- Teplota nasávaného vzduchu – G89.
- Tlak paliva, skutečná hodnota.
- Tlak v sacím potrubí.
- Zatížení motoru.

Z celkového počtu 12 veličin snímačů nebo akčních členů lze zobrazit najednou pouze 4, nezávisle na sobě.

7.1.3 Porovnání možností sériové diagnostiky automobilu

Základním rozdílem v možnostech sériové diagnostiky je kapitola možností naměřených (skutečných) hodnot přímo řídicí jednotkou motoru (**Obr. 31**). Zde nám přístroj KTS 870 nabízí mnohonásobně více možností, jak zjistit hodnoty snímačů a akčních členů, které posílají své signály do řídicí jednotky. Tato skutečnost umožňuje lepší povědomí o technickém stavu vysokotlakého systému s tlakovým zásobníkem Common-rail než s přístrojem SuperVag. Přístroj SuperVag nabízí méně možností.



Obr. 31: Výsledný počet možností naměřených hodnot automobilu

7.1.4 Výsledky měření v paralelní diagnostice automobilu

Výsledky měření elektrického odporu vinutí elektromagnetu vstřikovače paliva

Naměřené hodnoty (**Tabulka 3**) se v rámci jednotlivých válců sice liší o více než 10 %, ale na počátek dodávky paliva a její velikost nemá tento rozdíl vliv.

Tabulka 3: Hodnoty elektrického odporu

Vybraný válec	Naměřená hodnota [Ω]
1. válec	1,2
2. válec	0,86
3. válec	0,80
4. válec	1,02

Výsledky měření elektrického odporu vinutí elektromagnetu dávkovacího ventilu

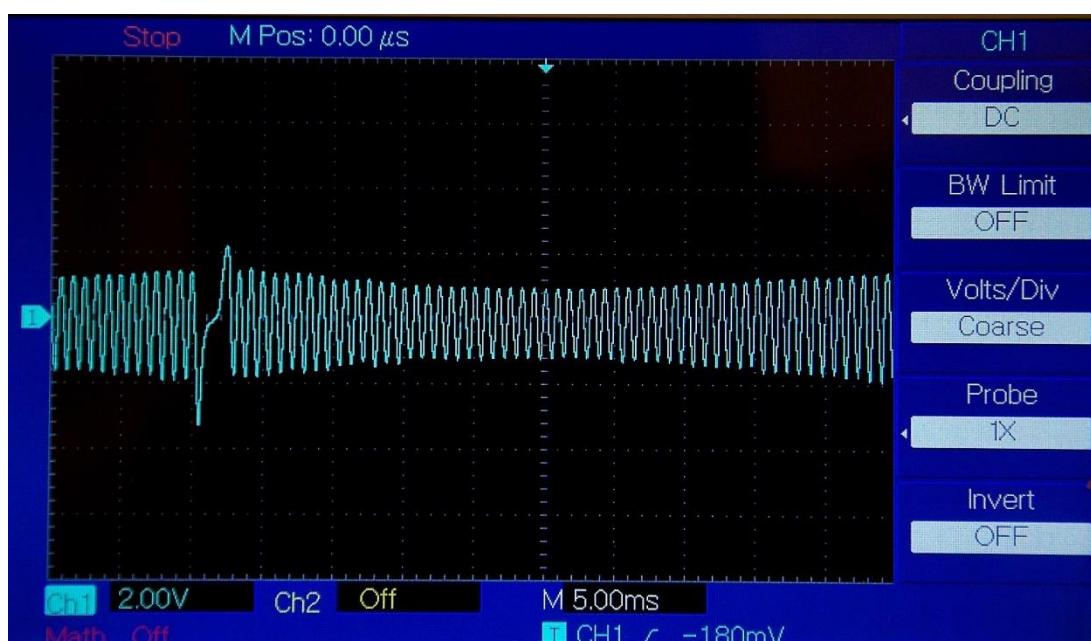
Při měření elektrického odporu vinutí elektromagnetu dávkovacího ventilu umístěného na tlakovém zásobníku v automobilu byla naměřena hodnota 1,8 Ω . Jelikož se jedná o malý ventil, je tato hodnota v toleranci.

Výsledky měření elektrického odporu vinutí cívky snímače otáček klikového hřídele

Při měření elektrického odporu vinutí cívky indukčního snímače otáček klikového hřídele motoru byla naměřena hodnota 711Ω . Tato hodnota je v toleranci, protože běžně hodnota elektrického odporu tohoto typu snímače se pohybuje od 500Ω do $2 \text{ k}\Omega$.

Výsledky měření elektrického signálu snímače otáček klikového hřídele

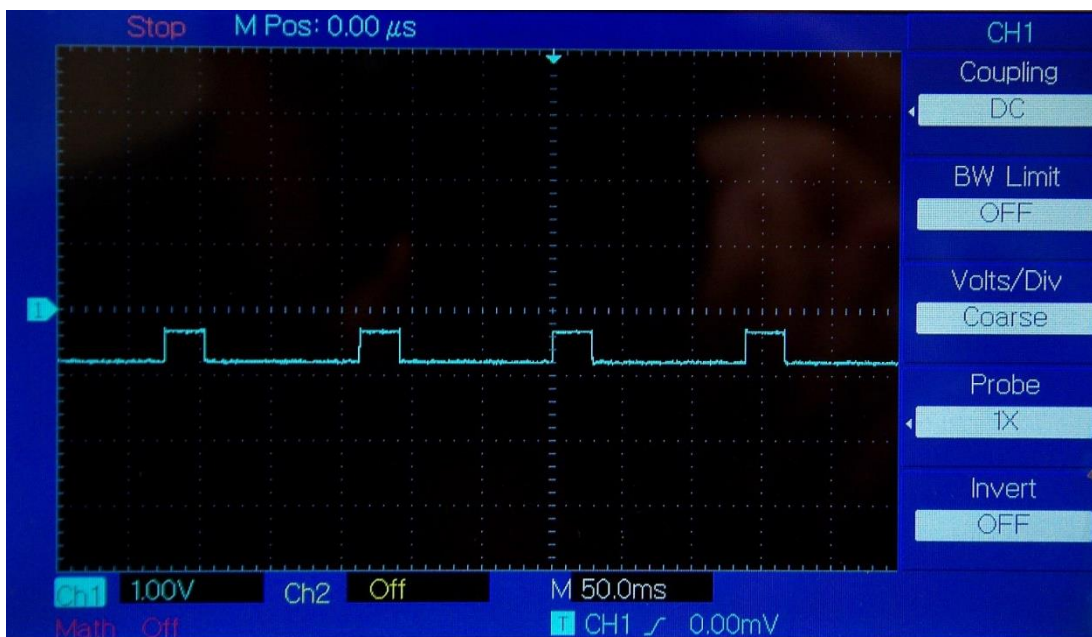
Na základě měření elektrického signálu snímače otáček klikového hřídele byl zjištěn typ snímače – indukční snímač (**Obr. 32**). Na tomto snímači nebyla zjištěna žádná závada, která by mohla způsobovat např.: výpadky vstřikování, nemožnost nastartovat vozidlo aj.



Obr. 32: Zobrazený signál indukčního snímače polohy a otáček klikového hřídele automobilu

Výsledky měření elektrického signálu snímače polohy vačkového hřídele

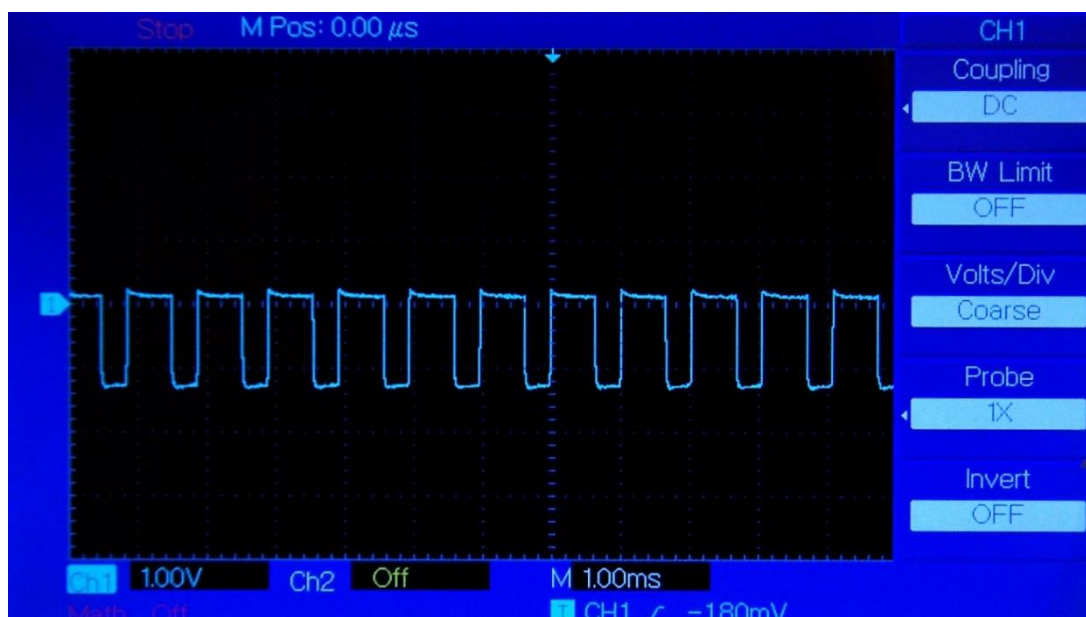
Na základě měření elektrického signálu snímače polohy vačkového hřídele byl zjištěn typ snímače – Hallův snímač (**Obr. 33**). Na tomto snímači nebyla zjištěna žádná závada, která způsobuje výpadky vstřikování. Dále po měření bylo zjištěno, že se jedná o starší konstrukci Hallova snímače, protože hodnota logické „0“, tedy 0 V až $0,8 \text{ V}$, je stejná. Tudiž nelze motor nastartovat na jedno otočení klikového hřídele.



Obr. 33: Zobrazený signál indukčního snímače polohy a otáček vačkového hřídele automobilu

Výsledky měření elektrického signálu dávkovacího ventilu

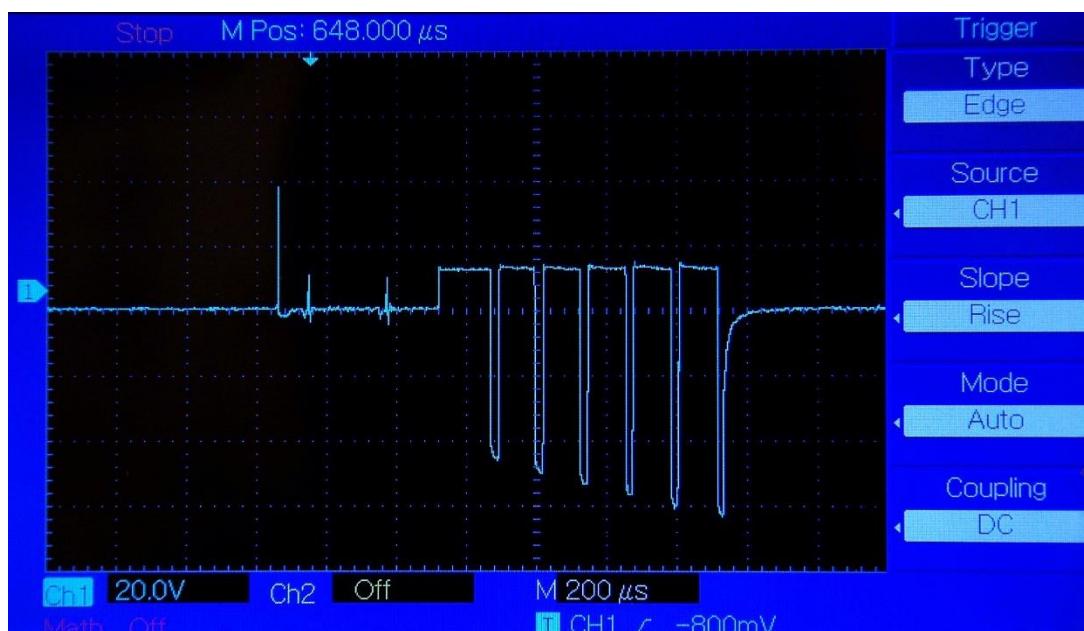
Na základě měření elektrického signálu dávkovacího ventilu lze zjistit, že je ovládán PWM signálem, tedy pulzně šířkovou modulací (**Obr. 34**). Tento signál vydává řídicí jednotka a dávkovací ventil řídí střídou. Pokud je tento signál přiveden na ventil a ventil nereaguje (není v činnosti), musí se provést kontrola multimetrem nebo dávkovací ventil vyměnit.



Obr. 34: Zobrazený signál měřený na dávkovacím ventilu automobilu

Výsledky měření elektrického signálu napětí na vstřikovači

Na základě měření elektrického signálu (**Obr. 35**) lze usoudit, že vstřikovač je ovládán správně. Pokud by bylo vinutí elektromagnetu vstřikovače poškozeno, měl by signál více šumu, menší amplitudu a nesprávné dávkování paliva do spalovacího prostoru.



Obr. 35: Zobrazený signál měřený na vstřikovači 1. válce automobilu

Výsledky měření hlučnosti vstřikovače při daných otáčkách motoru

Na základě měření byla zjištěna hlučnost vstřikovače 1. válce spalovacího motoru automobilu (**Tabulka 4**). Naměřená hodnota bude porovnána s hodnotou hlučnosti vstřikovače výukového panelu v další kapitole. Otáčky motoru byly měřeny otáčkoměrem vozidla.

Tabulka 4: Měření hlučnosti vstřikovače

Zkoušené otáčky [min^{-1}]	Naměřená hodnota [dB]
1000	98,4
2000	108,5
3000	120,3

Výsledky měření teploty vstřikovače

Za základě měření byla zjištěna teplota jednotlivých vstřikovačů při běhu motoru na volnoběh (**Tabulka 5**). Jednotlivé hodnoty se výrazněji nelišily, tudíž lze usuzovat na konstantní opotřebení vstřikovačů bez náznaku poruchy. Naměřené hodnoty budou porovnány s hodnotami naměřenými na výukovém panelu v další kapitole.

Tabulka 5: Výsledky naměřených hodnot teplot vstřikovačů v čase na vozidle

Vybraný válec	Teplota při začátku zkoušky vstřiku [°C]	Teplota po 10 minutách vstřikování [°C]	Teplota po 20 minutách vstřikování [°C]
1.	22,2	68,4	90,5
2.	21,9	67,3	90,2
3.	22	67,9	89,8
4.	22,4	68,5	90,2

7.2 Výsledky měření na výukovém panelu palivové soustavy

7.2.1 Výsledky sériové diagnostiky výukového panelu palivové soustavy přístrojem Bosch KTS 870

1. Základní nabídka sériové diagnostiky řídicí jednotky motoru

Do základní nabídky sériové diagnostiky patří:

- Identifikace.
- Paměť závad.
- Skutečné hodnoty.
- Akční členy.
- Test komprese.
- Porovnání volnoběžných otáček.
- Porovnání množství.

Byla zjištěna stejná nabídka jako u sériové diagnostiky automobilu v kapitole 7.1.1.

2. Vyčtení paměti závad

Při vyčtení paměti závad bylo zjištěno celkem 7 závad (**Tabulka 6**). V této tabulce je konkrétní čtyřmístné číslo závady a samotný název závady. Byly zde zjištěny závady, které nemají přímý vliv na funkci panelu. Většinou se jedná o komunikaci s ostatními řídicími jednotkami, které fyzicky na panelu palivové soustavy Common-rail nejsou. Tyto závady jsou statické. Ostatní závady, synchronizace vačkové hřídele ke klikové hřídeli a napětí vstřikovače válce 1 a 4, jsou sporadické, tudíž se vyskytují pouze někdy podle navolené simulace. Závady se již při dalším startu neprojeví a nebyly dále již zobrazovány.

Tabulka 6: Výpis závad panelu

Číslo závady	Název závady	Doplňující informace závady
0600	Sériová datová sběrnice CAN	–
1221	Porucha komunikace CAN ASR/EGS	Porucha funkce
1481	Výpadek žhavicích svíček	Výpadek žhavicí svíčky 1
1254	Synchronizace vačkové ke klikové hřídeli	–
0105	Snímač tlaku přeplňování	Nevěrohodný signál
1661	Napětí vstřikovače válce 1 a 4	Napětí je příliš nízké
1482	Koncový stupeň žhavení	Chyba komunikace

3. Možnosti načtení skutečných hodnot

Skutečné hodnoty zaznamenávají v reálném čase hodnoty provozních veličin ovlivňující chod motoru a jeho charakteristiky. Mezi tyto parametry, které lze zjistit diagnostickým přístrojem, patří:

- 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.

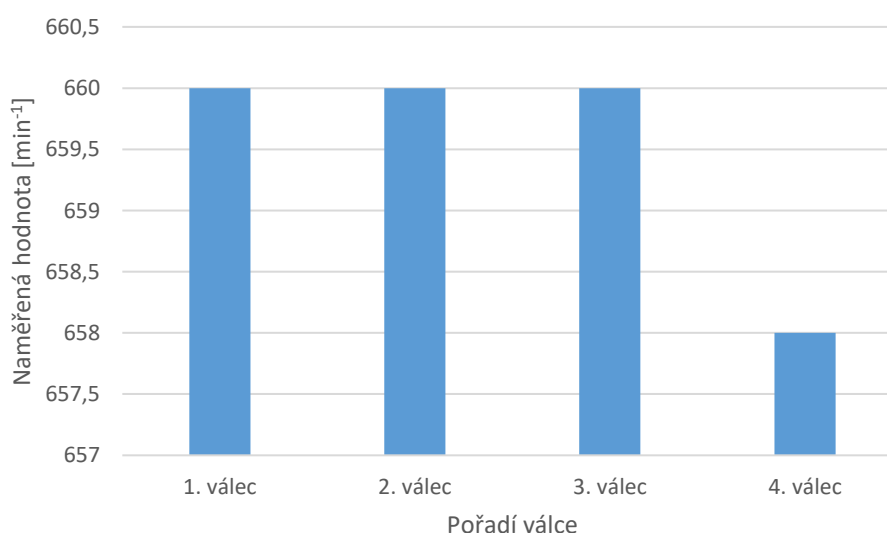
Bližší podrobnosti o možnostech načtení skutečných hodnot byly zpracovány v kapitole 7.1.1.

4. Porovnání volnoběžných otáček

Tato možnost sériové diagnostiky umožňuje zjistit otáčky jednotlivých „válců“ motoru výukového panelu (**Tabulka 7, Obr. 36**). Jejich odchylka by neměla být větší než 5 %. Měřené otáčky motoru výukového panelu byly tedy v toleranci.

Tabulka 7: Porovnání jednotlivých hodnot volnoběžných otáček jednotlivých válců

Pořadí válce	Naměřená hodnota [min^{-1}]
1. válec	660
2. válec	660
3. válec	660
4. válec	658



Obr. 36 Porovnání jednotlivých otáček motoru výukového panelu

5. Porovnání vstřikovaného množství

Porovnání vstřikovaného množství motorové nafty je podrobně zpracováno v kapitole 7.1.1. Naměřená hodnota se v absolutní hodnotě liší o více než o $4 \text{ mm}^3 \cdot \text{zdvih}^{-1}$ (**Tabulka 8**). To znamená, že se řídicí jednotka maximálně snaží korigovat vstřikovanou dávkou paliva chod motoru. Jelikož je zde vyrovnáván spíše chod vysokotlakého palivového čerpadla než poháněcího elektromotoru, je tato korekce 2. válce v maximální hodnotě.

Tabulka 8: Porovnání vstřikovaného množství při volnoběhu

Pořadí válce	Vstřikované množství [$\text{mm}^3 \cdot \text{zdvih}^{-1}$]
1. válec	- 0,9
2. válec	- 4,5
3. válec	2,1
4. válec	3,5

7.2.2 Výsledky sériové diagnostiky výukového panelu palivové soustavy přístrojem SuperVag

1. Načtení paměti závad

Při načtení paměti závad výukového panelu palivové soustavy přístrojem SuperVag nebyla zjištěna žádná závada. Navíc doba načítání paměti závad byla výrazně delší než u automobilu, i když se jedná o stejný typ vstřikování.

2. Čtení bloku naměřených hodnot

V bloku naměřených hodnot se zaznamenávají hodnoty snímačů nebo akčních členů v reálném čase. Tyto veličiny jsou zobrazovány v rámci prostředí osciloskopu. Hodnoty, které lze zjistit, jsou tyto:

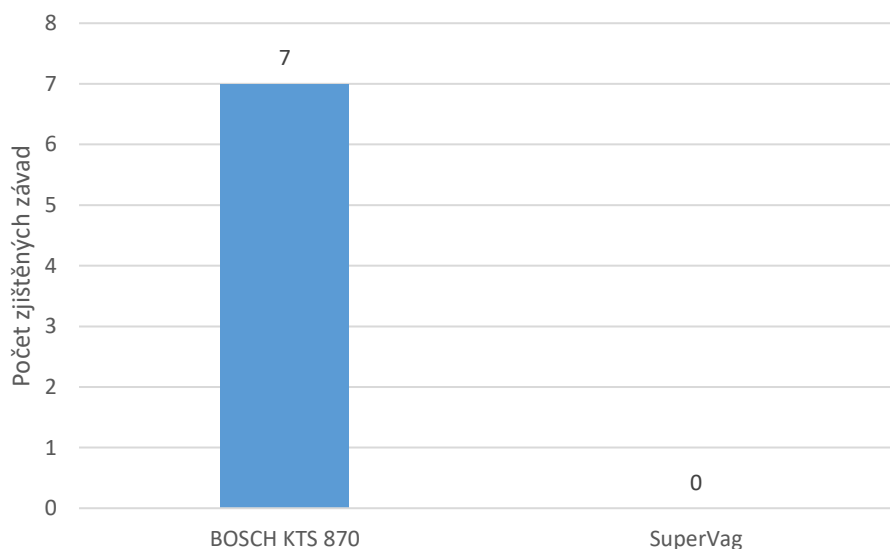
- Absolutní tlak paliva.
- Množství vzduchu dodávaného do motoru.
- Otáčky motoru.
- Poloha pedálu akcelérátoru.
- Poměr max/min lambda sondy 1. řada v. 2.
- Poměr max/min lambda sondy 2. řada v. 1.
- Rychlost vozidla.

- Teplota chladicí kapaliny motoru.
- Teplota nasávaného vzduchu – G89.
- Tlak paliva, skutečná hodnota.
- Tlak v sacím potrubí.
- Zatížení motoru.

Další možnosti sériové diagnostiky výukového panelu přístrojem SuperVag nejsou v rámci diagnostického programu k dispozici.

7.2.3 Porovnání možností sériové diagnostiky na výukovém panelu palivové soustavy

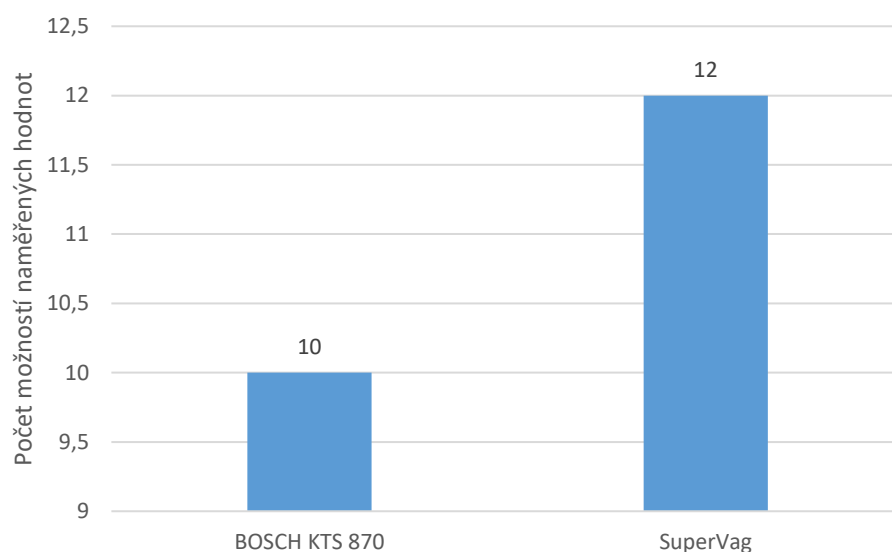
V této kapitole autor porovnal množství zjištěných závad jednotlivými přístroji na výukovém panelu. Je zřejmé, **Obr. 37**, že přístrojem Bosch KTS 870 bylo zjištěno celkem 7 závad a přístroje SuperVag žádná. Sériová diagnostika probíhala následně po sobě bez vypnutí klíčku zapalování, aby byly zajištěny předepsané a porovnatelné podmínky diagnostiky.



Obr. 37: Porovnání zjištěných závad jednotlivými přístroji na výukovém panelu

Dále byl porovnán počet možností načtení skutečných hodnot snímačů a akčních členů (**Obr. 38**). Přístroj Bosch KTS 870 na výukovém panelu dokázal zjistit přes řídicí jednotku 10 hodnot a přístroj SuperVag 12 hodnot. Je zajímavé v porovnání s předchozím obrázkem, kde přístroj SuperVag nenačetl žádnou závadu, ale dokázal zjistit více hodnot od řídicí jednotky o snímačích a akčních členech.

Může to být způsobeno softwarovou úpravou programu SuperVag zaměřenou spíše na zjištění skutečných hodnot.



Obr. 38: Porovnání možností naměřených hodnot jednotlivými přístroji na výukovém panelu

7.2.4 Výsledky měření v paralelní diagnostice výukovém panelu palivové soustavy

Výsledky měření elektrického odporu vinutí cívky vstřikovače paliva

Naměřené hodnoty elektrického odporu vinutí cívky vstřikovače paliva palivové soustavy panelu palivové soustavy jsou zaznamenány v **tabulce č. 9**. Z naměřených hodnot vyplývá, že elektrický odpor naměřený na 1. válci je výrazně nižší než u ostatních. Přesto tato hodnota nemá vliv na funkci vstřikovače. Pokud by hodnota byla 0Ω , pak by nastal mezizávitový zkrat.

Tabulka 9: Změřené hodnoty elektrického odporu cívky vstřikovače

Vybraný válec	Naměřená hodnota [Ω]
1. válec	0,27
2. válec	0,77
3. válec	0,58
4. válec	0,97

Výsledky měření elektrického odporu vinutí cívky dávkovacího ventilu

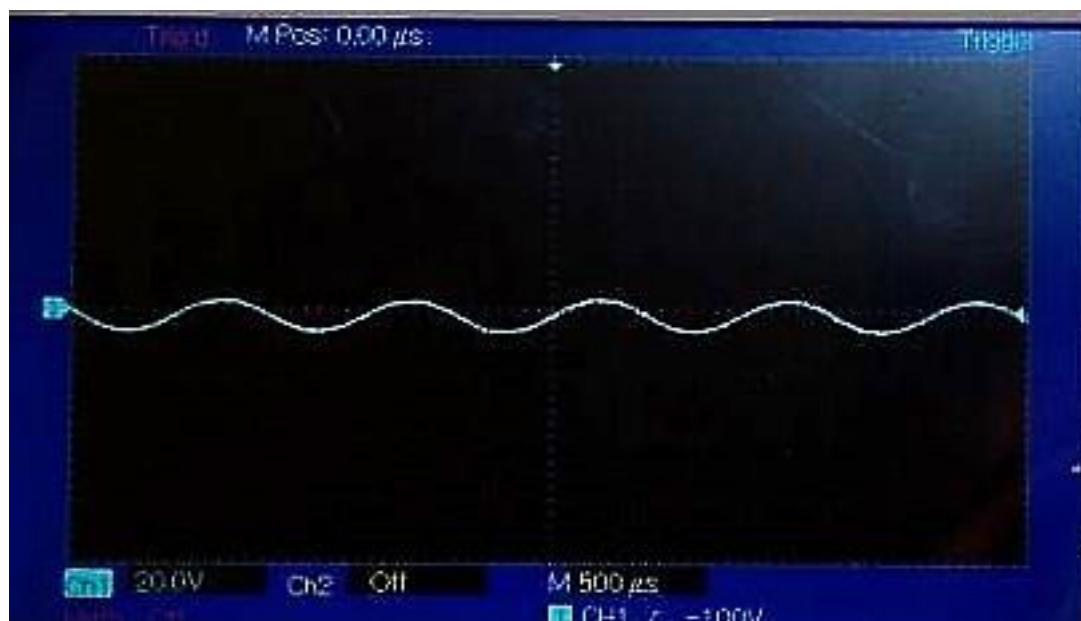
Při měření elektrického odporu vinutí elektromagnetu dávkovacího ventilu umístěném na tlakovém zásobníku výukového panelu byla naměřena hodnota 2,2 Ω .

Výsledky měření elektrického odporu vinutí cívky snímače otáček klikového hřídele

Při měření elektrického odporu vinutí cívky indukčního snímače otáček klikového hřídele výukového panelu byla naměřena hodnota 667 Ω .

Výsledky měření elektrického signálu snímače otáček klikového hřídele

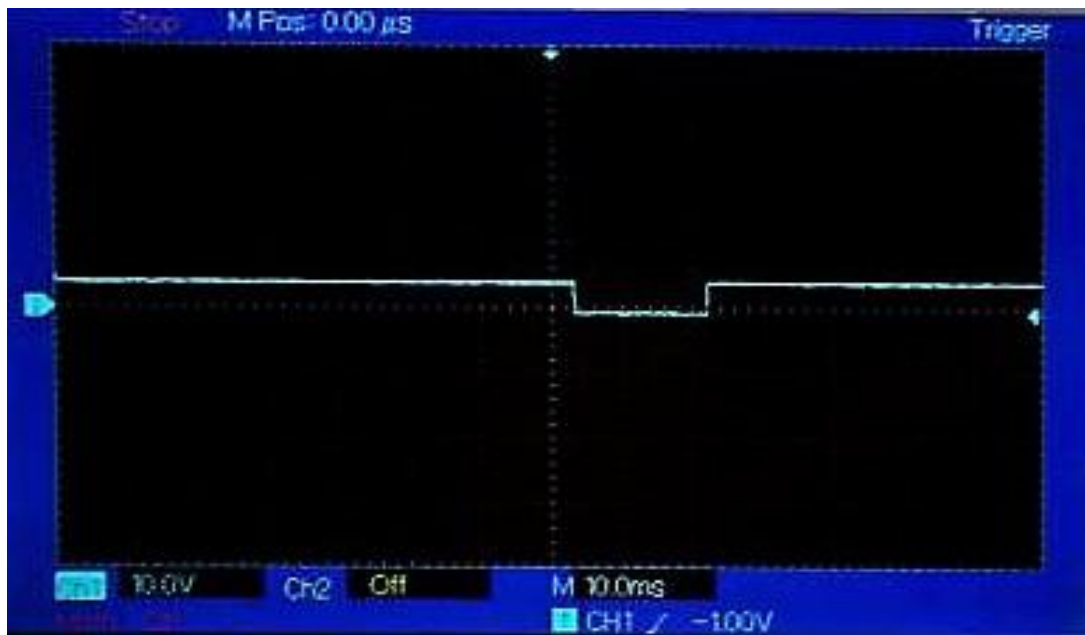
Na základě měření elektrického signálu byl zjištěn stejný typ snímače otáček klikového hřídele výukového panelu palivové soustavy jako u automobilu – indukční snímač otáček (**Obr. 39**).



Obr. 39: Zobrazený signál indukčního snímače polohy a otáček klikového hřídele výukového panelu

Výsledky měření elektrického signálu snímače polohy vačkového hřídele

Na základě měření elektrického signálu byl zjištěn stejný typ snímače polohy vačkového hřídele výukového panelu palivové soustavy jako u automobilu – Hallův snímač (**Obr. 40**). Jelikož má jen jednu značku pro určení polohy motoru, jsou nutné pro start motoru dvě otáčky klikového hřídele.



Obr. 40: Zobrazený signál indukčního snímače polohy a otáček vačkového hřídele výukového panelu

Výsledky měření elektrického signálu dávkovacího ventilu

Na základě měření elektrického signálu dávkovacího ventilu bylo zjištěno stejné ovládání řídicí jednotkou jako u dávkovacího ventilu automobilu – tedy PWM signálem (**Obr. 41**).



Obr. 41: Zobrazený signál měřený na dávkovacím ventilu výukového panelu

Výsledky měření elektrického signálu napětí na vstřikovači

Na základě měření elektrického signálu (**Obr. 42**) lze usoudit, že vstřikovač je ovládán správně. Pokud by bylo vinutí elektromagnetu vstřikovače poškozeno, měl by signál více šumu, menší amplitudu a nesprávné dávkování paliva do spalovacího prostoru. Vůči vstřikovači na vybraném automobilu je jistá odlišnost způsobená opotřebením nebo jiným kódováním.



Obr. 42: Zobrazený signál měřený na vstřikovači 1. válce výukového panelu

Výsledky měření hlučnosti vstřikovače při daných otáčkách motoru

Na základě měření byla zjištěna hlučnost vstřikovače 1. válce při daných otáčkách při zahřátém motoru na provozní teplotu. Je zde vidět postupný nárůst hodnot podle navyšování zkoušených otáček (**Tabulka 10**). Otáčky motoru byly odečítány na ukazateli výukového panelu palivové soustavy.

Tabulka 10: Změřené hodnoty hladiny hluku při daných otáčkách motoru výukového automobilu

Zkoušené otáčky [min^{-1}]	Naměřená hodnota [dB]
1000	85,4
2000	96,3
3000	97,8

Výsledky měření teploty vstřikovače při zahřátém motoru

Za základě naměřených hodnot byla zjištěna teplota jednotlivých vstřikovačů při volnoběhu (**Tabulka 11**). Jednotlivé hodnoty se výrazněji nelišily, tudíž lze usuzovat na konstantní opotřebení vstřikovačů bez náznaku poruchy. Naměřené hodnoty budou porovnány s hodnotami naměřenými na výukovém panelu v další kapitole.

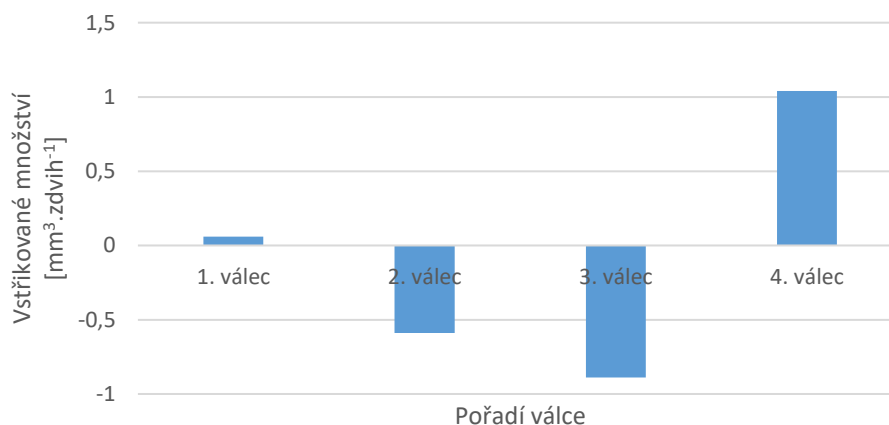
Tabulka 11: Výsledky naměřených hodnot teplot vstřikovačů v čase na výukovém panelu

Vybraný válec	Teplota při začátku zkoušky vstřiku [°C]	Teplota po 10 minutách vstřikování [°C]	Teplota po 20 minutách vstřikování [°C]
1.	21,9	27,7	30,3
2.	21,7	28,7	30,7
3.	21,8	27,7	29,7
4.	21,7	28,3	30,5

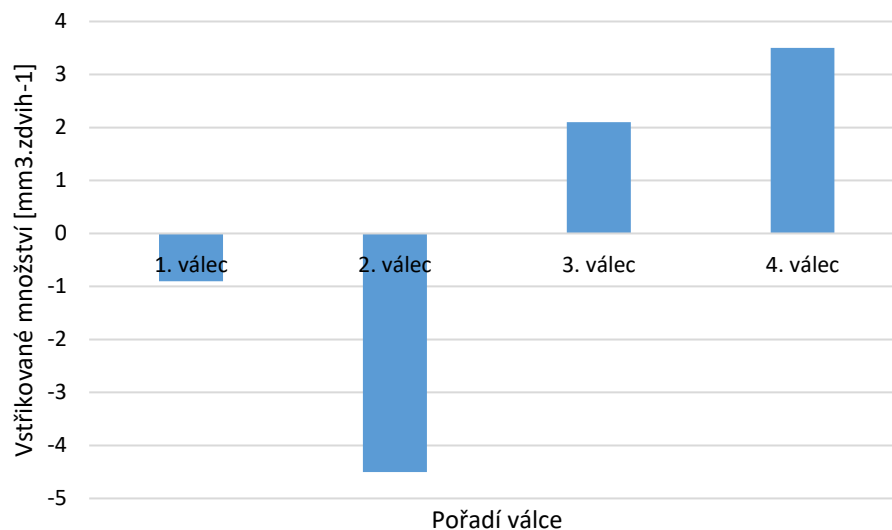
7.3 Porovnání naměřených hodnot u automobilu a na výukovém panelu palivové soustavy

Porovnání vstřikovaného množství při volnoběhu

V rámci porovnání vstřikovaného množství u automobilu a na výukového panelu byly zachovány stejné počáteční podmínky, tj. motor zahřátý na provozní teplotu a motor běží na volnoběh. U automobilu (**Obr. 43**) je maximální rozdíl $1,93 \text{ mm}^3 \cdot \text{zdvih}^{-1}$, u výukového panelu (**Obr. 44**) $8 \text{ mm}^3 \cdot \text{zdvih}^{-1}$.



Obr. 43: Porovnání vstřikovaného množství paliva pro korekci chodu motoru automobilu

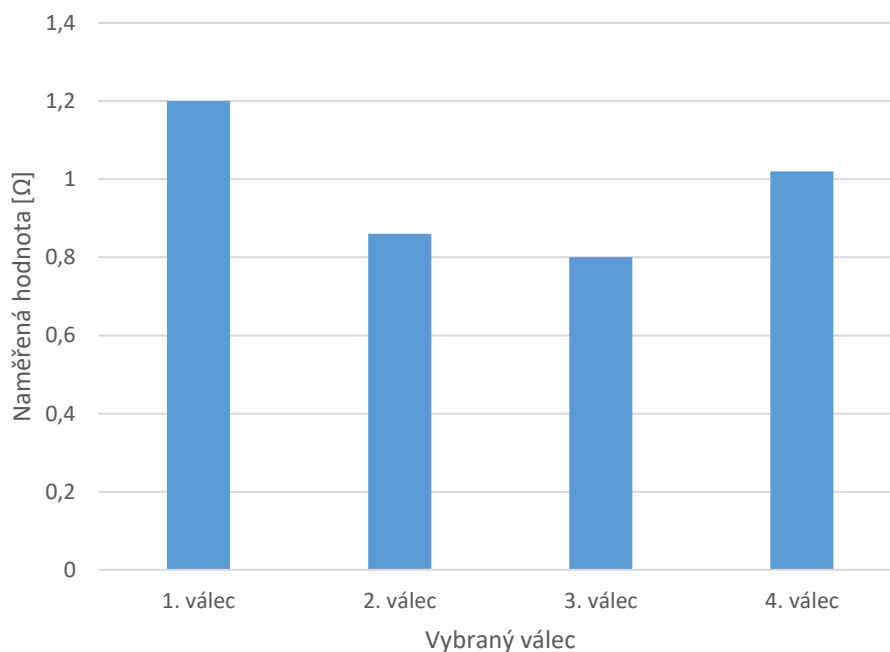


Obr. 44: Porovnání vstřikovaného množství paliva pro korekci chodu motoru výukového panelu

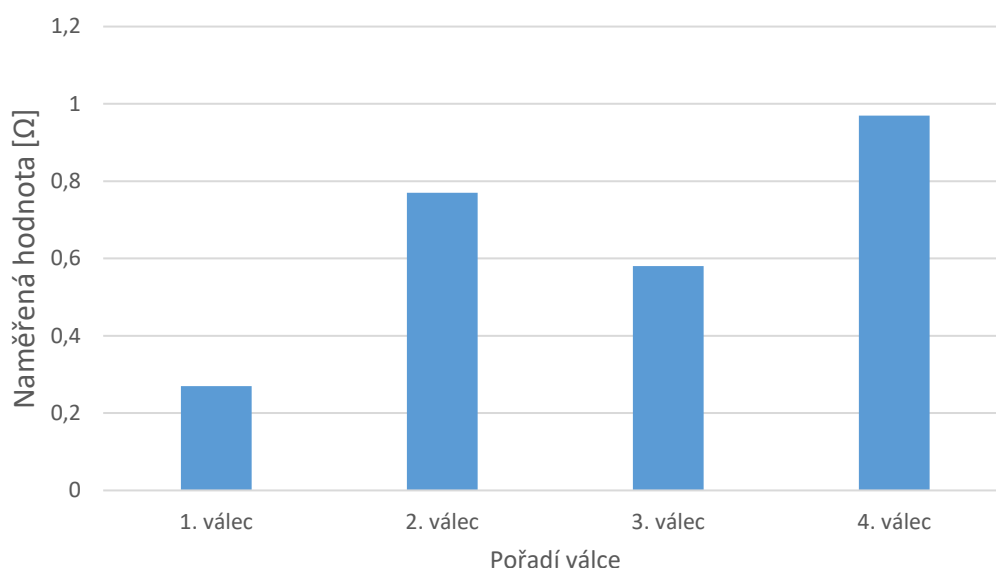
Pro vyrovnání chodu nepoškozeného funkčního motoru je maximální rozdíl $4 \text{ mm}^3 \cdot \text{zdvih}^{-1}$. Tudíž lze usuzovat, že motor automobilu je bez poškození. Výukový panel nemá setrvačnick, ani spalovací motor, a tudíž se vyrovnává chod pouze třípístového vysokotlakého palivového čerpadla. Navíc při volnoběhu řídicí jednotka odpojuje jeden píst z důvodu snížení energetické náročnosti pohonu čerpadla. Vstřikovače tedy korigují čerpadlo, které není vyváženo dynamicky, a tedy hodnota $8 \text{ mm}^3 \cdot \text{zdvih}^{-1}$ je v pořádku.

Výsledky měření elektrického odporu vinutí cívky vstřikovače paliva

Na základě naměřených hodnot elektrického odporu vinutí cívky vstřikovače, který je stejný konstrukčně i typově stejný u automobilu a u výukového panelu, lze usuzovat na technický stav vinutí. Na vybraném automobilu byl menší rozdíl naměřených hodnot (**Obr. 45**), ale hodnoty byly celkově vyšší, zřejmě z důvodu větší tepelné zátěže, než je u výukového panelu palivové soustavy (**Obr. 46**).



Obr. 45: Porovnání elektrického odporu vinutí cívky elektromagnetu vstřikovačů jednotlivých válců motoru automobilu



Obr. 46: Porovnání elektrického odporu vinutí cívky elektromagnetu vstřikovačů jednotlivých válců výukového panelu

Výsledky měření elektrického odporu vinutí cívky dávkovacího ventilu

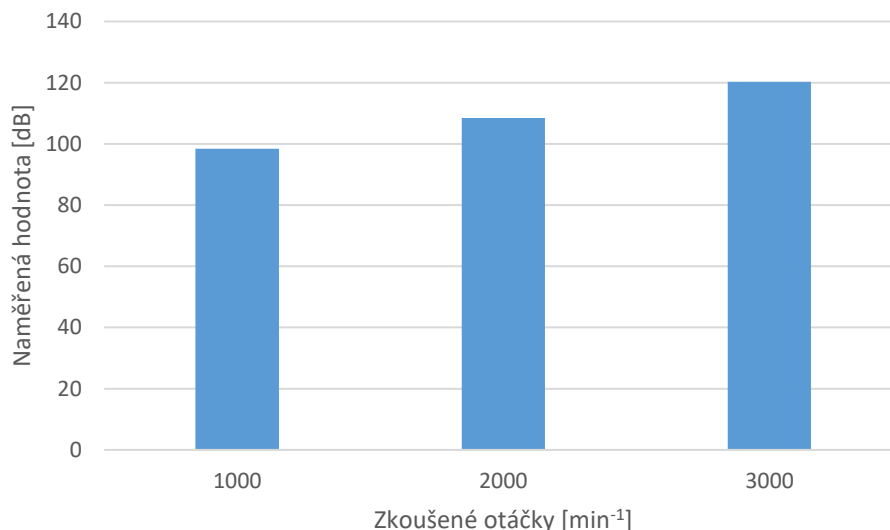
Na základě naměřených hodnot elektrického odporu dávkovacího ventilu byly zjištěny hodnoty $2,2 \Omega$ u výukového panelu palivové soustavy a $1,8 \Omega$ u automobilu. Vyšší hodnota u výukového panelu palivové soustavy konkrétní palivové soustavy může být způsobena nižší frekvencí vytíženosti řídicí jednotky motoru. Výukový panel není tak často v činnosti jako vybraný automobil.

Výsledky měření elektrického odporu vinutí cívky snímače otáček klikového hřídele

Na základě naměřených hodnot elektrického odporu vinutí cívky snímače otáček klikového hřídele byly zjištěny hodnoty 667Ω u výukového panelu palivové soustavy a 711Ω u snímače automobilu. Vyšší hodnota u automobilu může být způsobena opět pravidelným větším tepelným skokem, než je u výukového panelu palivové soustavy.

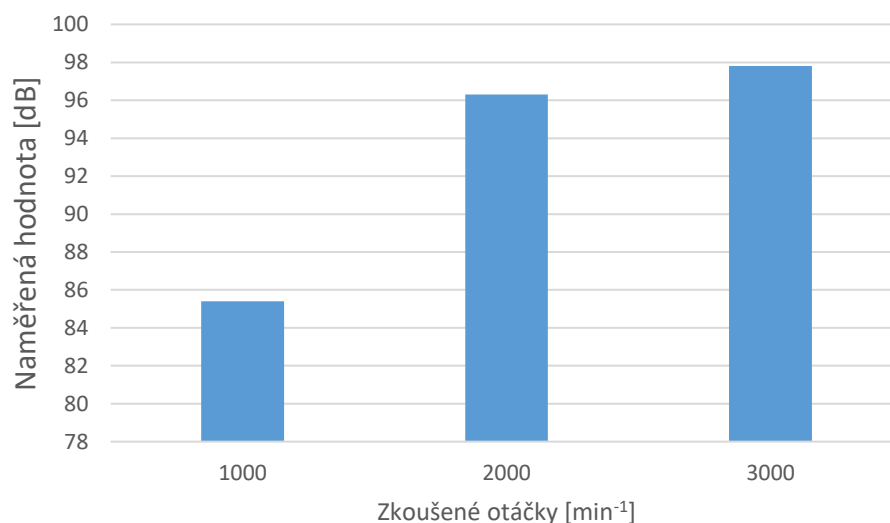
Výsledky měření hlučnosti vstřikovače při daných otáčkách motoru

Na základě naměřených hodnot hlučnosti vstřikovače 1. válce je zjevné, že funkční vstřikovač automobilu je hlučnější při všech otáčkách (**Obr. 47**). Toto je jistě způsobeno i hlučností ostatních částí spalovacího motoru, jelikož se tyto ostatní rušivé vlivy nedají vyloučit.



Obr. 47: Změřená hodnota hladiny hluku na vstřikovači 1. válce automobilu

Zajímavým zjištěním u výukového panelu (**Obr. 48**) je rozdíl hodnot mezi otáčkami motoru 1000 min⁻¹ a 2000 min⁻¹. Tento rozdíl je výrazně vyšší než u rozdílu hodnot mezi otáčkami motoru 2000 min⁻¹ a 3000 min⁻¹. Tento rozdíl může být způsobený vyšší průchodností motorové nafty do přepadu a tím i vyšší hlučností.

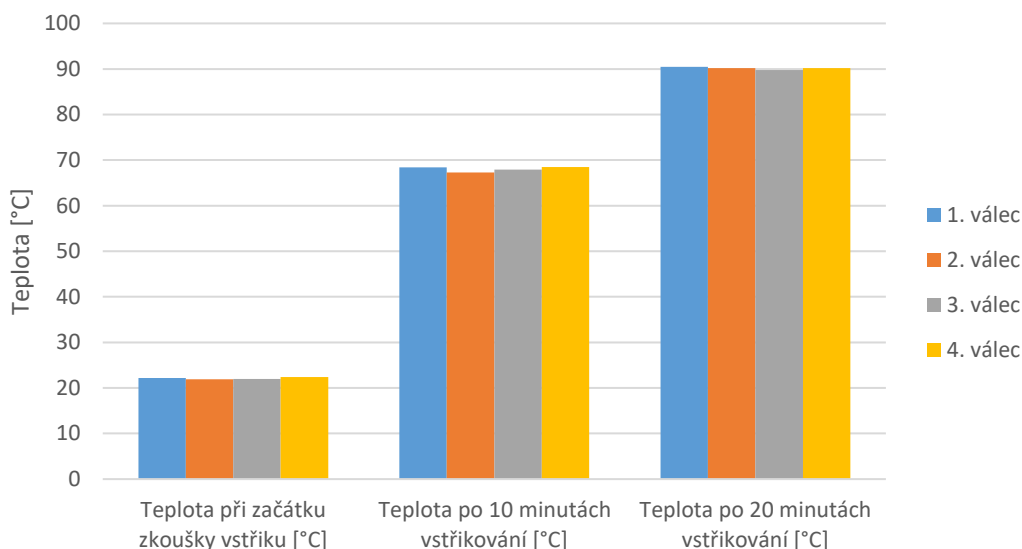


Obr. 48: Změřená hodnota hladiny hluku na vstřikovači 1. válce výukového panelu

Předepsané podmínky zkoušky hlučnosti byly stejné, tedy motor zahřátý na provozní teplotu, měření probíhalo v jedné učebně ihned po sobě při stejné teplotě.

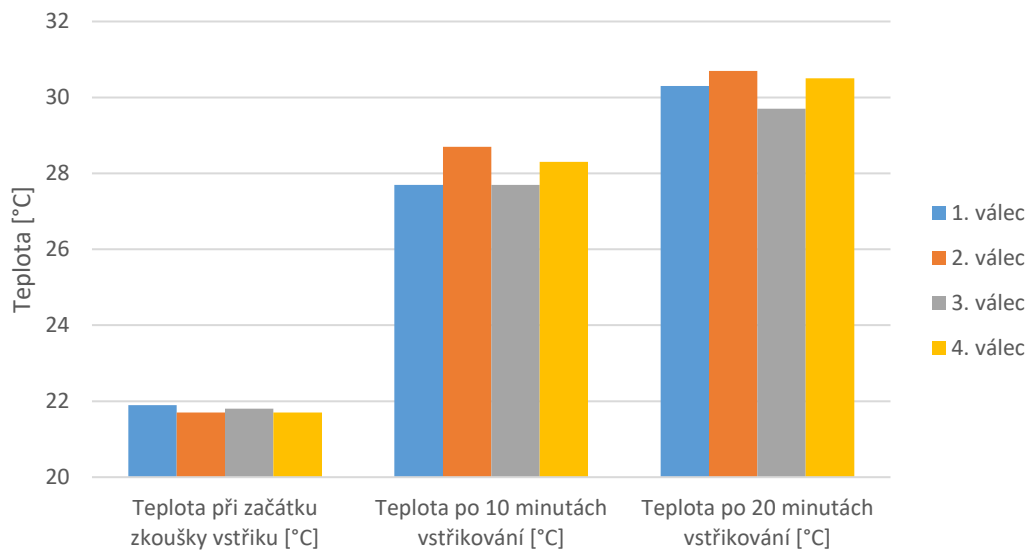
Výsledky měření teploty vstřikovače při zahřívání motoru

Na základě naměřených hodnot teploty vstřikovače lze usuzovat, že samotný vstřikovač se vstřikováním nafty nedokáže zahřát na provozní teplotu motoru. Musí být tedy zahříván zbylými částmi motoru. Vstřikovač vstřikující motorovou naftu při volnoběhu a zahřívání spalovacího motoru automobilu je zahříván nejrychleji po dobu prvních 10 minut, kdy teplota stoupla o více než 45 °C (Obr. 49). Po dalším zahřívání byla teplota vstřikovače ustálena na cca 90 °C, což je provozní teplota motoru.



Obr. 49: Zahřívání vstřikovače při volnoběžných otáčkách v daném čase měřené na automobilu

Vstřikovač vstřikující motorovou naftu při volnoběhu na výukovém panelu palivové soustavy byl zahříván pouze svou činností a motorové nafty, nikoliv ostatními součástkami (Obr. 50). Zde je vidět postupný nárůst i vzájemná odlišná teplota jednotlivých vstřikovačů, což značí, že každý vstřikovač vstřikuje odlišnou dávku včetně její korekce, která byla naměřena v této kapitole výše.



Obr. 50: Zahřívání vstřikovače při volnoběžných otáčkách v daném čase měřené na výukovém panelu

8. Závěr

V první části jsem se zabýval stručným teoretickým přehledem o vstřikování s tlakovým zásobníkem Common-rail. Tento přehled vychází z dostupné literatury. Systémy se dále vyvíjejí i přes částečný odklon výrobců automobilů od samotného vstřikování nafty. Zde se mi podařilo připravit stručný přehled systémů, ale nepodařilo se mi zjistit nejnovější trendy z hlediska opravárenství.

V další části jsem se zabýval sériovou a paralelní diagnostikou. Zde jsem došel k zajímavému závěru, že přístrojem SuperVag, který je výrazně levnější, lze zjistit více informací o výukovém panelu sériovou diagnostikou než přístrojem Bosch KTS 870. Naopak u vybraného automobilu Hyundai Santa Fe dominoval přístroj Bosch KTS 870. Při měření na panelu bylo měření výrazně jednodušší z důvodu přístupnosti všech měřených komponent. Na automobilu bylo složitější měření z důvodu umístění snímačů na téměř nepřístupných místech.

V rámci měření a porovnávání hodnot bylo zajímavé porovnání vstřikovaného množství paliva pro korekci chodu motoru automobilu a výukového panelu. Zde byly hodnoty výrazně odlišné v rozsahu naměřených hodnot u výukového panelu, toto může být způsobeno mírnou házivostí rotoru hnacího elektromotoru.

Dále naměřené hodnoty teploty vstřikovače vykazovaly můj předpoklad pozvolného nárůstu u výukového panelu. Ale při měření na automobilu byly zjištěny poměrně vysoké hodnoty. Může to být způsobeno chlazením bez náporu vzduchu, tedy pouze chlazením motoru.

Přehled použité literatury a zdrojů

- [1] GSCHEIDLE, Rolf. Příručka pro automechanika. 3., přeprac. vyd. Přeložil Iva MICHŇOVÁ, přeložil Zdeněk MICHŇA, přeložil Jiří HANDLÍŘ. Praha: Europa-Sobotáles, 2007. ISBN 978-80-86706-17-7.
- [2] JAN, Zdeněk a Bronislav ŽDÁNSKÝ. AUTOMOBILY (4) - Příslušenství. 2. Brno: Avid, 2008. ISBN 978-80-87143-08-7.
- [3] ŠTĚRBA, Pavel a Jiří ČUPERA. AUTOMOBILY (7) - Diagnostika motorových vozidel I. 3. Brno: Avid, 2013. ISBN 978-80-87143-28-5.
- [4] HOREJŠ, Karel a Vladimír MOTEJL. Příručka pro řidiče a opraváře automobilů II. díl – Motory, paliva, emise, diagnostika. 4. Brno: Littera, 2009. ISBN 978-80-85763-52-2.
- [5] VLK, František. Automobilová technická příručka. Brno: Vlk, 2003. ISBN 80-238-9681-4.
- [6] MATĚJOVSKÝ, Vladimír. Automobilová paliva. Praha: Grada, 2005. ISBN 80-247-0350-5.
- [7] VLK, František. Zkoušení a diagnostika motorových vozidel. Brno: Vlk, 2001. ISBN 80-238-6573-0.
- [8] VLK, František. Vozidlové spalovací motory. Brno: František Vlk, 2003. ISBN 80-238-8756-4.
- [9] VLK, František. Příslušenství vozidlových motorů. Brno: František Vlk, 2002. ISBN 80-238-8755-6.
- [10] MOTEJL, Vladimír. Vstříkovací zařízení zážehových motorů. 3., rozš. vyd. České Budějovice: Kopp, 2001, 273 s. ISBN 80-7232-141-2.
- [11] VLK, František. Elektronické systémy motorových vozidel. 1. vyd. Brno: František Vlk, 2002. ISBN 80-238-7282-6.
- [12] ROGERS, Christopher. Diesel: vznětové motory – údržba a servis: opravy, hledání poruch a rutinní údržba vznětových motorů osobních vozů Citroën, Fiat, Ford, MercedesBenz, Opel, Peugeot, Renault a Volkswagen. 1. vyd. České Budějovice: Kopp, 1998. ISBN 80-7232-031-9.
- [13] LANDHÄUßER, Felix. Systém vstříkování 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.

- [14] ZABLER, Erich. Snímače v motorových vozidlech. Přeložil Tomáš KAMPÁN. Praha: Robert Bosch odbytová, 2003. ISBN 80-903132-5-6.
- [15] KONRAD REIF (HRSG.), Konrad. Moderne Diesel-Einspritzsysteme: Common Rail und Einzelzylindersysteme. 1. Aufl. Wiesbaden: Vieweg Teubner, 2010. ISBN 978-383- 4813-121.
- [16] Modern Automotive Technology Fundamentals, service, diagnostics. 2. Aufl. Haan, Rheinl: Europa-Lehrmittel, 2014. ISBN 9783808523025.
- [17] HROMÁDKO, Jan. Spalovací motory: komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilních škol. 1. vyd. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247- 3475-0.
- [18] 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.
- [19] JIČÍNSKÝ, Štěpán. Osciloskop a jeho využití v autoopravárenské praxi. 1. vyd. Praha: Grada, 2006, 238 s. ISBN 80-247-1417-5.
- [20] VÉMOLA, Aleš. Diagnostika automobilů II.díl. Brno: Littera, 2006. ISBN 80-85763-32-x.
- [21] MCCOSH, Dan. Pollution Busters. Popular Science. Bonnier Corporation, 2010, (3.), 104. ISSN 0161-7370.
- [22] 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, March 2014
- [23] 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%2F02984041>
- [24] MAVRIGIAN, Mike. Bosch KTS 340 mobile vehicle diagnostic tool. Tool Review [online]. 20 11.,5[cit.2016-03-13].Dostupnéz: <http://yourdiagnostictools.com/bosch/images/BoschProd/edocs/pdfs/KTS%20340%20in%20AutomotiveServiceProfessional%20.pdf>

- [25] 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>
- [26] UNI-T: Testovací a měřicí přístroje [online]. Ostrava, 2017 [cit. 2017-12-17]. Dostupné z: <http://www.uni-t.cz/>

Seznam obrázků

Obr. 1: Systém Common-rail	12
Obr. 2: Elektrické palivové čerpadlo v řezu.....	15
Obr. 3: Jemný čistič paliva s odkalovacím ventilem.....	16
Obr. 4: Třípístové vysokotlaké palivové čerpadlo	17
Obr. 5: Tlakový zásobník motorové nafty	18
Obr. 6: Tlakový pojistný ventil umístěný na tlakovém zásobníku	18
Obr. 7: Ukázka omezovače tlaku našroubovaném na vstřikovači	19
Obr. 8: Elektromagneticky ovládaný vstřikovač motorové nafty	20
Obr. 9: Dávkovací ventil paliva	21
Obr. 10: Snímač polohy a otáček klikového hřídele	22
Obr. 11: Snímač polohy vačkového hřídele	23
Obr. 12: Snímač polohy pedálu akceleratoru	24
Obr. 13: Snímač množství nasávaného vzduchu s vyhřívaným filmem	25
Obr. 14: Snímač teploty nasávaného vzduchu	25
Obr. 15: Snímač tlaku v sacím potrubí.....	26
Obr. 16: Regulační tlakový ventil	27
Obr. 17: Snímač tlaku paliva v tlakovém zásobníku	28
Obr. 18: Ukázka automatizačního řetězce	28
Obr. 19: Ukázka sériové diagnostiky	30
Obr. 20: Ukázka paralelní diagnostiky.....	31
Obr. 21: Diagnostický přístroj Bosch KTS 870	33
Obr. 22: Diagnostický přístroj SuperVag	34
Obr. 23: Hlukoměr UNI-T UT 352	35
Obr. 24: Multimetr UNI-T UT71D	36
Obr. 25: Digitální dvoukanálový osciloskop UNI-T UTD2052CEX	37
Obr. 26: Bezkontaktní teploměr UNI-T UT303C	38
Obr. 27: Žákovský pinbox se schématem řídicí jednotky.....	38
Obr. 28: Vybraný automobil	39
Obr. 29: Výukový panel vybrané palivové soustavy	40
Obr. 30: Porovnání jednotlivých otáček motoru automobilu.....	50
Obr. 31: Výsledný počet možností naměřených hodnot automobilu.....	53

Obr. 32: Zobrazený signál indukčního snímače polohy a otáček klikového hřídele automobilu	54
Obr. 33: Zobrazený signál indukčního snímače polohy a otáček vačkového hřídele automobilu	55
Obr. 34: Zobrazený signál měřený na dávkovacím ventilu automobilu	55
Obr. 35: Zobrazený signál měřený na vstřikovači 1. válce automobilu.....	56
Obr. 36 Porovnání jednotlivých otáček motoru výukového panelu.....	59
Obr. 37: Porovnání zjištěných závad jednotlivými přístroji na výukovém panelu	61
Obr. 38: Porovnání možností naměřených hodnot jednotlivými přístroji na výukovém panelu	62
Obr. 39: Zobrazený signál indukčního snímače polohy a otáček klikového hřídele výukového panelu	63
Obr. 40: Zobrazený signál indukčního snímače polohy a otáček vačkového hřídele výukového panelu	64
Obr. 41: Zobrazený signál měřený na dávkovacím ventilu výukového panelu.....	64
Obr. 42: Zobrazený signál měřený na vstřikovači 1. válce výukového panelu	65
Obr. 43: Porovnání vstřikovaného množství paliva pro korekci chodu motoru automobilu	66
Obr. 44: Porovnání vstřikovaného množství paliva pro korekci chodu motoru výukového panelu	67
Obr. 45: Porovnání elektrického odporu vinutí cívky elektromagnetu vstřikovačů jednotlivých válců motoru automobilu	68
Obr. 46: Porovnání elektrického odporu vinutí cívky elektromagnetu vstřikovačů jednotlivých válců výukového panelu.....	69
Obr. 47: Změřená hodnota hladiny hluku na vstřikovači 1. válce automobilu	70
Obr. 48: Změřená hodnota hladiny hluku na vstřikovači 1. válce výukového panelu	70
Obr. 49: Zahřívání vstřikovače při volnoběžných otáčkách v daném čase měřené na automobilu	71
Obr. 50: Zahřívání vstřikovače při volnoběžných otáčkách v daném čase měřené na výukovém panelu	72

Seznam tabulek

Tabulka 1: Porovnání volnoběžných otáček	50
Tabulka 2: Porovnání vstřikovaného množství.....	51
Tabulka 3: Hodnoty elektrického odporu	53
Tabulka 4: Měření hlučnosti vstřikovače	56
Tabulka 5: Výsledky naměřených hodnot teplot vstřikovačů v čase na vozidle	57
Tabulka 6: Výpis závad panelu	58
Tabulka 7: Porovnání jednotlivých hodnot volnoběžných otáček jednotlivých válců	59
Tabulka 8: Porovnání vstřikovaného množství při volnoběhu	60
Tabulka 9: Změřené hodnoty elektrického odporu cívky vstřikovače.....	62
Tabulka 10: Změřené hodnoty hladiny hluku při daných otáčkách motoru výukového automobilu	65
Tabulka 11: Výsledky naměřených hodnot teplot vstřikovačů v čase na výukovém panelu	66

Seznam zkratk

PWM – pulzně šířková modulace

dB – decibel, jednotka hladiny intenzity zvuku

V – volt, jednotka elektrického napětí

A – ampér, jednotka elektrického proudu

Ω – ohm, jednotka elektrického odporu

kW – kilowatt, jednotka výkonu

CDRi – označení vysokotlakého vstřikování s tlakovým zásobníkem Common-rail

KTS 870 – označení soupravy diagnostického přístroje

KTS 570 – označení diagnostického komunikátoru

DCU 133 – označení diagnostického tabletu

ESI-Tronik 2 – označení diagnostického softwaru pro KTS 870