

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

Katedra vozidel a pozemní dopravy



Závady systémů motormanagementu zážehových motorů a jejich vliv na produkci emisí

diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: Ing. Martin Kotek, Ph. D.

Autor práce: Bc. Ondřej Mejzlík

PRAHA 2017

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Ondřej Mejzlík

Silniční a městská automobilová doprava

Název práce

Závady systémů motormanagementu zážehových motorů a jejich vliv na produkci emisí

Název anglicky

The motor management systems' faults of spark ignition engines and their influence on the emission production

Cíle práce

Analyzovat a experimentálně ověřit závady systémů motormanagementu zážehových motorů a jejich vliv na produkci emisí.

Metodika

1. provést literární rešerši v oblasti dané problematiky s vlastními komentáři a stanovisky
2. konzultovat práci s institucemi a výrobci zabývající se danou problematikou
3. provést vlastní experimenty, stanovit závěry a uvést případná doporučení

Doporučený rozsah práce

50-60 stran textu včetně tabulek a obrázků

Klíčová slova

porucha, motormanagement, emise, OBD

Doporučené zdroje informací

GREGORA, S., MAŠEK, Z.: Elektronické a mechatronické systémy v konstrukci silnicích vozidel, Pardubice, 2008, ISBN 978-80-7395-082-8

Papoušek M., Šterba P.: Diagnostika spalovacích motorů, Computer Press, Brno, 2007, ISBN 978-80-251-1697-5

PEJŠA, L., KADLEČEK, B. aj.: Technická diagnostika, Skripta TF ČZU, 1995, ISBN 80-213-0249-6

Remek B.: Provozní údržba a diagnostika vozidel, ČVUT Praha 2003, ISBN 80-01-02275-7

VLK, F.: Diagnostika motorových vozidel VLK, Brno, 2006, 576s., ISBN 80-239-7064-0

Předběžný termín obhajoby

2016/17 LS – TF

Vedoucí práce

Ing. Martin Kotek, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vozidel a pozemní dopravy

Elektronicky schváleno dne 12. 1. 2016

doc. Ing. Miroslav Růžička, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 19. 1. 2016

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan

V Praze dne 18. 02. 2017

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: Závady systémů motormanagementu zážehových motorů a jejich vliv na produkci emisí vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Jsem si vědom, že moje diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí.

Jsem si vědom, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

V Praze, dne 19.3.2017

.....
Ondřej Mejzlík

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu diplomové práce, panu Ing. Martinu Kotkovi, Ph.D., za jeho odborné vedení a za cenné připomínky a rady při vypracování této práce. Poděkování patří také firmě Auto Dobrovolný V.M. s.r.o., která mi zajistila zázemí pro vypracování praktické části této práce, zejména pak p. Dudovi a p. Zelenému a Engelhartovi, kteří mi poskytli odborné rady při diagnostických postupech a při měření emisí.

ABSTRAKT: Diplomová práce se zabývá závadami systémů motormanagementu zážehových motorů a jejich vlivem na produkci škodlivých emisí ve výfukových plynech. V kapitole Složení výfukových plynů jsou popsány jednotlivé složky včetně jejich vzniku. Kapitola Systémy řízení zážehového motoru je zaměřena na jednotlivé systémy, které regulují množství škodlivin ve výfukových plynech. V kapitole Diagnostické postupy a metody jsou rozděleny diagnostické postupy používané k odhalení závady včetně rozdělení sériové a paralelní diagnostiky a příslušných měřících přístrojů. Praktická část diplomové práce je zaměřena na poruchy systémů, které ovlivňují produkci škodlivin ve výfukových plynech. Poruchy systémů jsou popsány včetně diagnostického postupu, který byl použit k odhalení závady. Emise byly změřeny před a po opravě vadného systému, aby bylo možné určit, jakým způsobem nefunkční systém ovlivnil množství škodlivin.

Klíčová slova: porucha, motormanagement, emise, OBD

The motor management system's faults of spark ignition engines and their influence on the emission production

Summary: This diploma thesis deals with failures of motor management systems of ignition engines and also their effect on production of harmful emissions in exhaust gas. In chapter The composition of exhaust gas are described different components including their emergence. The chapter Management systems of ignition engine aims at individual systems, which regulate the quantity of pollutants in exhaust gas. In chapter Diagnostic procedures and methods are divided diagnostic procedures to be used for detection of failure including the split of serial and parallel diagnostics and relevant measuring instruments. The practical part of diploma thesis is focused on failures of systems, which effect production of pollutants in exhaust gas. Breakdown in systems are described including diagnostic procedure, which was used to detect failure. Emissions were measured before and after repair of defective system to identify, how non-functional system influenced the quantity of pollutants.

Key words: failure, motormanagement, emission, OBD

OBSAH

1. Úvod	1
1.1 Pojem motormanagement	2
2. Složení výfukových plynů	3
2.1 Oxid uhelnatý	4
2.1.1 Vznik oxidu uhelnatého	4
2.2 Oxid uhličitý	4
2.3 Oxidy dusíku	5
2.3.1 Vznik oxidů dusíku	5
2.4 Nespálené uhlovodíky	5
2.4.1 Vznik nespálených uhlovodíků	6
2.5 Pevné částice	6
2.5.1 Vznik pevných částic	7
2.6 Kyslík	7
2.7 Voda	7
2.8 Dusík	7
3. Systémy řízení zážehového motoru	9
3.1 Katalyzátor	9
3.1.1 Oxidační katalyzátor	10
3.1.2 Oxidačně – redukční katalyzátor	10
3.1.2.1 Princip činnosti katalyzátoru	10
3.1.2.2 Konstrukce katalyzátorů	11
3.1.2.3 Provozní podmínky a umístění katalyzátoru	12
3.1.3 Zásobníkový katalyzátor	13
3.2 Lambda sonda	14
3.2.1 Skoková lambda sonda	14
3.2.2 Širokopásmová lambdasonda	16
3.3 Recirkulace spalin	16
3.4 Nádobka s aktivním uhlím	17

3.5	Snímač hmotnosti nasávaného vzduchu	17
3.6	Snímač klepání	18
3.7	Snímač teploty.....	18
4.	Diagnostické postupy a metody	20
4.1	Diagnostické postupy	20
4.1.1	Diagnostický postup prostý	20
4.1.2	Větvený diagnostický postup	21
4.1.3	Expertní systémy	21
4.2	Diagnostické metody.....	22
4.2.1	Sériová diagnostika	22
4.2.1.1	Sériová diagnostika autorizovaných servisů.....	23
4.2.1.2	Sériová diagnostika neautorizovaných servisů	24
4.2.2	Paralelní diagnostika	26
4.2.2.2	Multimetr	26
4.2.2.3	Zkoušečka	26
4.2.2.4	Osciloskop	26
4.3	Legislativa.....	27
4.3.1	OBD I.....	27
4.3.2	OBD II.....	28
4.3.3	EOBD.....	28
5.	Cíl práce a metodika.....	29
5.1	Cíl práce.....	29
5.2	Metodika	29
5.2.1	Měřicí zařízení	30
6.	Měření – praktická část diplomové práce.....	34
6.1	Závady katalyzátorů	34
6.1.1	Opel Astra F	34
6.1.2	Opel Combo C.....	36
6.1.3	Opel Combo D	39
6.1.4	Dílčí závěr	41
6.2	Závady lambda sond.....	43
6.2.1	Opel Astra G	43

6.2.2	Opel Astra J.....	45
6.3	Závady snímače hmotnosti nasávaného vzduchu.....	47
6.3.1	Opel Astra G.....	47
6.3.2	Opel Astra J.....	49
6.4	Závady snímače teploty motoru.....	51
6.4.1	Opel Astra G.....	51
6.4.2	Opel Astra J.....	53
6.5	Vadný EGR ventil.....	55
6.6	Vyhodnocení praktické části diplomové práce.....	57
7.	Závěr.....	59
8.	Seznam použité literatury.....	62
9.	Seznam použitých zkratek.....	65
10.	Seznam obrázků.....	67
11.	Seznam tabulek.....	68

1. Úvod

Emise spalovacích motorů jsou významným článkem v konstrukci a vývoji každého vozidla. Jelikož vozidel stále více přibývá, je velikou snahou vlád a společnosti snížit množství produkovaných škodlivých emisí vozidel na minimum. Z tohoto důvodu vznikají legislativní normy, které určují a předepisují maximální možné množství škodlivých látek ve výfukových plynech. Výrobci automobilů musí tyto normy dodržovat a vozidla normám přizpůsobovat. Proto je pro výrobce vozidel důležitým bodem spotřeba, která se promítá v emisích – pokud tento předpoklad plní dobrými hodnotami, získává konkurenční výhodu.

Vozidla před samotným uvedením na trh musí projít emisním schvalováním a v průběhu života vozidla jsou neustále kontrolována. Buď samotným systémem vozidla, který v případě poruchy některého systému vozidla upozorní řidiče o závadě, nebo se případná závada zaznamená do paměti závad řídicí jednotky, kterou při servisní kontrole vyčte technik v servise. Další kontrolou funkčnosti systému s ohledem nejen k emisím jsou technické kontroly. Před technickou kontrolou vozidla (STK) se provede měření emisí (SME). Technická kontrola (STK+SME) osobních vozidel probíhá po první registraci po čtyřech letech a následně každé dva roky.

Z důvodu snižování emisních limitů roste počet systémů vozidla, které snižují množství škodlivých složek ve výfukových plynech. Systém motormagementu se stává stále více a více komplikovanější. Přínosem těchto systémů je snižování spotřeby a škodlivých složek výfukových plynů, ale stoupá i možnost vzniku závady některého systému.

Diplomová práce bude zaměřena zejména na zjišťování závad systémů motormagementu, postup diagnostiky závady a vyhodnocení, jakým se projeví na produkci emisí. Bližší cíl a metodika práce budou popsány v kapitole 7. Velká část měření bude probíhat v prostorách a za pomoci měřících zařízení společnosti AUTODOBROVOLNÝ V.M. s.r.o., u které jsem zaměstnán a která je autorizovaným dealerem značky Opel.

1.1 Pojem motormanagement

Hlavním úkolem motormanagementu je zajištění ideálního chodu motoru a to za všech podmínek. Dále motormanagement musí reagovat na požadavky řidiče a to vše s ohledem na co nejnižší spotřebu paliva a produkci emisí za současného co možná nejvyššího výkonu. Mezi vstupy řadíme senzory (tlaku, teploty, otáček, polohy) a mezi výstupy patří akční členy (například elektromagnetické ventily, termosínače) a vlastní regulace (okamžik zapálení směsi, složení směsi). [8]

Z počátku bylo řízení motoru pouze mechanické, postupně však začalo s přibývajícím nároky a emisními limity přibývat senzorů a akčních členů. Systémy řízení se liší použitými senzory (množství nasátého vzduchu, počet snímačů,..). U nepřímého vstřikování začal systém D-Jetronic, poté L, LH-Jetronic, K, KE-Jetronic. Jednalo se o vícebodové vstřikování. Poté jednobodové a to Mono-Jetronic a Mono-Motronic. V současnosti dochází k rozšiřování přímého vstřikování (například FSI, GDI). [8]

2. Složení výfukových plynů

Při procesu spalování vznikají škodlivé a neškodlivé složky. Pokud je spalování dokonalé, vzniká oxidací uhlíku a vodíku (ten je obsažen v palivu) oxid uhličitý a voda. Pokud je oxidace nedokonalá, objevuje se ve výfukových plynech dále oxid uhelnatý a vodík. Největší zastoupení (přibližně 75 %) ve spalinách má dusík. Kyslík se objevuje pouze v případě (například při přebytku vzduchu při tvorbě směsi) nevyužití celého jeho obsahu k oxidaci paliva. Oxidací dusíku při vysokých teplotách vznikají oxidy dusíku. Dále při špatných podmínkách spalování vznikají nespálené uhlovodíky. [1,8]

Pokud dojde při procesu spalování k zamezení přístupu vzduchu, vznikají saze (pevný uhlík). Jako další pevné částice, které odchází výfukovými plyny, je prach, rez, popel apod. Pokud je v palivu obsažena síra, vznikají při spalování oxidy síry, které odchází výfukovými plyny. Nejvíce sledované škodliviny u zážehových motorů je oxid uhelnatý, oxidy dusíku (zejména vozidla s přímým vstřikem paliva) a nespálené uhlovodíky. Popis jednotlivých složek včetně jejich vzniku je popsán v kapitolách níže. [1,8]

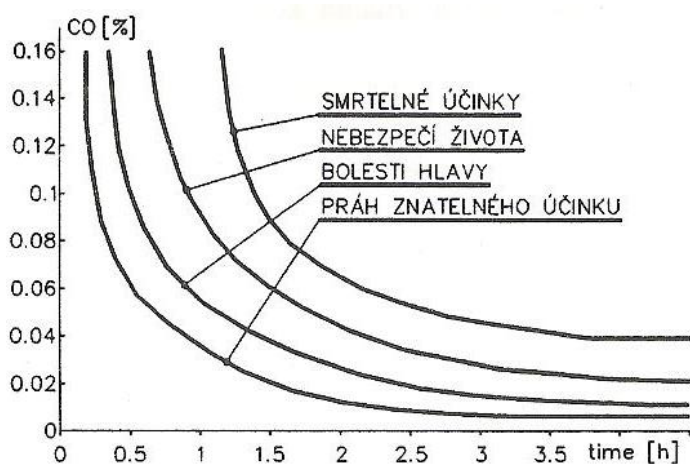
V tabulce 1 je zobrazen obsah škodlivin ve výfukových plynech zážehových motorů.

Sloučenina	Množství	Jednotka	
N ₂	71-77	%	Neškodlivé
O ₂	0,3 – 8	%	
H ₂ O	3 - 5,5	%	
CO ₂	5 – 15	%	
CO	0 - 12	%	Škodlivé
NO _x	0 – 0,8	%	
HC	0,2 – 3	%	
Aldehydy	0 – 0,2	%	
PAH	100 - 400	mg/m ³	
C (saze)	0 – 0,4	g/m ³	

Tab. 1 Obsah škodlivin výfukových plynů [4]

2.1 Oxid uhelnatý

CO – Oxid uhelnatý: oxid uhelnatý je jedovatý bezbarvý plyn, který je bez zápachu. Pokud je ve vzduchu obsaženo 0,5 procenta tohoto plynu, může to být pro člověka smrtelné. Nebezpečí je v tom, že se váže na krevní barvivo lépe než kyslík (přibližně 200 krát více) a s krevním barvivem vytváří karboxyhemaglobin, který omezuje přenos kyslíku z plic do krevního oběhu. Jako první je poškozen mozek, proto se tento plyn označuje jako nervový. [1,10]



Obr. 1 Vliv CO na zdraví [1]

Na obrázku 1 je zobrazen vliv oxidu uhelnatého na lidský organismus.

2.1.1 Vznik oxidu uhelnatého

Oxid uhelnatý je produkt nedokonalé oxidace uhlíku, který je obsažen v uhlovodíkovém palivu. Hlavním důvodem obsahu oxidu uhelnatého ve výfukových plynech je nedostatek kyslíku při spalování. Jedná se tedy o provoz, kdy se spaluje bohatá směs a $\lambda < 1$. Nízká hodnota kyslíku může být místní, nebo časová. Místní je například v určité oblasti motoru a časová je při $\lambda = 1$, tedy stechiometrická směs. [1,10]

2.2 Oxid uhličitý

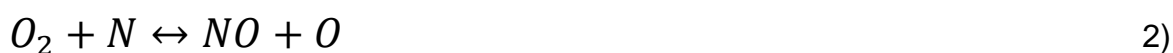
CO₂ – Oxid uhličitý: jedná se o produkt dokonalé oxidace. Oxid uhličitý je bezbarvý plyn, který je bez zápachu, stabilní a málo reaktivní. Je výsledkem kvalitního spalování a těsnosti výfukové soustavy. Dále jej zařazujeme mezi skleníkové plyny, což jsou plyny, které oteplují planetu. [1,10]

2.3 Oxidy dusíku

NO_x – oxidy dusíku: Pokud se jedná čistě o NO, škodlivost je poměrně nízká. Na vzduchu ovšem NO oxiduje na oxid dusičitý, který je pro zdraví člověka nebezpečnější. Při vdechování se na sliznici začne vytvářet kyselina dusičná, na kterou reagujeme stejně, jako kdyby začalo hořet – tělo začne snižovat přísun vzduchu do plic. Tento jev nutí ke kašli a pocitu dušení. Množství ve výfukových plynech je dáno teplotou a časem působení vysoké teploty při spalování. [1,10]

2.3.1 Vznik oxidů dusíku

Vznik oxidu dusnatého je spjat s vyšší teploty. Zeldvičova řetězová reakce popisuje tvorbu tohoto plynu:



Oxid dusnatý vzniká při vysokých teplotách spalování, které jsou v rozmezí 1900 – 2000 °C. K tomu potřebuje i dostatek času. V opačném případě reakce zamrzají a k tvorbě oxidů dusíku nedojde. Při spalování mírně bohaté směsi se dosahuje nejvyšších teplot, ale krom teploty je zapotřebí pro velké koncentrace NO_x také dostatek kyslíku. Pokud se zvyšuje přebytek vzduchu, zvyšuje se také přebytek kyslíku – převládá nad snižující se teplotou. Z tohoto důvodu je největší koncentrace NO_x při hodnotě $\lambda = 1,05 - 1,1$. [1,10]

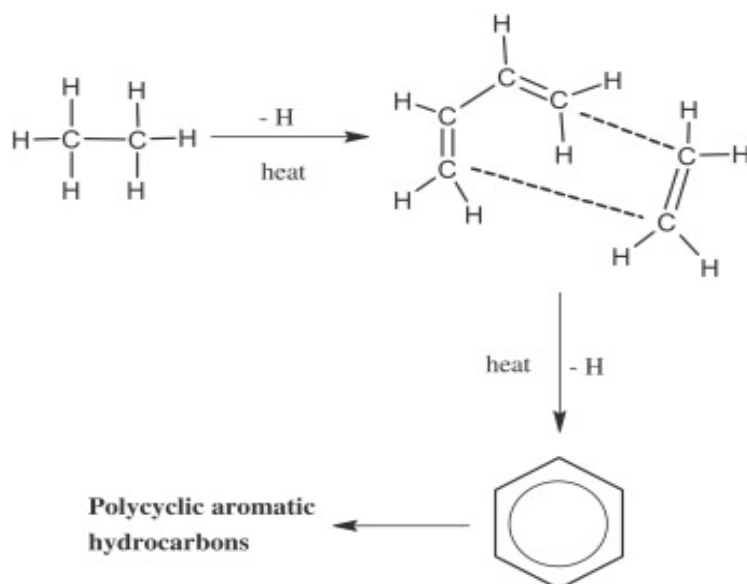
2.4 Nespálené uhlovodíky

HC - uhlovodíky: uhlovodíky můžeme označit za produkt nedokonalého spalování. Nejméně škodlivé pro lidské zdraví jsou ty, které jsou obsaženy v palivu. Naopak nejvíce škodlivé jsou ty, při kterých neproběhnul cyklus oxidačních reakcí tak, jak by měl (ochlazení u stěn válce). Nejvíce nebezpečné jsou polycyklické aromatické uhlovodíky (PAH). Pokud jsou v kontaktu s pevnými částicemi, je jejich škodlivost ještě vyšší. Nejnižší množství HC je při $\lambda=1,1$. Uhlovodíky způsobují charakteristický zápach výfukových plynů. Dále je můžeme dělit na rakovinotvorné, dráždivé sliznici a narkotické. [1,10]

2.4.1 Vznik nespálených uhlovodíků

Důvodem obsahu nespálených uhlovodíků jsou předčasně ukončené oxidační reakce v určitých částech spalovacího prostoru – například u chladnějších stěn válce. Další příčinou může být vynechání, popřípadě porucha spalování – chemické reakce byly předčasně ukončeny a proces oxidace proběhl jen zčásti. Obsah je tedy dán konstrukcí spalovacího prostoru, teplotním režimem motoru, konstrukcí pístu a také bohatostí směsi. Nejnižší koncentrace nespálených uhlovodíků je při $\lambda = 1,1$ - $1,2$ – chudá směs. Pokud jsou hodnoty lambda vyšší nebo nižší, je koncentrace nespálených uhlovodíků vyšší. [1,10]

Obrázek 2 znázorňuje vznik PAH.



Obr. 2 Příklad vzniku PAH [10]

2.5 Pevné částice

Množství pevných částic ve výfukových plynech zážehových motorů je poměrně nízké. V současnosti se ovšem rozmáhá přímé vstřikování paliva, u kterého je bohužel obsah pevných částic vyšší ve srovnání se vstřikováním nepřímým. Pevné částice se skládají z elementárního uhlíku, organického uhlíku, dusíku, vody, poměrně malého množství sulfátu a dalších složek. Jádro pevných částic tvoří pevný uhlík. Krátkodobé vystavení této složce se projevuje podrážděním průdušek, jícnu, oka. Pokud se jedná o chronickou expozici, hrozí záněty a histopatologické změny

v plicích. Velké částice jsou zachyceny v horních dýchacích cestách. Částice pod 0,1 mm se mohou dostat na povrch plic. Ty jsou buď odstraněny při čištění plicních sklípků, v horším případě se dostávají do lymfatického systému a do krve. [1,10]

2.5.1 Vznik pevných částic

Uhlík (primární) se vytváří při spalování neodpařených kapek paliva, při vysokých teplotách a při velmi nízkých součinitelích přebytku vzduchu. Množství PM je závislé na kvalitě rozprášení paliva. S rostoucí hodnotou množství vzduchu se snižuje množství pevných částic ve výfukových plynech. Z nespáleného paliva a motorového oleje se vytvářejí organické složky pevných částic. Tyto vznikají pouze v případě, že nespálené palivo a olej zůstane ve štěrbinách válce, případně v jeho chladných místech bez toho, aniž by proběhla oxidace, nebo tepelný rozklad (pyrolýza). V případě vysokých teplot jsou tyto směsi v plynném skupenství, pokud však dojde k ochlazení a smísení, mohou některé organické sloučeniny sorbovat na povrch. [1,10]

2.6 Kyslík

O₂ – kyslík: jedná se o nejedovatý plyn, který je bezbarvý, bez zápachu a chuti. Pro spalovací proces je nezbytně nutný. [8]

2.7 Voda

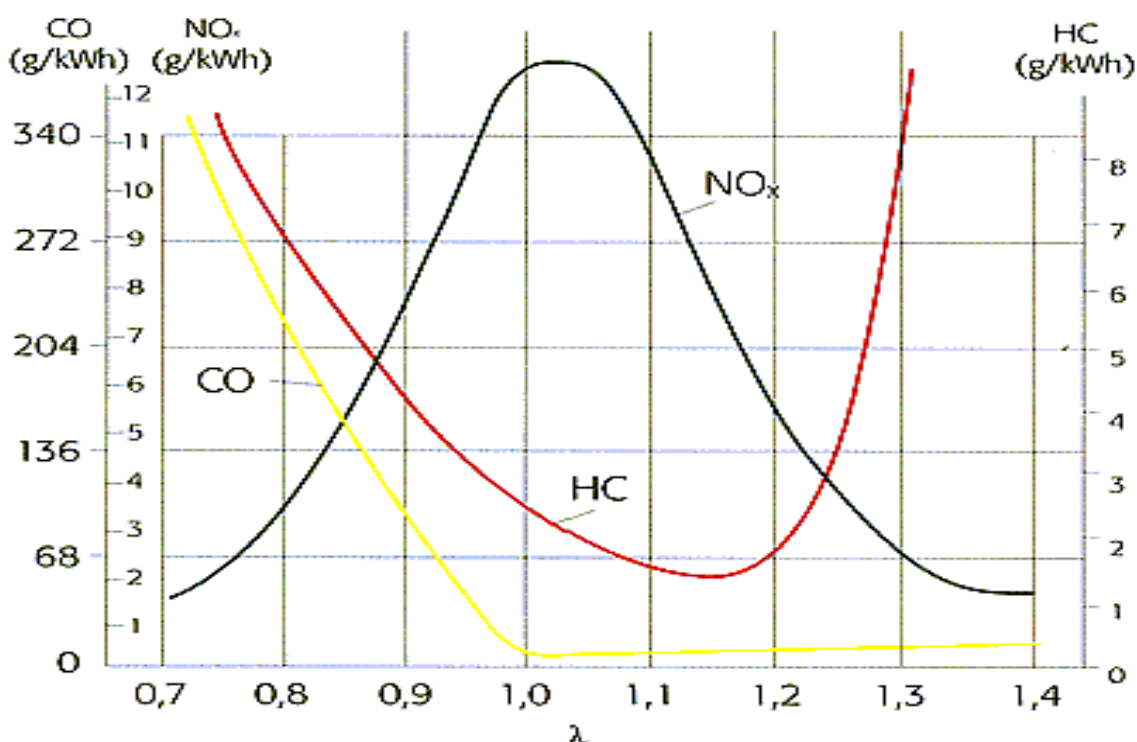
H₂O – voda: voda je nasávána v podobně vodní páry současně se vzduchem. Dále vzniká v průběhu ohřívání motoru kondenzací- pokud vozidlo jezdí pouze krátké vzdálenosti s častým zastavením a vypínáním motoru (jízdy zejména při nedosažení provozní teploty), můžeme si všimnout jak z výfuku „vytéká“ voda. [8]

2.8 Dusík

N₂ – dusík: jedná se o nejedovatý plyn, který je bez zápachu a nehořlavý. V nasávaném vzduchu je tohoto plynu největší množství (přibližně 78 %). Většina plynu se vrací po spalování do ovzduší. Zbytek reaguje s kyslíkem a vznikají NO_x, které jsou popsány v kapitole 3.3. [8]

Z popisu a vzniku jednotlivých složek jednoznačně vyplývá důležitost přípravy směsi s ohledem na emisní hodnoty. Jakákoliv změna nebo úprava má významný vliv na množství škodlivin ve výfukových plynech. Proto je nutné, aby celý systém motormanagementu fungoval zcela bezchybně. Pouze za tohoto předpokladu je možné dosažení co nejnižšího množství škodlivých složek ve výfukových plynech.

Obrázek 3 popisuje množství škodlivin v závislosti na součiniteli přebytku vzduchu lambda pro zážehové motory.



Obr. 3 Množství škodlivin v závislosti na přebytku vzduchu [10]

Jak je patrné z obrázku 3, nejnižší množství jednotlivých složek je při různém přebytku vzduchu lambda. Bohužel není možné dosáhnout nejnižšího množství všech složek najednou. Z hlediska nejlepší koncentrace škodlivých složek je udržována hodnota přebytku vzduchu lambda na hodnotě $1,0 \pm 3\%$.

3. Systémy řízení zážehového motoru

V této kapitole budou popsány systémy motormanagementu řízení motoru. Jedná se o systémy, které snižují produkci škodlivých složek ve výfukových plynech, dále senzory, které dávají potřebné informace řídicí jednotce (poloha, tlak, teplota). Dle těchto informací řídicí jednotka dává pokyny akčním členům (elektromagnetické ventily, servomotorky, složení směsi). Hlavním úkolem motormanagementu je řízení motoru.

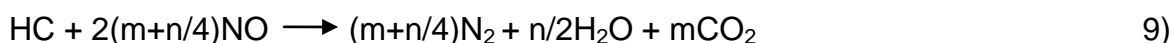
3.1 Katalyzátor

Katalyzátor je zařízení, při kterém katalytickým čištěním výfukových plynů dochází ke snižování škodlivých emisí. Katalyzátor je umístěn ve výfukovém potrubí. Uvnitř katalyzátoru jsou aktivní vrstvy, které mají za úkol přeměnit nebo urychlit chemickou reakcí škodlivé (jedovaté) látky na neškodné. Reakce, při kterých dochází ke snižování škodlivin, je oxidace, nebo redukce. [3,10]

Oxidací oxiduje oxid uhelnatý na oxid uhličitý, uhlovodíky oxidují na vodu a oxid uhličitý. [8] Dochází k těmto reakcím:



Redukcí se přeměňují oxidy dusíku na dusík a oxid uhličitý, dochází k těmto reakcím:



[10]

Aby reakce proběhly správně, nesmí být přidáno dalšího media a látky musí být ve správném množství. Nejvyšší redukce je při stechiometrickém poměru ($\lambda=1$). Jakákoliv odchylka od tohoto poměru znamená zvýšení škodlivých emisí. [10]

Podle koncepce se využívá buď oxidační katalyzátor, oxidačně - redukční katalyzátor, případně zásobníkový katalyzátor. [12]

3.1.1 Oxidační katalyzátor

Oxidační katalyzátor přeměňuje pouze oxid uhelnatý a uhlovodíky. S ohledem na přísné emisní normy a nutnost snižování oxidů dusíku se u zážehových motorů téměř nepoužívá. Tento typ katalyzátoru pracuje se směsí s přebytkem vzduchu. [3,12]

3.1.2 Oxidačně – redukční katalyzátor

Oxidačně – redukční katalyzátor bývá také nazýván třícestný, protože přeměňuje 3 škodlivé složky (CO, HC, NO_x) na méně škodlivé. V katalyzátoru tedy probíhají oxidační i redukční chemické reakce. Katalyzátor se používá u systémů s nepřímým i přímým vstřikováním u zážehových motorů. [3,10,12]

3.1.2.1 Princip činnosti katalyzátoru

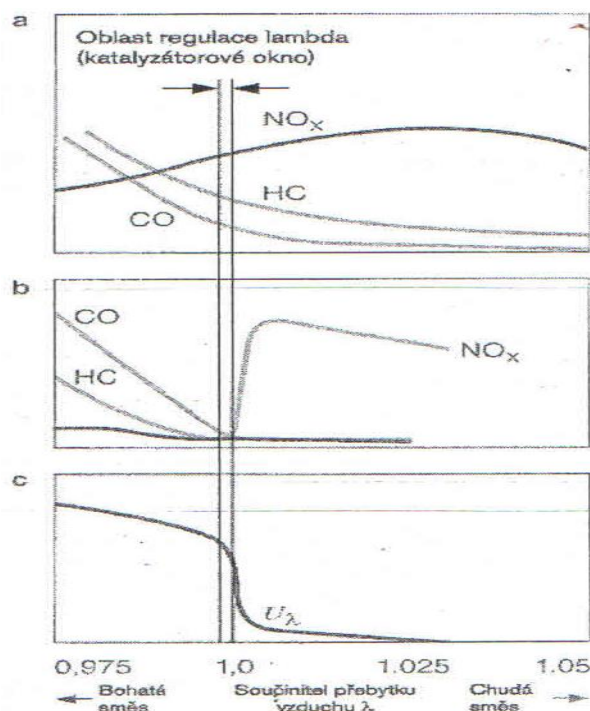
Princip činnosti spočívá ve dvou fázích. Nejprve jsou oxidací přeměňovány škodliviny CO a HC. Nutný kyslík pro oxidaci je odebírán přímo ze spalin, nebo z oxidů dusíku – tím současně dochází k částečné redukci oxidů dusíku. Složení škodlivin vstupujících do katalyzátoru je závislé na součiniteli přebytku vzduchu λ . Vhodný součinitel přebytku vzduchu s ohledem na množství CO a HC je $\lambda > 1$.

Ovšem množství oxidů dusíku je při chudé směsi $\lambda > 1$ vysoké. Nejnižší množství je při $\lambda = 1$. Tento jev je dán tím, že kyslík zabraňuje redukci oxidů dusíku.

Aby byla účinnost katalyzátoru pro všechny tři složky co nejvyšší, musí být všechny složky v rovnováze – stechiometrický poměr složení směsi je $\lambda = 1$. Tzv. regulační okno regulované lambda sondou je 0,99 – 1,002. [3,10]

System motormanagementu musí vyhodnocovat a udržovat tento poměr a následně ochuzovat, nebo obohacovat směs.

Obrázek 4 zobrazuje v bodě a) koncentraci škodlivin před katalyzátorem, v bodě b) za katalyzátorem a v bodě c) průběh napětí na skokové lambda – sondě. [3,10]



Obr. 4 Oblast regulace lambda [3]

3.1.2.2 Konstrukce katalyzátorů

Hlavními částmi katalyzátoru je obal z nerezového plechu a těleso nosiče. Na tělese nosiče je umístěna aktivní katalytická vrstva, která je tvořena ušlechtilými kovy. V současnosti je použit keramický nebo kovový nosič. [3,12]

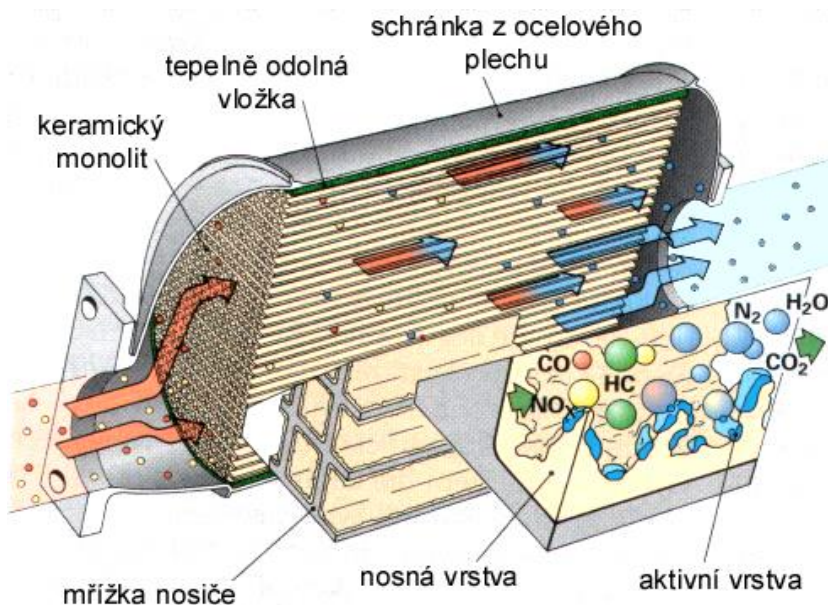
Keramický nosič - jedná se o keramické těleso, uvnitř tělesa je několik tisíc kanálků, kterými proudí výfukové plyny. Mezi nosičem a plechovým obalem je kovové pletivo, které má za úkol chránit keramický nosič před poškozením a zároveň kompenzuje výrobní tolerance a tepelnou roztažnost. Keramika je tvořena alumiinem a magnéziem. Tento typ je nejčastěji používán. [3,12]

Kovový nosič – je tvořen velmi tenkou (0,05 mm) kovovou fólií. Díky tomu je možné vytvořit více kanálků na stejné ploše oproti keramickému nosiči, což klade průchodu spalin nižší odpor. Výhodou oproti keramickému nosiči je rychlejší ohřev a necitlivost proti vibracím. [3,12]

Aktivní vrstva – na povrchu kovových i keramických nosičů je nosná vrstva, kterou je oxid hlinitý. Díky této složce je účinná plocha katalyzátoru zvětšena až 7000 krát. Na nosnou vrstvu je nanášena aktivní vrstva. Jedná se o ušlechtilé kovy platiny a paladia, sloužící k urychlení oxidace CO a HC. K redukci oxidů dusíku je použito

rhodium. Množství těchto kovů je dáno objemem motoru a pohybuje se od 1 do 3 gramů. [3,12]

Na obrázku 5 je zobrazen katalyzátor včetně nosné a aktivní vrstvy.



Obr. 5 Třícestný katalyzátor [10]

3.1.2.3 Provozní podmínky a umístění katalyzátoru

Velmi důležitou roli hraje pro správnou funkci teplota. Katalyzátor začne přeměňovat škodliviny již od cca 300 °C, plné účinnosti dosahuje při cca 400-800 °C. Toto rozmezí je vhodné i pro dlouhou životnost katalyzátoru. Při vyšších teplotách dochází k teplotnímu stárnutí katalyzátoru. Pokud dojde například k výpadku zapalování, zvýší se teplota v katalyzátoru až na 1400 °C. Při této teplotě dochází k roztavení nosiče a tedy ke zničení katalyzátoru. S ohledem na tuto skutečnost je třeba, aby byl systém zapalování bezvadný a spolehlivý. Moderní systémy jsou schopny detekovat výpadky zapalování a v případě potřeby nevstříkovat palivo do daného válce. Dále je nutné používat bezolovnatý benzín, jelikož olovo se usazuje v pórech aktivní vrstvy katalyzátoru. [3,12]

Katalyzátor je umístěn ve výfukovém potrubí. Jelikož potřebuje pro svou správnou funkci určitou teplotu, umísťuje se co nejblíže motoru. Pokud je však umístěn blízko, musí jeho aktivní vrstvy odolávat vyšším teplotám. Proto se často používá předřadný katalyzátor, který je blíže motoru a pod podlahou je druhý katalyzátor. [3,12]

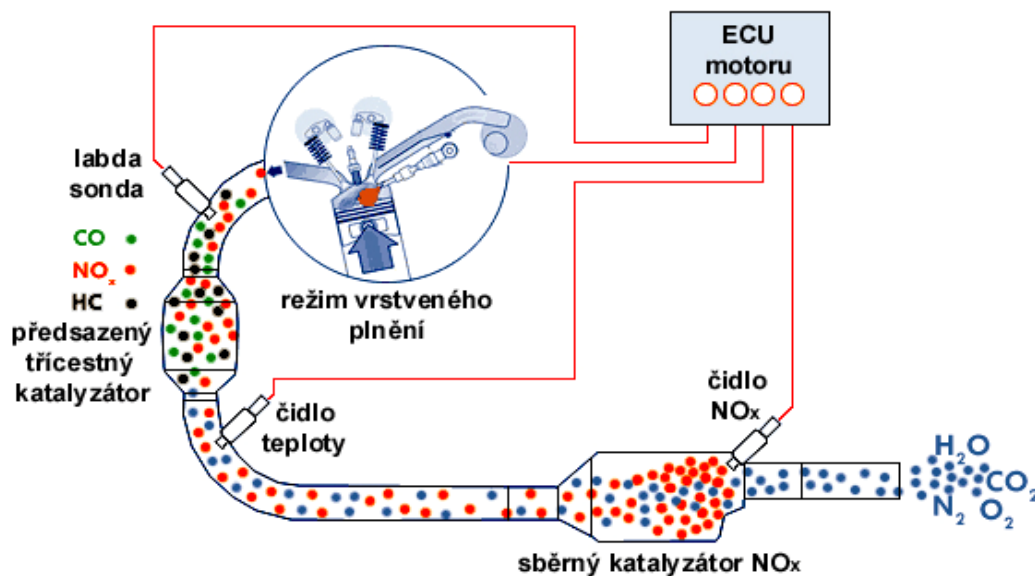
3.1.3 Zásobníkový katalyzátor

Zásobníkový katalyzátor se používá u vozidel s přímým vstřikem paliva. U těchto motorů při spalování vrstvené směsi nedokáže třícestný katalyzátor zcela redukovat oxidy dusíku. [3,10]

Konstrukčně se podobá třícestnému katalyzátoru, obsahuje navíc složky ukládající oxidy dusíku. Těmito složkami mohou být oxidy draslíku, stroncia, zirkonu, vápníku.

Na obrázku 6 je zobrazen systém se zásobníkovým katalyzátorem. Sběrný katalyzátor za provozu pracuje s $\lambda=1$, stejně jako třícestný katalyzátor. Pokud je $\lambda>1$ (přebytek vzduchu) ukládají se na povrchu oxidy dusíku v podobě bariumnitrátů – vrstva je z oxidů baria. Regenerace probíhá každých 30 – 60 sekund. Pokud má dojít k regeneraci, řídicí jednotka nastaví provoz s bohatou směsí ($\lambda=0,8$) na základě signálu z čidla NO_x . CO ve výfukových plynech se zvýší a dochází k reakci s oxidy dusíku, které jsou vázány v bariumnitrátech – vznikne dusík a oxid uhličitý. [3,10]

Pracovní teplota zásobníkového katalyzátoru je výrazně nižší než u třícestného katalyzátoru a pohybuje se v rozmezí 300 – 400 °C. [3]



Obr. 6 Zásobníkový katalyzátor [10]

3.2 Lambda sonda

Lambda-sonda je elektrochemický článek, který snímá zbytkový kyslík obsažený ve výfukových plynech. Je umístěna ve výfukovém potrubí. Lambda-sonda je buď jedna, umístěna před katalyzátorem, nebo dvě, přičemž druhá lambda-sonda je umístěna za katalyzátorem a informuje o účinnosti katalyzátoru. Jedná se o velmi důležité zařízení motormanagementu, jelikož na základě informací lambda-sondy upravuje řídicí jednotka poměr palivo (benzin)/vzduch. Lambda-sonda je dvojí konstrukce, skoková (označována též dvoubodová) a širokopásmová. [3,8]

3.2.1 Skoková lambda sonda

Tato lambda-sonda se používá před i za katalyzátorem. Reguluje hodnotu λ kolem jedné. Rozlišuje mezi bohatou a chudou směsí (od 100 mV pro chudou směs po 900 mV pro bohatou směs). Sonda je tvořena tzv. Nernstovým článkem, který tvoří keramická destička. Na destičce jsou nanесeny platinové vrstvy, které slouží jako elektrody. Jedna elektroda je v kontaktu s výfukovými plyny, zatímco druhá je v kontaktu s atmosférickým vzduchem. Rozdílná koncentrace kyslíku ve výfukových plynech a v okolním prostředí je přímo úměrná výstupnímu napětí. [3,8]

Vzniklé elektrické napětí je dáno Nernstovou rovnicí:

$$U_S = R \cdot \frac{T}{4F} \cdot \ln \frac{p_{O_2}}{p''_{O_2}} \quad 10)$$

U_S – výstupní napětí [V]

R – plynová konstanta [$J \cdot mol^{-1} K^{-1}$]

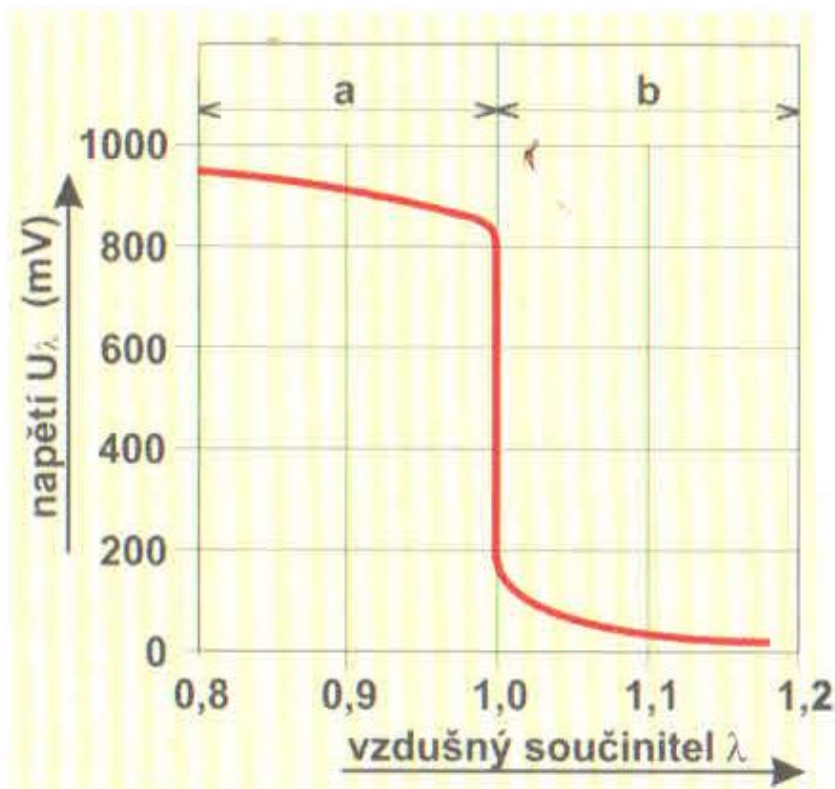
T – absolutní teplota [K]

F – Faradayova konstanta [$C \cdot mol^{-1}$]

p_{O_2} – parciální tlak kyslíku v referenčním prostředí [Pa]

p''_{O_2} – parciální tlak kyslíku ve výfukových plynech [Pa]

[3]



a - bohatá směs (nedostatek vzduchu)
 b - chudá směs (přebytek vzduchu)

Obr. 7 Závislost napětí na součiniteli přebytku vzduchu [12]

Na obrázku 7 je zobrazena závislost napětí v závislosti na součiniteli přebytku vzduchu λ . Us je v tomto případě nahrazeno U_λ .

Při diagnostice se můžeme setkat dle počtu vodičů se čtyřmi variantami. Nejstarší provedení měla pouze jeden vodič, který byl signálním. Tyto sondy bývají umístěny blízko motoru. Posléze přibyl další vodič, který sloužil jako ukostření. Sondy bývají umístěny za sběrným potrubím v blízkosti motoru. Tyto dvě sondy se umísťují blízko motoru, jelikož nesmí být ochlazovány proudícím vzduchem. Další dva typy lambda sond jsou vybaveny vodičem, který slouží k vyhřívání sondy. Lambda sondy se třemi vodiči mají dva vodiče sloužící k vyhřívání sondy a jeden vodič signální. Ukostření je realizováno pouzdrum lambda sondy. V současnosti jsou používány výhradně sondy se čtyřmi vodiči v tomto barevném provedení:

- černý vodič = signální vedení
- šedý vodič = kostra – záporný signál
- dva bílé vodiče sloužící k vyhřívání sondy [3,8]

3.2.2 Širokopásmová lambdasonda

Tento typ lambda-sondy se používá výhradně před katalyzátorem. Sonda je schopna určit hodnotu λ od 0,7 do 4. Sonda pracuje od cca 600 °C, pracovní teplota je v rozmezí 750 - 780 °C. V podstatě se jedná o kombinaci Nernstova článku a čerpacího kyslíkového článku. Mezi tyto články jsou přiváděny výfukové plyny. Na Nernstově článku vzniká napětí, které je u čerpací buňky využíváno obráceně. Pokud přivedeme napětí na elektrody, dojde k přesunu (čerpání) kyslíkových iontů. Řídící jednotka reguluje čerpací proud, který prochází čerpacím článkem v závislosti na koncentraci kyslíku obsaženého ve výfukových plynech, který prochází měřicí komůrkou takovým způsobem, aby na Nernstově článku bylo neustále napětí 450 mV, což odpovídá $\lambda=1$. Hodnota λ je dána velikostí čerpacího proudu. [3,8]

Pokud je směs bohatá, je na Nernstově článku napětí vyšší než 450 mV. Řídící jednotka musí v tomto případě zvýšit čerpací proud, čerpací článek čerpá spaliny z výfuku do měřicího kanálku. Koncentrace kyslíku v měřicím kanálku se zvyšuje a napětí na Nernstově článku se snižuje na hodnotu 450 mV. Řídící jednotka vyhodnocuje čerpací proud a dochází k opatřením zajišťujícím snížení bohatosti směsi. Pokud je směs chudá, probíhá proces obráceně. [3,8]

3.3 Recirkulace spalin

Recirkulace spalin je využívána za účelem snižování obsahu NO_x ve výfukových plynech. Princip spočívá ve zpětném vedení výfukových plynů zpět do sání. Toto je zabezpečeno pomocí potrubí, které spojuje sání a výfuk. Mezi sáním a výfukem je ventil, který je ovládán řídicí jednotkou. Řídící jednotka ovládá ventil, čímž určuje množství recirkulovaných plynů. Tento ventil se nazývá EGR ventil z anglického Exhaust Gas Recirculation, případně AGR ventil z německého Ab Gas Rückführ. [3,12]

Vrácený plyn z výfukového potrubí je prakticky bez kyslíku (jedná se o tzv. inertní plyn) a již se nezúčastňuje spalovacího procesu. Váže na sebe (pohlcuje) ovšem teplo, čímž dochází ke snižování maximálních teplot ve spalovacím prostoru. Jelikož oxidy dusíku jsou závislé na výši teploty a době působení vysoké teploty, dochází vlivem recirkulovaného vzduchu ke snížení maximálních teplot a ke snížení obsahu oxidů dusíku ve výfukových plynech. [3,12]

Množství recirkulovaného plynu nelze zvyšovat do nekonečna, jelikož při vysokém obsahu plynu bez kyslíku (recirkulovaného plynu z výfukového potrubí) by docházelo k výpadkům zapalování, nedokonalému spalování, čímž by se zvyšovaly hodnoty uhlovodíků a oxidu uhelnatého. Dále by se při velkém množství recirkulovaných plynů snížil výkon motoru, proto při požadavcích vysokého výkonu řídicí jednotka recirkulaci vypíná. [3,12]

3.4 Nádobka s aktivním uhlím

Při provozu vozidla se v palivové nádrži zahřívá palivo a vznikají výpary s obsahem uhlovodíků HC. Aby výpary neucházely do ovzduší, jsou zachytávány v nádobce s aktivním uhlím. Vlastností aktivního uhlí je zadržování benzínových výparů, přičemž čistý vzduch je možné volně odvětrat. Z nádobky je vyvedena hadička do sání přes elektromagnetický ventil. Pokud je ventil bez napětí, tak je uzavřen. Při provozu vozidla je po dobu 60-ti sekund uzavřen a 90-ti sekund otevřen. Palivo, které je v nádobce, je vlivem podtlaku nasáváno do sacího potrubí a poté spalováno při spalovacím procesu, čímž dochází k obohacení směsi. Při deceleraci je důležité, aby byl ventil zavřený, jelikož by mohlo dojít k poškození katalyzátoru – palivo by neshořelo ve válci a dostalo by se do katalyzátoru. [3,20]

3.5 Snímač hmotnosti nasávaného vzduchu

V závislosti na množství nasátého vzduchu stanoví ŘJ optimální dobu otevření vstřikovacího ventilu. Starší systémy byly vybaveny klapkovým (vzdouvacím) měřičem. Proud vzduchu vychyluje klapku a pohyb je snímán potenciometrem. Tento údaj informuje o objemovém průtoku. Řídicí jednotka ovšem potřebuje hmotnostní průtok. K tomu jsou nutné údaje o teplotě a tlaku nasávaného vzduchu. Snímač tlaku bývá umístěn v řídicí jednotce a snímač teploty na tělese měřiče množství nasávaného vzduchu. [3]

Pokud bychom chtěli přímo měřit množství nasávaného vzduchu, je možno využít systém s vyhříváním filmem, nebo vyhříváním drátkem. V případě vyhřívání filmu se jedná o vyhřívanou destičku. Proudící vzduch ochlazuje destičku, řídicí jednotka na základě změny odporu vyhodnocuje úměrné množství nasávaného vzduchu. [3]

U snímače s vyhříváním drátkem je snímač tvořen platinovým drátkem. Drátek je vyhříván a proudícím vzduchem ochlazován – potřebný napájecí proud k udržování

konstantní teploty je podobně jako v případě snímače s vyhřívaným filmem úměrný hmotnosti proudu vzduchu. Tento systém využívá pro měření teploty samostatné čidlo, které je umístěno v tělese měřiče. [3]

3.6 Snímač klepání

Snímač klepání je ve vozidle použit za účelem indikace klepání vzniklého při detonačním spalování. Při detonačním spalování dochází k samozápalům směsi, která se nevznítla od prohořívající směsi zapálené jiskrou. Při detonačním spalování je rychlost hoření přibližně 2000 m/s, přičemž standardní rychlost hoření je okolo 30 m/s, dochází k nárůstu tlaku. Snímač pracuje na principu piezoelektrického jevu. Umístění snímače je velice důležité pro správnou detekci detonačního spalování. Počet snímačů se volí dle válců motoru. 4 - válcové motory jsou běžně vybaveny jedním snímačem klepání, který je umístěn mezi 2. a 3. válcem motoru. 6 - ti válcové motory bývají osazeny dvěma snímači. Snímač vyhodnocuje údaje a předává je řídicí jednotce. Pokud řídicí jednotka vyhodnotí klepání, sníží předstih. Pokud klepání ustane, začne postupně předstih zvyšovat. [3]

3.7 Snímač teploty

Snímače teploty pracují na principu změny odporu v závislosti na teplotě. Mohou být typu NTC (Negativ Temperature Coefficient), u kterých odpor se zvyšující se teplotou klesá nelineárně, případně PTC (Positive Temperature Coefficient), u kterých odpor se zvyšující se teplotou roste lineárně. Následně je v řídicí jednotce pro dané napětí, které je závislé na odporu, uložena příslušná teplota. [22]

Snímač teploty chladicí kapaliny: snímač teploty slouží k indikaci provozní teploty motoru. Tento snímač bývá nejčastěji typu NTC (odpor s teplotou klesá nelineárně). Informace z tohoto snímače je pro řídicí jednotku důležitá z hlediska stanovení předstihu a délky doby vstřiku. Pokud je snímač poškozen, řídicí jednotka pracuje s teplotou 90°C, stejně jako při zahřátém motoru. [3,20]

Snímač teploty nasávaného vzduchu: snímač bývá také nejčastěji typu NTC. Informace z tohoto snímače jsou důležité pro korekci stanovení délky doby vstřiku, jelikož s teplotou se mění hmotnostní množství nasátého vzduchu. Pokud je snímač poškozen, řídicí jednotka pracuje s hodnotou 20 °C. [3,20]

V této kapitole jsem popsal a specifikoval zařízení, které se podílejí na tvorbě směsi a na redukci emisí výfukových plynů. V praktické části provedu měření, kterými ověřím, jakým způsobem se závada daného systému projevila na složení emisí výfukových plynů včetně diagnostiky a způsobu odhalení závady.

4. Diagnostické postupy a metody

Diagnostické metody a postupy slouží ke správnému a rychlému odhalení závady. Jelikož složitost automobilů roste, snaží se i výrobci vozidel poskytnout servisním mechanikům co nejvíce informací pro odhalení závady v co možná nejkratším čase.

4.1 Diagnostické postupy

Diagnostické postupy můžeme zjednodušeně označit za posloupnost jednotlivých diagnostických úkonů, pomocí níž určujeme danou závadu. Diagnostické postupy dělíme na prosté a větvené. Výsledkem diagnostických postupů není ovšem pouhé naměření fyzikálních veličin, nýbrž určení diagnózy (jaká je závada a proč vznikla) a prognózy (jaké by byly následky bez opravy). [5]

4.1.1 Diagnostický postup prostý

Při prostém diagnostickém postupu se provádějí všechna daná měření bez ohledu na to, jakých výsledků jsme dosáhli v předchozích měřeních. Tento způsob měření se v autoopravářské praxi téměř nepoužívá, jelikož je velmi pracný a časově náročný. Svoje místo si našel zejména při revizích, kde je dbáno zvýšené bezpečnosti. [5,9,11]

Poř. čís.	Úkon, naměřené hodnoty
1.	Dotažení hlavy válců a seřízení ventilů.
2.	Seřízení vstřikovačů.
3.	Měření kompresních tlaků: č. válce: 1 2 3 4 naměřeno: _____ MPa
4.	Měření a seřízení dodávky paliva při 80% n_j č. jednotky: 1 2 3 4 naměřeno: _____ $\text{cm}^3/200\text{vstř.}$
5.	Měření a seřízení dodávky paliva při 40% n_j č. jednotky: 1 2 3 4 naměřeno: _____ $\text{cm}^3/200\text{vstř.}$
6.	Seřízení přeběhových otáček.
7.	Měření úhlu předvstřiku: _____ °
8.	Měření P_e celého motoru při 40% n_j : _____ kW
9.	Měření P_z celého motoru při 40% n_j : _____ kW
10.	Měření P_e celého motoru při 80% n_j : _____ kW
11.	Měření P_z celého motoru při 80% n_j : _____ kW
.....	atd.

Obrázek 8 Diagnostický postup prostý [5]

Z obrázku 8 můžeme jednoznačně potvrdit, že pokud bychom hledali pouze jednu nesprávnou hodnotu, která by nás vedla k dané závadě, museli jsme změřit i zbylé, které jsme již nepotřebovali. Tím se samozřejmě zvyšovaly i náklady na diagnostiku. [5,9,11]

4.1.2 Větvený diagnostický postup

U tohoto postupu je diagnostik po naměřené hodnotě a vyhodnocení této hodnoty směřován další posloupností diagnostických úkonů k závadě. Odpadá tedy hlavní nevýhoda prostého postupu a to zdlouhavé měření všech veličin. Postup diagnostika vede přímo k závadě (je logicky členěn). Hlavní výhodou je nízká pracnost, jelikož se diagnostikují pouze ty objekty, u kterých je to nutné. Oproti prostému má také ovšem nevýhodu, kterou je vyšší náročnost na diagnostika, který postup provádí. [5,9,11]

Níže jsou popsány zásady při sestavování větveného diagnostického postupu:

- 1) Souhrnný diagnostický signál – tato měření jsou prováděna jako první, abychom získali co nejúplnější informaci o diagnostikovaném objektu. Tento signál rozdělí hned na začátku měření diagnostikované objekty na dobré a špatné. Dobré vyhovují a už není nutné s nimi nadále pracovat. Špatné nevyhovují a je s nimi dále pracováno.
- 2) Dále je vhodné provádět takové úkony, které jsou málo pracné, před těmi, které vyžadují velkou pracnost. Často tak můžeme ve velmi krátkém čase diagnostiku ukončit se zdárným výsledkem a vyhneme se pracným úkonům.
- 3) Vždy po výměně, či seřízení je nutné provést opětovné změření souhrnného diagnostického signálu a určit, jestli je závada odstraněna. [5,9,11]

4.1.3 Expertní systémy

Jak již bylo uvedeno na začátku této kapitoly, automobily jsou stále složitější a proto i výrobci diagnostických systémů poskytují dokonalejší systémy pro odhalování závady. Expertní systémy jsou systémy, které porovnávají hodnoty, které naměřil diagnostik s hodnotami mezními a dle vyhodnocení těchto hodnot směřují diagnostika diagnostickým postupem tak, aby co nejrychleji našel a odstranil závadu. V podstatě se jedná o počítačové programy, které provádějí rozhodovací kroky za experta v případě složitých úloh. [14]

Expertní systémy se skládají z báze dat, báze znalostí, řídicího mechanismu, vysvětlovacího podsystému a uživatelského rozhraní. Aby se systémy nadále zdokonalovaly, je nutná také zpětná vazba od samotných diagnostiků. Pokud například expertní systém doporučí při závadě nefunkčního vstřikovače zkontrolovat vstřikovač a diagnostik odhalí špatnou elektroinstalaci, bude v případě, že tato závada se bude objevovat i nadále, řazena jako první kontrola místo kontroly vstřikovače – vadná elektroinstalace se tak stane jako nejpravděpodobnější možnost příčiny pro tuto poruchu.

4.2 Diagnostické metody

Diagnostiku, pomocí níž zjišťujeme závady, můžeme rozdělit na sériovou a paralelní. Sériová se také označuje jako vnitřní a paralelní jako vnější.

4.2.1 Sériová diagnostika

Sériová diagnostika je ve své podstatě připojení zařízení, kterým provádíme diagnostické úkony k řídicí jednotce vozidla pomocí příslušného rozhraní. Do řídicí jednotky se v průběhu provozu vozidla zaznamenávají případné chyby (závady), které se uloží do její paměti a po přijetí vozidla do servisního střediska je možné pomocí sériové diagnostiky do této paměti nahlédnout.

Pomocí sériové diagnostiky je možné provádět například tyto úkony:

- vymazat paměť závad
- čtení paměti závad
- test akčních členů (například kontrola funkce servomotorků)
- různá nastavení (vynulování intervalu výměny oleje, nastavení hodin, nastavení automatického sklápění zrcátek po zamčení apod.)
- zobrazení skutečných hodnot (napětí na lambda - sondě, tlak v sacím potrubí, teplota nasávaného vzduchu, apod.) [2,11]

Hlavním důvodem vzniku sériové diagnostiky byla kontrola činnosti regulačních systémů a to zejména z hlediska sledování emisí a dále usnadnění práce diagnostikovi při hledání závady. [3]

Hlavní výhodou sériové diagnostiky je rychlé určení závady, pokud je ovšem možné závadu vyčíst. Nevýhodou může být problém v nejednoznačnosti diagnostikované závady v případě, že porucha může mít více příčin. [2,11]

Z hlediska vývoje je nejstarší sériovou diagnostikou tzv. blikací kód. Jedná se o metodu, při níž byla závada, která se zaznamenala do řídicí jednotky tzv. vyblíkávána pomocí speciálního zařízení, případně kontrolky na přístrojové desce a následně byla dle technické literatury výrobce převedena na danou závadu. [2,11]

Tento typ diagnostiky byl využíván u vozidel Opel do roku výroby 1990 a starších (například u vozidla Honda Civic do roku výroby 1995). Jelikož se ve své práci budu zabývat novějšími vozidly, blikací kód již nebudu dále důkladněji rozebírat.

Sériovou diagnostiku dále můžeme rozdělit na diagnostiku autorizovaných servisů a neautorizovaných servisů.

4.2.1.1 Sériová diagnostika autorizovaných servisů

Každý výrobce má pro diagnostikování své značky svoje diagnostické zařízení. Typy diagnostických zařízení dle výrobce automobilů:

- Audi, Seat, Škoda, Volkswagen – VAG 1551, VAG 1552, VAS 5051, VAS 5052 Systém ODIS
- Opel – Tech 1 , Tech 2, GDS 2
- Renault – Clip
- Mazda – NGS
- Subaru – Select Monitor
- Hyundai – Hi – Scan, GDS
- Mitsubishi – MUT I, MUT II
- Ford – FDS, WDS
- Peugeot – DIAG 2000
- BMW – DIS, MoDIC, MoDIC III [8,9,13]

Každá automobilka má kromě svého systému ještě databázi, kde se nachází různá schémata a případně postupy při řešení závad. U automobilky Škoda je to systém ELSA, u OPELu je to systém TIS. Diagnostické přístroje bývají na vysoké kvalitativní i softwarové úrovni a znají stoprocentně diagnostikované vozidlo. Nejmodernější diagnostické systémy začínají být vybaveny expertními systémy, které diagnostika směřují k rychlému odhalení závady.

Tyto přístroje můžeme označit jako značkové, které používají autorizované servisy. Neautorizované servisy používají tzv. multiznačkové přístroje, které neznají tak

dokonale vozidlo, jako přístroje značkové – některé funkce vůbec neumožňují (například konfiguraci).

Další výhodou autorizovaných servisů je skutečnost, že diagnostici pracují pouze na jedné značce a často se setkávají se stejnými závadami. Z tohoto důvodu je pro ně odhalení závady často jednodušší a dosáhnou jej v kratším čase.

Jelikož jsou diagnostické přístroje autorizovaných servisů na velmi vysoké úrovni, diagnostici používají méně paralelní diagnostiku (například osciloskop) oproti neautorizovaným servisům. [11]

4.2.1.2 Sériová diagnostika neautorizovaných servisů

Ve své podstatě se jedná o podobné přístroje (můžeme je nazývat multi-značkové), jako u autorizovaných servisů. Rozdíl je v tom, že je možno pomocí těchto diagnostických přístrojů komunikovat s vyšším počtem značek, ovšem s tím rozdílem, že s danou značkou mohou komunikovat lépe, s některou hůře, případně s některou vůbec. Nikdy však nebudou s žádnou značkou komunikovat tak dobře, jako sériový diagnostický přístroj autorizované značky vozidel. [11,15,16,17,18]

Jelikož se diagnostici těchto servisů zabývají opravami více značek automobilů, volí především takové přístroje, které pokryjí co nejvíce značek. Ve většině případů zvládají tyto přístroje alespoň čtení a mazání paměti závad. [11]

S ohledem na tyto skutečnosti jsou diagnostici odkázáni více na paralelní diagnostiku a musí se více zamýšlet nad danou poruchou, oproti diagnostikům se sériovou diagnostikou přímo od výrobce. [11,15,16,17,18]

Mezi nejznámější a nejpoužívanější přístroje používané u neautorizovaných servisů patří přístroje od značky BOSCH, VAG – COM PROFI, ATAL Multi-di@ag, Texa.

Atal Multi – Diag: tento přístroj je vybaven dotykovou obrazovkou s úhlopříčkou 7,7". Přístroj komunikuje přibližně se 45 značkami. Sériová diagnostika je realizována použitím 16-ti pinové zásuvky. Přístroj je vybaven multimetrem a osciloskopem pro účely paralelní diagnostiky.

VAG – COM PROFI: přístroj VAG – COM PROFI výborně komunikuje s koncernem VW. Dobrá komunikace je téměř se všemi značkami s protokolem OBD II. Přístroj je vybaven například funkcí, která diagnostikovi v bublině zobrazuje požadované

hodnoty, což je výborná funkce pro rychlejší orientaci při hledání závady. Na obrázku 9 je zobrazena základní obrazovka pro výběr řídicí jednotky. [11,13, 15, 16, 17, 18]



Obr. 9 VAG-COM PROF [15]

Diagnostika BOSCH: společnost BOSCH patří mezi přední dodavatele automobilové diagnostiky. Testery BOSCH patří mezi nejlepší diagnostické přístroje neautorizovaných servisů. Pro diagnostiku vozidel je často využívají i autorizované servisy (zejména pro diagnostiku jiných značek). Přístroje pro diagnostiku elektronických systémů jsou nazývány KTS. Jedná se například o KTS 100, 200, 500, 515, 520, 540, 550, 650, 670, 940, 970, 990 a jiné. [3,4,29, 30]



Obr. 10 KTS 540 [30]

Na obrázku 10 je zobrazen diagnostický tester KTS 540 v kombinaci s tabletem DCU 100. Diagnostický software je možné nahrát i do stolního počítače nebo notebooku. DCU 100 je odolný tablet s 10“ displejem. [30]

Informačním systémem pro diagnostiku je systém ESI[tronic]. ESI[tronic] je přizpůsoben jako doplněk diagnostické techniky BOSCH. V tomto systému diagnostik nalezne technické a diagnostické informace usnadňující hledání závad. [4, 30, 31]

4.2.2 Paralelní diagnostika

Paralelní diagnostikou měří diagnostik přímo elektrické, popřípadě neelektrické veličiny. Paralelní diagnostika je využívána velice často až po sériové diagnostice. Zjišťované veličiny se měří pomocí přístrojů k tomu určených (multimetr, osciloskop, apod.). [4, 7]

4.2.2.2 Multimetr

Jednoduchý měřicí přístroj, který je používán pro měření napětí, odporu, proudu, indukčnosti, střídy, frekvence, kapacity. Dnes jsou používány pouze digitální multimetry, na kterých diagnostik přímo čte naměřené hodnoty. Moderní multimetry jsou vybaveny pamětí naměřených hodnot, což usnadňuje diagnostikovi práci. [5,19]

4.2.2.3 Zkoušečka

Velice jednoduché zařízení sloužící pro diagnostiku přítomnosti napětí. I v současné době hojně využívané zařízení paralelní diagnostiky. Princip činnosti spočívá v přiložení měřícího hrotu na měřené místo a dle rozsvícení diod (dle typu zkoušečky (dnes nejčastěji diodové) diagnostik vyhodnotí měření. Výhoda tohoto zařízení tkví v rychlosti měření. [11]

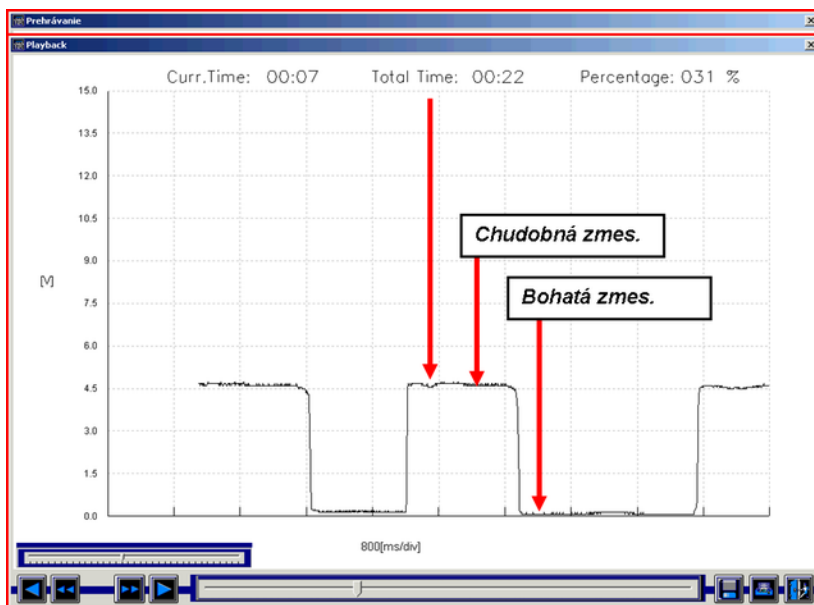
4.2.2.4 Osciloskop

Osciloskop je nejdokonalejší, současně bohužel i nejdražší zařízení paralelní diagnostiky. Pomocí osciloskopu měříme změny elektrického napětí v čase. Oproti dvěma předešlým zařízením je osciloskop podstatně složitější, což s sebou přináší větší nároky na obsluhu. Výsledek měření nazýváme oscilogram.

V současné době je používán digitální osciloskop. Princip činnosti spočívá v zaznamenávání napětí do paměti přístroje a ze zpracovaných signálů přístroj vytvoří

křivku. Následně diagnostik vyhodnotí, jestli je naměřený oscilogram správný, nebo chybný. Toto se nejčastěji provádí porovnáním se vzorovým oscilogramem. [5,19]

Na obrázku 11 je oscilogram z měření lambda sondy.



Obr.11 Oscilogram lambda sondy [20]

4.3 Legislativa

Stále se zpřísňující emisní limity s sebou přinášejí do automobilů více elektronických systémů, díky těmto systémům jsou emisní hodnoty lépe dosahovány. Jelikož je vytvářen veliký důraz na dodržování emisních limitů, vznikly protokoly OBD, které musí výrobci vozidel dodržovat. [3,8,9]

4.3.1 OBD I

Zkratkou OBD, neboli On Board Diagnosis se rozumí palubní diagnostika, která má za úkol sledovat všechny systémy vozidla, které jakýmkoli způsobem souvisí s produkcí emisí, tzv. kontrola „v místě jejich vzniku“. Pokud na vozidle vznikne závada související s emisemi, nahraje se do paměti závad řídicí jednotky a rozsvítí se kontrolka MIL (Malfunction Indicator Lamp). Policie může za provozu velmi snadno a rychle zjistit, zda je vozidlo v pořádku, nebo ne. Nahraná závada dále umožňuje zjistit, která součástka má závadu. Protokol vyšel v platnost v roce 1988 v Kalifornii. U tohoto protokolu ještě nebyly sjednocené diagnostické zásuvky, jejich umístění a způsob vyčtení závady včetně chybových kódů. [3,4,8,9]

4.3.2 OBD II

OBD II je nástupcem OBD I a je používán od modelového roku 1994. Oproti OBD I má vyšší účinnost, jelikož jsou kontrolovány nejen elektrické komponenty, ale všechny komponenty, které souvisí s tvorbou emisí výfukových plynů (sledování z hlediska dodržení emisních hodnot). U tohoto protokolu se do paměti závad nahrají také podmínky, při nichž došlo ke vzniku závady.

Dále došlo ke sjednocení umístění diagnostické zásuvky (pro všechna vozidla s 16-ti pinovým konektorem CARB-ISO), která musí být v kabině a dosažitelná ze sedadla řidiče a ke sjednocení základních chybových kódů.

Systém sleduje: zapalování, lambda-sondy, katalyzátor a systémy: sekundárního vzduchu, recirkulace výfukových plynů a odpařování paliva. [3,4,8,9]

4.3.3 EOBD

Jedná se o evropskou obdobu systému OBD II dle směrnice 98/69/ES z roku 1998. Pro zážehové motory platí tato povinnost od roku 2000. Oproti OBD II sleduje další systémy: systém rozdělení paliva, výpadky zapalování, CAN – BUS, elektrický pedál akcelerace.

Kontrola zapalování má velký význam. Pokud dojde k výpadku, nespálené palivo se dostane do katalyzátoru, kde se dodatečně spaluje. Následně dochází ke vzniku vysokých teplot a k poškození katalyzátoru.

Pokud je v systému motormanagementu závada, je signalizována kontrolkou MIL. Pokud kontrolka svítí, může se jednat například o: výpadky spalování, vzrůst emisí HC vlivem stárnutí katalyzátoru, odpařování paliva překračuje limitní hodnoty, neaktivní lambda regulace po definovanou dobu po startu, apod. V případě, že kontrolka bliká, jedná se o závadu, která by mohla poškodit katalyzátor. V tomto případě je třeba zastavit automobil a nepokračovat v jízdě. [3,8,9]

V USA se pracuje již na protokolu OBD III. Tento systém by měl po signalizaci závady automaticky odeslat údaj o závadě na příslušné servisní středisko a případně příslušné úřady (současně s identifikací vozidla). Vlastník vozidla by byl následně vyzván k technické kontrole vozidla. [8,9]

5. Cíl práce a metodika

5.1 Cíl práce

Cílem práce z hlediska řešeršního je popsání základních pojmů, které budou základem pro praktickou část. Jedná se zejména o složení výfukových plynů, systémy zážehového motoru ovlivňující emise výfukových plynů, metody a přístroje potřebné k odhalení závady včetně přístrojů sloužících k měření emisí. Jedná se o nedílnou část práce nutnou pro pochopení základních zákonitostí a diagnostiky systémů zážehových motorů.

Z hlediska praktického si práce klade za cíl popsat závady systémů zážehového motoru. Bude se jednat o závady, které souvisí s tvorbou směsi a ovlivňují množství škodlivých látek ve výfukových plynech. Úkolem bude popsat způsob diagnostiky dané závady, včetně projevů vozidla při dané závadě s vlastním komentářem vlastníka vozidla. Po zjištění závady a před její opravou bude provedeno měření emisí výfukových plynů za účelem zjištění, jakým způsobem se daná závada projevila na složení emisí. Po opravě vadného dílu bude znovu provedeno měření emisí. Cílem bude určení, jakým způsobem se daná závada projeví na produkci škodlivin ve výfukových plynech.

5.2 Metodika

Pro tvorbu řešeršní části budu čerpat informace zejména z odborné literatury a dále z praktických informací od techniků a diagnostiků z automobilového průmyslu včetně vlastních komentářů. V praktické části budou popsány způsoby a postupy diagnostiky příslušné závady dle výrobce vozidla. Produkci emisí vadného systému porovnáme s produkcí systému bezvadného. Závady budou zjišťovány pomocí sériové diagnostiky automobilky Opel, měření emisí bude provedeno zařízením BOSCH ATAL AT 505. V případě nevyhovujícího výsledku měření budu přizván diagnostikem a provedu analýzu, z jakého důvodu jsou emise nevyhovující.

Pokud nebude možné během této práce zajistit vozidlo s potřebnou závadou, bude nutné vyvodit závadu uměle. S takovými závadami se v poslední době setkáváme velmi často. Jedná se zejména o poškozenou elektroinstalaci a gumová potrubí od hlodavců. Díky těmto závadám je poměrně snadné vyvodit závadu uměle (například odpojením jednotlivého pinu konektoru, případně odpojením celého konektoru).

5.2.1 Měřicí zařízení

Pro experimentální část diplomové práce bude použita originální sériová diagnostika pro diagnostikování závad automobilů Opel a emisní analyzátor. Pro komunikaci s řídicí jednotkou se v současnosti u automobilů Opel používají dvě zařízení. Starší TECH II a novější systém GDS 2. Pokud diagnostik neví, jak má dále postupovat při diagnostice závady, může použít systém TIS2WEB, kde nalezne postupy při řešení závad, elektronická schémata a podobné, pro diagnostiku závad užitečné, informace. Pro analýzu emisí bude použito zařízení od společnosti ATAL AT 505.

TECH II: Diagnostický přístroj TECH II je přístroj pro sériovou komunikaci s řídicí jednotkou vozidla. Používá se již od roku 1997. Diagnostický tester je vyobrazen na obrázku 12. v současnosti je možné instalovat měřicí diagnostický software do notebooku. Aktualizace probíhaly přibližně každý měsíc. V současné době již neprobíhají, jelikož je nahrazen modernějším systémem GDS 2. [11]



Obr. 12 TECH II [11]

Z praktického hlediska je použitelnost velmi dobrá, jelikož tester komunikuje v češtině (předchůdci pouze v němčině). Propojení s řídicí jednotkou vozidla je přes 16-ti pinovou zásuvku nazývanou CARB. Vozidlo se identifikuje dle modelu a modelového roku. Diagnostickým testerem je možné provádět čtení paměti závad, mazání paměti závad, různá nastavení a konfigurace (například automatické rozsvěcení světel) a

testy akčních členů. Jelikož má tester poměrně velký displej, je možné sledovat až 9 různých parametrů v jeden okamžik. [11]

Testerem lze diagnostikovat vozidla od roku výroby 1997 do roku 2015. Například nový model Opel Astra K je nutné diagnostikovat systémem GDS 2.

GDS 2: GDS2 je nástupcem testeru TECH II. Jedná se o diagnostický software, který je nainstalován ve stolním počítači nebo notebooku. Pevný tester, jako byl TECH II již GDS 2 není. GDS2 se používá od roku 2011. Pro komunikaci s řídicí jednotkou vozidla slouží modul MDI (Multiple Diagnostic Interface). Modul MDI se připojí do OBD zásuvky vozidla a buď přes Wi-Fi, nebo kabelem přes USB konektor komunikuje diagnostický program s řídicí jednotkou vozidla. Pevné spojení je vyžadováno například při programování, jelikož nesmí dojít k přerušení probíhajícího programování. Hlavní výhodou tohoto systému oproti TECH II je možnost kontroly paměti závad celého vozu. Další výhodou je automatické upozornění v případě nutnosti provést svolávací akci. Aktualizace systému GDS 2 probíhají přibližně každý týden. To je výhodou zejména pro diagnostika, jelikož pracuje stále s nejnovějšími daty. S GDS 2 je možné krom diagnostiky vozidel značky Opel, diagnostikovat značku VAUXHALL a Chevrolet. Diagnostika je vybavena například funkcí, která umožní zjistit, jak dlouho byla rozsvícena kontrolka MIL.



Obr. 13 Rozhraní MDI [11]

Na obrázku 13 je zobrazeno rozhraní MDI, která slouží k propojení řídicí jednotky vozidla s diagnostickým programem. Na obrázku v levé části je uchopena v ruce 16-ti pinová zásuvka OBD. Vpravo je kabel sloužící k pevnému propojení s notebookem, případně stolním počítačem. [11]

ATAL AT505: měření emisí bude provedeno zařízením ATAL AT 505 od společnosti ACTIA. ATAL AT 505 je čtyř (pěti) složkový analyzátor výfukových plynů. Přístroj je schopen analyzovat zážehového motory s palivem na benzín, LPG, CNG. Přístroj je schopen měřit HC, CO, CO₂, O₂, NO_x. Z těchto hodnot vypočte CO_{cor} a součinitel přebytku vzduchu. Přístroj je složen z mechanické, elektronické a pneumatické části. Pneumatická část je vybavena dvojitým membránovým čerpadlem s jedním pohonem. První čerpadlo slouží k dopravě výfukových plynů do optické hlavičky a kyslíkového čidla, druhé čerpadlo slouží k odčerpávání kondenzátu z hrubého filtru. Princip měření HC, CO, CO₂ je založen na nedisperzním měření útlumu světla v infračervené oblasti, tzv. NDIR. Koncentrace CO, HC, CO₂ se měří v oddělených kvyetách. Signály z detektorů (selektivních) jsou porovnávány s referenčním signálem. Objemová koncentrace O₂ a NO_x se měří obdobným způsobem, tento je však proveden elektrochemickým článkem. [28]

V tabulce níže jsou popsány rozsahy měření, chyba měření a rozlišení.

Měřený parametr	Rozsah	Rozlišení	Chyba měření	Pozn.
CO	0 – 10 % vol.	0,01 % vol	0,03 % vol nebo 5% ČH	
CO ₂	0 – 20 % vol.	0,1 % vol	0,5 % vol nebo 5% ČH	
HC	0 – 2000 ppm vol 2001 – 9000 ppm vol	1ppm vol 10 ppm vol	10 ppm vol nebo 5% ČH nebo 5% ČH	
O ₂	0 – 4 % vol 4 - 21% vol	0,01 % vol 0,1 % vol	0,1 % vol nebo 5% ČH 5% ČH	
CO _{cor}	0 – 10 % vol.	0,01 % vol		1
NO _x	0 – 5000 ppm vol	1 ppm vol		
Lambda	0,500 – 2,000	0,001	ISO 3929	2

Tab. 2 Vlastnosti ATAL AT 505 [28]

Vysvětlivka:

ČH = čtené hodnoty

Pozn. č. 1: CO_{cor} se vypočte ze vzorce:

$$CO_{cor} = \frac{X \cdot CO}{CO + CO_2} \quad (11)$$

X= LPG: 13,5

CNG a LNG: 11,5

Ostatní: 15 [28]

Pozn. č.2: Výpočet dle Brettschneiderovy rovnice (výpočet součinitele přebytku vzduchu λ):

$$\lambda = \frac{[CO_2] + \frac{[CO]}{2} + [O_2] + \left(\frac{H_{cv}}{4} * \frac{3.5}{3.5 + \frac{[CO]}{[CO_2]}} - \frac{O_{cv}}{2} \right) * ([CO_2] + [CO])}{\left(1 + \frac{H_{cv}}{4} - \frac{O_{cv}}{2} \right) * ([CO_2] + [CO] + K_1 * [HC])} \quad (12)$$

[28]

[] koncentrace složek v % obj.

K_1 přepočítávací faktor = $6 \cdot 10^{-4}$

H_{cv} poměr at. čísel vodíku k uhlíku

O_{cv} poměr at. čísel kyslíku k uhlíku [28]

Palivo	H_{cv}	O_{cv}
BA (E5)	1,89	0,016
LPG	2,53	0,000
CNG a LNG	4,00	0,000
E85	2,74	0,390
E75	2,61	0,329

Tab. 3 poměrová čísla H_{cv} a O_{cv} [28]

Jaká je závislost jednotlivých paliv na poměrných atomových číslech vodíku a kyslíku k uhlíku popisuje tabulka 3. [28]

6. Měření – praktická část diplomové práce

V praktické části diplomové práce se budu zabývat závadami, které mají vliv na změnu produkce emisí výfukových plynů a byly popsány v kapitole 3. Systémy zážehového motoru. Měření bude provedeno v autoservisu společnosti Auto Dobrovolný V.M., která se zabývá prodejem a servisem vozidel značky Opel a je vybavena měřicím zařízením pro měření emisí. Při diagnostice závady bude použito originálního měřicího zařízení pro sériovou komunikaci s řídicí jednotkou, které je blíže popsáno v kapitole 7.3.1 Měřicí zařízení.

Závada bude vždy popsána včetně projevů (pokud možno i vlastníkem vozidla). Dále bude provedena diagnostika závady pomocí sériové diagnostiky přes OBD rozhraní a po zjištění závady bude provedeno měření emisí. Po měření emisí bude závada odstraněna a znovu provedeno měření emisí za účelem zjištění, jakým způsobem byly emise ovlivněny vadnou součástí.

6.1 Závady katalyzátorů

6.1.1 Opel Astra F

Popis vozidla: měřené vozidlo je Opel Astra v provedení kombi, modelové označení F, rok výroby 1997. Při měření mělo vozidlo najeto 299 099 kilometrů. Tento model je vybaven vícebodovým nepřímým vstřikováním.

Projevy závady: zákazník přijel na standardní technickou kontrolu a požadoval měření emisí. Při první konzultaci se zákazníkem nebyla oznámena žádná závada. Zákazník si pouze stěžoval na občasné obtížné startování. Po převzetí vozidla a přejetí na měřicí pracoviště byl cítit nepříjemný zápach výfukových plynů. Právě tento typický zápach výfukových plynů byl prvotním signálem, že se na vozidle bude vyskytovat závada související s vysokým obsahem škodlivých látek ve výfukových plynech. Kontrola MIL v tomto případě nesvítala.

Diagnostika: jelikož je vozidlo vybaveno pouze jednou lambda sondou, která je před katalyzátorem, nebyla řídicí jednotka schopna z tohoto důvodu detekovat, že se na katalyzátoru vyskytuje závada. Paměť závad byla vyčtena sériovou diagnostikou TECH II, přičemž v paměti závad nebyla nahrána žádná závada.

Měření emisí před opravou závady: na obrázku 14 je zobrazen výsledek měření emisí. Jak již signalizoval zápach výfukových plynů, škodliviny ve výfukových plynech jsou velmi vysoké. Výrazný nárůst zaznamenal zejména obsah HC (uhlovodíků). Jelikož při volnoběžných otáčkách byla hodnota HC a CO nepřijatelná, měřicí program neumožnil měřit v režimu zvýšených otáček a měření bylo ukončeno. Vysoký obsah škodlivin je způsoben vadným katalyzátorem. Katalyzátor je nutné neprodleně vyměnit.

Měřené parametry:	Předepsané hodnoty		Naměřené hodnoty s palivem		Výsledek
	min.	max.	Základní	Alternativní	
Teplota motoru [°C]	80		90	---	Ok
Při volnoběhu:					
Otáčky [1/min]	820	980	910	---	Ok
Předstih [°]			---	---	---*)
Úhel sepnutí kontaktů [%]			---	---	---*)
Obsah CO [%]		0,50	0,73	---	Chyba
Obsah HC [ppm]		100	266	---	Chyba
Při zvýšených otáčkách:					
Otáčky [1/min]	2500	2800	---	---	
Předstih [°]			---	---	---*)
Úhel sepnutí kontaktů [%]			---	---	---*)
Obsah CO [%]		0,30	---	---	
Obsah HC [ppm]		100	---	---	
λ - lambda [1]	0,97	1,03	---	---	

Obr. 14 Měření emisí před opravou Astra F – vadný katalyzátor

Měření emisí po opravě: na obrázku 15 je zobrazeno měření emisí po výměně katalyzátoru. Toto měření je již v pořádku a při měření bylo možné změřit i zvýšené otáčky.

Měřené parametry:	Předepsané hodnoty		Naměřené hodnoty s palivem		Výsledek
	min.	max.	Základní	Alternativní	
Teplota motoru [°C]	80		90	---	Ok
Při volnoběhu:					
Otáčky [1/min]	820	980	900	---	Ok
Předstih [°]			---	---	---*)
Úhel sepnutí kontaktů [%]			---	---	---*)
Obsah CO [%]		0,50	0,01	---	Ok
Obsah HC [ppm]		100	36	---	Ok
Při zvýšených otáčkách:					
Otáčky [1/min]	2500	2800	2610	---	Ok
Předstih [°]			---	---	---*)
Úhel sepnutí kontaktů [%]			---	---	---*)
Obsah CO [%]		0,30	0,00	---	Ok
Obsah HC [ppm]		100	46	---	Ok
λ - lambda [1]	0,97	1,03	0,997	---	Ok

Obr. 15 Měření emisí po opravě Astra F

Vyhodnocení: z porovnání výsledků měření emisí před a po opravě lze usoudit, že katalyzátor má významný vliv na obsah škodlivých látek ve výfukových plynech. Bohužel se jedná ještě o starší systém, který není vybaven dvěma lambda sondami, tudíž vozidlo jezdilo s poškozeným katalyzátorem a obsluha vozidla o této skutečnosti nevěděla, jelikož na to nebyla upozorněna žádnou svítící kontrolkou. Zejména z tohoto důvodu se u novější modelové řady využívá systému dvou lambda sond, přičemž druhá sonda kontroluje funkci a účinnost katalyzátoru. Při měření s poškozeným katalyzátorem byla hodnota obsahu CO vyšší o 43 %, než je povolená hranice. Obsah uhlovodíků byl vyšší dokonce o 166 % oproti hraniční hodnotě. Při měření emisí poškozeného katalyzátoru byl obsah uhlovodíků přibližně 8 krát vyšší oproti výsledkům měření s novým katalyzátorem.

6.1.2 Opel Combo C

Popis vozidla: další měřené vozidlo se závadou na katalyzátoru je Opel Combo, modelové označení C, rok výroby 2007. V době měření mělo vozidlo najeto 145 489 km. Vozidlo je vybaveno nepřímým vícebodovým vstřikováním v kombinaci benzín/CNG.

Projevy závady: zákazník přijel s vozidlem taktéž na kontrolu emisí spojenou s technickou kontrolou. Oproti předešlému případu bylo oznámeno zákazníkem, že mu svítí „nějaká kontrolka“. Dále si zákazník stěžoval na zhoršené výkonové vlastnosti. Po převzetí vozidla do opravy a přejetí na servisní pracoviště bylo zjištěno, že na vozidle svítí kontrolka MIL. V porovnání s předchozím vozidlem byl cítit znovu nepříjemný zápach výfukových plynů, ale v menší míře.

Diagnostika: po připojení diagnostického zařízení a vyčtení paměti závad byly načteny dva chybové kódy. Kód P0141 – O2 Obvod senzoru 2: pomalá odezva a kód P0420 – Systém katalyzátoru: nízká účinnost. Jelikož je vozidlo vybaveno dvěma lambda sondami, je schopno identifikovat, jestli katalyzátor správně pracuje. V tomto případě byla vyhodnocena špatná (nízká) účinnost katalyzátoru, která se uložila do paměti závad a současně upozornila obsluhu vozidla na chybně pracující katalyzátor rozsvícením kontrolky MIL. Před výměnou katalyzátoru je ovšem nutné zkontrolovat lambda sondu za katalyzátorem, zda-li není závada v sondě. Při diagnostice lambda sondy a následně katalyzátoru se postupuje podle postupu, který je dán výrobcem. Tento postup nalezne diagnostik dle chybového kódu v servisní literatuře, která se

nazývá TIS2000. Pro chybový kód P0420 bylo dle postupu výrobce nutné nejprve zjistit, jestli má řídicí jednotka správný identifikátor. Následně se změřilo napětí mezi svorkami na lambda sondě, příslušná svorka a kostra, přičemž požadované napětí musí odpovídat stanovené hodnotě. V případě, že napětí souhlasí, pokračujeme v měření odporu řídicí jednotky Multec, změříme příslušné svorky lambda sondy. Požadovaný odpor znovu musí odpovídat předepsané hodnotě. Pokud obě hodnoty vyhovují, je nutné zkontrolovat ostatní komponenty, jako je systém sání, spalínové zařízení, vstřikovací systém (vstřikovače a tlak paliva). Tyto komponenty je nutné zkontrolovat, zda-li nejsou znečištěné, ucpané nebo poškozené. Pokud jsou všechny měřené a diagnostikované komponenty v pořádku, je možné vyměnit katalyzátor. Pokud by nebyla závada na katalyzátoru, může tento chybový kód způsobit vadná řídicí jednotka, případně přerušení či zkrat elektroinstalace nebo některý z ostatních komponentů (vstřikovací ventily, sání, spalínové zařízení). Pro kód P0141 bylo nutné zkontrolovat lambda sondu. Jelikož všechny naměřené hodnoty byly v pořádku, diagnostický postup byl také ukončen kontrolou katalyzátoru. [32, 33]

Měření emisí před opravou: na obrázku 16 je zobrazen výsledek měření emisí před výměnou katalyzátoru. Jak je patrné z naměřených hodnot, výsledek měření potvrzuje předešlou diagnostiku, která směřovala k závadě katalyzátoru. Jelikož byla hodnota uhlovodíků HC a oxidu uhelnatého CO vysoká, nebylo možné měřit emise, stejně jako v předešlém případě, při zvýšených otáčkách.

Měřené parametry:		Předepsané hodnoty				Naměřené hodnoty s palivem		Výsledek
		Základní min.	max.	Alternativní min.	max.	Základní	Alternativní	
Teplota motoru	[°C]	80		80		90	---	Ok
Při volnoběhu:								
Otáčky	[1/min]	710	960	710	960	782	---	Ok
Předstih	[°]	---	---	---	---	---	---	---*)
Úhel sepnutí kontaktů	[%]	---	---	---	---	---	---	---*)
Obsah CO	[%]		0,50		0,50	0,59	---	Chyba
Obsah HC	[ppm]		100		100	209	---	Chyba
Při zvýšených otáčkách:								
Otáčky	[1/min]	2500	2800	2500	2800	---	---	
Předstih	[°]	---	---	---	---	---	---	---*)
Úhel sepnutí kontaktů	[%]	---	---	---	---	---	---	---*)
Obsah CO	[%]		0,30		0,30	---	---	
Obsah HC	[ppm]		100		100	---	---	
λ - lambda	[1]	0,97	1,03	0,97	1,03	---	---	

Obr. 16 Měření emisí před opravou COMBO C

Měření emisí po opravě závady: obrázek 17 zobrazuje výsledek měření emisí po výměně katalyzátoru. Z výsledků emisí je zřejmé, že daná závada byla způsobena katalyzátorem a po výměně katalyzátoru jsou již emise vyhovující. Z důvodu vyhovujících emisí při volnoběžných otáčkách bylo možné měřit i emise při zvýšených otáčkách.

Měřené parametry:		Předepsané hodnoty				Naměřené hodnoty s palivem		Výsledek
		Základní min.	max.	Alternativní min.	max.	Základní	Alternativní	
Teplota motoru	[°C]	80		80		90	90	Ok
Při volnoběhu:								
Otáčky	[1/min]	710	960	710	960	841	805	Ok
Předstih	[°]	---	---	---	---	---	---	---*)
Úhel sepnutí kontaktů	[%]	---	---	---	---	---	---	---*)
Obsah CO	[%]		0,50		0,50	0,02	0,01	Ok
Obsah HC	[ppm]		100		100	38	29	Ok
Při zvýšených otáčkách:								
Otáčky	[1/min]	2500	2800	2500	2800	2591	2605	Ok
Předstih	[°]	---	---	---	---	---	---	---*)
Úhel sepnutí kontaktů	[%]	---	---	---	---	---	---	---*)
Obsah CO	[%]		0,30		0,30	0,03	0,04	Ok
Obsah HC	[ppm]		100		100	41	24	Ok
λ - lambda	[1]	0,97	1,03	0,97	1,03	1,003	0,999	Ok

Obr. 17 Měření emisí po opravě COMBO C

Vyhodnocení: v případě porovnání výsledků měření před a po výměně katalyzátoru lze usoudit stejně jako v předešlém případě, že katalyzátor má významný vliv na snižování škodlivých složek ve výfukových plynech a po výměně katalyzátoru se obsah uhlovodíků a oxidu uhelnatého výrazně snížil. Diagnostikované vozidlo je vybaveno také lambda sondou za katalyzátorem, která kontroluje účinnost katalyzátoru a v případě nesprávné účinnosti řídící jednotka rozsvítí kontrolku MIL. Bohužel u tohoto vozidla není možné vyčíst v paměti závad, jak dlouho kontrola MIL svítila. Některé modely vyráběné v současnosti tuto funkci již mají. Zákazník tedy s vozidlem mohl jezdit například 5 000 kilometrů s rozsvícenou kontrolkou, přičemž produkoval do ovzduší zvýšenou produkci škodlivých plynů, která by byla v případě správně fungujícího katalyzátoru podstatně nižší. Při porovnání výsledků měření s poškozeným katalyzátorem byl obsah oxidu uhelnatého vyšší o 18 %, než povoluje předepsaná hodnota. Obsah uhlovodíků byl vyšší o 109 %, než je povolená maximální předepsaná hodnota. V porovnání s novým katalyzátorem byla produkce uhlovodíků přibližně 5 krát vyšší (v procentech přibližně o 450 %). Obsah oxidu

uhelnatého je v případě správně fungujícího katalyzátoru pouze 0,02 %, v případě poškozeného katalyzátoru byl 0,59 %, tudíž skoro 30 krát vyšší, než se správně fungujícím katalyzátorem (pokud bychom chtěli rozdíl vyjádřit v procentech, rozdíl je 2 850 %). Měření bylo provedeno pouze na volnoběh, při zatížení v provozu lze předpokládat ještě vyšší produkci škodlivin. Jelikož diagnostikované vozidlo spaluje jak benzín, tak CNG, je možné porovnat rozdíl produkce emisí při pohonu na benzín a při pohonu na CNG. Obsah oxidu uhelnatého je téměř stejný, obsah uhlovodíků je nižší v případě pohonu na CNG. Bohužel měřící program neumožnil měřit emise CNG u poškozeného katalyzátoru, jelikož nevyhovovalo měření při pohonu na benzin a měření bylo ukončeno s nevyhovujícím výsledkem.

6.1.3 Opel Combo D

Popis vozidla: diagnostikované vozidlo, které mělo vadný katalyzátor, je Opel Combo, modelové označení D, rok výroby 2016. V době měření mělo vozidlo najeto pouze 1489 kilometrů. Tento model je vybaven vícebodovým nepřímým vstřikováním v kombinaci benzín / CNG.

Projevy závady: zákazník přijel do servisního střediska z důvodu rozsvícení kontrolky MIL. Kromě rozsvícení této kontrolky vozidlo nevykazovalo žádné potíže a fungovalo běžným způsobem. Žádné problémy s výkonem, startováním apod. nebyly zákazníkem zaznamenány a oznámeny. Zákazník pouze poznamenal, že kontrolka se rozsvítila při ustáleném režimu jízdy.

Diagnostika: po převozu vozidla na servisní stanoviště a připojení diagnostického přístroje GDS 2 byl vyčten z paměti závad chybový kód P0420 – Nízká účinnost katalyzátoru. Před samotnou výměnou katalyzátoru je nutné provést kontrolu jednotlivých systémů dle postupu výrobce včetně kontroly lambda sondy. Nejdříve je nutné zkontrolovat jednotlivé systémy, které by mohly ovlivnit funkčnost katalyzátoru. Jedná se zejména o:

- kontrola složení směsi palivo / vzduch
- kontrola zapalování
- kontrola spotřeby motorového oleje
- kontrola stavu chladicí kapaliny
- kontrola lambda sondy včetně elektroinstalace

Dále je nutná kontrola a proměření řídicí jednotky motoru a lambda sondy, obdobně jako v případě měření u předchozího měření vozidla Opel Combo C. U lambda sondy je nutná i kontrola, zda je sonda dostatečně dotažena. Pokud jsou všechny naměřené hodnoty v pořádku, kontroluje se vizuálně stav katalyzátoru. Kontrola spočívá zejména ve zjištění, jestli v katalyzátoru při zatřepání nejsou slyšitelné zvuky způsobené mechanickým poškozením, případně na některé části katalyzátoru není znatelně odlišná barva. Pokud katalyzátor nevykazuje známky poškození, je nutné zkontrolovat celkový stav výfukové soustavy. Po kontrole všech komponent dle daného postupu nebyla shledána žádná závada. Podle postupu je nutné vyměnit katalyzátor. Před výměnou bylo provedeno měření emisí. [33, 37]

Měření emisí před opravou: obrázek 18 zobrazuje výsledek měření emisí před opravou. Dle výsledků lze usoudit, že katalyzátor je v pořádku, jelikož naměřené hodnoty jsou velice nízké, přímo ukázkové. Nicméně dle technického postupu je nutné vyměnit katalyzátor. Jelikož bylo měření v předepsaných hodnotách, bylo oproti předešlým případům možné měřit i zvýšené otáčky.

Měřené parametry:		Předepsané hodnoty				Naměřené hodnoty s palivem		Výsledek
		Základní min.	Základní max.	Alternativní min.	Alternativní max.	Základní	Alternativní	
Teplota motoru	[°C]	80		80		92	92	Ok
Při volnoběhu:								
Otáčky	[1/min]	710	880	710	880	746	752	Ok
Předstih	[°]	---	---	---	---	---	---	---
Úhel sepnutí kontaktů	[%]	---	---	---	---	---	---	---
Obsah CO	[%]		0,50		0,50	0,00	0,01	Ok
Obsah HC	[ppm]		100		100	1	0	Ok
Při zvýšených otáčkách:								
Otáčky	[1/min]	2500	2800	2500	2800	2645	2705	Ok
Předstih	[°]	---	---	---	---	---	---	---
Úhel sepnutí kontaktů	[%]	---	---	---	---	---	---	---
Obsah CO	[%]		0,30		0,30	0,02	0,01	Ok
Obsah HC	[ppm]		100		100	0	1	Ok
λ - lambda	[1]	0,97	1,03	0,97	1,03	0,999	0,999	Ok

Obr. 18 Měření před opravou Combo D

Měření emisí po opravě: na obrázku 19 je zobrazen výsledek měření emisí po výměně katalyzátoru. Z výsledku měření je zřejmé, že po výměně katalyzátoru jsou hodnoty škodlivých látek prakticky totožné v porovnání s prvním měřením. Znovu bylo možné měřit volnoběžné i zvýšené otáčky při obou druhích pohonu (benzín i

CNG). Jelikož mezi měřeními před opravou a po výměně katalyzátoru se změnil měřicí program, je výsledek měření po opravě v jiném formátu.

		Otáčky [min ⁻¹]	CO [%]	CO2 [%]	HC [ppm]	Lambda [-]	O2 [%]	COcor [%]	Pedál [%]
Zákl. pal.	Limit	700-950	0,50	---	---	---	---	---	---
Volnoběh	Výfuk 1	746	0,00	15,1	1	1,002	0,05	0,00	19
Zákl. pal.	Limit	2500-3000	0,30	---	---	0,970-1,030	---	---	---
Zvýšené o.	Výfuk 1	2768	0,00	15,1	1	1,003	0,07	0,00	25
Altern. pal.	Limit	700-950	0,50	---	---	---	---	---	---
Volnoběh	Výfuk 1	749	0,00	11,7	1	1,001	0,03	0,00	19
Altern. pal.	Limit	2500-3000	0,30	---	---	0,970-1,030	---	---	---
Zvýšené o.	Výfuk 1	2834	0,00	11,7	1	0,999	0,00	0,00	20

Obr. 19 Měření emisí po opravě Combo D

Vyhodnocení: z výsledků měření před výměnou a po výměně lze usoudit, že se jedná o netradiční případ, jelikož výsledky měření jsou prakticky totožné a výsledek měření emisí pro poškozený katalyzátor nevykazuje důvod pro výměnu katalyzátoru. Dle postupu daného výrobcem bylo po kontrole jednotlivých komponentů doporučeno vyměnit katalyzátor. Katalyzátor byl i přes vyhovující výsledek měření emisí vyměněn. Zákazník byl požádán po měsíci a po najetí určitého počtu kilometrů ke kontrole. Kontrolka MIL již nesvítla a v paměti závad nebyla nahrána žádná závada. Výměna katalyzátoru byla tedy oprávněná.

Současné systémy jsou velice citlivé na poruchy, která způsobují zvýšení produkce emisí. V tomto případě se mohlo stát, že při nějakém režimu došlo ke zvýšení škodlivých složek ve výfukových plynech, což způsobilo rozsvícení kontrolky. Samozřejmě nelze vyloučit i poškození katalyzátoru, který nebyl schopen v určitých režimech minimalizovat škodliviny ve výfukových plynech.

6.1.4 Dílčí závěr

Z naměřených výsledků lze potvrdit, že katalyzátor má významný vliv na množství škodlivých složek ve výfukových plynech. V případě nesprávně fungujícího katalyzátoru se obsah škodlivin výrazně zvyšuje. Správně fungující systém produkuje velice malé množství škodlivých složek. Měření bylo zjištěno, že například produkce oxidu uhelnatého je až 30 krát vyšší u poškozeného katalyzátoru, než u

katalyzátoru nového. Obsah uhlovodíků byl 7 krát vyšší. Ze zkušeností servisu se častěji setkáváme s poškozením katalyzátorů u vozidel s pohonem na alternativní paliva LPG nebo CNG.

Katalyzátor má svoji životnost, která je závislá na mnoho činitelích. Obecně lze říci, že životnost katalyzátoru je přibližně okolo 150 000 kilometrů dle předpisů Evropské unie je minimální životnost 160 000 km. Pokud dojde k poškození katalyzátoru například vysokou teplotou, vozidlo v podstatě jede normálním způsobem. Pokud dochází k tzv. ucpávání katalyzátoru, vozidlo má zhoršené výkonové schopnosti. [34]

Příčiny poškození katalyzátoru:

- nesprávné palivo: důležité je používat bezolovnatý benzín, případně se vyhnout aditivům, které obsahují olovo
- mechanické poškození: nárazy do katalyzátoru například na rozbité cestě
- poškození fosforem: poškození fosforem je v případě, že motor nadměrně spotřebovává motorový olej
- palivo, které se dostalo do výfukového potrubí: tento jev se může stát například při vynechání zapalování, což je u moderních vozidel ošetřeno tím, že řídicí jednotka okamžitě odpojí vstřikovací ventil. Toto nebezpečí hrozí i při tzv. roztlačování vozidla při zahřátém motoru. Nespálená směs se nesmí dostat do katalyzátoru, jinak by došlo k poškození, jelikož by směs shořela v katalyzátoru a došlo by ke zvýšení teploty, která by katalyzátor poškodila
- nespustit motor při vytočených zapalovacích svíčkách: taktéž by se dostalo palivo do katalyzátoru, kde by následně shořelo. [33] [34]

Projevy poškozeného katalyzátoru: typické projevy poškozeného katalyzátoru se projeví při praktickém měření. Některé projevy zákazník rozpozná, některé bohužel ne. Mezi projevy poškozeného katalyzátoru patří:

- typický zápach výfukových plynů
- zhoršené výkonové vlastnosti vozidla
- zvýšená spotřeba paliva
- obtížné startování [33] [34]

Katalyzátor je velice citlivé zařízení. Proto je nutné dodržovat určité zásady, aby nedošlo k jeho poškození. Zejména pravidelná údržba vozidla zajistí jeho co možná nejdelší životnost.

6.2 Závady lambda sond

6.2.1 Opel Astra G

Popis vozidla: diagnostikované vozidlo je Opel Astra v provedení kombi, modelové označení G, rok výroby 2006. V době měření mělo vozidlo najeto 152 261 kilometrů. Vozidlo je vybaveno vícebodovým nepřímým vstřikováním.

Projevy závady: závada se projevovala kolísáním volnoběžných otáček a nepravidelným chodem motoru. Ke kolísání otáček docházelo i během jízdy například při požadavku na akceleraci. Současně při popsanych problémech svítila kontrolka MIL.

Diagnostika: v první fázi bylo nutné vyčíst paměť závad pomocí diagnostického testeru TECH II. V paměti závad byly uloženy dva chybové kódy. Kód P0130 – Obvod snímače 02 – nesprávná funkce a P0135 – Obvod ohřevu snímače 02 – nesprávná funkce. Diagnostický postup je pro oba chybové kódy stejný. Diagnostika začíná nejprve určením, s jakým symptomem je daná závada. Pokud je s daným symptomem, je možné přejít na výsledek měření a vyměnit lambda sondu, případně zkontrolovat výfukový systém a katalyzátor. Pokud nemá chybový kód příslušný identifikátor, pokračuje se v diagnostikování lambda sondy. Po zvednutí kapoty a vizuální kontrole lambda sondy bylo zjištěno poškození elektroinstalace sondy. Elektroinstalace byla pravděpodobně překousána hlodavcem. Pokud by poškození nebylo zřetelné vizuální kontrolou jako v tomto případě, pokračovalo by se v měření napětí lambda sondy s kostrou. Dále by bylo nutné změřit odpor na svorce lambda sondy s kostrou a poté s řídicí jednotkou MOTRONIC. Následně se měří napětí mezi svorkami lambda sondy. Pokud je vše v pořádku, přechází se ke kontrole ostatních systémů (jedná se zejména o kontrolu sání, vstřikování, výfuku a kontrolu tlaku paliva). Podle naměřených veličin je dle diagnostického postupu výrobce určeno, kde se nachází daná závada, která se následně opraví, případně vymění. [32, 34]

Měření emisí před opravou: na obrázku 20 je zobrazen výsledek měření emisí před výměnou lambda sondy. Z výsledků měření je možné vyčíst výrazný nárůst obsahu

uhlovodíků (362 ppm) i oxidu uhelnatého (1,85 %). Jelikož při volnoběžných otáčkách bylo měření nevyhovující, měřící program ukončil měření a nebylo tak možné změřit obsah škodlivin při zvýšených otáčkách.

Měřené parametry:		Předepsané hodnoty				Naměřené hodnoty s palivem		Výsledek
		Základní min.	Základní max.	Alternativní min.	Alternativní max.	Základní	Alternativní	
Teplota motoru	[°C]	80		80		91	---	Ok
Při volnoběhu:								
Otáčky	[1/min]	710	930	710	930	775	---	Ok
Předstih	[°]	---	---	---	---	---	---	---
Úhel sepnutí kontaktů	[%]	---	---	---	---	---	---	---
Obsah CO	[%]		0,50		0,50	1,85	---	Chyba
Obsah HC	[ppm]		100		100	362	---	Chyba
Při zvýšených otáčkách:								
Otáčky	[1/min]	2500	2800	2500	2800	---	---	---
Předstih	[°]	---	---	---	---	---	---	---
Úhel sepnutí kontaktů	[%]	---	---	---	---	---	---	---
Obsah CO	[%]		0,30		0,30	---	---	---
Obsah HC	[ppm]		100		100	---	---	---
λ - lambda	[1]	0,97	1,03	0,97	1,03	---	---	---

Obr. 20 Měření před opravou – vadná lambda sonda Astra G

Měření emisí po opravě: na obrázku 21 je zobrazeno měření emisí po výměně lambda sondy. Měření při volnoběžných otáčkách bylo v pořádku, tudíž bylo možné změřit i zvýšené otáčky. Jelikož je vozidlo poháněno v kombinaci benzín / LPG, byly emise změřeny pro oba systémy pohonu.

Měřené parametry:		Předepsané hodnoty				Naměřené hodnoty s palivem		Výsledek
		Základní min.	Základní max.	Alternativní min.	Alternativní max.	Základní	Alternativní	
Teplota motoru	[°C]	80		80		91	91	Ok
Při volnoběhu:								
Otáčky	[1/min]	710	930	710	930	777	779	Ok
Předstih	[°]	---	---	---	---	---	---	---
Úhel sepnutí kontaktů	[%]	---	---	---	---	---	---	---
Obsah CO	[%]		0,50		0,50	0,00	0,00	Ok
Obsah HC	[ppm]		100		100	11	2	Ok
Při zvýšených otáčkách:								
Otáčky	[1/min]	2500	2800	2500	2800	2790	2684	Ok
Předstih	[°]	---	---	---	---	---	---	---
Úhel sepnutí kontaktů	[%]	---	---	---	---	---	---	---
Obsah CO	[%]		0,30		0,30	0,00	0,00	Ok
Obsah HC	[ppm]		100		100	8	4	Ok
λ - lambda	[1]	0,97	1,03	0,97	1,03	1,000	1,007	Ok

Obr. 21 Měření emisí po opravě Astra G

Vyhodnocení: poškozená, případně nefunkční lambda sonda má na produkci škodlivých emisí velký význam. Pokud bychom porovnali výsledky měření emisí

s poškozenou lambda sondou a po opravě lambda sondy, došly bychom k závěru, že produkce oxidu uhelnatého je přibližně 3,5 krát vyšší. Produkce uhlovodíků je skoro 3 krát vyšší (v procentech je o 262 % vyšší). Produkce uhlovodíků byla při funkčním systému pouze 11 ppm při volnoběžných otáčkách, při poškozené lambda sondě byla hodnota 362 ppm. Produkce oxidu uhelnatého je při funkčním systému dokonce 0 %, při poškozené lambda sondě 1,85 %. Pokud dojde k poškození lambda sondy, není aktivní lambda-regulace. Řídící jednotka v případě poškozené lambda sondy není schopna připravit ideální složení směsi pro daný režim jízdy, jelikož nemá zpětnou vazbu. Z tohoto důvodu dochází k nedokonalému spalování, které se projeví zvýšenými hodnotami škodlivin ve výfukových plynech, což potvrdil výsledek měření. Sondu je nutné vyměnit nejenom z důvodu zvýšené produkce emisí, ale také z důvodu možného rizika poškození katalyzátoru. Řídící jednotka nahradila hodnotu napětí na 450 mV, což odpovídá hodnotě $\lambda = 1$.

6.2.2 Opel Astra J

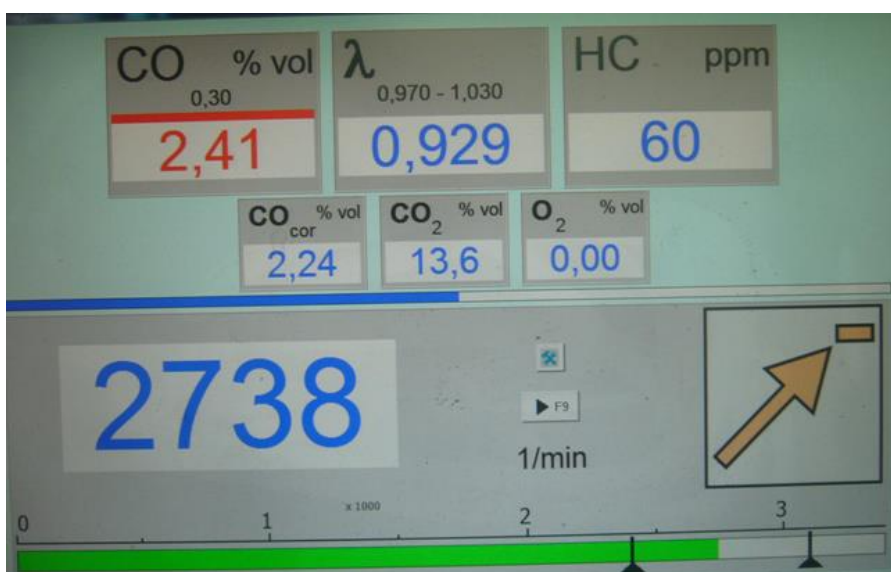
Popis vozidla: diagnostikované vozidlo je Opel Astra, modelové označení J, rok výroby 2015. V době diagnostikování mělo vozidlo najeto 5 708 km. Automobil je vybaven vícebodovým nepřímým vstřikováním benzínu.

Projevy závady: vozidlo při zkušební jízdě pomaleji reagovalo na změnu v jízdním režimu (například při požadavku akcelerace). Kontrolka MIL během diagnostikování vozidla svítila.

Diagnostika: po připojení diagnostického zařízení GDS2 byly z paměti závad vyčteny chybové kódy P0030 – Ovládací obvod topného tělesa - čidlo 1, P0134 – nedostatečná aktivita obvodu čidla 1, P0132 - Vysoké napětí v obvodu – čidlo 1, P0135 – Výkon topného tělesa čidla 1. Po odpojení druhé lambda sondy se do paměti závad uložily další 4 chybové kódy pro druhou lambda sondu. Při diagnostikování závady se postupuje obdobným způsobem, jako v případě diagnostiky lambda sondy u vozidla Opel Astra G v kapitole 6.2.1. Dle diagnostického postupu výrobce se proměřuje lambda sonda a elektroinstalace. Na základě naměřených hodnot se vyhodnotí, zda-li je lambda sonda vadná. Tyto chybové kódy mohou být způsobeny též přerušenou elektroinstalací, případně vadnou řídicí jednotkou motoru. Mimo měření je nutná kontrola konektoru lambda sondy, jestli do něho nevnikla voda, dále kontrola palivové soustavy včetně kontroly

paliva a výfukové soustavy. Po výměně lambda sondy je nutné její naprogramování. [34, 37]

Měření emisí před opravou: na obrázku 22 je zobrazen výsledek měření emisí před opravou lambda sondy. Jelikož došlo k modernizaci měřicího programu, měří se nejprve zvýšené otáčky a poté volnoběžné. Jelikož výsledek měření pro zvýšené otáčky byl nevyhovující, nebylo možné změřit volnoběžné otáčky. Z výsledku měření je viditelný výrazný nárůst oxidu uhelnatého i zvýšený nárůst uhlovodíků. Je to dáno zejména tím, že hodnota součinitele přebytku vzduchu λ je v oblasti velmi bohaté směsi, při které výrazně klesá efektivita katalyzátoru.



Obr. 22 Měření emisí s vadnou lambda sondou Astra J

Měření emisí po opravě: na obrázku 23 je zobrazen výsledek měření emisí po opravě. Jelikož měření bylo vyhovující, bylo možné změřit i volnoběžné otáčky a vytisknout protokol o měření.

		Otáčky [min ⁻¹]	CO [%]	CO ₂ [%]	HC [ppm]	Lambda [-]	O ₂ [%]	COcor [%]	Pedál [%]
Zákl. pal.	Limit	700-880	0,50	---	---	---	---	---	---
Volnoběh	Výfuk 1	698	0,00	15,0	1	1,003	0,07	0,00	19
Zákl. pal.	Limit	2500-3000	0,30	---	---	0,970-1,030	---	---	---
Zvýšené o.	Výfuk 1	2598	0,00	15,0	1	1,003	0,07	0,00	19

Obr. 23 Měření emisí Astra J

Vyhodnocení: při nefunkční lambda sondě dochází k výraznému nárůstu oxidu uhelnatého. Pokud bychom výsledek porovnali s funkčním systémem, je tento nárůst výrazný. U funkčního systému byla hodnota oxidu uhelnatého 0 %. S poškozenou lambda sondou byl obsah oxidu uhelnatého 2,41 %. Maximální povolený obsah je pro zvýšené otáčky 0,3 %. Při poškozené lambda sondě je obsah oxidu uhelnatého přibližně 8 krát vyšší, než povoluje předepsaná hranice. Obsah uhlovodíků byl při poškozené lambda sondě 60 ppm, při funkčním systému pouze 1 ppm. Tudiž obsah uhlovodíků je 60 krát vyšší. Z výsledků měření je možné porovnat také součinitel přebytku vzduchu λ . S poškozenou lambda sondou byla hodnota λ 0,929 (bohatá směs), při funkčním systému byla hodnota 1,003. Při nefunkční lambda sondě byla směs palivo – vzduch příliš bohatá, tudíž s nižším obsahem vzduchu (kyslíku), což se projevilo na zvýšeném obsahu oxidu uhelnatého ve výfukových plynech.

6.3 Závady snímače hmotnosti nasávaného vzduchu

6.3.1 Opel Astra G

Popis vozidla: diagnostikované vozidlo je Opel Astra, modelové označení G, rok výroby 2006, v době diagnostikování mělo vozidlo najeto přibližně 152 300 kilometrů. Vozidlo je vybaveno vícebodovým nepřímým vstřikováním. Jedná se o stejné vozidlo uvedené v kapitole 6.2.1.

Projevy závady: současná závada byla uměle vytvořena. Jelikož v kapitole 6.2.1 byla překousaná elektroinstalace, nasimuloval jsem stejnou situaci rozpojením konektoru snímače hmotnosti nasávaného vzduchu. Při testovací jízdě vozidlo mělo pocitově nižší výkon a při akceleraci došlo k mírnému propadu výkonu. Kontrolka MIL se v průběhu zkušební jízdy, ani při měření emisí nerozsvítila.

Diagnostika: po připojení diagnostického testeru TECH II byl z paměti závad vyčten chybový kód P0100 – Obvod hmotnosti nebo objemu proudícího vzduchu – vysoká vstupní hodnota. Pokud by závada nebyla nasimulovaná, diagnostika by probíhala následujícím způsobem dle postupu výrobce. Při vypnutém zapalování se odpojí konektor snímače hmotnosti nasávaného vzduchu, poté při zapnutém zapalování se změří příslušná svorka s kostrou, přičemž napětí musí odpovídat předepsané hodnotě. Následně se propojí dle schématu vozidla svorky na straně svazku kabelů, napětí musí opět odpovídat požadované hodnotě. Postupně se dle postupu výrobce pokračuje v měření dalších svorek, jestli nějaký kabel není zkratován. Pro každou

svorku musí diagnostik naměřit příslušné napětí. Poté se pokračuje v měření odporu. Nejprve proměřením s kostrou, poté s řídicí jednotkou. Naměřené hodnoty musí znovu odpovídat předepsaným hodnotám. Pokud se v nějakém kroku výsledek měření rozchází s předepsanou hodnotou, v postupu výrobce přecházíme na výsledek měření, který určí, kde se nachází závada. [2, 3, 32]

Závada, která se nahraje pod tímto chybovým kódem, může být kromě vadného snímače hmotnosti nasávaného vzduchu také v řídicí jednotce, v elektroinstalaci, případně může být přerušená pojistka. [2, 3, 32]

Měření emisí před opravou: na obrázku 24 je zobrazen výsledek měření emisí s vadným snímačem hmotnosti nasávaného vzduchu. Naměřené hodnoty jsou vyšší oproti hodnotám s bezvadným snímačem, nicméně dle emisních hodnot jsou v toleranci. Jelikož výsledek ve volnoběžných otáčkách byl v pořádku, bylo možné měřit i zvýšené otáčky.

Měřené parametry:		Předepsané hodnoty				Naměřené hodnoty s palivem		Výsledek
		Základní min.	max.	Alternativní min.	max.	Základní	Alternativní	
Teplota motoru	[°C]	80		80		91	91	Ok
Při volnoběhu:								
Otáčky	[1/min]	710	930	710	930	776	779	Ok
Předstih	[°]	---	---	---	---	---	---	---
Úhel sepnutí kontaktů	[%]	---	---	---	---	---	---	---
Obsah CO	[%]		0,50		0,50	0,15	0,18	Ok
Obsah HC	[ppm]		100		100	46	2	Ok
Při zvýšených otáčkách:								
Otáčky	[1/min]	2500	2800	2500	2800	2569	2658	Ok
Předstih	[°]	---	---	---	---	---	---	---
Úhel sepnutí kontaktů	[%]	---	---	---	---	---	---	---
Obsah CO	[%]		0,30		0,30	0,07	0,20	Ok
Obsah HC	[ppm]		100		100	11	1	Ok
λ - lambda	[1]	0,97	1,03	0,97	1,03	0,997	0,994	Ok

Obr. 24 Vadný snímač nasávaného vzduchu Astra G

Měření emisí po opravě: na obrázku 25 je zobrazeno měření emisí s bezvadným systémem. Výsledek měření je převzatý z měření po opravě lambda sondy. Jelikož se neměnil snímač nasávaného vzduchu, nebylo nutné nové měření, protože by výsledek byl prakticky stejný.

Měřené parametry:		Předepsané hodnoty				Naměřené hodnoty s palivem		Výsledek
		Základní min.	max.	Alternativní min.	max.	Základní	Alternativní	
Teplota motoru	[°C]	80		80		91	91	Ok
Při volnoběhu:								
Otáčky	[1/min]	710	930	710	930	777	779	Ok
Předstih	[°]	---	---	---	---	---	---	---
Úhel sepnutí kontaktů	[%]	---	---	---	---	---	---	---
Obsah CO	[%]		0,50		0,50	0,00	0,00	Ok
Obsah HC	[ppm]		100		100	11	2	Ok
Při zvýšených otáčkách:								
Otáčky	[1/min]	2500	2800	2500	2800	2790	2684	Ok
Předstih	[°]	---	---	---	---	---	---	---
Úhel sepnutí kontaktů	[%]	---	---	---	---	---	---	---
Obsah CO	[%]		0,30		0,30	0,00	0,00	Ok
Obsah HC	[ppm]		100		100	8	4	Ok
λ - lambda	[1]	0,97	1,03	0,97	1,03	1,000	1,007	Ok

Obr. 25 Měření emisí po opravě Astra G

Vyhodnocení: řídicí jednotka motoru poměrně dobře zvládla reagovat na výpadek ze snímače hmotnosti nasávaného vzduchu. V případě porovnání obsahu škodlivin byl při výpadku snímače obsah uhlovodíků přibližně 4 krát vyšší při volnoběžných otáčkách, při zvýšených otáčkách byl rozdíl minimální. Obsah oxidu uhelnatého byl při výpadku snímače 0,15 %, při funkčním snímači byla naměřena hodnota 0 %. Jelikož je vozidlo poháněno i na LPG, je možné porovnat rozdíl při měření emisí na benzín a na LPG. Obsah uhlovodíků byl při měření na LPG téměř totožný v porovnání s měřením s funkčním snímačem, ovšem obsah oxidu uhelnatého byl výrazně vyšší, při volnoběhu 0,18 %, při zvýšených otáčkách 0,20 %. V případě měření bezvadného systému byla hodnota taktéž 0 %.

Vadné snímače nasávaného vzduchu lze rozpoznat kromě popsaných projevů také například černým výfukovým kouřem. Snímač je velice citlivý na poškození, proto by se neměla podceňovat pravidelná servisní údržba vozidla (zejména výměna vzduchových filtrů).

6.3.2 Opel Astra J

Popis vozidla: diagnostikované vozidlo je Opel Astra, modelové označení J, rok výroby 2015 s nepřímým vícebodovým vstřikováním. V době měření mělo vozidlo najeto 5 083 kilometrů. Jedná se o stejné vozidlo, jako v kapitole 6.2.2.

Projevy závady: současná závada byla nasimulovaná odpojením konektoru snímače nasávaného vzduchu. Po odpojení konektoru byla provedena zkušební jízda, při

kteře se vozidlo chovalo běžným způsobem. Kontrolka MIL se během zkušební jízdy, ani při měření nerozsvítila.

Diagnostika: paměť závad byla vyčtena diagnostickým přístrojem GDS 2. V paměti závad byly uloženy dva chybové kódy. Kód P0102 - Nízká frekvence čidla množství nasávaného vzduchu a kód P0113 – Vysoké napětí v obvodu čidla teploty nasávaného vzduchu. Snímač množství nasávaného vzduchu měří současně i teplotu nasávaného vzduchu. Při diagnostikování se znovu postupuje dle diagnostického postupu výrobce. Při diagnostikování je nutné použít speciální přípravek pro měření hmotnostního průtoku vzduchu, kterým se ověřuje skutečně nasáté množství vzduchu v gramech za sekundu. Závada může být způsobena vadným snímačem množství nasátého vzduchu, řídicí jednotkou, nebo přerušenou elektroinstalací. [2,3, 37]

Pokud by byla závada v řídicí jednotce, je nutné po výměně provést programování a nastavení řídicí jednotky. [2,3, 37]

Měření emisí před opravou: na obrázku 26 je zobrazený výsledek měření emisí s nefunkčním snímačem hmotnosti nasátého vzduchu a snímačem teploty nasátého vzduchu. Jelikož měření bylo v tolerančních mezích, bylo možné měřit volnoběžně i zvýšené otáčky. Z výsledků je zřejmý mírný nárůst uhlovodíků a oxidu uhelnatého při zvýšených otáčkách.

		Otáčky [min ⁻¹]	CO [%]	CO2 [%]	HC [ppm]	Lambda [-]	O2 [%]	COcor [%]	Pedál [%]
Zákl. pal.	Limit	700-880	0,50	---	---	---	---	---	---
Volnoběh	Výfuk 1	698	0,00	15,0	5	0,999	0,00	0,00	19
Zákl. pal.	Limit	2500-3000	0,30	---	---	0,970-1,030	---	---	---
Zvýšené o.	Výfuk 1	2605	0,04	15,0	17	0,996	0,00	0,04	19

Obr. 26 Měření emisí s nefunkčním snímačem nasávaného vzduchu Astra J

Měření emisí po opravě: na obrázku 27 je zobrazen výsledek měření s funkčním systémem. Výsledek měření emisí byl převzat z měření po opravě v kapitole 6.2.2.

		Otáčky [min ⁻¹]	CO [%]	CO2 [%]	HC [ppm]	Lambda [-]	O2 [%]	COcor [%]	Pedál [%]
Zákl. pal.	Limit	700-880	0,50	---	---	---	---	---	---
Volnoběh	Výfuk 1	698	0,00	15,0	1	1,003	0,07	0,00	19
Zákl. pal.	Limit	2500-3000	0,30	---	---	0,970-1,030	---	---	---
Zvýšené o.	Výfuk 1	2598	0,00	15,0	1	1,003	0,07	0,00	19

Obr. 27 Měření emisí po opravě Astra J

Vyhodnocení: při porovnání výsledků měření emisí je zřejmé, že nefunkční snímač hmotnosti nasávaného vzduchu se projeví v obsahu škodlivin pouze minimálně. Obsah oxidu uhelnatého byl při nefunkčním snímači při zvýšených otáčkách 0,04 %, při volnoběžných 0 %. S funkčním systémem byl obsah oxidu uhelnatého v obou případech 0%. Obsah uhlovodíků byl s nefunkčním systémem 17 ppm při zvýšených otáčkách, při volnoběžných 5 ppm. S funkčním systémem byl obsah uhlovodíků v obou případech 1 ppm. Z výsledků měření lze usoudit, že nefunkční snímač množství nasávaného vzduchu se projeví na zvýšené produkci škodlivin pouze minimálně. Minimální nárůst škodlivých složek je dán zejména tím, že tento snímač je redundantní, tzn. při výpadku snímače je hodnota množství nasátého vzduchu vypočítána náhradním senzorem. V tomto případě se jedná o úhel škrticí klapky a tlak v sání.

6.4 Závady snímače teploty motoru

6.4.1 Opel Astra G

Popis vozidla: diagnostikované vozidlo je Opel Astra, modelové označení G, rok výroby 2006. V době měření mělo vozidlo najeto přibližně 152 300 kilometrů. Vozidlo je vybaveno vícebodovým vstřikováním v kombinaci benzín / LPG.

Projevy závady: diagnostikovaná závada byla nasimulována. Opět se jedná o odpojení konektoru, nyní čidla teploty chladicí kapaliny motoru. Při testovací jízdě se kontrolka MIL nerozsvítila. Závada se projevila mírně ztíženým startem, při jízdě se vozidlo chovalo běžným způsobem, pouze se sepnuly ventilátory chlazení.

Diagnostika: po připojení diagnostického testeru byl vyčten z paměti závad chybový kód P0115 – Obvod pro regulaci teploty chladicí kapaliny - vysoká vstupní hodnota.

Pokud by se nejednalo o nasimulovanou závadu, diagnostika by spočívala v proměření čidla teploty a elektroinstalace. Podle postupu výrobce se změří příslušná svorka s kostrou, případně s jinou svorkou. Podle naměřené hodnoty se pokračuje v dalším měření, nebo se přechází na výsledek měření. Tento chybový kód může být dále příčinou vadného čidla teploty, přerušení elektroinstalace mezi řídicí jednotkou a čidlem teploty, vadnou řídicí jednotkou. [3, 32]

Pokud by se jednalo o přerušení obvodu, dle naměřených hodnot určíme, na které svorce došlo k přerušení. Poté můžeme vizuálně zkontrolovat elektroinstalaci, jestli nalezneme přerušení. [3, 32]

Měření emisí před opravou: na obrázku 28 je zobrazen výsledek měření emisí před opravou s vadným snímačem teploty motoru. Z výsledků měření je zřejmé, že hodnota oxidu uhličitého CO i uhlovodíků HC výrazně vzrostla. Jelikož při volnoběžných otáčkách byl výsledek nevyhovující, nebylo možné změřit emise při zvýšených otáčkách.

Vozidlo z hlediska kontroly emisí nevyhovuje.

Měřené parametry:		Předepsané hodnoty				Naměřené hodnoty s palivem		Výsledek
		Základní min.	max.	Alternativní min.	max.	Základní	Alternativní	
Teplota motoru	[°C]	80		80		91	---	Ok
Při volnoběhu:								
Otáčky	[1/min]	710	930	710	930	788	---	Ok
Předstih	[°]	---	---	---	---	---	---	---
Úhel sepnutí kontaktů	[%]	---	---	---	---	---	---	---
Obsah CO	[%]		0,50		0,50	1,07	---	Chyba
Obsah HC	[ppm]		100		100	361	---	Chyba
Při zvýšených otáčkách:								
Otáčky	[1/min]	2500	2800	2500	2800	---	---	---
Předstih	[°]	---	---	---	---	---	---	---
Úhel sepnutí kontaktů	[%]	---	---	---	---	---	---	---
Obsah CO	[%]		0,30		0,30	---	---	---
Obsah HC	[ppm]		100		100	---	---	---
λ - lambda	[1]	0,97	1,03	0,97	1,03	---	---	---

Obr. 28 Měření emisí – vadné čidlo teploty Astra G

Měření emisí po opravě: na obrázku 29 je zobrazen výsledek měření po opravě. Jelikož se snímač teploty motoru neměnil za nový, výsledek měření po opravě je převzat z výsledku měření po výměně lambda sondy v kapitole 6.2.1. - Měření po opravě.

Měřené parametry:		Předepsané hodnoty				Naměřené hodnoty s palivem		Výsledek
		Základní		Alternativní		Základní	Alternativní	
		min.	max.	min.	max.			
Teplota motoru	[°C]	80		80		91	91	Ok
Při volnoběhu:								
Otáčky	[1/min]	710	930	710	930	777	779	Ok
Předstih	[°]	---	---	---	---	---	---	---
Úhel sepnutí kontaktů	[%]	---	---	---	---	---	---	---
Obsah CO	[%]		0,50		0,50	0,00	0,00	Ok
Obsah HC	[ppm]		100		100	11	2	Ok
Při zvýšených otáčkách:								
Otáčky	[1/min]	2500	2800	2500	2800	2790	2684	Ok
Předstih	[°]	---	---	---	---	---	---	---
Úhel sepnutí kontaktů	[%]	---	---	---	---	---	---	---
Obsah CO	[%]		0,30		0,30	0,00	0,00	Ok
Obsah HC	[ppm]		100		100	8	4	Ok
λ - lambda	[1]	0,97	1,03	0,97	1,03	1,000	1,007	Ok

Obr. 29 Emise po opravě Astra G

Vyhodnocení: v případě porovnání výsledků měření emisí před opravou a po opravě lze usoudit, že snímač teploty chladicí kapaliny motoru má velký vliv na množství škodlivých látek ve výfukových plynech. Řídící jednotka na základě údajů z tohoto snímače stanovuje předstih a délku doby vstříku. Při výpadku snímače byla teplota motoru při provozu nahrazena údajem 79,5 °C. Jelikož teplota motoru nebyla 79,5 °C, byl řídicí jednotkou nesprávně nastavován předstih a délka doby vstříku, což se projevilo na produkci škodlivin. Po vypnutí zapalování se teplota motoru při výpadku snímače nastavila na hodnotu -40 °C. Při porovnání výsledků měření emisí s nefunkčním snímačem teploty motoru byl obsah uhlovodíků vyšší o 261 %, než je povolená maximální hodnota. Pokud bychom porovnali s funkčním systémem při volnoběžných otáčkách, je obsah uhlovodíků přibližně 36 krát vyšší (u funkčního systému byl 11 ppm, v případě nefunkčního snímače 361 ppm). Obsah oxidu uhelnatého je v případě vadného čidla vyšší o 114 %, než povoluje předepsaná hodnota.

6.4.2 Opel Astra J

Popis vozidla: diagnostikované vozidlo je Opel Astra, modelové označení J. V době diagnostikování mělo vozidlo najeto 5 085 kilometrů. Vozidlo je vybaveno nepřímým vícebodovým vstřikováním benzínu.

Projevy závady: při nefunkčním snímači teploty motoru se okamžitě zapnou ventilátory chlazení, které sepnou už na volnoběh. Při zkušební jízdě byly po celou dobu ventilátory chlazení v činnosti. Kromě sepnutých ventilátorů vozidlo nevykazovalo žádné problémy. Kontrolka MIL se při jízdě, ani při měření nerozsvítila.

Diagnostika: přístrojem GDS 2 byly z paměti závad vyčteny dva chybové kódy. Kód P0118 Vysoké napětí v obvodu čidla teploty chladicí kapaliny a kód P0119 – Kolísání napětí v obvodu čidla teploty chladicí kapaliny. Pokud by závada nebyla nasimulována odpojením konektoru, postupovalo by se dle diagnostického postupu výrobce. Podle postupu se proměřuje napětí a odpor na jednotlivých svorkách a na základě naměřených hodnot se pokračuje v měřícím postupu. Na závěr diagnostického postupu se určí, zda je závada způsobena vadným čidlem, přerušenou elektroinstalací, nebo vadnou řídicí jednotkou. Pokud by byla vadná řídicí jednotka, je nutné po výměně provést programování a nastavení jednotky. [37]

Měření emisí před opravou: na obrázku 30 je zobrazený výsledek měření emisí s nefunkčním čidlem teploty motoru. Výsledek měření emisí je vyhovující, pouze došlo k mírnému zvýšení obsahu uhlovodíků.

		Otáčky [min ⁻¹]	CO [%]	CO2 [%]	HC [ppm]	Lambda [-]	O2 [%]	COcor [%]	Pedál [%]
Zákl. pal.	Limit	700-880	0,50	---	---	---	---	---	---
Volnoběh	Výfuk 1	698	0,00	14,9	5	1,005	0,13	0,00	19
Zákl. pal.	Limit	2500-3000	0,30	---	---	0,970-1,030	---	---	---
Zvýšené o.	Výfuk 1	2658	0,01	14,9	15	0,997	0,00	0,01	19

Obr. 30 Měření emisí s nefunkčním snímačem teploty motoru

Měření emisí po opravě: na obrázku 31 je zobrazen výsledek měření emisí s funkčním systémem. Jelikož se jednalo pouze o odpojení čidla teploty motoru, nikoli výměnu čidla, byl výsledek emisí převzat z kapitoly 6.2.2. Z výsledků měření je zřetelný zejména rozdíl v obsahu uhlovodíků.

		Otáčky [min ⁻¹]	CO [%]	CO2 [%]	HC [ppm]	Lambda [-]	O2 [%]	COcor [%]	Pedál [%]
Zákl. pal.	Limit	700-880	0,50	---	---	---	---	---	---
Volnoběh	Výfuk 1	698	0,00	15,0	1	1,003	0,07	0,00	19
Zákl. pal.	Limit	2500-3000	0,30	---	---	0,970-1,030	---	---	---
Zvýšené o.	Výfuk 1	2598	0,00	15,0	1	1,003	0,07	0,00	19

Obr. 31 Měření emisí po opravě Astra J

Vyhodnocení: výsledek měření emisí s nefunkčním snímačem teploty motoru byl vyhovující. Obsah oxidu uhelnatého byl v podstatě totožný jako při funkčním snímači teploty, nicméně obsah uhlovodíků byl mírně zvýšen. Při funkčním systému byl obsahu uhlovodíků 1 ppm pro volnoběžné i zvýšené otáčky, při nefunkčním systému byl 5 ppm pro volnoběžné otáčky a 15 ppm pro zvýšené otáčky. Z výsledků měření lze usoudit, že nefunkční snímač teploty motoru u tohoto typu nemá výrazný vliv na změnu v obsahu škodlivých látek ve výfukových plynech. Nicméně i toto zvýšení obsahu uhlovodíků je nežádoucí a je nutné, aby vozidlo bylo v bezporuchovém stavu. Při měření bylo dále zjištěno, že při nefunkčním čidle teploty motoru se okamžitě sepnou ventilátory chlazení. Je to zejména z důvodu, aby se nepřehřál motor, jelikož řídicí jednotka nemá přesnou informaci o teplotě motoru. Z hlediska poškození motoru je vhodnější chladit studený motor (i když s horšími emisními hodnotami), než nechladit teplý motor, který by se mohl přehřát.

6.5 Vadný EGR ventil

Popis vozidla: diagnostikované vozidlo je Opel Astra, provedení G. V době měření mělo vozidlo najeto přibližně 152 300 km. Vozidlo je vybaveno vícebodovým nepřímým vstřikováním v kombinaci benzín / LPG.

Projevy závady: závada EGR ventilu byla nasimulována odpojením konektoru. Při testovací jízdě se vozidlo chovalo standardním způsobem, nebyl rozpoznán žádný pokles výkonu ani zvýšení spotřeby. Při testovací jízdě, ani při měření emisí se kontrolka MIL nerozsvítila.

Diagnostika: diagnostickým testerem TECH II byl z paměti závad vyčten chybový kód P0400 – Obvod pro regulaci recirkulace spalin – rozsah / výkon (uzavřený ventil). V případě přerušení obvodu je ventil EGR uzavřený. Pokud se zobrazí tento chybový kód, který by nebyl nasimulovaný, bylo by nutné dle diagnostického postupu výrobce diagnostikovat, zda-li není přerušený obvod (například zkrat na kostru, zkrat signálního napětí, apod.). [12, 32]

Při diagnostice se postupuje podle diagnostického postupu výrobce, který přesně stanovuje, kterou svorku proměřit a jaká by měla být naměřená hodnota. K tomuto účelu se využívá i speciální zkušební lampa. Příčinou tohoto chybového kódu může být vadný elektromagnetický ventil, řídicí jednotka motoru, případně přerušení elektroinstalace. [12, 32]

Měření emisí před opravou: na obrázku 32 je zobrazen výsledek měření emisí s odpojeným EGR ventilem. Jak je patrné z výsledků měření, odpojený EGR ventil se při měření emisí, které se provádí při standardní technické kontrole, neprojeví (pokud by se nerozsvítila kontrola MIL, která se při našem měření nerozsvítila, a nebylo by možné emise měřit).

Měřené parametry:		Předepsané hodnoty				Naměřené hodnoty s palivem		Výsledek
		Základní min.	max.	Alternativní min.	max.	Základní	Alternativní	
Teplota motoru	[°C]	80		80		91	91	Ok
Při volnoběhu:								
Otáčky	[1/min]	710	930	710	930	775	781	Ok
Předstih	[°]	---	---	---	---	---	---	---
Úhel sepnutí kontaktů	[%]	---	---	---	---	---	---	---
Obsah CO	[%]		0,50		0,50	0,00	0,00	Ok
Obsah HC	[ppm]		100		100	7	5	Ok
Při zvýšených otáčkách:								
Otáčky	[1/min]	2500	2800	2500	2800	2662	2707	Ok
Předstih	[°]	---	---	---	---	---	---	---
Úhel sepnutí kontaktů	[%]	---	---	---	---	---	---	---
Obsah CO	[%]		0,30		0,30	0,00	0,00	Ok
Obsah HC	[ppm]		100		100	6	8	Ok
λ - lambda	[1]	0,97	1,03	0,97	1,03	0,999	1,004	Ok

Obr. 32 Měření emisí s odpojeným EGR ventilem

Měření emisí po opravě: na obrázku 33 je zobrazen výsledek měření s plně funkčním systémem. Výsledek je převzat z měření po opravě v bodě 6.2.1. Jelikož nedošlo od toho měření k výměně jiné součástky, nebylo nutné provést další měření emisí s funkčním systémem.

Měřené parametry:		Předepsané hodnoty				Naměřené hodnoty s palivem		Výsledek
		Základní min.	max.	Alternativní min.	max.	Základní	Alternativní	
Teplota motoru	[°C]	80		80		91	91	Ok
Při volnoběhu:								
Otáčky	[1/min]	710	930	710	930	777	779	Ok
Předstih	[°]	---	---	---	---	---	---	---
Úhel sepnutí kontaktů	[%]	---	---	---	---	---	---	---
Obsah CO	[%]		0,50		0,50	0,00	0,00	Ok
Obsah HC	[ppm]		100		100	11	2	Ok
Při zvýšených otáčkách:								
Otáčky	[1/min]	2500	2800	2500	2800	2790	2684	Ok
Předstih	[°]	---	---	---	---	---	---	---
Úhel sepnutí kontaktů	[%]	---	---	---	---	---	---	---
Obsah CO	[%]		0,30		0,30	0,00	0,00	Ok
Obsah HC	[ppm]		100		100	8	4	Ok
λ - lambda	[1]	0,97	1,03	0,97	1,03	1,000	1,007	Ok

Obr. 33 Emise s funkčním systémem Astra G

Vyhodnocení: při porovnání výsledků měření emisí je zřejmé, že odpojený EGR ventil se jednorázově neprojeví ve zhoršení obsahu emisních hodnot. Tato skutečnost je dána zejména tím, že EGR ventil je velmi přesně řízen a při volnoběžných otáčkách není aktivní. Stejně tak i při přechodu z volnoběžných otáček do zvýšených otáček, proto se zvýšení obsahu oxidů dusíku při měření emisí, které je prováděno při technické kontrole vozidla, neprojeví. Pokud bychom chtěli zjistit, jakým způsobem se projeví nefunkční EGR ventil, bylo by nutné nasimulovat jízdní režim na válcové zkušebně s funkčním systémem a poté s nefunkčním EGR ventilem a výfukové plyny jímat do sběrných vaků. Tímto způsobem je možné diagnostikovat, jakým způsobem by se změnil obsah oxidů dusíku při daném jízdním cyklu.

6.6 Vyhodnocení praktické části diplomové práce

V praktické části diplomové práce byly měřeny různé systémy motormanagentu zážehových motorů, které mají vliv na produkci škodlivých složek ve výfukových plynech. Měřením bylo zjištěno, že při poškozeném katalyzátoru se výrazně zvýší obsah škodlivin ve výfukových plynech. Při prvním měření emisí vozidla s poškozeným katalyzátorem, kterým bylo vozidlo Opel Astra F, byla hodnota oxidu uhelnatého 0,73 %, přičemž povolená hranice je 0,5 %, povolená předepsaná hranice tedy byla překročena o 43 %. V případě uhlovodíků byla naměřena hodnota 266 ppm, přičemž maximální povolená hodnota byla 100 ppm. Předepsaná hodnota byla překročena o 166%. V druhém případě bylo měřeno vozidlo Opel Combo C, u něhož byla hodnota oxidu uhelnatého při poškozeném katalyzátoru 0,59 %, tedy o 18 % vyšší, než povoluje předepsaná hodnota. Produkce uhlovodíků byla při poškozeném katalyzátoru 209 ppm, předepsaná hodnota byla překročena o 109 %. Nutno poznamenat, že v případě správně fungujícího systému je hodnota oxidu uhelnatého velmi blízko hodnotě 0 %, v případě měření vozidla Combo C byla hodnota 0,02 % po výměně katalyzátoru, tudíž produkce oxidu uhelnatého byla přibližně 30 krát vyšší. Posledním měřeným vozidlem se závadou katalyzátoru bylo vozidlo Opel Combo D, které při měření emisí vykazovalo chybový kód nízké účinnosti katalyzátoru. Po proměření sériovou a paralelní diagnostikou bylo zjištěno, že ostatní komponenty, které souvisely s tímto chybovým kódem, jsou v pořádku. Na základě diagnostického postupu byl vyměněn katalyzátor. Závada se již neopakovala. Kromě tohoto případu dochází tedy při poškozeném katalyzátoru k výraznému nárůstu škodlivin ve výfukových plynech. Nutno ještě poznamenat, že

ani jedno z vozidel měřením emisí neprošlo. U prvního vozidla z důvodu vysokých hodnot, u druhého vozidla z důvodu vysokých hodnot a svítící kontrolky MIL, u třetího vozidla z důvodu svítící kontrolky MIL.

Dalším diagnostikovaným systémem, který má vliv na obsah škodlivých složek ve výfukových plynech je lambda sonda. Při prvním měření u vozidla Opel Astra G došlo k výraznému nárůstu škodlivých složek ve výfukových plynech. Hodnota oxidu uhelnatého byla dokonce 1,85 %, povolená hodnota 0,5 % byla přibližně 3,5 krát vyšší. Množství uhlovodíků taktéž výrazně vzrostlo na hodnotu 362 ppm, tedy předepsanou hodnotu 100 ppm téměř 3 krát překročilo. V druhém případě bylo měřeno vozidlo Opel Astra J, obsah oxidu uhelnatého byl dokonce 2,41 %, předepsaná hodnota byla pouze 0,30 %, jelikož vozidlo bylo měřeno při zvýšených otáčkách (z důvodu změny měřícího programu) a předepsaná hodnota oxidu uhelnatého je při zvýšených otáčkách nižší. Obsah oxidu uhelnatého byl přibližně 8 krát vyšší. Obsah uhlovodíků se zvýšil na 60 ppm, přičemž v novém měřícím programu se již neuvádí předepsaná hodnota. Pokud bychom zachovali hodnotu 100 ppm, měření by bylo v toleranci. Z výsledků měření emisí je možné také vyčíslit hodnotu λ při nefunkční lambda sondě, která byla 0,929, tedy s velmi bohatou směsí, což se projevilo i na obsahu škodlivin ve výfukových plynech. Nutno poznamenat, že s funkčním systémem byla hodnota oxidu uhelnatého 0 % a hodnota uhlovodíku 1 ppm. Jedná se tedy o velmi vysoký nárůst škodlivin ve výfukových plynech. V obou případech kontrolka MIL svítila.

V případě závad snímače hmotnosti nasávaného vzduchu se ani při jednom měření nerozsvítila kontrolka MIL. U vozidla Astra G došlo při nefunkčním snímači k nárůstu oxidu uhelnatého až na hodnotu 0,20 % při zvýšených otáčkách, při funkčním snímači byl obsah oxidu uhelnatého 0 %. Obsah uhlovodíků vzrostl na 46 ppm při volnoběžných otáčkách, s funkčním snímačem byla hodnota při stejných otáčkách 11 ppm. Zvýšení škodlivých látek bylo tedy oproti předešlým případům nízké. U novějšího vozidla Astra J se při nefunkčním snímači změnila pouze hodnota uhlovodíků, která byla při zvýšených otáčkách 17 ppm, s funkčním systémem 1 ppm, což je relativně malý rozdíl.

Při nefunkčním snímači teploty chladicí kapaliny motoru u vozidla Astra G došlo k výraznému nárůstu oxidu uhelnatého i uhlovodíků. Obsah oxidu uhelnatého

byl 1,07 %, přičemž předepsaná hodnota je 0,5 %, tedy více než dvojnásobek. Obsah uhlovodíků byl dokonce 361 ppm, což je skoro 3 krát více, než byla předepsaná hodnota. Nutno poznamenat, že hodnota oxidu uhelnatého byla s funkčním snímačem 0 % a obsah uhlovodíků okolo 10 ppm. Jedná se tedy o výrazný nárůst škodlivin ve výfukových plynech. Astra J se dokázala s nefunkčním snímačem teploty motoru lépe vypořádat. Obsah oxidu uhelnatého byl v obou případech 0 %, obsah uhlovodíků byl při nefunkčním snímači 15 ppm při zvýšených otáčkách ku 1 ppm při stejných otáčkách s funkčním systémem. Jedná se tedy o mírný nárůst.

Posledním diagnostikovaným systémem byla nefunkční recirkulace výfukových plynů, konkrétně nefunkční EGR ventil. Při standardním měření emisí, které se provádí při technické kontrole, nebylo zjištěno zvýšení obsahu škodlivých látek ve výfukových plynech. Je to dáno tím, že recirkulace je velmi přesně řízena a při měření emisí se rozdíl neprojeví. Pokud bychom chtěli zjistit rozdíl v obsahu škodlivin, bylo by nutné výfukové plyny jímat do vaků a následně porovnat obsah škodlivin s funkčním a nefunkčním systémem.

Při měření emisí byl nejvyšší nárůst uhlovodíků při nefunkční lambda sondě u vozidla Astra G (362 ppm). Nejvyšší nárůst oxidu uhelnatého byl při nefunkční lambda sondě u vozidla Astra J (2,41 %).

7. Závěr

Diplomová práce se zabývá závadami systémů motormanagementu zážehových motorů a vlivem na produkci emisí výfukových plynů. V teoretické části diplomové práce byly popsány základní teoretické poznatky pro pochopení praktické části této práce. Jedná se zejména o složení výfukových plynů včetně vzniku jednotlivých složek a škodlivosti na lidské zdraví. Dále teoretická část popisuje jednotlivé systémy, které mají vliv na snižování (v případě nefunkčnosti zvyšování) škodlivých složek ve výfukových plynech. Následující kapitolou je rozdělení diagnostických metod a postupů, ve kterých jsou rozděleny a popsány diagnostické postupy včetně rozdělení sériové a paralelní diagnostiky a popisu měřících přístrojů.

Cílem praktické části bylo analyzovat závady systémů motormanagementu a ověřit, jakým způsobem se daná závada projevila na produkci škodlivých složek ve

výfukových plynech. Při diagnostikování závad byla použita sériové diagnostika (konkrétně diagnostický tester TECH II a GDS 2) a paralelní diagnostika (multimetr). Analýza výfukových složek byla prováděna zařízením pro měření emisí ATAL AT 505. Praktické měření lze rozdělit do dvou částí. První část spočívala ve sledování vozidel, která byla objednána do servisu se svítící kontrolkou MIL, případně vozidla, která byla nevyhovující z hlediska měření emisí. U těchto vozidel byla provedena diagnostika, včetně zjištění a popsání chybových kódů a diagnostického postupu. Poté následovalo měření emisí s vadným systémem, oprava závady a opětovné měření emisí. Cílem bylo zjištění, jakým způsobem se závada projevila ve změně produkce škodlivých složek ve výfukových plynech. Ve druhé části byla závada systému motormanagementu nasimulována, například odpojením konektoru snímače. Znovu byl popsán diagnostický postup včetně popsání chybových kódů a provedeno měření před opravou a po opravě s cílem zjištění, jakým způsobem se změnila emise výfukových plynů při nefunkčním snímači.

Výsledky měření prokázaly, že diagnostikované nefunkční systémy motormanagementu se projeví ve zhoršení produkce škodlivin ve výfukových plynech. Výrazný nárůst oxidu uhelnatého i uhlovodíků byl prokázán při poškozeném katalyzátoru. Taktéž nefunkční lambda sonda se výrazným způsobem projevila na zvýšené produkci škodlivin. Veliký nárůst byl experimentálním měřením zaznamenán i při nefunkčním snímači teploty motoru u vozidla Astra G, nicméně u vozidla Astra J byl nárůst při nefunkčním snímači teploty minimální. Tyto systémy se v případě nefunkčnosti projevily ve zhoršení škodlivin nejvíce. Nejvyšší nárůst oxidu uhelnatého byl zaznamenán při nefunkční lambda sondě a to 2,41 % (při funkčním systému 0%). Nejvyšší nárůst uhlovodíků byl zaznamenán taktéž při nefunkční lambda sondě a to 362 ppm (při funkčním systému 11 ppm). Při porovnání výsledků měření je zřetelný veliký rozdíl při funkčním a nefunkčním systému. Experimentem bylo dále zjištěno, že například nefunkční recirkulace výfukových plynů nemá při standardním měření emisí vliv na obsah škodlivin.

V praktické části diplomové práce bylo dále zjištěno a potvrzeno, že systémy motormanagementu zážehových motorů se neustále rozvíjí. Vozidlo Astra F z roku 1997 nebylo vybaveno dvěma lambda sondami (druhá za katalyzátorem), tudíž řídicí jednotka nebyla schopna rozpoznat účinnost a funkci katalyzátoru. Vozidlo tak mohlo jezdit poměrně dlouhou dobu s poškozeným katalyzátorem a produkovat tak vyšší

množství škodlivých složek do ovzduší, jelikož pravidelná technická kontrola, při které se provádí měření emisí, je po dvou letech. Modernější systémy již byly vybaveny druhou lambda sondou a v případě poškození katalyzátoru se rozsvítila kontrolka MIL a vozidlo se objednalo do servisu. Pokud ovšem majitel signalizaci ignoroval, mohl dále se svítilí kontrolkou jezdit až do technické kontroly. Nově jsou vozidla vybavena i záznamem, jak dlouho kontrola MIL svítí a kolik kilometrů bylo se svítilí kontrolkou ujet.

Experimentálním měřením bylo zjištěno, že v případě nefunkčnosti některých systémů (zejména katalyzátoru a lambda sondy) dochází k výraznému nárůstu škodlivých složek ve výfukových plynech. Z mého pohledu by do budoucna bylo vhodné, aby automobily v případě rozsvícení kontrolky MIL automaticky přenášely údaje do centrálního servisu, který kontaktuje místní servis. Místní servis kontaktuje majitele vozidla za účelem opravy. Tímto způsobem by bylo možné v případě nefunkčnosti některého systému okamžitě minimalizovat následky způsobené nefunkčním systémem.

Dále byly experimentálním měřením potvrzeny teoretické předpoklady popsané v teoretické části této práce. Například při nefunkční lambda sondě u vozidla Astra J byla hodnota λ 0,929, tedy velmi bohatá směs. Při této směsi je nižší obsah vzduchu (kyslíku). Obsah oxidu uhelnatého se právě se snižujícím obsahem kyslíku zvyšuje.

Závěrem lze říci, že nefunkční systémy motormanagementu mají vliv na zvýšení produkce škodlivin ve výfukových plynech. Experimentálně bylo ověřeno, který systém má vyšší vliv a který nižší.

8. Seznam použité literatury

- [1] Takáts, M.: Měření emisí spalovacích motorů, PRAHA, ČVUT, 1997, ISBN 80-01-01632-3
- [2] Vlk, F.: Zkoušení a diagnostika motorových vozidel. Nakladatelství a vydavatelství Vlk, 1.vydání, Brno 2001, ISBN 80-238-6573-0
- [3] GREGORA, S., MAŠEK, Z.: Elektronické a mechatronické systémy v konstrukci silnicních vozidel, Pardubice, 2008, ISBN 978-80-7395-082-8
- [4] Remek B.: Provozní údržba a diagnostika vozidel, ČVUT Praha 2003, ISBN 80-01-02275-7
- [5] Pejša, L. Lacina, J. Jurča, V. Kadleček, B. Technická diagnostika. Technická Fakulta, Praha 1995, ISBN 80-213-0249-6.
- [6] Papoušek M., Šterba P.: Diagnostika spalovacích motorů, Computer Press, Brno, 2007, ISBN 978-80-251-1697-5
- [7] Jičínský, Š.: Osciloskop a jeho využití v autoopravárenské praxi, 1.vyd., Praha, Grada 2006, ISBN 80-247-1417-5
- [8] Kotek, M.: školní literatura, Automobilová mechatronika, přednáška sériová diagnostika. 2015
- [9] Pexa, M., Školní literatura, předmět Technická diagnostika, přednáška Produkce emisních složek výfukových plynů, zážehové a vznětové motory. 2016
- [10] Hromádko, J., Školní literatura, předmět Spalovací motory, přednáška Ekologické aspekty provozu spalovacích motorů, 2014
- [11] Mejzlík, O., Vývoj sériové a paralelní diagnostiky poruch vozidel, bakalářská práce, ČZU, Praha, 2015
- [12] Jan, Z., Ždánský B., Automobily – příslušenství, Nakladatelství Avid, Brno, ISBN 978-80-87143-08-7.
- [13] Pexa, M., Školní literatura, předmět Technická diagnostika, přednáška Diagnostický postup. 2016

- [14] Pexa, M., Školní literatura, předmět Technická diagnostika, přednáška Diagnostické postupy, prosté a větvené postupy. 2016
- [15] Časopis auto Expert, vydavatelství Autopress s.r.o., ISSN 1211-2380, vydání 03/2009
- [16] Časopis auto Expert, vydavatelství Autopress s.r.o., ISSN 1211-2380, vydání 12/2009
- [17] Časopis auto Expert, vydavatelství Autopress s.r.o., ISSN 1211-2380, vydání 03/2010
- [18] Časopis auto Expert, vydavatelství Autopress s.r.o., ISSN 1211-2380, vydání 09/2010
- [19] Remek, B., Šťastný, J.: Autoelektrika a autoelektronika. Nakl. Malina, PRAHA, 2002, ISBN 808629302-5
- [20] Kotek, M.: školní literatura, Automobilová mechatronika, přednáška Systémy řízení pohonné jednotky (zážehové motory). 2015
- [21] Kotek, M.: školní literatura, Automobilová mechatronika, přednáška Emise motorových vozidel. 2015
- [22] Kotek, M.: školní literatura, Automobilová mechatronika, přednáška Senzory. 2015
- [23] VLK, F.: Diagnostika motorových vozidel Vlk, Brno, 2006, 576 s., ISBN 80-239-7064-0
- [24] HROMÁDKO, J.: Spalovací motory: komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilních škol. 1. vyd. Praha: Grada, 2011, 296 s. ISBN 978-80-247-3475-0.
- [26] BAUMRUK, P.: *Příslušenství spalovacích motorů*. 1. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1994. 236 s. ISBN 80-01-01103-8.
- [26] Diagnostika Opel. [online]. [cit 8.8.2016]. Dostupné na: <http://www.autopress.cz/prirucka-diagnostika-5-opel-omega-2-0-i/>
- [27] Měření emisí. [online]. [cit 19.8.2015]. Dostupné na: <http://www.axialan.cz/utvar-mereni-emisi>.

[28] Webové stránky společnosti ACTIA. [online]. [cit. 10.10.2016] Dostupné na:
<http://www.atal.cz/data/docs-gas/gas-manual-cz.pdf>.

[29] Autodiagnostika. [online]. [cit 16.10.2016]. Dostupné na:
http://press.bosch.cz/detail.asp?f_id=157

[30] Diagnostika BOSCH. [online]. [cit 16.10.2016]. Dostupné na:
<http://www.diagnostika-bosch.cz/katalog/katalog.pdf>

[31] Automobilová technika. [online]. [cit 16.10.2016]. Dostupné na:
[http://aa.bosch.cz/ESI\[tronic\]/Produkt.html](http://aa.bosch.cz/ESI[tronic]/Produkt.html)

[32] Dílenská příručka TIS200

[33] Katalyzátor. [online]. [cit 28.01.2017]. Dostupné na:
<http://www.autolexicon.net/cs/articles/katalyzator/>

[34] Více o katalyzátoru. [online]. [cit 02.02.2017]. Dostupné na:
http://www.spei.cz/images/stories/download/katalyzatory_lambdasondy.pdf

[35] Technická příručka GDS 2

[36] OBD – II poruchové kódy. [online]. [cit 02.02.2017]. Dostupné na:
<https://www.autoethanol.cz/fotky21388/OBD-II%20Light%20Check%20Engine%20poruchov%C3%A9%20k%C3%B3dy.pdf>

[37] Dílenská příručka TIS2WEB

9. Seznam použitých zkratek

AGR	Ab Gas Rückführ – ventil pro recirkulaci výfukových plynů
BA	benzín automobilový
C	uhlík
CNG	Compresed Natural Gas – stlačený zemní plyn
CO	oxid uhelnatý
CO ₂	oxid uhličitý
ECU	Electronic Control Unit – elektronická řídicí jednotka
EGR	Exhaust Gas Recirculation - ventil pro recirkulaci výfukových plynů
EOBD	European On Board Diagnostics
E75	Ethanol75 – palivo ve složení 75 % Ethanol, 25 % natural 95
E85	Ethanol85 – palivo ve složení 85 % Ethanol, 15 % natural 95
FSI	Fuel Stratified Injection – Vrstvené vstřikování paliva, přímovstřikové
GDI	Gasoline Direct Injection – Přímý vstřik paliva
GDS	Global Diagnostic System
HC	uhlovodíky
H _{cv}	Poměr atomových čísel vodíku k uhlíku
H ₂ O	voda
LNG	Liquefied Natural Gas – zkapalněný zemní plyn
LPG	Liquified Petroleum Gas – zkapalněný ropný plyn
MDI	Multiple Diagnostic Interface
MIL	Malfunction Indicator Lamp
NDIR	Non Dispersive InfraRed – jedná se o nedispersní infračervenou absorpci
NO	oxid dusnatý
NO _x	oxidy dusíku

NTC	Negativ Temperature Coefficient – snímač teploty s nelineární charakteristikou
N ₂	dusík
OBD	On Board Diagnosis (palubní diagnostika)
O _{cv}	Poměr atomových čísel kyslíku k uhlíku
O ₂	kyslík
PAH	polycyklické aromatické uhlovodíky
PM	Particulate Matter – pevné částice
ppm	parts per milion
PTC	Positive Temperature Coefficient – snímač teploty s lineární charakteristikou
STK	Stanice technické kontroly
SME	Stanice měření emisí
USB	Universal Serial Bus
VW	Volkswagen
λ	lambda – součinitel přebytku vzduchu

10. Seznam obrázků

- Obrázek 1 Vliv CO na zdraví
- Obrázek 2 Příklad vzniku PAH
- Obrázek 3 Množství škodlivin v závislosti na přebytku vzduchu
- Obrázek 4 Oblast regulace lambda
- Obrázek 5 Třícestný katalyzátor
- Obrázek 6 Zásobníkový katalyzátor
- Obrázek 7 Závislost napětí na součiniteli přebytku vzduchu
- Obrázek 8 Diagnostický postup prostý
- Obrázek 9 VAG-COM PROFI
- Obrázek10 KTS 540
- Obrázek11 Oscilogram lambda sondy
- Obrázek 12 TECH II
- Obrázek 13 Rozhraní MDI
- Obrázek 14 Měření emisí před opravou Astra F – vadný katalyzátor
- Obrázek 15 Měření emisí po opravě Astra F
- Obrázek 16 Měření emisí před opravou COMBO C
- Obrázek 17 Měření emisí po opravě COMBO C
- Obrázek 18 Měření před opravou Combo D
- Obrázek 19 Měření emisí po opravě Combo D
- Obrázek 20 Měření před opravou – vadná lambda sonda Astra G
- Obrázek 21 Měření emisí po Opravě Astra G
- Obrázek 22 Měření emisí s vadnou lambda sondou Astra J

Obrázek 23 Měření emisí Astra J

Obrázek 24 Vadný snímač nasávaného vzduchu Astra G

Obrázek 25 Měření emisí po opravě Astra G

Obrázek 26 Měření emisí s nefunkčním snímačem nasávaného vzduchu Astra J

Obrázek 27 Měření emisí po opravě Astra J

Obrázek 28 Měření emisí – vadné čidlo teploty Astra G

Obrázek 29 Emise po opravě Astra G

Obrázek 30 Měření emisí s nefunkčním snímačem teploty motoru

Obrázek 31 Měření emisí po opravě Astra J

Obrázek 32 Měření emisí s odpojeným EGR ventilem

Obrázek 33 Emise s funkčním systémem Astra G

11. Seznam tabulek

Tabulka 1 Obsah škodlivin výfukových plynů

Tabulka 2 Vlastnosti ATAL AT 505

Tabulka 3 Poměrová čísla Hcv a Ocv