



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

**BEZDEMONTÁŽNÍ DIAGNOSTIKA VZNĚTOVÉHO
MOTORU**

DISASSEMBLY DIAGNOSIS OF DIESEL ENGINE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

David Válek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. David Svída, Ph.D.

BRNO 2018

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student: **David Válek**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Stavba strojů a zařízení
Vedoucí práce: **Ing. David Svída, Ph.D.**
Akademický rok: 2017/18

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Bezdemontážní diagnostika vznětového motoru

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Návrh metodiky pro bezdemontážní diagnostiku vznětového spalovacího motoru pro osobní automobil.

Cíle bakalářské práce:

Provést základní rozbor fungování vznětového spalovacího motoru pro osobní automobil a vliv jeho hlavních komponent na jeho funkci. Popis současných diagnostických zařízení používaných pro diagnostiku spalovacích motorů. Navržení vhodného diagnostického postupu pro ověření správného fungování hlavních komponent vznětového spalovacího motoru. Ověření navrženého postupu/metodiky na reálném vznětovém motoru.

Seznam doporučené literatury:

HEYWOOD, J. B. Internal Combustion Engine Fundamentals. 1st edition. New York: McGraw-Hill, 1988. 930 s. ISBN 0-07-028637-X.

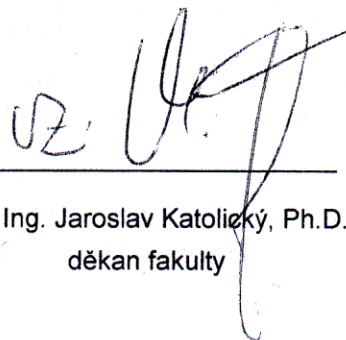
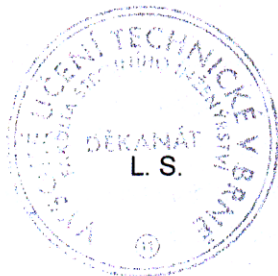
STONE, R. Introduction to Internal Combustion Engines. Fourth Edition. Houndmills: Palgrave Macmillan, 2012. 516 s. ISBN 978-1-137-02829-7.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2017/18.

V Brně, dne 9. 10. 2017



prof. Ing. Václav Pištěk, DrSc.
ředitel ústavu



doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Cílem této bakalářské práce je shrnout možnosti bezdemontážní diagnostiky závad vznětového motoru a prakticky je vysvětlit. První část práce je zaměřená na popis jednotlivých komponent a používaných měřidel. Čtenář se seznámí se základními pojmy a principy jednotlivých částí motoru a jejich funkcí. Druhá část se věnuje reálným závadám, které mohou během provozu nastat, a jejich praktickém řešení.

KLÍČOVÁ SLOVA

Diagnostika, vznětový motor, měření, vstřikovací čerpadlo, EDC, dávka paliva

ABSTRACT

The aim of this work is to summarize the possibilities of dismantling diagnostics of diesel engine defects and to explain them practically. The first part of the thesis is focused on description of individual components and used gauges. The reader will get acquainted with the basic concepts and principles of each part of the engine and their function. The second part deals with the real faults which can occur during the operation and their practical solutions.

KEYWORDS

Diagnostics, diesel engine, measurement, fuel injection pump, EDC, fuel dose

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

VÁLEK, D. Bezdemontážní diagnostika vznětového motoru. Brno, 2018. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. 46 s. Vedoucí diplomové práce Ing. David Svída, Ph.D.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Davida Svídy, Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 25. května 2018

.....

David Válek

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu práce panu Ing. Davidu Svídovi, Ph.D. za odborné vedení této bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval mé rodině za ochotné vytvoření dobrého prostředí pro práci a přítelkyni, která mi poskytla pomocnou ruku během měření.

OBSAH

Úvod	6
1 Popis použité diagnostiky	7
1.1 Sériová diagnostika	7
1.2 Paralelní diagnostika	9
1.2.1 Žárovková zkoušečka	9
1.2.2 Multimetr	9
1.2.3 Osciloskop	9
2 Popis vozidla	10
2.1 Obecné parametry motoru	10
2.2 Palivová soustava	12
2.2.1 Vstřikovací čerpadlo	13
2.3 Sací soustava	15
2.4 Výfuková soustava	15
2.5 Hlavní řídicí jednotky	16
2.5.1 Řídicí jednotka motoru	16
2.5.2 Řídicí jednotka ABS	19
2.5.3 Řídicí jednotka airbagů	20
2.5.4 Řídicí jednotka Climatronic	20
2.5.5 Řídicí jednotka panelu přístrojů	20
2.5.6 Řídicí jednotka gateway	20
2.5.7 Řídicí jednotka komfortu	20
3 Postup diagnostiky závad	21
3.1 Dlouhodobé snížení výkonu	21
3.2 Dlouhé, obtížné starty	28
Závěr	33
Seznam použitých jednotek	36
Seznam použitých zkratk	37

ÚVOD

V dnešní době automobilový průmysl rapidně roste a technologie se zdokonalují. Také je vyvíjen daleko větší tlak na výrobce, aby automobily splňovaly přísné limity emisí ve výfukových plynech, měly vysoké výkony, nízkou spotřebu a byly levné. Abychom dosáhli alespoň uspokojivých výsledků, je nutné zahrnout do řízení motoru přesnou elektroniku. Bohužel čím více elektronických zařízení v automobilu máme a čím přesnější musí být řízení motoru, tím se nám zvyšuje riziko poruchy. Jelikož všechny komponenty pracují s daty, která si navzájem sdílejí, nelze často ze symptomů poruchy jednoznačně určit chybnou komponentu. Proto je důležité mít velké znalosti v oblasti řízení a funkce spalovacích motorů a být velmi důsledný při jednotlivých měřeních. Velkým pomocníkem pro diagnostiku je vlastní (vnitřní) diagnostika řídicích jednotek, které dokáží určitě závady samy rozpoznat. I tak se ale může stát, že člověk na příčinu závady nepřijde a je nutné přistoupit na výměnu kompletních celků.

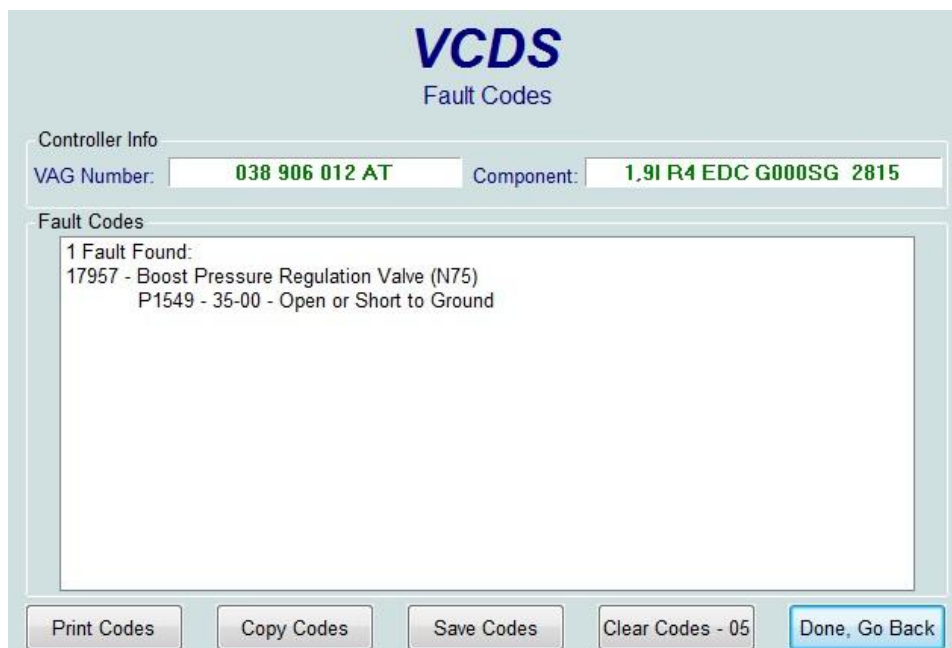
Cílem této práce je shrnout možnosti bezdemontážní diagnostiky závad vznětového motoru a prakticky je vysvětlit. Běžnou praxí některých autoservisů bývá, že diagnostika závady spočívá v tipování špatných komponent a jejich následných výměnách. Pokud po výměně komponenty závada přetrvává, zkouší se další a další. Tyto náhodné výměny jsou často zbytečné a doplácí na to zákazník. První část bakalářské práce je zaměřená na popis jednotlivých komponent řízení motoru, používaných měřidel a jednotlivých souvislostí mezi projevy a příčinami závady. Dále budou vysvětleny základní pojmy a principy jednotlivých částí motoru a jejich funkcí. Druhá část se pak věnuje reálným závadám, které mohou během provozu nastat, a jejich praktickém řešení.

1 POPIS POUŽITÉ DIAGNOSTIKY

Způsob, jak zjistit příčinu závady neboli diagnostiku, lze provést mnoha způsoby. Od nejjednodušších např. poslechem nebo pocitovým vnímáním, až po složitější měření elektrických, nebo neelektrických veličin. Ty lze rozdělit na dvě základní skupiny popisující sériovou a paralelní diagnostiku.

1.1 SÉRIOVÁ DIAGNOSTIKA

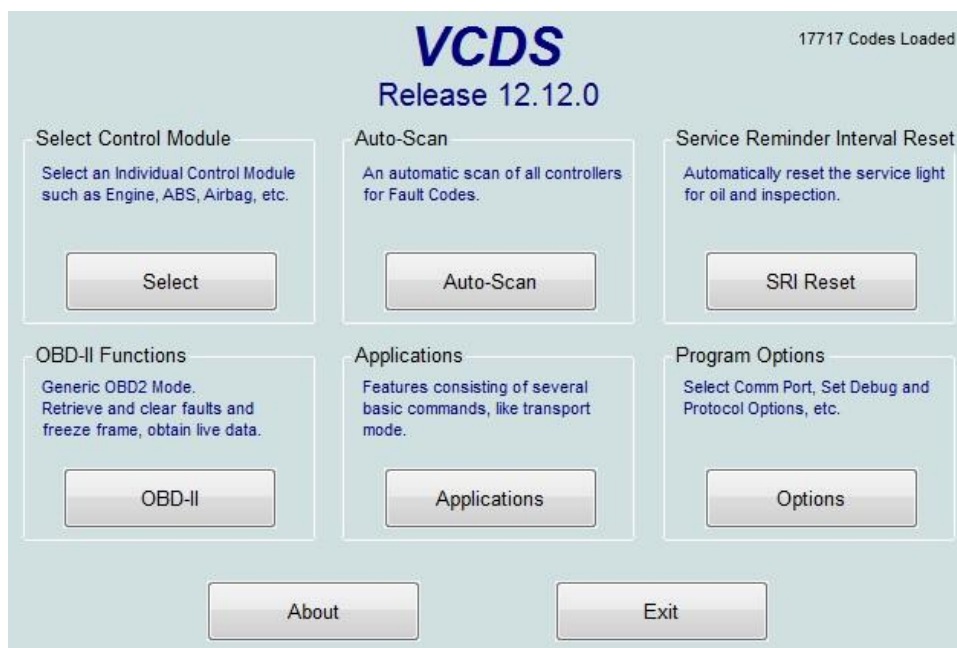
Sériová diagnostika je vnitřní diagnostika samotných řídicích členů, tedy řídicích jednotek. Tyto řídicí jednotky (dále jen ŘJ) dostávají vstupy v podobě signálů ze snímačů a následně svými výstupy řídí akční členy. Sama ŘJ má v sobě také zabudovanou vlastní diagnostiku, pomocí které si ověřuje, zda vstupující, či vystupující signály jsou správné. V případě, že zjistí nesrovnalost, zapíše závadu v podobě chybového kódu. K přečtení těchto chybových kódů nám slouží diagnostický tester, který připojíme na komunikační síť ŘJ. Pomocí softwaru v testeru určíme konkrétní chybu už v podobě např. čísla chyby a několikaslovnému popisu (Obr. 1 Příklad chybové hlášky v programu VAG-COM).



Obr. 1 Příklad chybové hlášky v programu VAG-COM

Na trhu existuje velmi mnoho diagnostických programů, kterými je možné závady z ŘJ vyčíst. Nejspolehlivější jsou originální softwary jednotlivých značek, či koncernů. Mezi ně patří např. starší VAS a nyní hlavní ODIS pro koncern Volkswagen, či PPS a Diagbox koncernu PSA. Pro univerzálnější použití existují i testery, které zvládnou vyčíst většinu osobních, ale i nákladních automobilů. Jsou ale omezeny na základní funkce, např.: vyčtení paměti závad, nastavení do základní polohy, resetování olejových intervalů apod. Mezi univerzální diagnostiku patří např. několik typů od značky Delphi.

Pro vypracování bakalářské práce jsem použil program VAG-COM, Release 12.12.0 (*Obr. 2 Software VAG-COM Release 12.12.0*). Tato diagnostika je schopna vyčíst koncernová auta značky Volkswagen. Zahrnuje tedy značky Škoda, Seat, Audi, Volkswagen či Porsche. Aktualizace zahrnuje automobily vyrobené do roku 2014. S tímto programem můžeme zjistit uložené chyby v paměti závad a pracovat i s dalšími základními funkcemi. Dokáže i jednoduché přeprogramování jednotek, případně rozšíření jejich funkce, např.: při dodatečném zvýšení výbavy vozidla o další funkci (tempomat). Je také možné sledovat aktuální hodnoty, informace z ŘJ, nebo uvádění akčních členů do základního (výchozího)



nastavení.

Obr. 2 Software VAG-COM Release 12.12.0

1.2 PARALELNÍ DIAGNOSTIKA

Paralelní diagnostika neboli vnější diagnostika, jsou zařízení, která slouží k měření veličin paralelně, tzn., že se netýkají komunikace s ŘJ. Nejzákladnějším měřidlem je žárovková zkoušečka, dále klasický multimetr či vyspělejší osciloskop.

1.2.1 ŽÁROVKOVÁ ZKOUŠEČKA

Žárovková zkoušečka je velmi jednoduché zařízení, které nám dává jasný signál o přítomnosti napětí rozsvícením žárovky. Je to výborný pomocník při zkoušení vodivosti vodičů, jelikož při částečném přerušení vodiče nám multimetr může hlásit dobrý, průchozí vodič. Ovšem při zatížení vodiče proudem (zátěž je zde ona žárovka) se přerušení projeví nedostatečnou vodivostí – nejasným rozsvícením žárovky, případně pouze žhavením vlákna žárovky.

1.2.2 MULTIMETR

Multimetr je základní zařízení, které nám slouží k měření elektrických veličin jako je napětí, odpor a proud pomocí měřících hrotů. V případě měření odporu musí být obvod bez napětí a měří se v rozpojeném stavu. Odpor a napětí se měří vždy paralelně. V případě měření napětí a proudu je nutné mít obvod pod napětím. Měření proudu probíhá při zapojení multimetru do série, tedy obvod se rozpojí a konce vodičů se spojí s hroty multimetru.

1.2.3 OSCIOSKOP

Osciloskop je už technicky pokročilejší zařízení, které měří elektrické veličiny. Dále je schopné zobrazit i průběh např. napětí či proudu, tedy tvary daných signálů. Toto je pro nás velmi důležité, jelikož elektrický impuls může mít různé podoby. Digitální signál má ostré hrany a tvoří tzv. hradby. Signál nabývá hodnot dvou logických hladin, např. 0 a 1. Tedy stav zapojeno a stav rozpojeno. Analogový signál je naopak oblý a tvoří sinusové křivky. Při závadě může dojít právě ke změně průběhu a tvaru signálu např. amplitudy, nebo rozteče mezi jednotlivými signály, kterou ŘJ nemusí sama rozeznat a multimetrem je také neměřitelná. Dalším častým typem signálu je pulsně šířková modulace, neboli PWM. Jedná se o signál, který má stálou frekvenci, ale mění se šířka jednoho pulzu od 0% do 100%. Takovým typem signálu můžou být řízeny různé ventily pracujících s plynulou regulací zdvihu. Osciloskop tedy hraje důležitou roli v oblasti automobilové diagnostiky. V dnešní době, kdy se velmi rozmáhá elektronika ve vozidlech, je nutným vybavením každého autoelektrikáře, či diagnostika.

2 POPIS VOZIDLA

Jako testovací vůz bylo požito vozidlo SEAT Leon s naftovým, přeplňovaným motorem a karoserií hatchback. Vozidlo bylo vyrobeno v roce 2001 a nyní má najeto 290 tis. km.

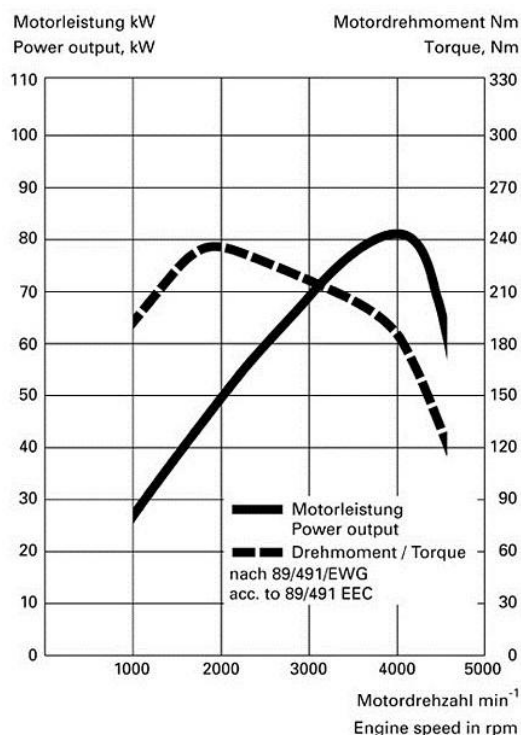
2.1 OBECNÉ PARAMETRY MOTORU

Jedná se o přeplňovaný, 4- válcový vznětový motor o obsahu 1896 cm^3 , AHF. Disponuje maximálním výkonem 81 kW v 4150 min^{-1} a maximálním krouticím momentem 235 Nm v 1900 min^{-1} . Zdvih pístů je $95,5 \text{ mm}$ a vrtání $79,5 \text{ mm}$. Kompresní poměr $19,5:1$.

Krouticí moment je přenášen přes dvouhmotnostní setrvačnick a jednokotoučovou spojku na 5 - ti stupňovou, synchronizovanou převodovku DEA. Dále je převáděn přes čelní rozvodovku a kuželový diferenciál na kola. Svornost diferenciálu je zde řešena elektronicky, pomocí systému ASR.

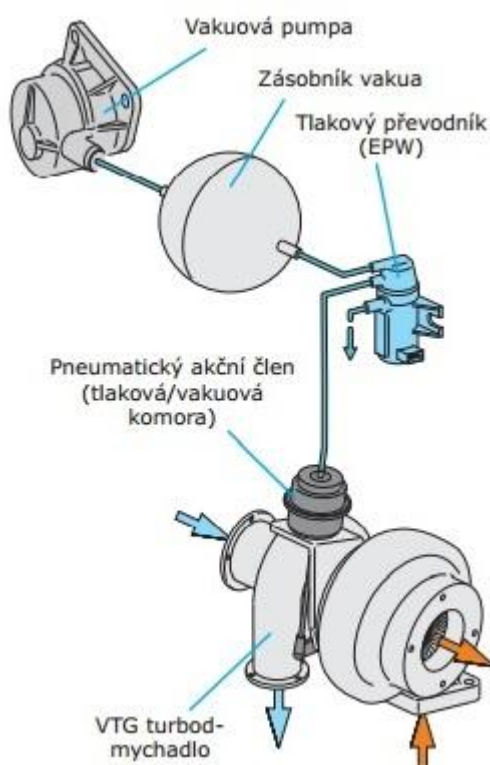
Rozvod motoru je typu OHC, tedy vačková hřídel v hlavě válců, nad ventily. S klikovou hřídelí je spojena ozubeným řemenem, který dále pohání vodní pumpu a palivové rotační vstřikovací čerpadlo. Plnění válců zajišťuje celkem 8 ventilů.

Dostatečné množství vzduchu zajišťuje turbodmychadlo s variabilní geometrií lopatek (VTG), které je ovládáno podtlakově. Turbodmychadlo je zařízení, které využívá kinetické energie výfukových spalin k roztočení vlastní hřídele (turbíny a kompresoru) a pomocí ní k vytvoření tlaku v sání. To nám umožní dostat více vzduchu do spalovacího prostoru, zvýšit dávku paliva a tím zvýšit výkon motoru. Jelikož rychlost a množství spalin jsou přímo závislé na otáčkách motoru a spalovaném palivu, maximální plnicí tlak (otáčky hřídele) dosahuje pouze ve vyšších otáčkách. To je pro nás nepříznivá vlastnost, protože běžný režim motoru je ve středních a nízkých otáčkách. Abychom dosáhli vyššího plnicího tlaku i v těchto otáčkách, je turbodmychadlo navrženo tak, aby dodávalo velké množství vzduchu už v nízkých otáčkách a ve vyšších otáčkách je pak část spalin vedena mimo turbodmychadlo obtokovým ventilem (WG). Další typ konstrukce je pomocí variabilní geometrie přidavných lopatek. Ty usměrňují proud spalin na turbínu tak, aby dosahovala přibližně stejných otáček, a tedy plnicího tlaku, v relativně širokém intervalu otáček motoru. Hlavní důvod je, abychom dostali plochou křivku krouticího momentu. Tedy aby maximální krouticí moment v určitém intervalu otáček byl konstantní. Tento interval se u každého motoru liší. Nové motory tohoto opravdu dosahují, např. v rozmezí $1800 - 3000 \text{ min}^{-1}$. Zkoušený motor této ploché křivky nedosahuje, pouze se k ní blíží, viz **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**



Obr. 3 Otáčková charakteristika motoru [1]

Ovládání lopatek je řešeno podtlakově. Podtlak vzduchu je vytvářen samostatnou vývěvou, která je přímo poháněná od vačkového hřídele. Množství podtlakového vzduchu je dávkováno pomocí elektromagnetického ventilu, který je ovládán ŘJ motoru elektrickým signálem PWM. V beznapěťovém stavu je ventil zavřený, tedy nepřepouští podtlak k ovládací membráně na turbodmychadlu. Po přivedení napěťového signálu PWM se v určité frekvenci otevírá a zavírá. Tím přepouští určité množství podtlaku k membráně, viz Obr. 4 Schéma regulace turbodmychadla [2]. Častým problémem je netěsnost spojovacích hadic např. prasklina vlivem stárnutí pryže. Dále je důležitá plynulost chodu ovládací páky u membrány turbodmychadla. U ní může dojít k zadírání a ztíženému chodu. V důsledku zmíněných poruch pak nedojde ke správnému natočení lopatek turbodmychadla a tím k vytvoření nesprávného plnicího tlaku v sání. To má přímý důsledek na výkon motoru, který se rapidně sníží. Problémem také je, že tyto závady ŘJ motoru nerozezná a pracuje s adekvátní dávkou paliva pro daný stav. Může docházet k nedokonalému spalování paliva a následné kouřivosti, tvorbě sazí. Ty pak nadměrně zanáší výfukovou soustavu a přes EGR ventil i část soustavy sací.



Obr. 4 Schéma regulace turbodmychadla [2]

Motor plní emisní normu Euro 3. Výfuková soustava neobsahuje žádnou lambda-sondu, ani filtr pevných částic. Emise jsou zde regulovány pouze pomocí oxidačního katalyzátoru a ventilu EGR – zpětné recirkulace spalin. EGR slouží ke snižování emisí motoru. Toho dosahuje přepouštěním části výfukových spalin zpět do sacího potrubí. Ty neobsahují téměř žádný zbytkový kyslík, proto se neúčastní spalování. Tím se sníží zápalná teplota a netvoří se jedovaté plyny, oxidy dusíku. Jako negativum působí snížení výkonu motoru a zanášení části sacího potrubí a ventilů sazemí.

Ventil je ovládaný velmi podobně, jako lopatky variabilní geometrie turbodmychadla. Má samostatný elektromagnetický podtlakový ventil, který ovládá přes membránu zdvih kuželového ventilu. Ten je umístěn na spojovací trubce mezi výfukem a sáním. Častým problémem je přidření samotného ventilu. Dochází buď k nesprávnému otevírání, nebo naopak k nedokonalému zavření. To způsobuje neustálé přepouštění části výfukových plynů do sání a snížení výkonu. Při správném chodu je ventil otevírán při částečné zátěži motoru. [3]

2.2 PALIVOVÁ SOUSTAVA

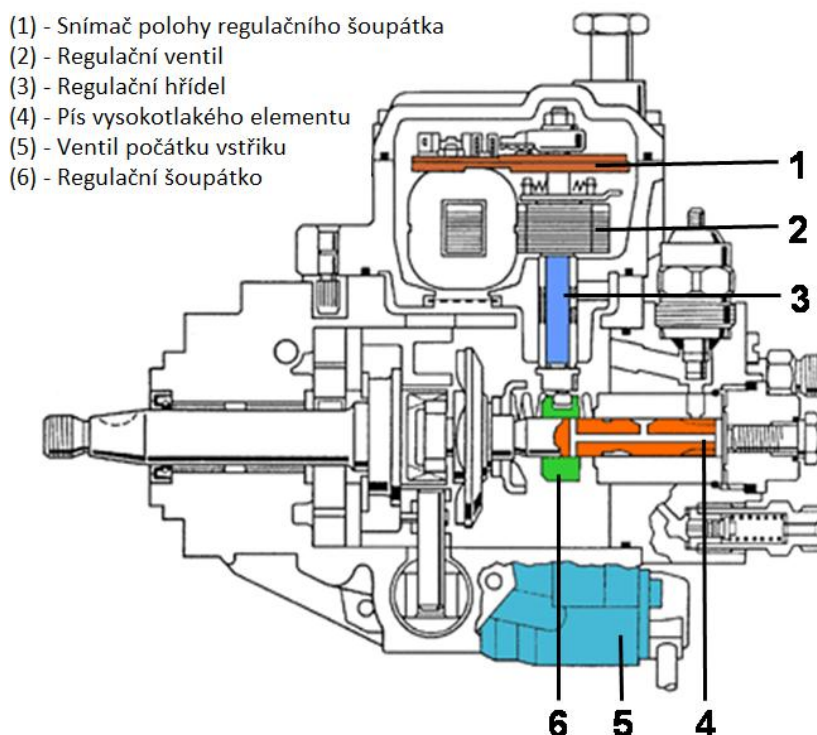
Jako palivo slouží motorová nafta s minimálním cetanovým číslem 49, která je z nádrže o objemu 55 l nasávána podávacím čerpadlem integrovaným ve vstřikovacím čerpadle v motorovém prostoru. Před čerpadlem se nachází jemný palivový filtr s odkalovacím

ventilem, pro odpuštění usazenin a vody. V případě nízké teploty paliva je filtr vyhříván zpětně proudícím zahřátým palivem ze vstřikovacího čerpadla. Na filtru, na vratné větvi, je proto umístěn teplotní ventil, který určuje, zda zahřáté palivo ohřívá filtr, nebo to není potřeba a palivo putuje zpět do nádrže. Informace o teplotě paliva je využita ŘJ k určení hustoty paliva a tím k určení dávky paliva (hmotnosti). Palivo je vstřikováno přímo do válce pomocí rotačního vstřikovacího čerpadla BOSCH, poháněného od rozvodového řemene, a jednotlivých otvorových vstřikovačů. Ty jsou mechanicky otvírané tlakem nafty 220 bar. Trysky jsou uzavírány pomocí dvou tlačných pružin. Výhodou těchto vstřikovačů je, že umožňují vstřik rozdělit do 2 fází. Na předstřík s menší dávkou paliva a hlavní vstřik, čímž se dosahuje měkčího chodu motoru a snížení hlučnosti. Vstřikovací tlaky dosahují až 1200 bar. Válec pálí klasicky v pořadí 1-3-4-2.

2.2.1 VSTŘIKOVACÍ ČERPADLO

Vstřikovací čerpadlo je mechanické zařízení, které je nutné řídit (regulovat). V tomto případě je řízeno elektronicky (EDC) pomocí řídicí jednotky motoru spolu s několika snímači a akčními členy. Ty jsou umístěny přímo v tělese čerpadla a jedná se o přesuvník vstřiku a jeho elektromagnetický ventil, elektronický regulátor, snímač polohy regulačního šoupátka, snímač teploty paliva a zastavovací ventil (viz *Obr. 5 Elektronicky řízené rotační vstřikovací čerpadlo*[9]).

Přesuvník vstřiku slouží ke stanovení počátku vstřiku. Palivo se do válce vstřikuje vždy před horní úvratí. Souvisí to s rychlostí vznícení a hořením paliva, nárůstem tlaku v souvislosti s polohou pístu ve válci. S narůstajícími otáčkami se zvyšuje rychlost pístu a tím se zkracuje jeho doba v určité poloze. Doba odpaření a vznícení paliva je však pořád stejná. Naším cílem je, aby maximální tlak od vzníceného paliva nastal zhruba 15° po HÚ. Z tohoto důvodu je nutné palivo vstřikovat vždy o určitou dobu, resp. úhel natočení klikového hřídele dříve. Proto se vzrůstajícími otáčkami se úhel počátku zvyšuje a s klesajícími otáčkami snižuje. Doba počátku vstřiku se vypočítává na základě signálů ze snímače polohy jehly, otáček motoru a hmotnosti vstřikovaného paliva. Dalším důležitým faktorem je i údaj o teplotě motoru. Přesuvník vstřiku je ovládaný elektromagnetickým taktovacím ventilem, který přepouští část tlaku paliva zpět do sací části čerpadla. Tím působí menší tlak na píst přesuvníku a dojde ke změně počátku vstřiku. Zvýšíme tak výkon a účinnost motoru a snížíme hlučnost a tvrdost chodu. Elektronický regulátor, snímač jeho polohy a snímač teploty paliva se nachází v horní části čerpadla. Regulátor nahrazuje mechanický regulátor vstřikovaného množství paliva. [8]



Obr. 5 Elektronicky řízené rotační vstřikovací čerpadlo[9]

Množství vstřikovaného paliva závisí na několika faktorech. Základní informace pochází od požadavku řidiče, tedy ze snímače plynového pedálu. Dalšími důležitými faktory jsou už samotné údaje o provozním stavu motoru, tedy počtu otáček, teploty motoru, paliva či teplotě a množství nasávaného vzduchu. Jsou zde zohledněny i protichůdné požadavky od řidiče, např. sešlápnutí plynového a brzdového pedálu současně. V daný moment jednotka přeruší dávku paliva, protože požadavek na brzdění má vyšší preferenci. Na základě všech vyjmenovaných informací se pomocí trojrozměrných datových map určuje vstřikovaná dávka paliva. Zde je brán také ohled na emise výfukových plynů, konkrétně kouřivost. Je-li požadavek od řidiče na vysokou dávku paliva, ale nejsou splněny limity kouřivosti (nedostatek vzduchu při zrychlení, velkém zatížení), nastaví regulátor maximální dávku podle dat v uložené mapě, nehlédě na požadavek od řidiče. Z uvedeného příkladu je jasné patrné, že akceleračním pedálem už neurčujeme přímo výslednou dávku paliva, ale dáváme pouze požadavek ŘJ.

Skutečné množství vstřikovaného paliva je řízeno pomocí ŘJ, která otáčí elektromagnetem regulátoru a tento pohyb je dále převáděn pomocí excentru na posuvný pohyb šoupátka (regulačního ventilu). Elektromagnet je zpravidla řízen pravoúhlým pulzním signálem. V bezproudém stavu udržuje vratná pružina šoupě v poloze nulové dodávky paliva.

Zastavovací ventil slouží jako bezpečnostní ventil v případě poruchy některé z důležitých komponent k bezpečnému odstavení dodávky paliva. Spolu s regulátorem slouží k zastavení motoru.

Mimo vstřikovací čerpadlo je umístěn snímač pohybu jehly vstřikovače. Jedná se o indukční snímač umístěný na jednom ze vstřikovačů. Signál ze snímače spolu s údajem o otáčkách motoru slouží ŘJ k vypočtení skutečného počátku vstřiku. Pokud ŘJ nedostane ani jeden ze signálů, řízení nebude funkční a motor nenastartuje.

2.3 SACÍ SOUSTAVA

Sací potrubí začíná airboxem, kde se nachází vzduchový filtr. Hned za ním nalezneme snímač množství nasávaného vzduchu neboli váhu vzduchu. Dále do sací hadice ústí odvětrání ventilového prostoru s odlučovačem oleje. Jelikož se jedná o přepřínovaný motor, hadice ústí do čerpadlové části turbodmychadla. V našem případě je maximální plnicí tlak (přetlak) turbodmychadla 2 bar.

Stlačení vzduchu způsobí jeho ohřátí a tím zvětšení objemu. Teplota stlačeného vzduchu za turbodmychadlem dosahuje až 200 °C. To je pro nás nepříznivé, protože cílem je dostat do válce co největší množství vzduchu. Motor by byl vysokou teplotou také více namáhán, proto se vkládá za turbodmychadlo chladič vzduchu neboli intercooler. Ten je zpravidla chlazený vzduchem. Teplota vzduchu je chladičem snížena až o 140 °C.

Dále se v sací větvi nachází snímač tlaku a teploty nasávaného vzduchu.

Zážehové motory k řízení otáček motoru používají škrticí klapku. Vznětové motory jsou řízené množstvím vstřikovaného paliva, proto u nich stejnou škrticí klapku nenajdeme. Obsahují ale podobnou škrticí klapku, která slouží při zastavení motoru k hladšímu doběhu. Její uzavření znemožní motoru nasávat vzduch, tím se začne vytvářet v sání podtlak a jednotlivé písty jsou tak brzděny.

Jako poslední součást sacího potrubí je EGR ventil.

2.4 VÝFUKOVÁ SOUSTAVA

Výfuková soustava odvádí výfukové plyny pryč od motoru. Její součásti mají úkol také snižovat emise, tedy redukovat škodlivé sloučeniny vzniklé hořením, a tlumit hluk. Bezprostředně za výfukovými svody se nachází turbodmychadlo. Výfukové spaliny se přivádí na turbínovou část hřídele dmychadla, kterou roztáčí. Výfukové vedení je dále složené ze 2 celků.

V prvním díle je obsažen vlnovec - pružná část. Ten pohlcuje rázy vzniklé od hnacího ústrojí. Za ním se nachází oxidační katalyzátor, jenž rovněž plní funkci snižování emisí oxidačními reakcemi výfukových plynů a vzácných kovů obsažených po stěnách. Katalyzátor běžně

pracuje s chudou zápalnou směsí, tedy přebytkem vzduchu. Pomocí reakce (oxidace) výfukových plynů se vzácnými kovy, přeměňuje oxid uhelnatý (CO) a uhlovodíky (HC) na vodní páru (H_2O) a oxid uhličitý (CO_2).[4]

Ve druhé části se nachází tlumič hluku a samotná koncovka výfuku. Tlumič je labyrint složený z přepážek a otvorů. Jeho úkolem je snížit hluk vycházející z motoru při otevření výfukového ventilu a vyfukování spalin, který vzniká výbuchem směsi paliva a vzduchu a také kvůli náhlému nárůstu tlaku ve spalovacím prostoru.

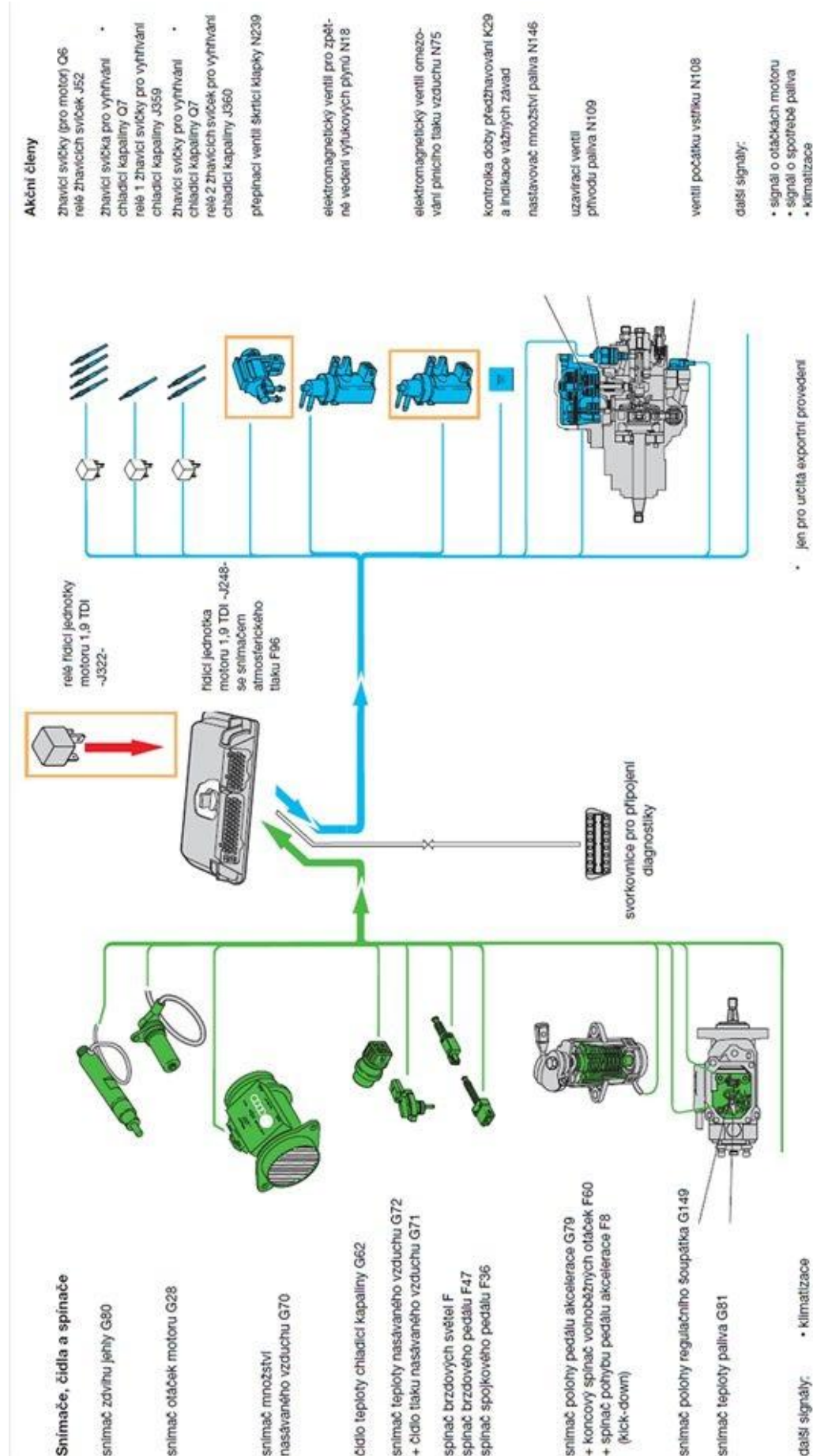
2.5 HLAVNÍ ŘÍDÍCÍ JEDNOTKY

V měřeném vozidle se nachází celkem 7 řídících jednotek. Řídící jednotku si můžeme představit jako mikropočítač. Dle definice jde o sekvenční automat složený ze vstupně-výstupního systému, mikroprocesoru CPU, zdroje hodinových signálů a paměti. Jejich úkolem přijímat signály od snímačů a zpracovávat je podle přednastavených programů. [5]

2.5.1 ŘÍDÍCÍ JEDNOTKA MOTORU

Nejdůležitější pro chod motoru je bezpochyby ŘJ motoru. Výrobce je firma BOSCH, typ EDC15 PWM+. Tato jednotka zajišťuje správný chod motoru. Má řadu vstupů a výstupů, viz Obr. 6.

Jako nejdůležitější snímač pro chod motoru je čidlo otáček motoru G28. Pokud snímač nefunguje, motor lze pouze s obtížemi nastartovat. Pro vyhodnocení dávky paliva je nezbytné vědět, v jaké fázi se válce nachází. Jako nouzový údaj o poloze klikové hřídele si ŘJ určuje ze snímače polohy jehly na vstřikovači. Pro bezchybný provoz snímače otáček je velmi důležité, aby nebyly poškozeny zuby na snímaném věnci. Často dochází ke zkreslení signálu ne vlivem špatné funkce snímače, ale právě poškozením věnce korozí, nebo mechanickým poškozením zubů. ŘJ pak dostává nesprávné signály a chod motoru není plynulý a vyrovnaný.

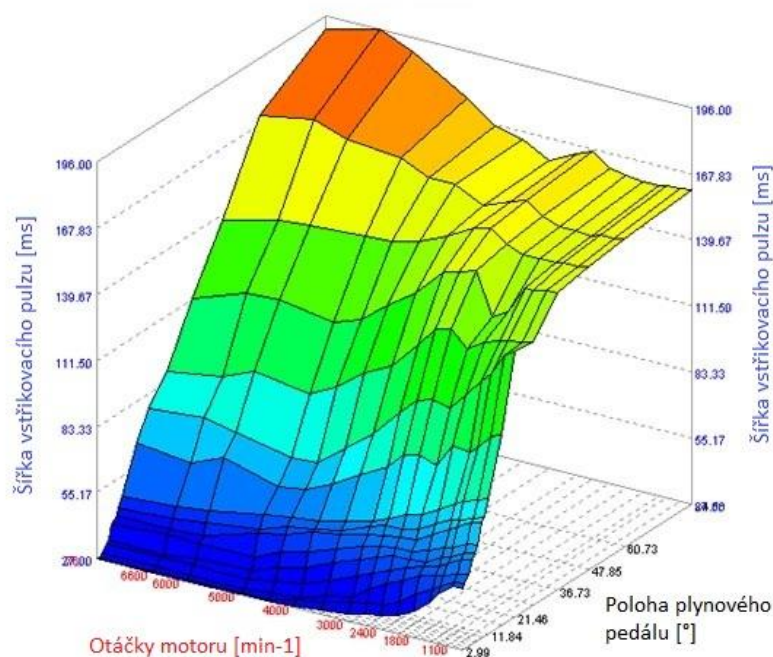
Obr. 6 Schéma řízení chodu motoru **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**[7]

Pro správný chod motoru jsou důležité informace o nasávaném vzduchu a teplotě chladicí kapaliny. Pro měření nám slouží snímač množství nasávaného vzduchu G70, neboli váha vzduchu. Snímač nám poskytuje důležitý údaj o hmotnosti nasávaného vzduchu, který je klíčový pro určení správné dávky paliva. Pracuje na principu vyhřívaného drátku, který je ochlazován proudícím vzduchem. Cílem je udržování stálé teploty drátku protékajícím proudem. Při ochlazování, větším průtoku vzduchu, je nutné dodávat vyšší proud, naopak při snížení menší proud. Tyto rozdílné hodnoty proudu jednotka zaznamenává a vypočítává hmotnost vzduchu. Pokud je snímač zanesený nečistotami, nebo jinak poškozený, odesílá nesprávné údaje jednotce motoru, která pak vyhodnocuje nesprávnou dávku paliva a může docházet ke snížení výkonu motoru, zvýšené spotřebě paliva a kouřivosti motoru. Při rozpoznání vadné váhy vzduchu ŘJ nastaví tzv. nouzový režim, což znamená, že sníží dávku paliva, omezí výkon a otáčky motoru a celkově pracuje s přednastavenými, nouzovými hodnotami.

Velmi důležitým údajem je teplota motoru, resp. chladicí kapaliny. Údaj snímá odporové čidlo G62. Čidlo má dva výstupy, jeden putuje do ŘJ motoru a druhý do panelu přístrojů. Teplota motoru je jednou ze zásadních údajů pro správnou volbu dávky paliva. Při nízké teplotě je nutné dodávat více paliva, protože vlivem relativně chladného prostředí ve válci dochází k menšímu a pomalejšímu odpaření vstřikované nafty a nízkým teplotám stlačeného vzduchu v kompresní fázi. To způsobuje zhoršené podmínky pro vznícení paliva a motor pak špatně, nebo vůbec nenastartuje. Proto je také při startu nutné žhavení. Tedy ohřátí spalovacího prostoru pomocí žhavicích svíček. Doba žhavení je přímo závislá na teplotě motoru. Žhavení může být nadále aktivní i při nastartovaném motoru během prvních několika desítek vteřin, kdy pomáhá nadále ohřívat spalovací prostor.

Těsně za chladičem stlačeného vzduchu se nachází čidlo teploty a plnicího tlaku nasávaného vzduchu. Teplotní snímač je NTC odpor, jehož charakteristikou je, že se zvyšující se teplotou odpor klesá. Tlakové čidlo pracuje na piezoelektrickém jevu. Při působení tlaku na piezo krystal generuje napětí, které je v samotném snímači zpracováno a poté odesláno do ŘJ motoru. Podle velikosti napětí je schopna určit absolutní tlak v sání. Snímač tlaku může být také integrován v ŘJ motoru. V případě takového řešení je při poruše čidla problém, protože jej nelze samostatně vyměnit. Je nutno měnit celou řídící jednotku jako celek. Tato tlaková čidla jsou důležitá z hlediska nadmořské výšky, v které se vozidlo pohybuje. S rostoucí výškou totiž řídne vzduch a obsah kyslíku. Je proto nutné upravit dávku paliva. V případě poruchy čidla zůstane motor v chodu, ovšem dojde ke snížení maximální dávky paliva.

Vstupní signály ŘJ motoru vyhodnocuje a vydává pokyny podle informací ze vstřikovacích map, které jsou naprogramovány a nahrány do paměti jednotky. Jedná se o trojosé mapy, viz *Obr. 7 Vstřikovací mapa [6]*. Častým případem tuningu je vytvoření nových map (hodnot).



Obr. 7 Vstřikovací mapa [6]

2.5.2 Řídící JEDNOTKA ABS

Tato jednotka zajišťuje primárně správnou funkci bezpečnostního systému ABS. Systém je určen pro kritické brzdění, kdy nedovolí zablokování kol a následnou ztrátu řízení vozidla. Může být a často bývá doplněn o přídatné funkce. Mezi ně patří například funkce rozjezdový asistent neboli ASR. Ta tvoří tzv. elektronickou uzávěrku diferenciálu. Diferenciál rozděljuje hnací moment rovnoměrně na obě kola. Pokud dojde ke ztrátě adheze a jedno kolo se začne otáčet výrazně vyšší rychlostí než druhé, nedokáže přenášet točivý moment. Diferenciál přidělí stejný točivý moment i kolu s lepší adhezí, ale ten nestačí k rozpohybování vozidla. Tuto skutečnost ŘJ zjistí díky snímačům otáček na každém kole. Poté se automaticky, pomocí brzdy, přibrzdí protáčející se kolo a tím umožní přenést větší hnací moment na kolo s lepší adhezí. Dále obsahuje bezpečnostní systém ESP, stabilizační systém vozidla. Jeho snahou je vhodným přibrzděním jednotlivých kol zajistit stabilitu vozidla při přetáčivém nebo nedotáčivém smyku. Hlavními vstupy jednotky tvoří snímače otáček kol, signál od brzdového pedálu a další. Jako výstup slouží ovládání hydraulického čerpadla, které generuje tlak brzdové kapaliny, a elektro-hydraulické pístky, které rozdělují a omezují tlak brzdové kapaliny k příslušnému kolu. Následně se ovládají přímo brzdové čelisti. Každá ŘJ ABS musí rovněž obsahovat omezovač brzdění tlaku na zadní nápravu.

2.5.3 ŘÍDÍCÍ JEDNOTKA AIRBAGŮ

Jednotka představuje jeden z důležitých prvků pasivní bezpečnosti. Tedy takové, která má za úkol mírnit následky nehody. Na tuto jednotku je kladen velký důraz v bezchybnosti chodu. Vystřelený airbag v nesprávnou dobu totiž může být smrtící zbraní pro posádku. Mezi vstupní veličiny patří např. signál ze snímačů odstředivé síly, nárazu, či zátěžového čidla v sedačkách. Jako akční člen pak slouží rozbušky v tělese airbagu, případně předepínače pásu.

2.5.4 ŘÍDÍCÍ JEDNOTKA CLIMATRONIC

Tato jednotka již patří mezi komfortní jednotky, tzn. že slouží k zvětšení pohodlí pro řidiče a cestující. Zajišťuje splnění požadované teploty v interiéru, kterou si řidič zvolí. Mezi vstupní veličiny patří např. informace z teplotních čidel v interiéru, chladicí kapaliny či vnějšího prostředí. Výstupem pak je signál vyslaný k jednotlivým přepouštěcím klapkám, které mísí teplý a studený vzduch na požadovanou teplotu. Důležitým výstupem jsou také otáčky ventilátoru, který zajišťuje cirkulaci vzduchu.

2.5.5 ŘÍDÍCÍ JEDNOTKA PANELU PŘÍSTROJŮ

Jedná se o jednotku lidově řečeno „budíků“. Tedy zobrazovacího zařízení pro řidiče o základních údajích jako je rychlost, otáčky motoru, teplota chladicí kapaliny, hladina paliva v nádrži apod. Dříve se údaje o rychlosti vozidla, případně i otáčky motoru, přenášely mechanicky pomocí náhonu. Dnes se tyto informace přenáší elektronicky díky signálům ze snímačů po lince CAN-BUS. Panel přístrojů může dále obsahovat palubní počítač, který vypočítává a zobrazuje hodnoty jako průměrnou rychlost, spotřebu, aktuální spotřebu a jiné. Důležitou funkcí je také zobrazení kontrolek k motoru, např. žhavení, tlak oleje, stav kapalin apod.

2.5.6 ŘÍDÍCÍ JEDNOTKA GATEWAY

Zařízení sdružuje signály všech ŘJ ve vozidle. V praxi to znamená, že přijímá signály z jednotlivých jednotek a poskytuje informace dalším jednotkám, které danou veličinu přímo nesnímají, ale je pro ně potřebná. Z této jednotky je také vyvedeno rozhraní pro komunikaci s testerem. Je důležitým spojovacím uzlem všech jednotek.

2.5.7 ŘÍDÍCÍ JEDNOTKA KOMFORTU

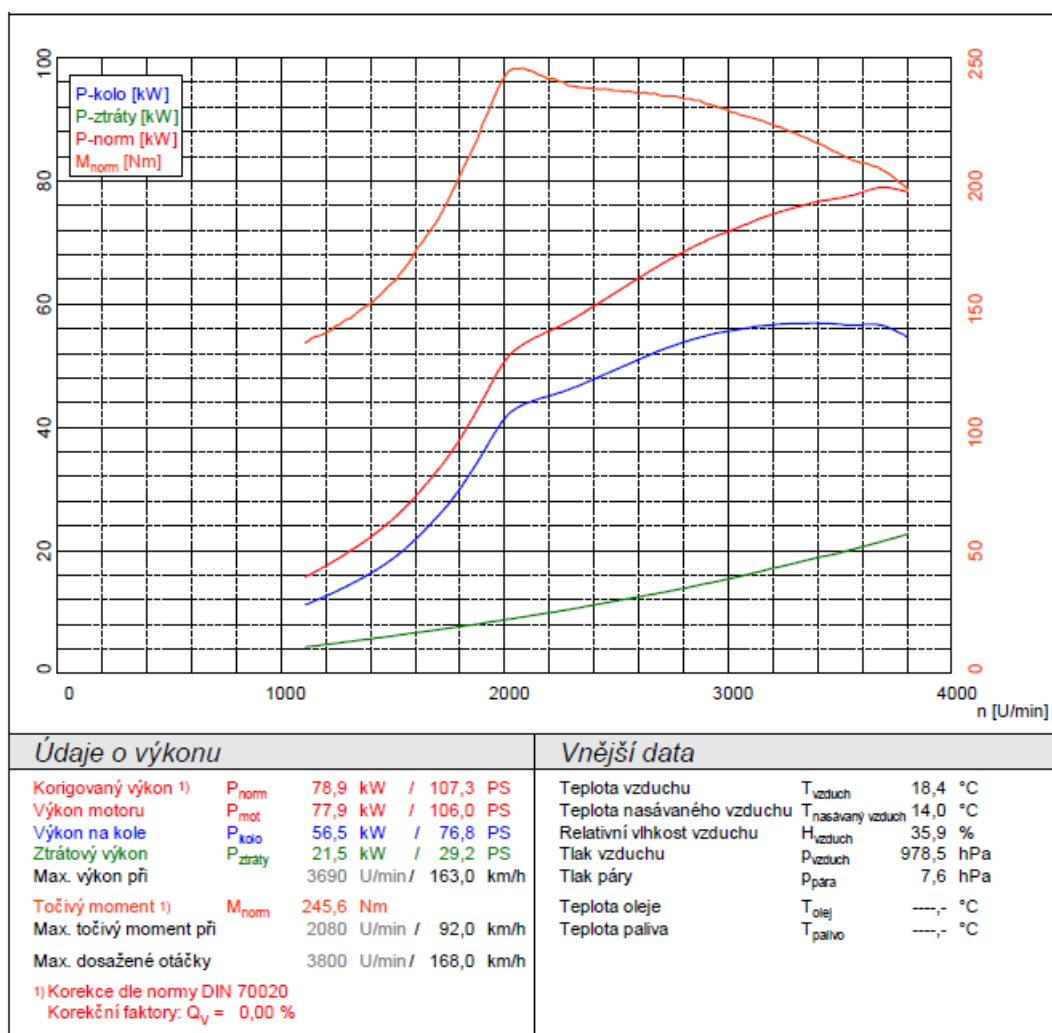
Řídicí jednotka komfortu zajišťuje všechny ostatní funkce nezbytné pro chod automobilu z pohledu komfortu řidiče. Ovládá např. zpětná zrcátka, střešní okno, interiérové osvětlení nebo i centrální zamykání.

3 POSTUP DIAGNOSTIKY ZÁVAD

Následující část práce je věnována praktickému postupu řešení možných závad s využitím získaných vědomostí a souvislostí v první části této práce.

3.1 DLOUHODOBÉ SNÍŽENÍ VÝKONU

Tato závada je na první pohled těžko prokazatelná. Často může jít o subjektivní pocit řidiče. Jediným prokazatelným měřením je zkouška na válcové zkušebně. V našem případě byla dílna vybavena touto zkušebnou, takže jsme provedli měření (Obr. 8 Protokol z měření na válcové zkušebně). Obr. 8 Protokol z měření na válcové zkušebně).



Obr. 8 Protokol z měření na válcové zkušebně

Snížení výkonu může způsobovat mnoho faktorů. Mezi základní lze zařadit množství vzduchu nasátého do válce a dávka vstříknutého paliva. Dalšími faktory jsou obecně mechanický stav

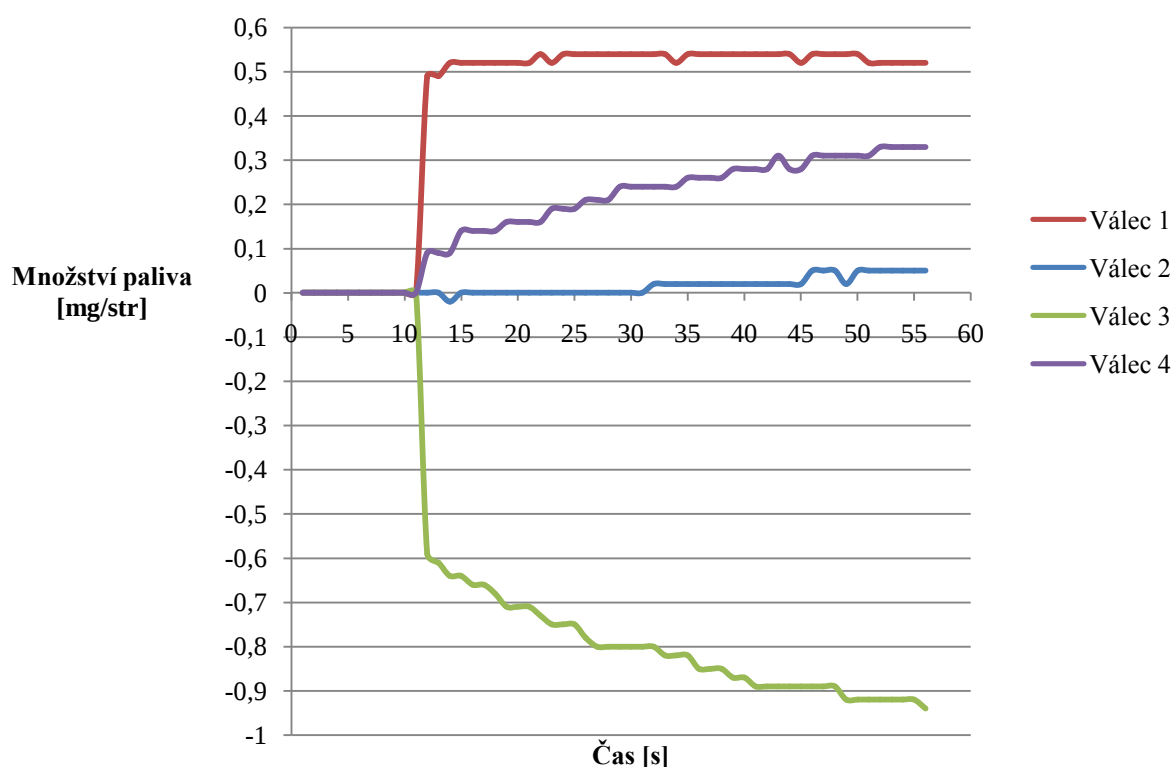
motoru a pohonného ústrojí nebo také kvalita paliva. Tyto obecné faktory budeme považovat za bezchybně fungující.

Začneme vyčtením paměti závad z ŘJ. Bohužel v tomto případě je paměť bez závad. Nemáme tedy žádný zachytný bod, na který bychom se mohli zaměřit. Budeme tedy postupovat postupným měřením jednotlivých komponent. Problém může být v palivové nebo sací části. Jako první bych se zaměřil na palivovou část. V našem případě je palivo dopravováno do válce pomocí rotačního čerpadla a otvorových vstřikovačů. Pomocí diagnostického testeru jsem změřil hodnoty vstřikovaného množství paliva při volnoběhu a porovnal s požadovanými hodnotami (Obr. 9 Vstřikované množství paliva do jednotlivých válců).



Obr. 9 Vstřikované množství paliva do jednotlivých válců

Tímto měřením také zjistíme teoretický mechanický stav jednotlivých válců. Čidlo otáček klikové hřídele snímá jednotlivé impulzy 4x za jedno otočení klikové hřídele. Pokud jednotlivé signály přichází ve stejném rytmu, všechny válce pracují stejně. Pokud je však jeden válec výkonově horší, dojde ke zpomalení otáček hřídele. Toto zaznamená ŘJ v podobě pozdějšího signálu a v příští otáčce přidá danému válci více paliva. Tím dojde k zrychlení daného válce a k vyrovnání otáček. Z Obr. 9 Vstřikované množství paliva do jednotlivých válců vidíme, že 3. válec je podstatně silnější, než ostatní. Oproti tomu 1. válec je nejslabší, protože odebírá nejvíce paliva. Správné hodnoty se pohybují v rozsahu $-2 \div +2$ mg/str, všechny válce jsou tedy v pořádku. [10] Pokud si hodnoty vykreslíme do grafu (viz Obr. 10 Graf vstřikovaného množství jednotlivých válců) je patrné, že ihned po startu ŘJ postupně dorovná hodnoty až na přibližně ustálený stav. Ten se pak snaží neustálými mírnými regulacemi udržovat. Křivky představují jednotlivé válce.

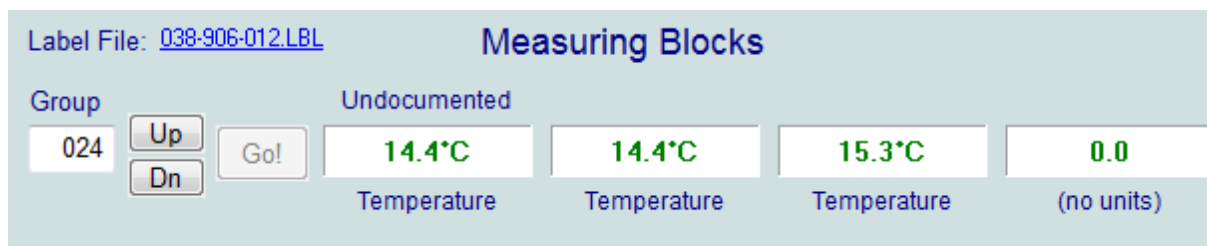


Obr. 10 Graf vstřikovaného množství jednotlivých válců

Ověříme si také správnost údajů z teplotních čidel tím, že po vychladnutí motoru porovnáme hodnoty z čidel s okolní teplotou (viz Obr. 11 Hodnoty z teplotních čidel při zahřátém motoru Teplota paliva; teplota nasávaného vzduchu; teplota chladicí kapaliny a Obr. 12 Hodnoty z teplotních čidel u studeného motoru) Hodnota je v našem případě prakticky stejná, tudíž čidla pracují správně.



Obr. 11 Hodnoty z teplotních čidel při zahřátém motoru
 Teplota paliva; teplota nasávaného vzduchu; teplota chladicí kapaliny

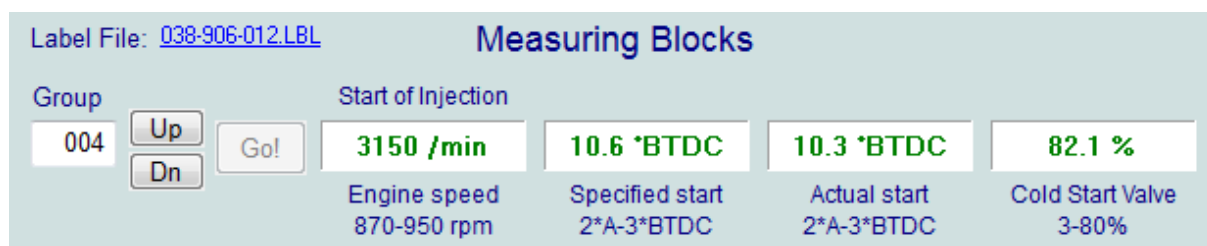


Obr. 12 Hodnoty z teplotních čidel u studeného motoru
Teplota paliva; teplota nasávaného vzduchu; teplota chladicí kapaliny

Dále zkontrolujeme hodnotu počátku vstříku. Druhá hodnota v tabulce (viz Obr. 13 *Hodnoty úhlu počátku vstříku*) nám říká požadovaný počátek vstříku ŘJ. Hodnota ve 3. rámečku je aktuální počátek vstříku. Hodnota by se měla pohybovat mezi 3 ° před HÚ a 2 ° za HÚ. Hodnota je v pořádku, ovšem blíží se k dolní mezi. Také procentuální korekce je těsně pod hranicí intervalu. Proto si pro jistotu přes funkci ovládání akčních členů ověříme správnou funkčnost ventilu počátku vstříku. Zkouška probíhá za chodu motoru na volnoběh, kdy ventil je nastavován do krajních poloh, což způsobuje slyšitelnou změnu hluku spalování, která se jasně projevila. Funkce ventilu je tedy správná. Hodnoty jsem si ověřil také při jízdě při plné zátěži, viz Obr. 14 *Hodnoty úhlu předstříku při plné zátěži*. Všechny údaje ležely v požadovaných intervalech. [10]



Obr. 13 Hodnoty úhlu počátku vstříku při volnoběhu
Otáčky motoru; Požadovaný úhel předstříku; Aktuální úhel předstříku;
Řízení ventilu počátku vstříku



Obr. 14 Hodnoty úhlu předstříku při plné zátěži
Otáčky motoru; Požadovaný úhel předstříku; Aktuální úhel předstříku;
Řízení ventilu počátku vstříku

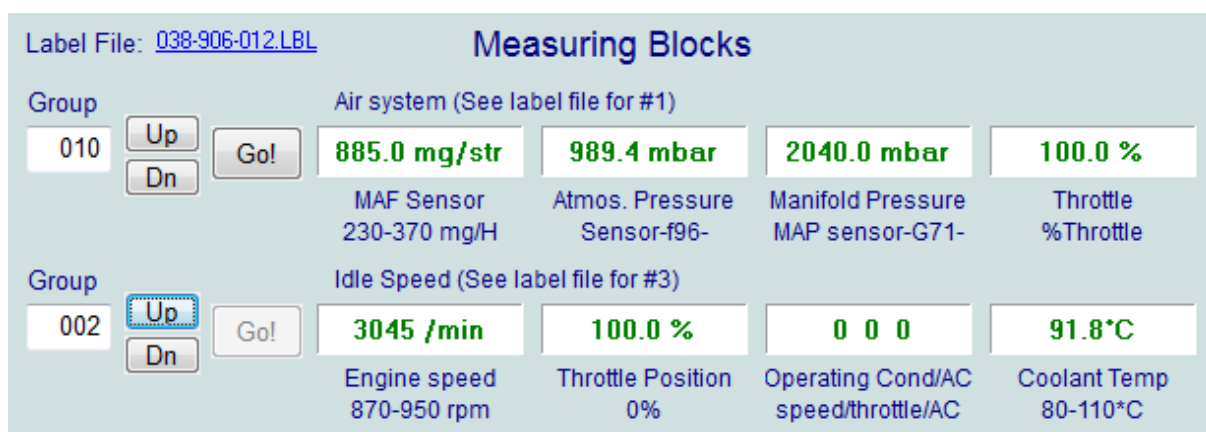
Špatné množství vstřikovaného paliva však může způsobovat i mechanická vada. Bylo by vhodné změřit vstřikovací tlaky čerpadla a hlavně mechanický stav vstřikovačů. Ty mohou být přídřené nebo naopak netěsné a propouštět naftu mimo dobu vstříku. Toto je velmi

rizikové, protože může dojít k propálení pístu v důsledku ukapávající nafty. Bohužel nemám zařízení pro tato mechanická měření, proto budeme považovat činnost těchto komponentů za správnou.

Dále jsem postupoval v prověření oblasti sání. Nejprve jsem prohlédl těsnost a neporušenost všech hadic a stav vzduchového filtru. Vše bylo v pořádku a potvrdily to i údaje o množství nasávaného při dalších měřeních, které byly v tolerancích (Obr. 15 Množství nasávaného vzduchu při volnoběhu). Poté jsem se zaměřil na snímače, tedy váhu vzduchu, snímač tlaku a teploty a ovládací členy souvisejících soustav – EGR, škrticí klapku a ovládání turbodmychadla.



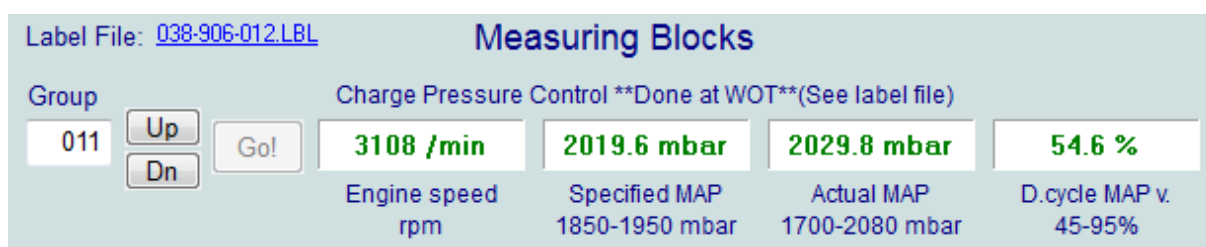
Obr. 15 Množství nasávaného vzduchu při volnoběhu
Otáčky motoru; požadované množství vzduchu; aktuální množství vzduchu;
nastavení řízení EGR ventilu



Obr. 16 Množství vzduchu při plné zátěži

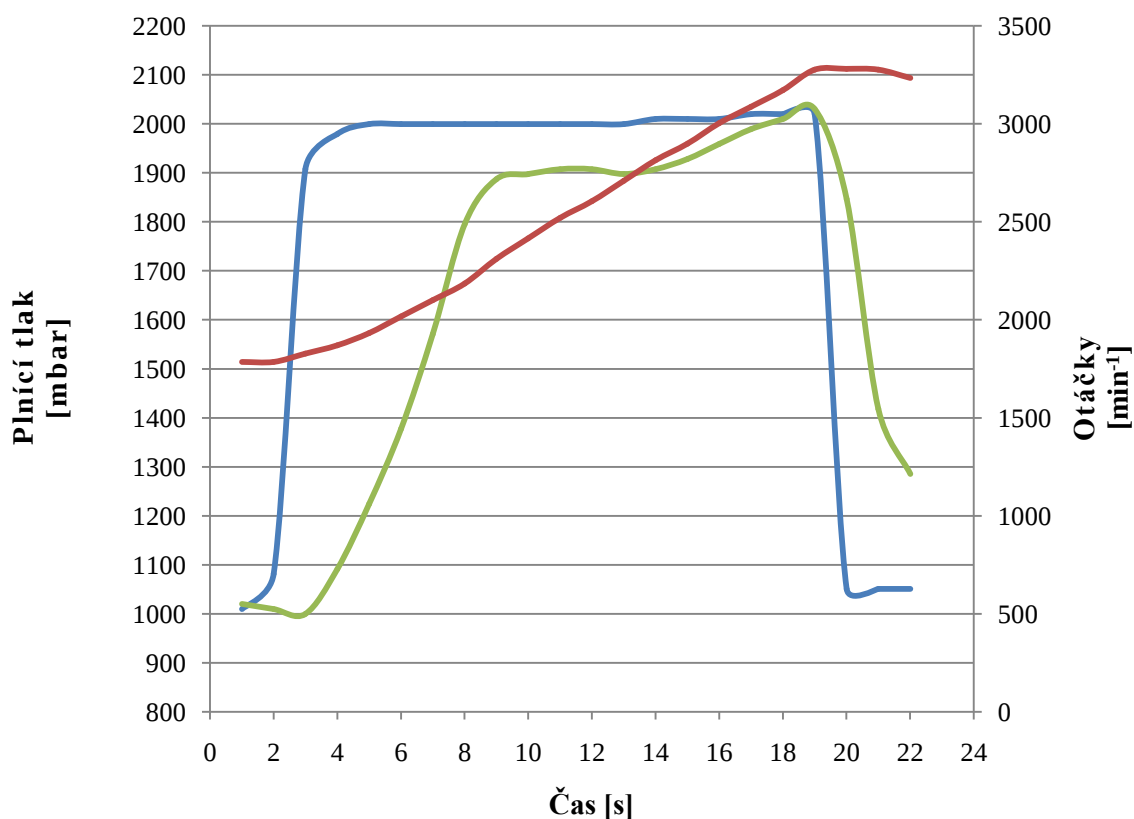
Jedno z ověření správné funkce váhy vzduchu je měření nasávaného množství vzduchu při plné zátěži, kdy množství vzduchu v intervalu 2900 – 3100 min⁻¹ musí ležet mezi 800 – 1100 mg/str (viz Obr. 16 Množství vzduchu při plné zátěži první pole). Hodnota leží v daném rozmezí, snímač tedy pracuje správně. V dalším poli v Obr. 16 Množství vzduchu při plné zátěži je údaj ŘJ o barometrickém tlaku. Ten jsem porovnal s nástěnným barometrem v dílně. Údaje se opět shodovaly. Teplota nasávaného vzduchu také odpovídala možné reálné hodnotě, viz Obr. 11 Hodnoty z teplotních čidel při zahřátém motoru. Čidlo tedy opět pracuje správně. [10]

Pro ověření správné funkce turbodmychadla jsem provedl další testovací jízdu, kde jsem měřil maximální plnicí tlak turbodmychadla. Měření probíhá při provozních podmínkách motoru a plně sešlápnutém plynovém pedálu. Akcelerace probíhá od 1500 min^{-1} na 3. nebo 4. převodový stupeň a hodnoty odečítáme v 3100 min^{-1} . Hodnoty plnicího tlaku musí ležet v intervalu 1850 – 2250 mbar a nesmí se vzájemně lišit o více jak 100 mbar. [10] Z Obr. 17 Plnicí tlaky při akceleraci je zřejmé, že aktuální tlak je lehce vyšší, než požadovaný. To ukazuje na zvýšený protitlak v sání, který může být způsobený např. zanesením sání sazemi z EGR ventilu, či jinou překážkou. Hodnota ale bezpečně splňuje maximální odchylku, tudíž jí lze považovat za správnou. Toto měření nám také ověřilo správnost chodu celého okruhu ovládání turbodmychadla. Z grafu na Obr. 18 Průběh plnicích tlaků během 100% akcelerace lze pozorovat nižší plnicí tlak než je požadovaný. Tento stav může být zapříčiněn zanesením turbodmychadla či celkově horším mechanickým stavem soustavy vlivem opotřebení. Referenční hodnota ovšem byla dosažena bez problému.



Obr. 17 Plnicí tlaky při akceleraci

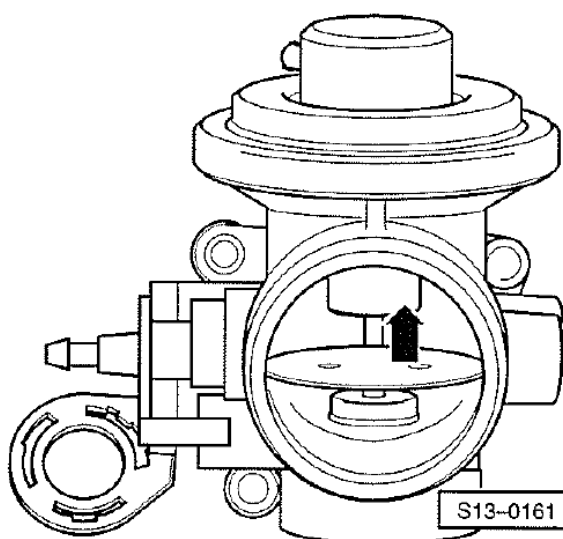
Otáčky motoru; Požadovaný plnicí tlak; Aktuální plnicí tlak; Regulace turbodmychadla



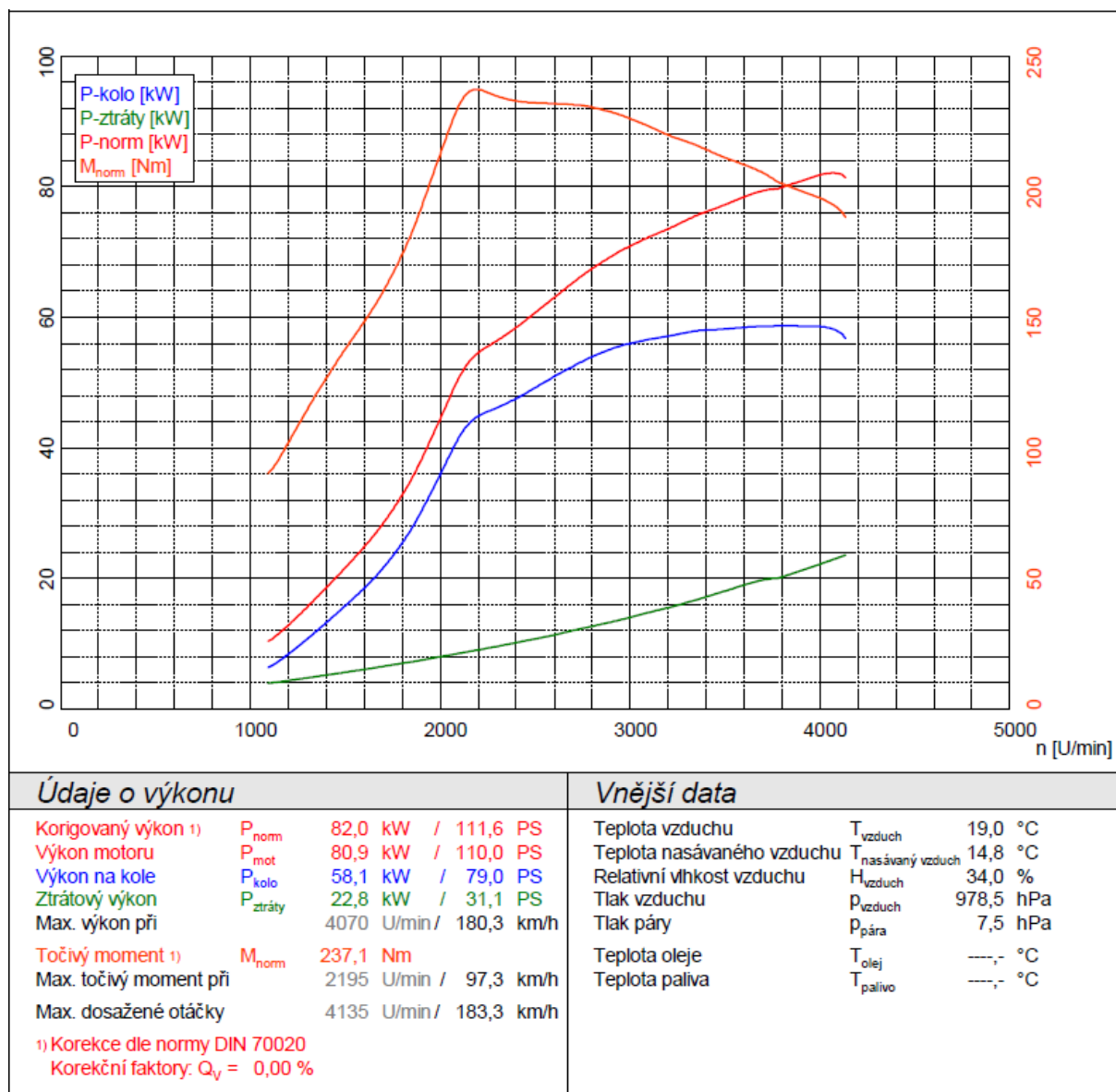
*Obr. 18 Průběh plicích tlaků během 100% akcelerace
Červená křivka - otáčky motoru; modrá křivka - požadovaný plicí tlak;
zelená křivka - aktuální plicí tlak.*

Jako poslední zbývalo změřit EGR ventil a škrticí klapku, která se nachází bezprostředně před ním (viz Obr. 19 Modul EGR ventilu se škrticí klapkou [11]). Oba dva členy jsou ovládány podtlakově a každý má svůj elektropneumatický ventil pro regulaci podtlaku. Škrticí klapka pracuje pouze při vypnutí motoru pro jeho hladší doběh. Ovládací ventil spínal správně. Proto jsem detailně prohlédl podtlakové vedení a hledal netěsnosti či praskliny. Poté jsem zkusil ručně hýbat s pákou ovládající klapky, která šla pocitově těžko. Při vypnutí motoru jsem tedy sledoval pohyb klapky a bylo zřetelné, že se klapka plně uzavře, ale poté se již nevrátí do plně otevřeného stavu, ale zůstane částečně uzavřená.

Toto zjištění je jasnou příčinou snížení výkonu motoru. Na žádných měřených hodnotách jsme přímo tuto skutečnost nezaznamenali, protože ŘJ jednotka nemá možnost ověřit si, že je klapka částečně uzavřená. Jedinou indicií byl mírně vyšší tlak v sání. Hodnota ovšem ležela v tolerovaném rozsahu, takže bych ji nepovažoval za přímý ukazatel závady. Do válce se však dostalo podstatně méně vzduchu. Při nízké zátěži to nebylo citelné, protože výkon motoru dostačoval vzhledem k požadavku od řidiče. Po promazání a rozhýbání ovládací páky škrticí klapky se motoru zvýšil výkon na běžný stav. Na následujícím obrázku (Obr. 20 Výsledný protokol z měření na válcové zkušebně) vidíme výsledky měření na válcové zkušebně. Motor již má plný, výrobcem udávaný výkon.



Obr. 19 Modul EGR ventilu se škrticí klapkou [11]



Obr. 20 Výsledný protokol z měření na válcové zkušebně

3.2 DLOUHÉ, OBTÍŽNÉ STARTY

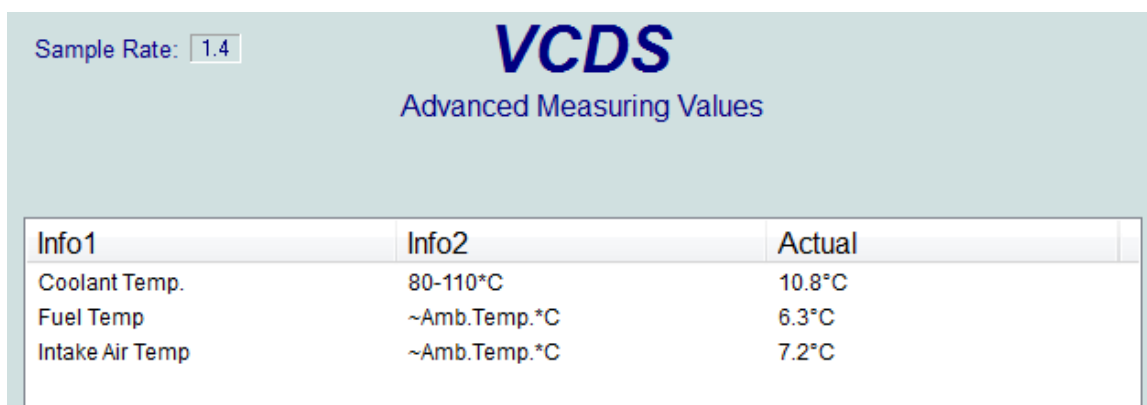
Závada se projevovala tak, že motor se při startu obtížně a často trhaně točil pomocí startéru. Motor pak naskočil někdy i postupně po jednotlivých válcích a po nastartování motoru se vyfoukl výfukem oblak šedého kouře. Závada se projevovala i při teplém motoru, ale méně citelně.

V prvním kroku jsem vyčetl paměť závad motoru. Nebyla zde uložena žádná závada. Nejdříve jsem se tedy zaměřil na stav nabití akumulátoru. K tomuto účelu slouží tzv. zátěžové testery akumulátorů. Tester připojíme na oba póly akumulátoru a po chvíli nám vyhodnotí

stav pomocí rozsvícení kontrolky OK, popřípadě Faulty. V našem případě byl akumulátor v pořádku, tedy s hodnocením OK. Pokud toto vybavení nevlastníme, jsme nuceni akumulátor prověřit jiným způsobem. Lze to udělat následujícím postupem. Multimetrem jsem změřil napětí při vypnutém motoru a spotřebičích. Hodnota byla 12,23V. Poté jsem provedl orientační zkoušku poklesu napětí při rozsvícení světel. Hodnota klesla na 11,74V. Tyto údaje jsou pouze orientační. Pokud by ale hodnoty napětí byly výrazně pod 12V, je akumulátor s určitostí slabý. Důležité pro dobrý start motoru je velikost napětí a proudu, který je schopen nárazově vydat. Startovací proud má velikost ve stovkách ampér, je tedy potřeba speciální proudové kleště s velkým rozsahem. Při dobrém rozlišení osciloskopu nám průběh a velikost startovacího proudu, resp. křivek pro jednotlivé válce, objasní i mechanický stav válců a jejich kompresi. Bohužel toto vybavení nebylo dostupné, takže stav akumulátoru jsem musel zjistit z velikosti napětí při startu. To by při plusových hodnotách teploty okolního prostředí nemělo klesnout výrazně pod 10V. Při poklesu na nižší napětí totiž může dojít u některých motorů k odstavení vstřikování, zapalování či celé ŘJ motoru. Napětí jsem změřil multimetrem přímo na akumulátoru během startu, kde dosahovalo 10,84V. Akumulátor je tedy v pořádku.

Jelikož se závada projevovala i během studených startů, je tu možnost chyby v oblasti žhavení. Pokud by bylo vedení ke žhavicím svíčkám nějakým způsobem porušené, nebo by některá ze žhavicích svíček byla špatná, ve smyslu přerušená, závada by se objevila v paměti závad a na palubní desce by svítila nebo blikala kontrolka žhavení. Žádný z těchto projevů však nenastal. To ale ještě není jasný důkaz o tom, že žhavicí svíčky fungují správně. Stará, špatná žhavicí svíčka je i ta, která se nažhaví za delší časový úsek, než by měla. Také může docházet k rozžhavení špatné části svíčky. Tyto detaily jsou těžko zjistitelné, proto se doporučuje je měnit podle předepsaného intervalu výrobce.

Doba žhavení je přímo úměrná teplotě chladicí kapaliny. Čím nižší je teplota, tím déle je nutné ohřívat spalovací prostor ve válci. Informaci o teplotě chladicí kapaliny si ŘJ bere ze snímače teploty chladicí kapaliny. Pokud dává snímač chybnou informaci o teplotě, dochází pak k nesprávné délce žhavení a následným zhoršeným startům. Pokud jednotka nezaznamená žádnou informaci z čidla o teplotě, nastaví defaultní hodnotu na nejnižší možnou teplotu (-40°C). Žhavicí svíčky pak žhaví nejdelší dobu, tedy 20s. Pokud čidlo teploty funguje, ale dává nesmyslný signál, ŘJ to nemusí odhalit. Z toho důvodu jsem si prověřil teplotní čidlo s reálnou hodnotou na vnějším teploměru. Hodnoty se shodovaly, čidlo tedy pracuje správně (Obr. 21 Odečtené teploty).

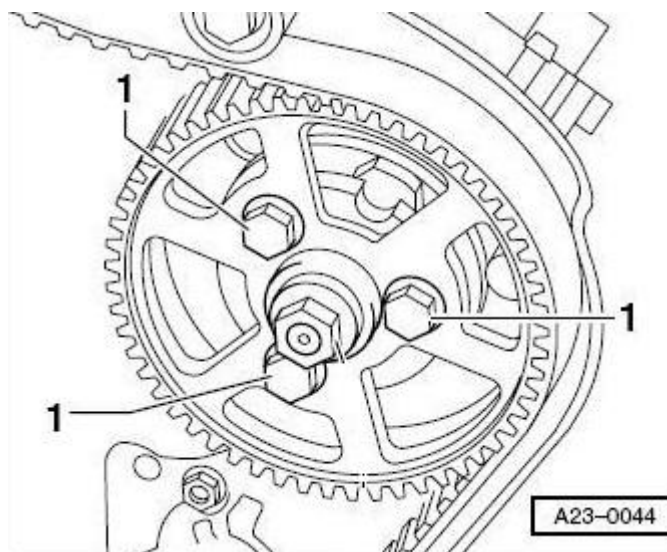


Info1	Info2	Actual
Coolant Temp.	80-110°C	10.8°C
Fuel Temp	~Amb.Temp.*C	6.3°C
Intake Air Temp	~Amb.Temp.*C	7.2°C

Obr. 21 Odečtené teploty

Během vizuální kontroly kabeláže ke žhavicím svíčkám jsem provedl také změření rozdílů potenciálu napětí mezi startérem a baterií. Toto měření se provede tak, že jeden hrot multimetru přiložíme na plus pól baterie a druhý na plusový kontakt startéru. Hodnoty v nezatíženém stavu by se měly blížit 0V, což znamená dokonalý vodivý kontakt. Pokud nám multimetr ukáže nějakou hodnotu napětí, znamená to, že vodivé spojení není ideální. Stejný postup provedeme i mezi mínus pólem baterie a kostrou startéru, resp. motoru. Stejně měření jsem provedl i při startu motoru, kde vlivem vysokého protékajícího proudu se projeví i relativně malý přechodový odpor. Rozdíl napětí by při zatížení neměl být více jak několik desetin voltu. Při měření jsem ale naměřil hodnotu 1,24V. Následně jsem tedy detailně prošel cestu kabeláže od baterie po startér a zpět. Startér je kostřený svým tělem k motoru, který má pak kostřicí kabel vedený na karoserii a na minusový pól akumulátoru. Chybu jsem objevil na upevnění kabelu kostry motoru, kde byla téměř odšroubovaná matka a kabel pouze ležel na šroubu. Koncové oko mělo pouze malý kontaktní styk, který byl částečně zoxidovaný. To způsobovalo při průchodu velkých proudů značný přechodový odpor. Spoj se zahříval a nedokázal přenést potřebný proud. Po řádném očištění kontaktů a dotažení matice motor již bez problémů startoval. Pro jistotu jsem ještě prověřil správné nastavení předstřiku, který má přímý vliv na plynulý start motoru.

U rotačního vstřikovacího čerpadla se základní hodnota předstřiku při startu nastavuje mechanicky povolením tří šroubů a pootočením řemenice čerpadla (Obr. 22 Řemenice vstřikovacího čerpadla [10]). Při otočení řemenice ve směru hodinových ručiček posouváme počátek vstřiku na dřívější a v opačném směru na pozdější. Toto nastavení je nutné provést vždy při výměně rozvodového řemene, nebo souvisejících komponent.



Obr. 22 Řemenice vstřikovacího čerpadla [10]

Pro správné nastavení je nutnost použít diagnostiku a pomocnou aplikaci TDigraph. V okně aplikace (viz Obr. 23 *Nastavení předvstřiku (TDigraph)*) vidíme 3 barevné čáry. Červená a zelená čára představují hranice intervalu správného počátku vstřiku. Modrá čára pak jeho střed. Spojnice žlutých čar představuje aktuální počátek vstřiku a musí ležet mezi zelenou a červenou čarou, nejlépe lehce nad modrou. Při tomto měření je nutné mít zahřátý motor na provozní teplotu, tedy aby teplota chladicí kapaliny měla min. 80°C. Pokud je průsečík mimo interval, provedeme mechanické seřízení řemenice čerpadla. Další nastavení během provozu je již pomocí elektronického regulátoru. Jeho funkci můžeme sledovat pomocí zatrhnutí funkce „cloud“. Na obrazovce se nám začnou zaznamenávat jednotlivé nastavené hodnoty v podobě žlutých teček. Pokud jsou příliš rozptýlené po ploše, značí to špatnou funkci regulátoru.



Obr. 23 Nastavení předvstříku (TDIGraph)

Výsledek měření je zobrazen na obrázku výše. Hodnota předvstříku leží mírně nad středovou čarou, což je v pořádku. Jednotlivé hodnoty výrazně nekolísají, což značí, že elektronický regulátor také pracuje správně.

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo navržení vhodného diagnostického postupu pro ověření správného fungování hlavních komponent vznětového spalovacího motoru a ověření navrženého postupu/metodiky na reálném vznětovém motoru. Provést základní rozbor fungování vznětového spalovacího motoru pro osobní automobil a vliv jeho hlavních komponent na jeho funkci. Popis současných diagnostických zařízení používaných pro diagnostiku spalovacích motorů.

V první části práce jsem rozebral teoretické souvislosti jednotlivých komponent důležitých pro fungování vznětového motoru. Na začátku jsou popsány jednotlivé možnosti měřicí techniky a její použití. Dále pak už jednotlivé části konkrétního vznětového motoru. Mezi nejdůležitější komponenty patří palivové vstřikovací čerpadlo, které je řízené pomocí ŘJ, která řídí dávku paliva na základě informací ze snímačů. Dále jsou rozebrány související systémy, např. regulace turbodmychadla, či systému zpětné recirkulace výfukových plynů. V závěru kapitoly jsou popsány všechny ŘJ použité v konkrétním vozidle a jejich funkce.

Ve druhé části práce jsem názorně ukázal metodiku měření a diagnostiku závady na konkrétním spalovacím motoru. Řídicí jednotky mají vlastní, vnitřní diagnostiku. Ta ovšem, jak se ukázalo, zdaleka není dokonalá a k odhalení závady je často nedostatečná. Je tedy velmi důležité znát jednotlivé souvislosti mezi řídicími členy a patřičnými symptomy závady. Také je důležité si všimnout správného chodu mechanických částí motoru, které nejsou z pohledu elektroniky rozpoznatelné. Právě mechanická závada byla v našem případě příčinou snížení výkonu motoru. Na žádném měření na palivové soustavě, ani v oblasti sání nebyly zjištěny nesrovnalosti. Vstřikovací dávky byly v pořádku, teplotní čidla také. Množství nasávaného vzduchu leželo v tolerančním intervalu a plnicí tlaky byly také v pořádku. Pouze při zkoušce v plné zátěži jsem naměřil tlak o 10 mbar vyšší než požadovaný. Ovšem i tato odchylka je v toleranci. Až vizuální pohled a ověření správného chodu škrtkové klapky, sloužící pro plynulejší doběh motoru, mě přivedl k zjištění závady. Došlo k přidření ovládací páky klapky a tím zůstávala neustále částečně uzavřená. Do motoru se nedostalo patřičné množství vzduchu, které při vyšší zátěži nedostačovalo. Po rozhybání a promazání ovládací páky se klapka pohybovala po celé své dráze a již se plně otevírala. Měření na válcové zkušebně potvrdilo plný, výrobcem udávaný výkon motoru.

Ve druhém případě se jednalo o špatné starty motoru. Paměť závad neobsahovala žádnou uloženou závadu. Zaměřil jsem se tedy na stav akumulátoru. Nejprve jsem jej změřil zátěžovým testerem a poté uvedl metodiku ověření stavu bez pomoci testeru. Zkoušky potvrdily dobrý stav akumulátoru, prověřil jsem tedy oblast žhavení. Informace z čidel o teplotě chladicí kapaliny byly správné, stejně tak žhavicí svíčky. Na příčinu špatných startů

motoru mě přivedlo až měření rozdílu potenciálů mezi startérem a akumulátorem. Následně jsem odhalil povolený a částečně zoxidovaný spoj na kostřicím bodě motoru. Po očištění a řádném dotažení matice byly starty motoru bezvadné. Následně jsem ještě provedl kontrolu předvstříku a hodnotu mechanicky nastavil na správnou. Toto nastavení má totiž také přímý vliv na plynulost startu. Po těchto úpravách již motor bezchybně startoval.

Výsledkem mé závěrečné práce je navržená metodika pro diagnostiku vznětového motoru a demonstrována při řešení konkrétních závad. Je zřejmé, že je nesmírně důležité mít znalosti v oblasti elektrické a elektronické části motoru, ale i oblasti mechanické. Navržená metodika vedla k odstranění příčiny závady. Cíle práce byly splněny.

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] Otáčková charakteristika. In: *Audi Club CZ* [online]. [cit. 2018-03-20]. Dostupné z: <https://www.audi-club.cz/model.php?id=a3>
- [2] Regulace turbodmychadla. In: *Auto Blog* [online]. [cit. 2018-03-20]. Dostupné z: <http://www.tdipower.sk>
- [3] PECKA, Luboš. *Přehled a princip činnosti senzorů a akčních mechanismů vozidel* [online]. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství, 2008 [cit. 2018-03-31]. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/11012/2053>. Bakalářská práce. Vedoucí práce Marián Laurinec.
- [4] JAN, Zdeněk and Bronislav ŽDÁNSKÝ. 2001. *Automobily 4: příslušenství*. 2. vyd. Brno: AVID, 305s. ISBN 9788087143162.
- [5] JAN, Zdeněk, Bronislav ŽDÁNSKÝ and Jindřich KUBÁT. 2013. *Automobily. 6, Elektrotechnika motorových vozidel II*. 3. vydání. Brno: Avid, spol. s r. o, 211 stran : ilustrace (převážně barevné). ISBN 978-80-87143-27-8.
- [6] Vstřikovací mapa. In: *REPREmoto* [online]. [cit. 2018-03-20]. Dostupné z: <http://repremoto.cz/>
- [7] SOYMA, Evžen a Mgr. M. TUNTUROVOVÁ. *Projekt spolupráce auto a IT oborů* [online]. 2009 [cit. 2018-03-31]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/1926943/7/images>
- [8] HLADNÝ, Ing. Radek. *Palivová soustava vznětového motoru s rotačním čerpadlem VE s elektronickou regulací* [online]. [cit. 2018-03-31]. ISSN 1802-4785. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/2995183/>
- [9] Elektronicky řízené RVČ VE. In: *ELUC* [online]. [cit. 2018-03-31]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz>
- [10] ŠKODA AUTO A.S. *Dílenská příručka OCTAVIA: Motor 1,9l/81kW (TDI) - vstřikovací a žhavicí zařízení*. 3 01.02. Uděleno 2002.
- [11] ŠKODA AUTO A.S. *Dílenská příručka OCTAVIA: Motor 1,9l/66kW (TDI) - mechanická část*. 5 05.01. Uděleno 2002.

SEZNAM POUŽITÝCH JEDNOTEK

[%]	Procento
[°]	Stupeň
[°C]	Stupeň Celsia
[A]	Ampér
[bar]	Bar
[cm ³]	Centimetr krychlový
[km]	Kilometr
[kW]	Kilowatt
[l]	Litr
[mbar]	Milibar
[mg/str]	Miligram na zdvih
[mm]	Milimetr
[Nm]	Newton metr
[min ⁻¹]	Otáčky za minutu
[s]	Sekunda
[V]	Volt

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

<i>ABS</i>	Systém zabraňující zablokování kol
<i>ASR</i>	Rozjezdový asistent
<i>CAN-BUS</i>	Sběrnice vnitřní komunikační sítě automobilu
<i>CPU</i>	Centrální procesorová jednotka
<i>EDC</i>	Elektronická regulace paliva
<i>EGR</i>	Zpětné vedení výfukových spalin
<i>ESP</i>	Stabilizační systém vozidla
<i>HÚ</i>	Horní úvrat' pístu
<i>NTC</i>	Termistor s negativním teplotním koeficientem
<i>OHV</i>	Váčkový hřídel uložen v hlavě válců
<i>PWM</i>	Pulsně šířková modulace
ŘJ	Řídicí jednotka
<i>VTG</i>	Variabilní geometrie lopatek turbodmychadla
<i>WG</i>	Obtokový ventil (Westgate)