

Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně
Agronomická fakulta
Ústav techniky a automobilové dopravy

**Interní diagnostické nástroje osobního
automobilu, jejich aplikace při zkoušení**

Diplomová práce

Vedoucí práce:
Ing. Jiří Čupera, PhD.

Vypracoval:
Bc. Petr Karafiát

Brno 2009

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: **Interní diagnostické nástroje osobního automobilu, jejich aplikace při zkoušení** vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v přiloženém soupisu literatury. Souhlasím, aby práce byla uložena v knihovně Mendelovy zemědělské a lesnické univerzity v Brně a zpřístupněna ke studijním účelům.

V Brně, dne

Podpis autora

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval mému školiteli Ing. Jiřímu Čuperovi, PhD. za metodické vedení, cenné rady a připomínky, které mi vždy ochotně poskytoval během mého studia na Mendelově zemědělské a lesnické univerzitě.

Anotace

Protože došlo k masivnímu rozšíření elektroniky v oblasti automobilového průmyslu, je nutná i diagnostika těchto systémů. Tato práce se zabývá vyžitím diagnostického protokolu OBD-II. Tento protokol byl zaveden z důvodu umožnění standardní diagnostiky řídicí jednotky motoru, s ohledem na systémy mající vliv na produkci škodlivin ve výfukových plynech. To byl jeden z hlavních důvodů zavedení a standardizace diagnostického protokolu OBD-II. Jedná se jednak o informaci pro řidiče prostřednictvím diagnostické kontrolky MIL, a zároveň ukládání popisu závad do interní paměti řídicí jednotky motoru. Standard OBD-II obsahuje i možnost číst parametry veličin, které jsou obtížně měřitelné bez zásahu do konstrukce vozidla, resp. jeho motorového prostoru. Tyto parametry lze též využít při měření na válcovém dynamometru a doplnit tak spektrum obtížněji měřených parametrů.

Klíčová slova: OBD, diagnostika, emise

Anotation

Because of massive expansion of electronics in the automobile industry, the diagnostics of these systems became necessary. This thesis deals with use of diagnostics protocol OBD-II. This protocol was introduced to allow standard diagnostics of engine control unit with consideration of systems affecting the pollution of exhaust gasses. That was one of the most important reasons of introduction and standardisation of OBD-II protocol.

It concerns information provided to a driver via MIL indicator and saving the malfunction descriptions to an ECU's internal memory. Standard OBD-II also contains a possibility to read the values that are hardly measurable without interfering with vehicle's engine compartment construction. These values can be also used for drum dynamometer measurements and therefore broaden the spectrum of hardly measurable parameters.

Keywords: OBD, diagnostics, emissions

Obsah

1 Úvod	7
1.1 Cíl práce	7
1.2 Palubní diagnostika	8
1.3 Standardy palubní diagnostiky	9
1.3.1 OBD I	9
1.3.2 OBD II	10
1.3.3 EOBD	11
1.3.4 OBD III	12
1.3.5 Proprietální diagnostické protokoly výrobců	13
1.4 Základní funkce OBD II / EOBD	14
1.4.1 Monitorování funkce kyslíkových sond	14
1.4.2 Systém recirkulace výfukových plynů (EGR)	16
1.4.3 Systém sekundárního vzduchu	17
1.4.4 Kontrola vynechávání zapalování	17
1.4.5 Adaptace	19
1.5 Diagnostické rozhraní (DLC)	20
1.6 Chybové kódy	22
2 Prostředky pro komunikaci s řídicí jednotkou motoru	22
2.1 Interpret OBD II	22
2.2 Komunikace s převodníkem	24
2.3 Modusy standardu OBD-II	28
2.4 Programy pracující s převodníkem na bázi čipu ELM XXX.	30
2.5 Program ScanTool.net	31
2.6 Ukázka komunikace pomocí AT příkazů	35
3 Využití údajů diagnostického protokolu OBD-II při měření na válcovém dynamometru	36
3.1 Válcový dynamometr	36
3.2 Systém konfigurace a sběru dat diagnostického protokolu OBD-II . . .	39
3.3 Naměřená data z protokolu OBD-II na válcové zkušebně	41

4 Závěr	44
Seznam obrázků	45
Použitá literatura	46
Příloha – Seznam PIDů s jejich stručným popisem	46

1 Úvod

V následující práci se budu zabývat palubní diagnostikou osobních automobilů. Vzhledem k masivnímu rozšíření elektronických systémů v automobilovém průmyslu musela vzniknout i jejich diagnostika. Protože v elektronických systémech je obecně obtížnější hledat závady, musejí tyto systémy pokud je to možné takzvaně kontrolovat sami sebe. Diagnostika jako taková v osobních automobilech existuje prakticky od dob, kdy byly použity elektronické systémy řízení motorů. Samozřejmě ze začátku si diagnostický protokol vytvořil každý výrobce sám a nebyla tak zajištěna žádná vzájemná kompatibilita systémů různých výrobců. Problém nastal s mohutným rozšířením automobilismu a s ním související zvýšená produkce škodlivin z výfukových plynů. Protože se již používalo elektronické řízení motoru, bylo možno závady ovlivňující množství škodlivin ve výfukových plynech jednoduše diagnostikovat. Problém nastal v komunikaci s řídicí jednotkou, která sice závady na motoru měla uložené v paměti, ale neexistoval univerzální způsob jak tyto závady z paměti vyčíst, protože každý výrobce používal jiný protokol ke komunikaci. Roku 1988 došlo vzhledem k neudržitelnému stavu ovzduší v centrální Kalifornii k zavedení takzvaného systému OBD. Komunikace s OBD kompatibilním systémem je normována a je tak možno využívat čtečky paměti závad pro jakýkoli automobil vybavený tímto systémem. Zde se jedná o komunikační protokol, nikoli o fyzické provedení komunikace. Dále je vozidlo vybaveno indikační kontrolkou MIL (Malfunction Indicator Lamp), která svým rozsvícením upozorňuje řidiče že došlo k závadě a mohou být překročeny emisní limity pro dané vozidlo. Zároveň s rozsvícením kontrolky MIL jsou do paměti řídicí jednotky uloženy závady, které systém diagnostikoval a pomohou tak servisním organizacím zjednodušit diagnostiku poruchy.

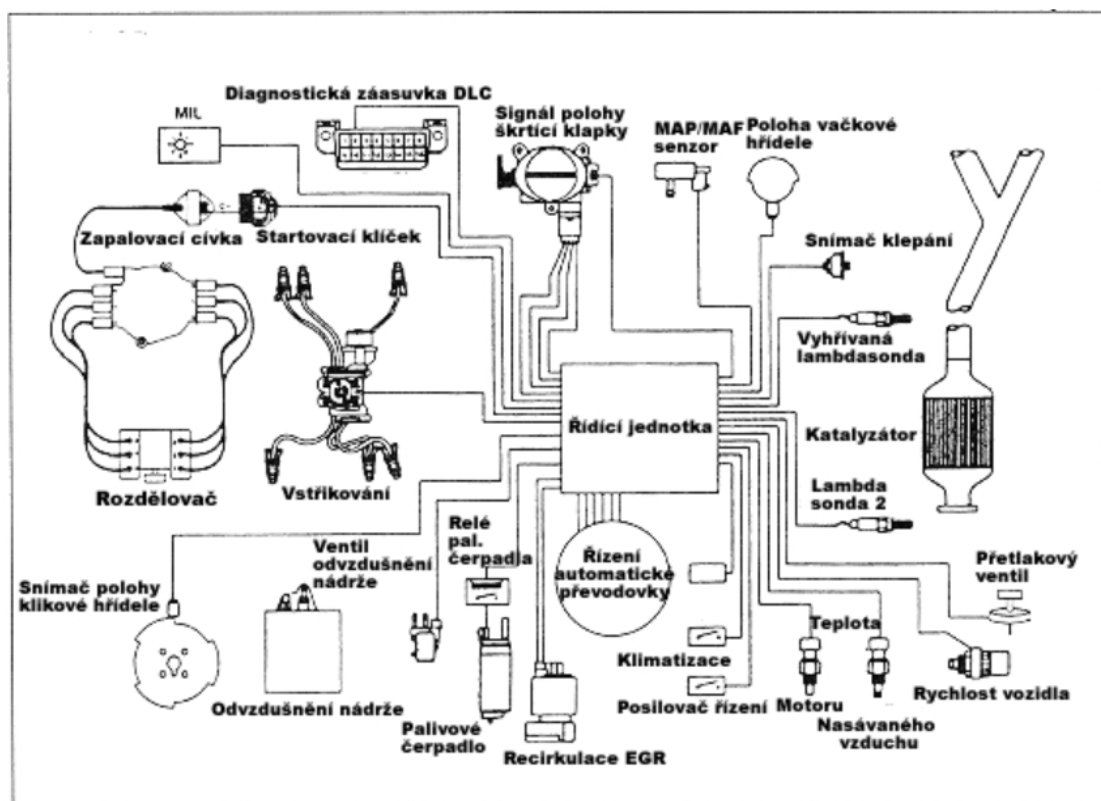
1.1 Cíl práce

Cílem práce je demonstrovat využití možností interní diagnostiky osobních automobilů. Protože s rozšířeným využitím elektronických součástek v řízení motoru automobilů se i diagnostika těchto soustav stává poměrně složitější. Na druhou stranu lze vyzdvihnout fakt, že interní diagnostika má své využití i v oblasti měření např. výkonů a lze z ní vyčítat i hodnoty, které by byly poměrně obtížně měřitelné, případně by vyžadovali zásah do konstrukčních součástí systémů motorů. Dále je v práci demonstrováno využití diagnostického protokolu OBD-II. Je popsán interpret (převodník) pro komuni-

kaci s řídicí jednotkou motoru pomocí běžného PC. Dále budou popsány programy, se kterými je možno pracovat s diagnostickým protokolem OBD-II. bude provedeno praktické měření na válcovém dynamometru a současně s ním budou čteny také parametry, které poskytuje diagnostický protokol OBD-II.

1.2 Palubní diagnostika

Palubní diagnostika vznikla za účelem monitorování všech parametrů vozidla, které mají vliv na konečné složení spalin z hlediska objemu sledovaných škodlivin. V podobě OBD II se jedná o sledování všech částí, které mají být i nepatrný vliv na zhoršení emisních vlastností vozidla. Nevztahuje se tedy jen přímo k motoru a procesu přípravy směsi, spalování a následné katalýze výfukových plynů, ale jsou vyhodnocovány i možné úniky paliva, ať již přímé nebo odparem z palivové nádrže. Všechna tato měření a vyhodnocování provádí řídicí jednotka (dále jen ECU, ECM či český ekvivalent EŘJ), která analogové veličiny převádí do digitální podoby a permanentně srovnává s hodnotami očekávanými, které má uloženy v paměti EEPROM (FLASH) v podobě datových matic, tzv. řídicích map (základní schéma řídicí jednotky je na obr. 1). V případě neshody tyto jevy registruje a podle druhu signálu provede buď následné korekce, případně vlastní adaptaci nebo vyhodnotí stav jako závadu a dá pokyn k rozsvícení kontrolky MIL. Tento popis je však velmi zjednodušený, neboť je nutno si uvědomit množství signálu přiváděných do řídicí jednotky, kdy mikroprocesor musí provést určení jejich priority, tzn. stanovení hlavních řídicích veličin, provedení korekcí a následných výpočtů s "odskokem" pro porovnání či získání dat z paměti EEPROM, vyhodnocení stavu a následného regulačního zákroku s očekáváním následné zpětnovazební informace. Z toho plyne další funkce OBD II, a to sledování stavu signálu vlastních akčních členů a to buď přímo na základě průběhu signálu, či nepřímo pomocí jiného indikátoru.



Obrázek 1: Komponenty řídicí jednotky motoru

1.3 Standardy palubní diagnostiky

1.3.1 OBD I

Průkopníkem v zavedení vlastní emisní kontroly vozidla byla společnost General Motors (GM), která již v roce 1981 ve svých automobilech používala systém Computer Command Control. Ostatní výrobci také samozřejmě kopírovali trend častějšího využívání elektronických komponent řízení motoru s monitoringem všech částí relevantních k exhalacím. Tyto systémy však trpěly nedostatkem jakékoliv vzájemné kompatibility, a proto v dubnu 1985 pověřená státní instituce CARB (California Air Resource Board) schválila v Kalifornii systém regulací známých jako OBD (On Board Diagnostic), úplně "Malfunction and Diagnostic System for 1988 and Subsequent Model Year Passenger Cars, Light-Duty Trucks, and Medium-Duty Vehicles with Three-Way Catalyst Systems and Feedback Control.". Tyto předpisy vstoupily v platnost roku 1988 a všechna nová osobní a malá dodávková vozidla musela splňovat všechny technické předpisy spojené s OBD. Jednalo se zejména o systémy, které významně ovlivňují slo-

žení výfukových plynů a zpětnovazebně dávají signál řidiči při zjištění závady indikační kontrolkou MIL (Malfunction Indicator Lamp) na přístrojové desce. Při detekci závady se současně s rozsvícením kontrolky MIL ukládají do paměti řídicí jednotky kódy chyb DTC (Diagnostic Trouble Codes). Pomocí těchto kódů byla zjednodušena diagnostika poruchy pro servisní organizace. [4]

Nejdůležitější funkce systému OBD-I

- Sledování přerušení obvodů a zkratů
- Monitorování vstupů hlavních senzorů, dávkování paliva, systému recirkulace
- Závady zapsané jako chybové kódy (DTC)
- Řízení indikační kontrolky (MIL)

1.3.2 OBD II

Přestože systém OBD I (běžně užívané označení palubní diagnostiky 1. generace) velmi významně ovlivnil dění na poli diagnostiky, nemohl díky své koncepci udržet krok s invází elektroniky v automobilovém průmyslu na počátku 90tých let. Bylo nutno sestavit nové standardy, které se již nebudou zaměřovat jen na elektrické a elektronické obvody vozidla, ale budou kontrolovat i pasivní komponenty, které významně ovlivňují složení spalín (např. katalyzátor). Nově se i při závadě zapíše podmínky (Freeze Frame). V roce 1994 se automobilky zavázaly, že jejich vozidla budou nejméně 50 000 mil emisně stále s tím, že v budoucnu se zvýší tato hodnota na 100 000 mil. Značnou měrou se již při vývoji nové normy OBD II uplatnila instituce SAE (Society of Automotive Engineers), která vytvořila standardy pro periferii (diagnostické rozhraní) - DLC (Data Link Connector, SAE J1962) a zejména navrhla komunikační protokol mezi řídicí jednotkou motoru a diagnostickým přístrojem (SAE J1850). V letech 1994 až 1996 se postupně systém OBD II implementoval do nových vozidel a od 1. ledna 1996 je povinný v celé federaci. Filozofie OBD II se vůči své první generaci nezměnila, ale z hlediska technického provedení je OBD II doslova revolucí.

Nejdůležitější funkce systému OBD-II:

- Kontinuální sledování a funkční testy
- Rozšíření diagnostiky lambda sond

- Rozšíření diagnostiky palivového systému
- Detekce vynechávání zapalování
- Sledování účinnosti katalyzátoru
- Sledování systému recirkulace (EGR)
- Sledování odvětrání palivové nádrže
- Monitorování odvětrání klikové skříně
- Standardizace chybových kódů
- Připojení diagnostického konektoru
- Standarty chybových kódů

1.3.3 EOBD

Systém EOBD je s podstatě evropská obdoba OBD II. Z technického hlediska se od americké specifikace liší minimálně. Značný rozdíl je ovšem v platnosti a uvedení EOBD do legislativy. Povinnost začlenění EOBD ve vozidlech je dána předpisem 98/69/ES, který byl schválen v roce 1998 s platností od roku 2000 spolu s novým emisním předpisem "Euro 3". Zatímco v USA systém OBDII platil od zahájení své působnosti pro osobní, lehká dodávková a dodávková vozidla bez rozlišení typu motoru (zážehový, vznětový), při zavádění EOBD se stanovily termíny platnosti nejen dle druhu vozidla a celkové hmotnosti, ale i podle spalovaného druhu paliva. Termíny zavedení EOBD jsou následující:

Termíny zavedení EOBD jsou následující:

- od 1. ledna 2000 všechna nová vozidla s novým povolením k provozu skupiny M1 a N1 kategorie I (< 2500 kg)
- od 1. ledna 2001 všechna nová vozidla skupiny M1 a N1 kategorie I (< 2500 kg)
- od 1. ledna 2001 všechna nová vozidla s novým povolením k provozu skupiny M1 a N1 kategorie II a III (> 2500 kg)
- od 1. ledna 2002 všechna nová vozidla skupiny M1 a N1 kategorie II a III (> 2500 kg)

Vznětové motory:

- od 1. ledna 2003 všechna nová vozidla s novým povolením k provozu skupiny M1 (< 6 sedadel a < 2500 kg)
- od 1. ledna 2004 všechna nová vozidla skupiny M1 (do 6 sedadel a < 2500 kg)
- od 1. ledna 2005 všechna nová vozidla s novým povolením k provozu skupiny M1 a N1 kategorie I (do 6 sedadel)
- od 1. ledna 2006 všechna nová vozidla skupiny M1 a N1 kategorie I (do 6 sedadel)
- od 1. ledna 2006 všechna nová vozidla s novým povolením k provozu skupiny M1 a N1



Obrázek 2: Možné provedení kontrolky MIL

1.3.4 OBD III

Ve stádiu vývoje je v současnosti další verze OBD a to Level III. Rozdíl oproti OBD II spočívá v integraci bezdrátového vysílače do vozidla, jehož úkolem je zprostředkovávat informace uložené v PID03, tedy paměti závad. V koncepci, kterou navrhla CARB, se radiově přenáší počet chybových kódů, jejich znění a dále VIN vozidla. Důvod proč vzniká OBD III je pouze ekonomický. V rozsáhlých studiích bylo zjištěno, že 75% vozidel v Kalifornii je emisně v toleranci a nedochází k rozsvícení kontrolky MIL. Stále nevyřešenou otázkou zůstává bezpečnost systému, neboť moderní systémy ve vozidlech jsou svázány i s daty GPS, které umožňují lokalizaci vozidla, či snadnou přístupnost např. rychlosti vozu. Systém OBD II vyžaduje zatím pouze kód P (pohon). Druhé místo označuje podskupinu pro normovaný kód ISO/SAE "P0xxx" nebo normovaný kód výrobce "P1xxx". Třetí místo označuje konstrukční jednotku, u které vznikla porucha. Čtvrté a páté místo udávají lokalizovanou jednotku systému (01 až 99).

1.3.5 Proprietární diagnostické protokoly výrobců

Diagnostické protokoly vznikaly již před ustanovením OBD II jako standardu. Jak bylo zmíněno, první automobilkou, která integrovala komunikaci mezi řídicí jednotkou a diagnostickým přístrojem, byla společnost GM stojící za zrodem diagnostického protokolu ALDL (Assembly Line Diagnostic Link). Také ostatní automobilky začaly vyvíjet vlastní diagnostické protokoly, které mnohdy byly postaveny na fyzické vrstvě ISO 9141, ale aplikačně rozdílné (KW 1281 či KW82). Proto samozřejmě každý výrobce musel dodávat i vlastní diagnostické přístroje. OBD II tento neduh zčásti odstranilo. Ovšem jen kam až sahá jeho působnost, tedy pouze k systémům, které mohou ovlivňovat emise vozidla. Dnešní automobil je zcela ovládán elektronickými částmi a i ty podléhají diagnostice. Systémy ABS, ESP či komfortních komponent jsou stále diagnostikovatelné pomocí protokolů výrobců vozidel. Rozličnost jednotlivých protokolů nejspíše bude pokračovat i nadále, kdy výrobci přecházejí na vyšší úrovně komunikačních linek, např. CAN-BUS.

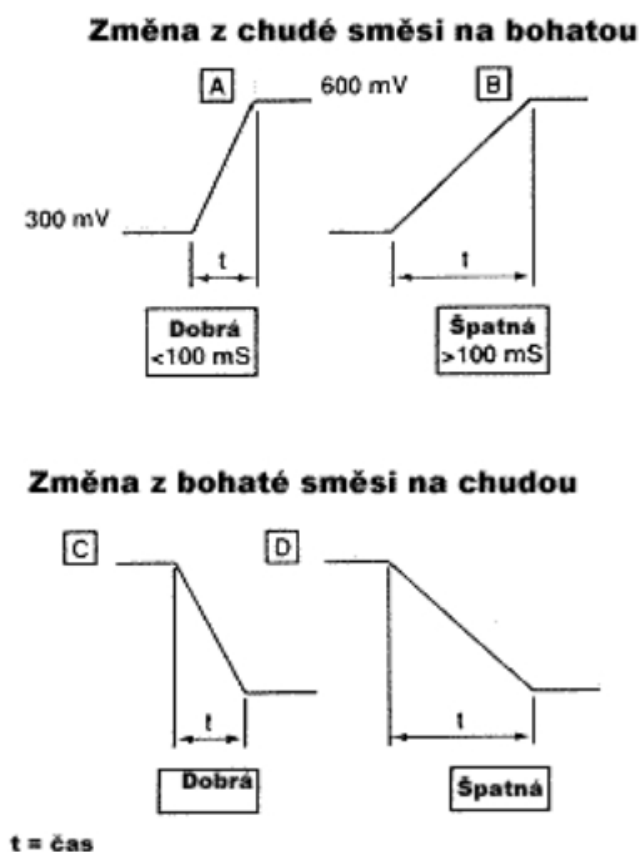
1.4 Základní funkce OBD II / EOBD

1.4.1 Monitorování funkce kyslíkových sond

Kyslíková sonda (lambda sonda) slouží ke zjištění množství kyslíku ve spalínách (před i za katalyzátorem) z jehož objemu lze usuzovat na počáteční poměr paliva a vzduchu ve směsi. Tento signál patří ve funkci OBD II k hlavním a sledují se čtyři základní parametry:

1. čas odezvy

ECM sleduje dobu odezvy při přechodu z bohaté směsi na chudou a naopak na sondě před katalyzátorem.



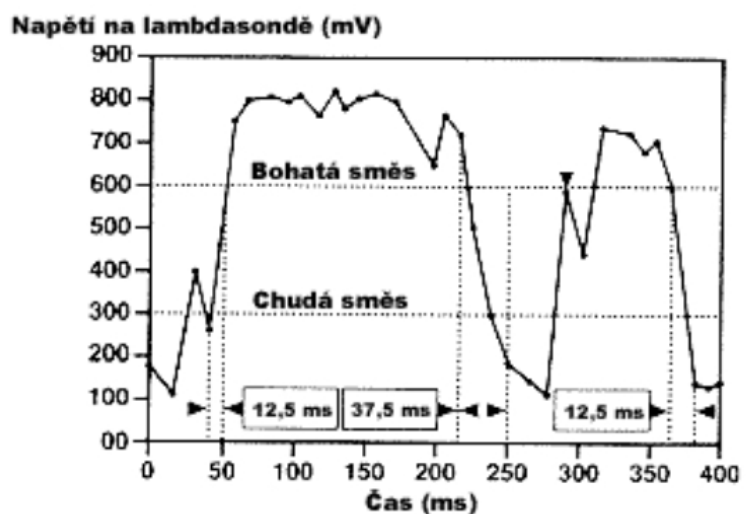
Obrázek 3: Odezva lambda sondy

2. čas aktivace

ECU vyhodnocuje čas vyhřívání "studené" lambda sondy k dosažení potřebné teploty.

3. čas odezvy během regulace

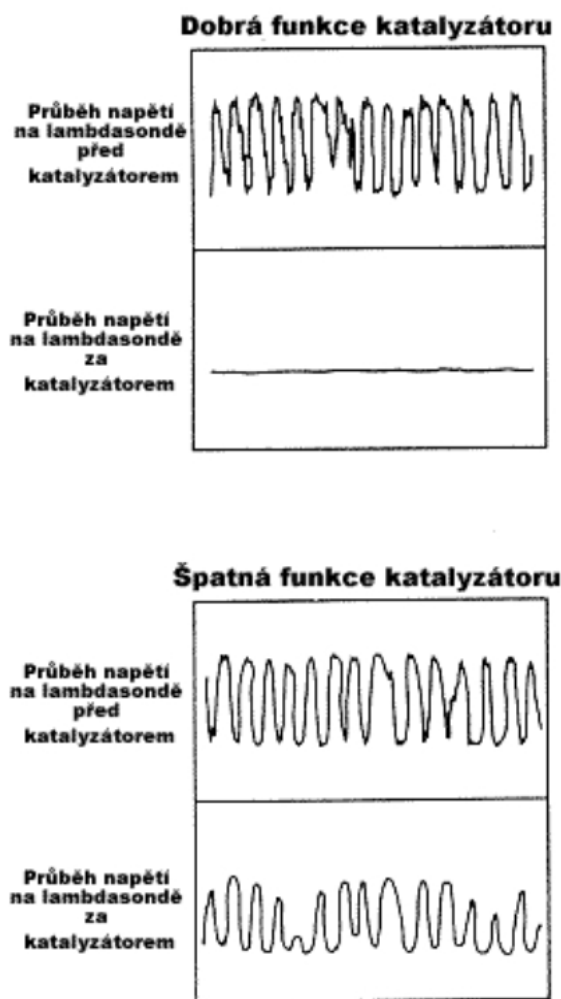
Rozšiřuje čas odezvy o sledování dynamiky během regulačního zásahu



Obrázek 4: Odezva lambda regulace

4. rozdíl průběhů signálů před a za katalyzátorem

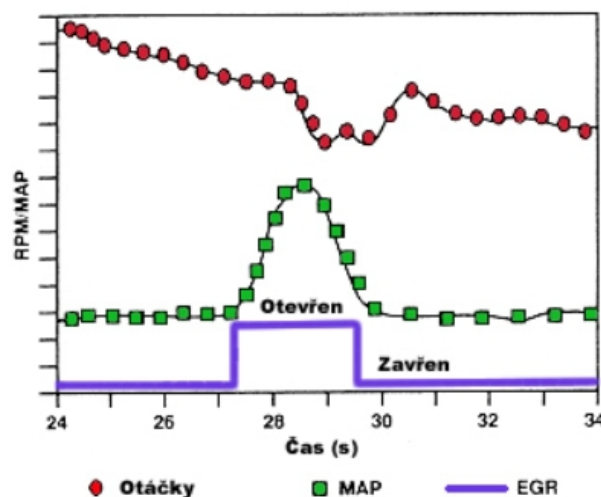
V tomto případě řídicí jednotka srovnává signály lambda sond před a za katalyzátorem a vyhodnocuje tak stav katalyzátoru. Při stanovení stavu se většinou vychází z redukce nespálených uhlovodíků CH_x, přičemž účinnost plně funkčního katalyzátoru je při stechiometrii cca 95 % a při 65 % účinnosti je stav vyhodnocen jako závada.



Obrázek 5: Účinnost katalyzátoru

1.4.2 Systém recirkulace výfukových plynů (EGR)

Funkce recirkulace výfukových plynů má značný význam v některých režimech motoru, kdy zpětným přivedením spalín dojde ke snížení teploty spalování a poklesu oxidů dusíku NO_x. Regulační veličinou ventilu přepouštění je podtlak v sání (MAP) nebo množství nasátého vzduchu (MAF) spolu s otáčkami motoru. Kontrola systému EGR se provádí buď vyhodnocením signálu MAP nebo MAF při deceleraci, případně měřením zdvihu ventilu EGR pomocí potenciometru nebo pomocí teplotního snímače integrovaného do vlastního ventilu.



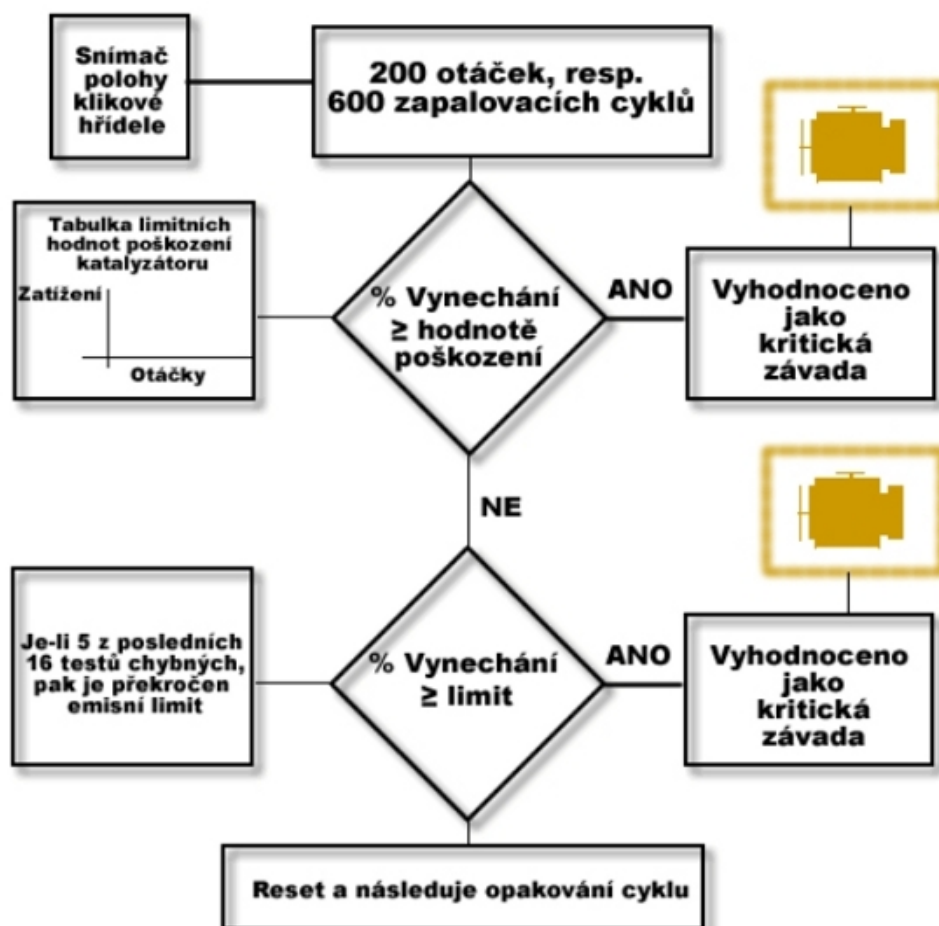
Obrázek 6: Funkce recirkulace výfukových plynů (EGR)

1.4.3 Systém sekundárního vzduchu

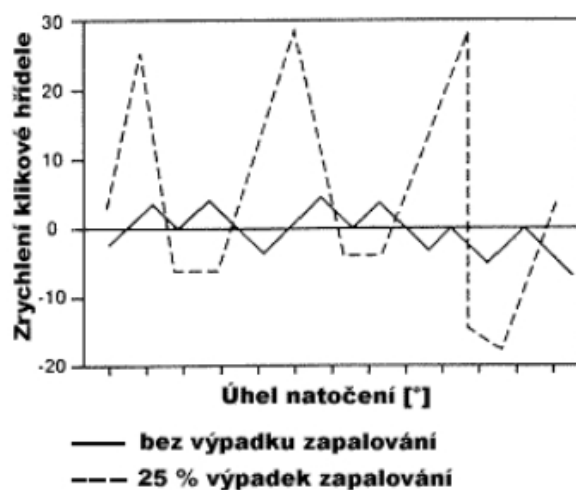
Systém sekundárního vzduchu je v činnosti ve fázi ohřevu studeného motoru. Jeho úkolem je do výfukového potrubí přivádět vzduch k dodatečné oxidaci CO a CH_x, přičemž teplo takto získané slouží k urychlení nárůstu teploty katalyzátoru na optimum. U systému OBD II se tato funkce monitoruje pomocí lambda sondy, kdy ECU očekává nízké hodnoty lambda. Během této doby je vyřazena z okruhu lambda regulace. V systému EOBD jsou navíc zjišťovány parametry dmychadla a ovládacího ventilu.

1.4.4 Kontrola vynechávání zapalování

Při výpadku zapalování dojde nejen k enormnímu nárůstu škodlivin ve výfukových plynech, ale je bezprostředně ohrožena funkce či životnost katalyzátoru. Nespálené palivo při výpadku zapalování dohořívá ve výfuku, což má za následek zvýšení teploty katalyzátoru nad kritickou hranici. Při teplotě 800°C až 1000°C dochází k postupnému termickému poškození katalyzátoru, při teplotě nad 1000°C k mechanickým změnám, které vedou k úplné dysfunkci katalytického systému. Sledovat přímo vynechávání zapalování nelze, ale na základě signálu ze snímače polohy klikové hřídele lze z průběhu zrychlení určit vynechání zapalování. Obr.7 ukazuje logický přístup řídicí jednotky při zjištění vynechávání zapalování. Je nutno upozornit, že toto sledování je kontinuální a je na něj kladena vysoká priorita. Systém OBD II musí toto nejen zjistit, ale musí také určit zda-li se jedná o výpadek na jediném válci či se tohoto negativního jevu účastní více válců (obr.8)

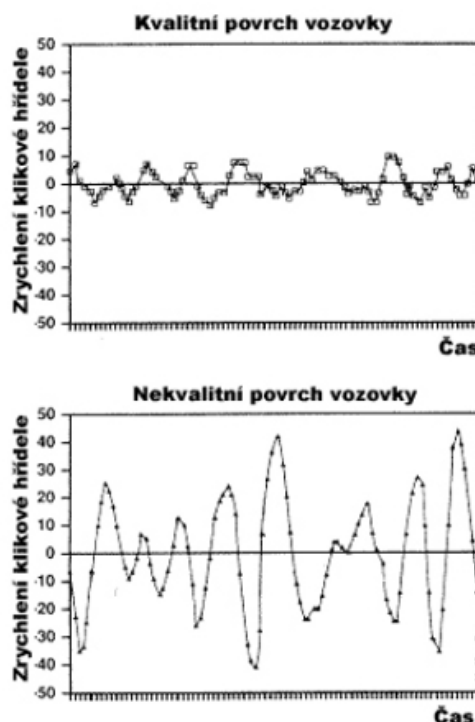


Obrázek 7: Algoritmus zjišťování výpadku zapalování



Obrázek 8: Zrychlení klikové hřídele při zjišťování výpadku zapalování

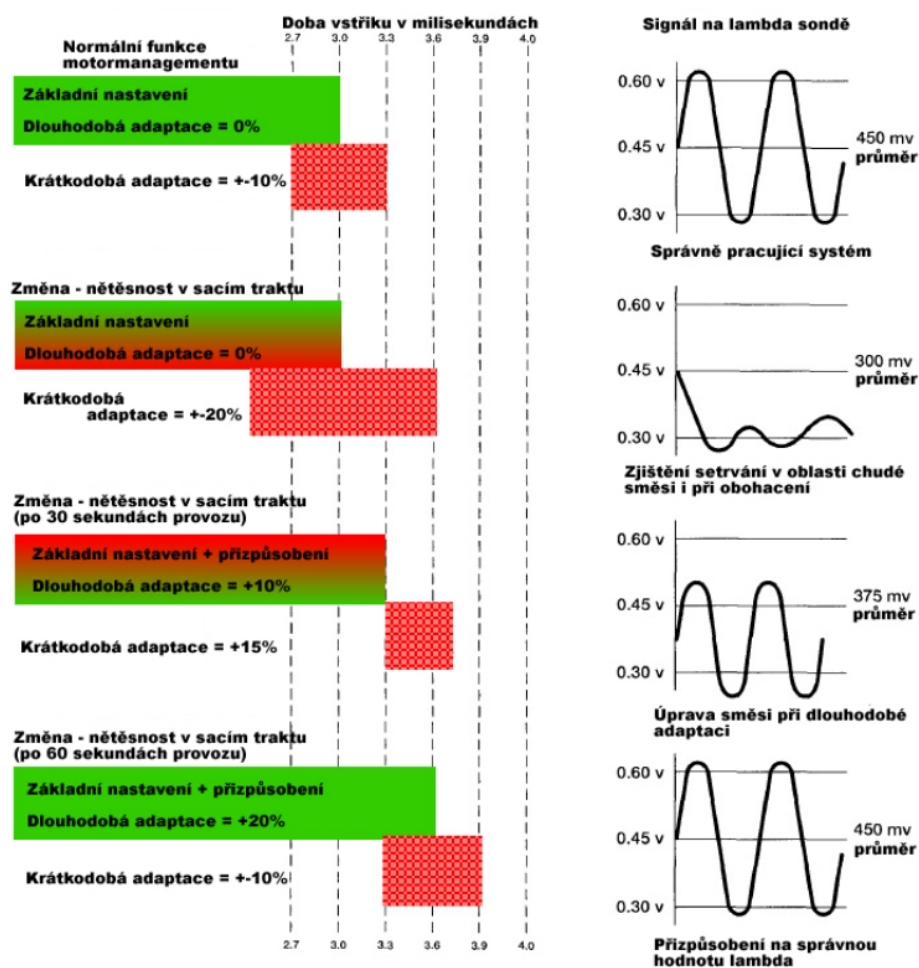
Předchozí postup je založen na snímání rovnoměrnosti chodu motoru. V provozu ovšem dochází ke značnému rozptylu hodnot a to zejména vlivem torzních kmitů, např. od nerovného povrchu vozovky. Tento efekt lze odstranit buď snímáním rychlosti kol, resp. zrychlení pomocí snímače ABS či využitím senzorů zrychlení ESP, nebo je na data aplikován poměrně složitý statistický algoritmus k rozlišení výpadků zapalování od torzních kmitů přenesených od nerovností (obr. 7).



Obrázek 9: Vliv torzních kmitů na zrychlení klikové hřídele

1.4.5 Adaptace

Kromě uvedených testů kyslíkových sond a katalyzátorů se dále provádějí korekce na okolní a časové vlivy (obr. 10). Jedná se v podstatě o sledování regulační smyčky s následnými dopočty k poměru vzduch/palivo a to v celém systému, tj. se zahrnutím zejména vlivu opotřebení např. vstřikovačů či různých netěsností. Z hlediska doby se jedná o adaptace krátkodobé, tzn. korekční faktor se vymaže po vypnutí zapalování nebo o dlouhodobé, kdy se zaznamenaný součinitel zapíše do trvalé paměti. ECM indikuje chybu při překročení limitu 20 % od normované hodnoty uložené v řídicí jednotce.



Obrázek 10: Příklad adaptace netěsnosti sání – mezní stav z pohledu OBDII

1.5 Diagnostické rozhraní (DLC)

Komunikační propojení mezi vedením palubní diagnostiky a testerem je zásuvka – zástrčka dle standardu SAE J1962 a její fyzické provedení je stejné pro všechny vozy OBDII/EOBD. Rozdíl je ovšem v zapojení komunikačních kanálů. Zapojení podle ISO vyžaduje komunikační piny na pozici 7 a 15 (plné zapojení, nové systémy mají běžně zapojen pouze obousměrný komunikační kanál přes vedení 7). Norma SAE J1850 (VPW i PWM) udává dostupnost OBD II na pinech 2 a 10. Na obr. je zobrazeno možné umístění diagnostické zásuvky ve voze. [8]

Zapojení pinů diagnostické zásuvky:

2 – SCP+

4 – kostra vozidla

5 – uzemnění signálu

6 – CANBUS H

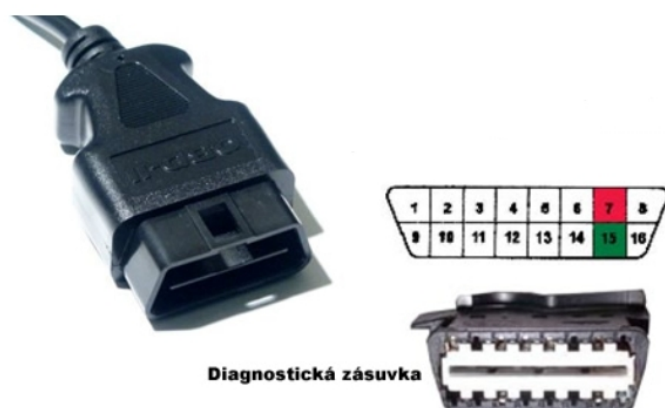
7 – vedení K

14 – CANBUS L

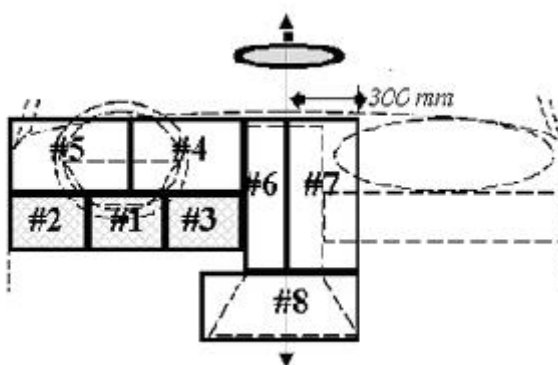
15 – vedení L

16 – napětí akumulátoru +12V nebo +24V

1,3,8,9,11,12,13 – nezapojeno



Obrázek 11: Zapojení diagnostické zásuvky



Obrázek 12: Možné umístění diagnostické zásuvky ve vozidle

1.6 Chybové kódy

Chybové kódy jsou standardizované podle SAE J2012. Jsou rozděleny do několika kategorií podle funkčních skupin: [11]

- B pro karoserii (Body)
- C pro podvozek (Chassis)
- P pro hnací ústrojí (Powertrain)
- U pro síťové systémy (Undefined)

Kód chyby	Popis kódu chyby
P0xxx	Kódy nezávislé na výrobci (pod ISO/SAE)
P01xx	Odměrování vzduchu nebo paliva
P02xx	Odměrování vzduchu nebo paliva
P03xx	Systém zapalování, poruchy zapalování
P04xx	Přídavné zařízení pro snížení emisí
P05xx	Rychlost vozidla, nastavení volnoběhu a ostatní výstupní signály
P06xx	Palubní počítač a ostatní výstupní signály
P07xx	Převodovka
P08xx	Převodovka
P09xx	Volné pro ISO/SAE
P00xx	Volné pro ISO/SAE
P1xxx	Kódy zadávané výrobcem (volně volitelné)
P11xx	Odměrování vzduchu nebo paliva
P12xx	Odměrování vzduchu nebo paliva
P13xx	Systém zapalování, poruchy zapalování
P14xx	Přídavné zařízení pro snížení emisí
P15xx	Rychlost vozidla, nastavení volnoběhu a ostatní výstupní signály
P16xx	Palubní počítač a ostatní výstupní signály
P17xx	Převodovka
P18xx	Převodovka
P19xx	Kategorie ISO/SAE
P20xx	Kategorie ISO/SAE

2 Prostředky pro komunikaci s řídicí jednotkou motoru

2.1 Interpret OBD II

K realizaci komunikace mezi OBD II a digitální linkou na straně PC slouží převodník, který v nejjednodušším případě konvertuje napěťové úrovně signálů mezi sériovým

portem a TTL logikou. Tato varianta je sice jednodušší na hardwarové provedení převodníku, ovšem celou komunikaci je nutné řešit programově. To znamená, že je nutné sběrnici iniciovat a budit v definovaných intervalech. Dále se komunikuje s jednotkou pomocí kompletních paketů podle normy SAE. (posílat hlavičky paketů)

Další variantou je převodník – interpret. Tento interpret je již hardwarově složitější a obsahuje mikroprocesor, který se stará jednak o komunikaci s počítačem po sériovém portu tak o komunikaci s řídicí jednotkou podle normy SAE. Jádrem převodníku tvoří mikroprocesor firmy Microchip s firmwarem starajícím se o komunikaci. Jedná se o komerční obvod nesoucí označení ELM XXX. Ve své práci jsem používal převodník s obvodem označením ELM 237. Fyzicky je převodník řešen tak, že obsahuje konektor pro propojení s diagnostickou zásuvkou a přímo v jeho těle je integrována veškerá elektronika. Komunikace s počítačem je pomocí sériového portu.

Vzhledem k tomu, mnoho notebooků a dnes i stolních počítačů neobsahuje sériový port, ale pouze porty USB, je nutné použít ještě převodník USB < — > RS232, nebo použít dnes již dostupné interprety, které již mají komunikaci s USB sběrnici implementovanou.



Obrázek 13: Převodník OBD-II – RS232

Sériový port nabízí několik možností vlastní konfigurace. Interpret je ovšem koncipován na následující konfiguraci:

- Komunikační rychlost: 9,6 kbps
- Počet datových bitů: 8
- Řízení toku: žádné
- Parita: bez
- Počet stop bitů: 1

2.2 Komunikace s převodníkem

S převodníkem počítač, resp. uživatel komunikuje pomocí AT příkazů. K veškerým příkazům výrobce udává dokumentaci, takže je možné komunikaci s převodníkem poměrně elegantně řešit v rámci vlastního obslužného programu na PC.

Na internetu lze nalézt několik programů, které umožňují komunikaci s řídicí jednotkou pomocí interpretů s čipem ELM XXX. Zde je popis všech AT příkazů které převodník založený na čipu ELM XXX podporuje. Seznam AT příkazů pro nastavení parametrů převodníku, jeho reset a inicializaci:

- AR (Automatically set the Receive address)

Odpověď řídicí jednotky bude interpretem pochopena a zobrazena, jestliže jeho vnitřní adresa odpovídá adrese, která byla poslána. Použití této hodnoty záleží na několika faktorech. Je-li převodník připojen k systému ISO 14230, pak třetí bajt hlavičky zprávy bude užit jako adresa pro příjem zprávy. Když bude interpret připojen na vozidlo s podporou ISO 9141, tak bude záležet na obsahu prvního bajtu hlavičky a podle ní se bude řídit výsledná adresace pro příjem příkazu. AR je nastaveno vždy jako defaultní hodnota.

- BD (OBD receive Buffer Dump)

Pokud inicializace není úspěšná, resp. kontrolka OBD bliká, aniž by bylo na sběrnici RS-232 cokoliv posláno, pak je možné tímto příkazem zjistit, co bylo na sběrnici OBD II přijato. Dojde k vyprázdnění bufferu o 11 bajtech z nichž je možné zprávu dešifrovat.

- D (set all to Defaults)

Příkaz nastaví všechny konfigurovatelné parametry do základního nastavení daného výrobce. Příkaz E bude ve stavu ON, H ve stavu OFF, L podle úrovně na pinu 4. AR bude vybrán podle aktuálně připojeného systému (ISO 9141 nebo ISO 14230), hlášení NO DATA, timeout a doba mezi buzením sběrnice bude nastavena do výchozího stavu.

- E0, E1 (Echo off -0, Echo on -1)

Parametr nastaví převodník tak, aby byla zpět přijímána zpráva i s adresou, kam byla zaslána žádost. Je vhodné vypnout echo z důvodu nižšího zatížení sběrnice RS232.

- FD (send Formatted Data)

Tento příkaz zajistí, aby všechna data z převodníku byla na sběrnici RS-232 zaslána v ASCII znacích. Hodnoty bajtů jsou posílány jako pár ASCII charakterů, přičemž každý reprezentuje hexadecimální číslo. Každý řádek řetězce bude ukončen carriage return znakem, popřípadě i linefeed znakem. Toto nastavení je aktivní jako default.

- FI (perform a Fast bus Init)

Převodník je nucen inicializovat sběrnici sekvencí v režimu Fast pod protokolem ISO 14230. Příkaz se spouští manuálně, neboť automatická inicializace sběrnice vždy v tomto procesu upřednostňuje tzv. Slow inicializaci.

- H0, H1 (Headers off-0, Headers on -1)

Příkaz slouží k zobrazení OBD II hlavičky zprávy. Každá OBD II zpráva má hlavičku složenou ze tří bajtů a uzavírá se dalším bajtem, které nejsou ve výchozím stavu ukázány. Tímto příkazem je možné sledovat úplnou zprávu na sběrnici OBD II.

- I (Identify yourself)

Parametr vypíše řetězec znaků, který identifikuje mikroprocesor převodníku a verzi vnitřního programového vybavení.

- L0, L1 (Linefeed off -0, Linefeed on -1)

Vysílání linefeed znaku po carriage return je kontrolováno tímto příkazem. Pou-

žití je vhodné při zobrazování v terminálovém programu, aby byl zřejmý konec odpovědi.

- MA (Monitor All messages)

Zvolením tohoto příkazu se interpret přepne do modu monitorování sběrnice a zobrazuje všechny zprávy OBD II dokud nebude rozpoznána změna na sběrnici RS-232. K zastavení lze užít jakýkoliv znak, je však potřebný čas k dokončení instrukce, neboť se musí dokončit celý cyklus instance.

- PD (send Packed Data)

Nastavením převodníku parametrem ATPD mikroprocesor posílá data na sběrnici RS-232 v binární podobě. Tento způsob zrychlí přenos přes sériovou sběrnici, jsou vynechány ukončovací znaky stejně jako prázdné znaky mezi bajty.

- SH (Set the Header to xx yy zz)

Parametr SH dovolí uživateli kontrolovat a měnit hlavičku v každé vysílané zprávě. Hexadecimální hodnota xx bude použita jako bajt priority, resp. typu, yy pro druhý nebo cílový bajt a zz pro třetí nebo také zdrojový bajt. Tento příkaz je platný do ukončení pomocí resetu příkazem ATZ nebo nastavení defaultních hodnot ATD. Pro ilustraci je u systému zapojení ISO 9141 vysílána hlavička se složením 68 6A F1 a u ISO 14230 je ve tvaru Cn 33 F1, kde n reprezentuje počet datových bajtů ve zprávě.

- SI (perform a Slow bus Init)

Odesláním tohoto parametru převodník vysílá na sběrnici OBD II sekvenci znaků pro Slow inicializaci (5 baudů) bez ohledu na skutečně připojený systém. Jedná se o opak příkazu FI.

- SR hh (Set the Receive address to hh)

Interpret tímto příkazem vysílá požadavek na adresu hh, přičemž dojde vypnutí modu AR. Všechny ostatní odpovědi jsou, mimo adresy hh, ignorovány.

- ST hh (Set Timeout to hh)

Po vyslání požadavku mikroprocesor čeká na odpověď podle časové limitu, který je přednastaven. Vyprší-li čas k získání odpovědi, pak na sběrnici RS-232 je vysláno hlášení NO DATA. Uživatel však může modifikovat časový limit až k ma-

ximu okolo 1020 ms (minimum je nastaveno na 32h, tedy decimálně 50, což dává při násobícím faktoru 4 dobu 200 ms).

- SW hh (Set Wakeup to hh)

Pokud je navázána komunikace a po dané časové době nebude zaslána žádost na OBD II sběrnici, pak se komunikace ukončí. K tomuto je procesor uzpůsoben tak, že signál k buzení sběrnice generuje sám, bez pozornosti uživatele. Doba budícího datového řetězce může být parametrem SW hh nastavena uživatelem v kroku 20 ms. Maximální hodnota je však omezena na 5,1 s, standardně činí 2,5 s. Pokud je spojení ukončeno, musí následovat spuštění celého inicializačního řetězce.

- Z (reset all)

Příkaz ATZ způsobí, že mikroprocesor je zresetován a jsou nastaveny výchozí hodnoty AT příkazů.

Seznam odpovědí od převodníku obsahující chybové zprávy:

- BUS BUSY

Zpráva je zaslána v okamžiku, kdy selhala fáze inicializace, protože sběrnice OBD II je zaneprázdněna. Ačkoliv tento stav může nastat a příkaz nemůže být zaslán na sběrnici, většinou se jedná o chybu zapojení, kdy je pin OBDIn stále aktivní.

- FB ERROR

Toto chybové hlášení značí, že byla nalezena chyba zpětné vazby. K linka je aktivována, ale na pinu OBDIn není patrný signál.

- DATA ERROR

Odpověď ze sběrnice OBD II byla přijata, ale byla nekorektní či nečitelná. Nejčastěji zdrojem bývá nekompatibilita s normou SAE J1979. Pokud existuje přesvědčení, že vozidlo podporuje tuto normu, pak lze provést test pomocí příkazu 04hex (výmaz DTC), kdy je očekávána odpověď 44. To značí, že DTC byly smazány a kontrolka MIL zhasnuta.

- DATA ERROR

Zobrazení tohoto hlášení upozorňuje, že kontrolní součet byl jiný, než vypočtený. Pokud se tato chyba objeví, je nejspíš zapříčiněna rušením na sběrnici nebo vadným obvodem.

- NO DATA

Pokud interpret neobdrží odpověď na požadavek v nastaveném timeoutu, pak je zobrazí chybový stav NO DATA. Může se tak stát v případě, že vozidlo parametr nepodporuje, nebo také, že sběrnice je zatížena a vyprší časový limit k odeslání odpovědi. Problém zatížené sběrnice lze odstranit vlastním nastavením timeoutu pomocí příkazu AT ST.

- ?

Zobrazí-li se otazník, pak převodník nerozuměl příkazu. Toto hlášení mikroprocesor posílá na sběrnici RS-232 vždy, když nerozumí řetězci znaků a značí chybu na straně uživatele.

2.3 Modusy standardu OBD-II

SAE J1979 (Diagnostic Test Modes) udává 9 zkušebních modů, které jsou zcela nezávislé na použitém protokolu. Prvních pět modů jsou uzpůsobeny kontrole emisí, ostatní s ní víceméně souvisí. V následujícím přehledu je uvedeno všech 9 módů s jejich jednoduchým popisem. [10]

- Modus 1 Tento mod popisuje základní stav systému. Sleduje veškeré vstupní i výstupní signály a zejména připravenost systémů (Readiness-Code). Výsledné hodnocení je k dispozici teprve po skončení Readiness (cyklus podobný FTP)
- Modus 2 Zde jsou uložena tzv. Freeze Frame, tedy podmínky při nichž nastala závada. Zápis podmínek se vztahuje na závadu s vyšší prioritou, přičemž je možné uložit z PID maximálně šest hodnot vztahujících se k povaze závady.
- Modus 3 Pro systém OBD II byly specifikovány dva druhy paměti pro záznam DTC. V tomto modu se nacházejí kódy chyb, které od svého vzniku prokazatelně zhoršují emisní vlastnosti vozu. Dále jsou zde zapsány chyby z Modu 7, tedy ověřené. V každém případě dojde k rozsvícení MIL. Pokud vozidlo úspěšně absolvuje třikrát Readiness, pak kontrolka zhasne a po čtyřiceti cyklech dojde k automatickému vymazání závady z paměti.
- Modus 4 V tomto modu lze provést výmaz DTC z jakéhokoliv systému Powertrain, tedy Modus 3, Freeze Frame (Modus 2), hodnoty zkoušek lambdasond (Modus 5).

- Modus 5 Zde jsou uloženy data z poslední zkoušky lambdasond. Ukládají se prahová napětí, přechodové časy, maximální a minimální napětí. Mod 5 je využíván ke zrychlené kontrole emisí bez nutnosti dokončení Readiness.
- Modus 6 Je vyhrazen výrobcí.
- Modus 7 V tomto Modu jsou uloženy nepotvrzené chybové stavy, které systém OBD II sleduje pro další vyhodnocení, zda-li se jedná o závadu - přesun do Modu 3, či se jedná o sporadickou závadu.
- Modus 8 Je vyhrazen výrobcí. Doporučuje se pro test akčních členů.
- Modus 9 Slouží především k identifikaci vozidla (VIN-Vehicle Identification Number, CIN - Calibration Identification Number, CVN - Calibration Verification Number).

V následující tabulce jsou uvedeny adresy řídicích jednotek jednotlivých systémů ve vozidle. Pro systém OBD-2 nám stačí pouze řídicí jednotka motoru.

Rozsah adres Hex	Popis
Hex-Adr.	Popis
00-17	Řídicí jednotka motoru
18-1F	Řídicí jednotka převodovky
20-27	Vyhrazeno výrobci pro řízení podvozku
28-2F	Řídicí jednotka brzd
30-37	Řídicí jednotka řízení
38-3F	Řídicí jednotka pérování
40-57	Vyhrazeno výrobci pro karosérii
58-5F	Systém bezpečnostních pásů
60-6F	Informační systém
70-7F	Osvětlení
80-8F	Audio
90-97	Osobní komunikace
98-9F	Klimatizace
0A-BF	Komfortní systém
C0-C7	Bezpečnostní systém
C8	Přípojně příslušenství
C9	Měnič střídavého napětí
CA	Měnič - stejnosměrné napětí
CB	Řízení dobíjení, aku
CC-CF	Rezervováno pro rozšíření
D0-EF	Rezervováno výrobcí
F0-FD	Diagnostický tester

2.4 Programy pracující s převodníkem na bázi čipu ELM XXX.

Následující programy lze volně stáhnout na internetu, u některých jsou některá omezení v jejich demoverzích. Programu umožňující práci s čipem na bázi ELM XXX a práci s diagnostickým protokolem OBD-II existuje samozřejmě mnohem více, vybral jsem

pouze nejznámější programy.

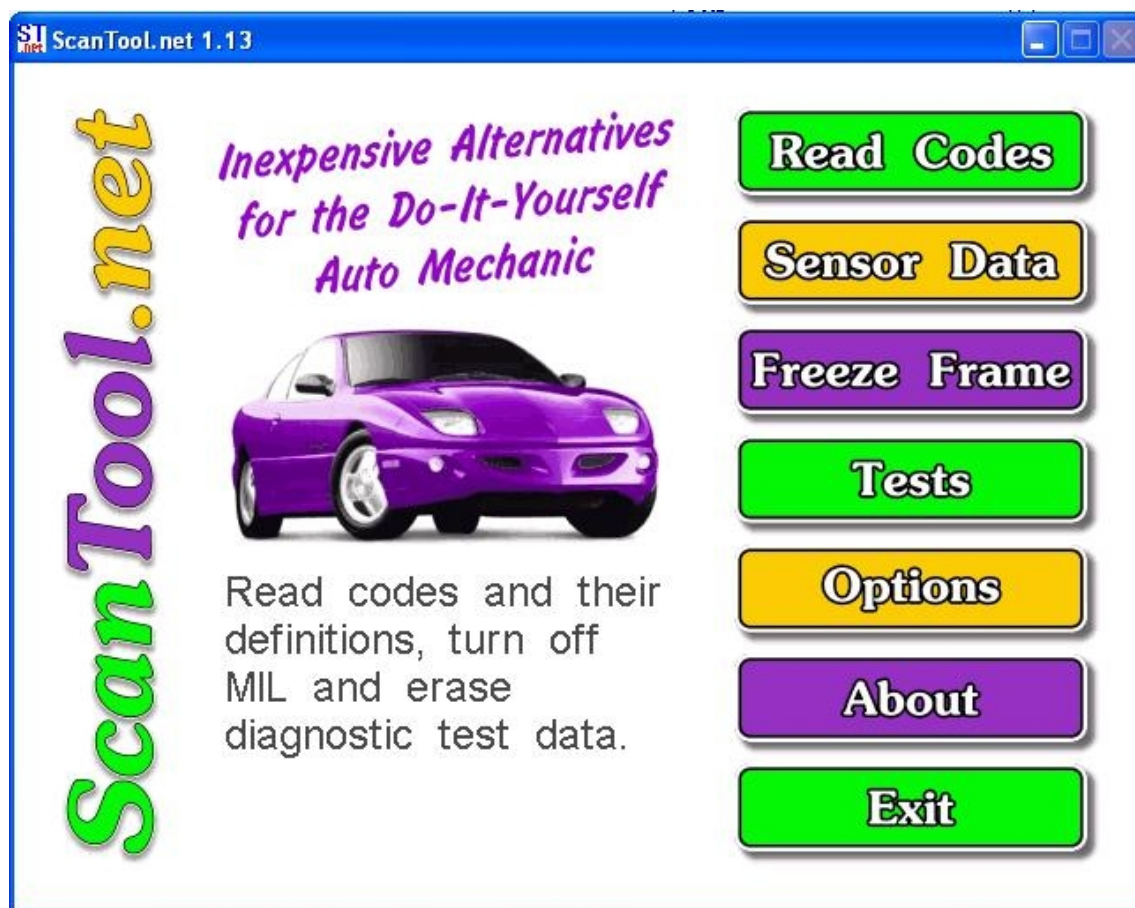
- ScanTool.net 1.13
- wOBD v1.4.0
- OBD-II ScanMaster
- Digimoto Lite

Všechny programy umí i v Demo verzi číst paměť závad a výmaz paměti závad, dále zobrazení hodnot z modusu 1 (otáčky, adaptace paliva, množství nasávaného vzduchu...). Dále některé programy obsahují přímo terminál, kde je možnost zadávat AT příkazy pro interpret a možnost tak číst z řídicí jednotky i data, která nejsou v programu podporována. Přes tento terminál lze využít všechny možnosti interpretu s čipem ELM XXX.

Problémem je rychlost komunikace s řídicí jednotkou, která se pohybuje řádově v Hz při čtení jednoho parametru, v případě čtení například 10 parametrů klesá rychlost komunikace pod 1 Hz. Je to dáno tím, že řídicí jednotka požadavky uživatele zpracovává ve volném programovém čase, protože prioritní je řízení běhu motoru. Rychlost čtení dat není stejná u všech řídicích jednotek, v praxi se pohybuje od 1 Hz až po 10 Hz.

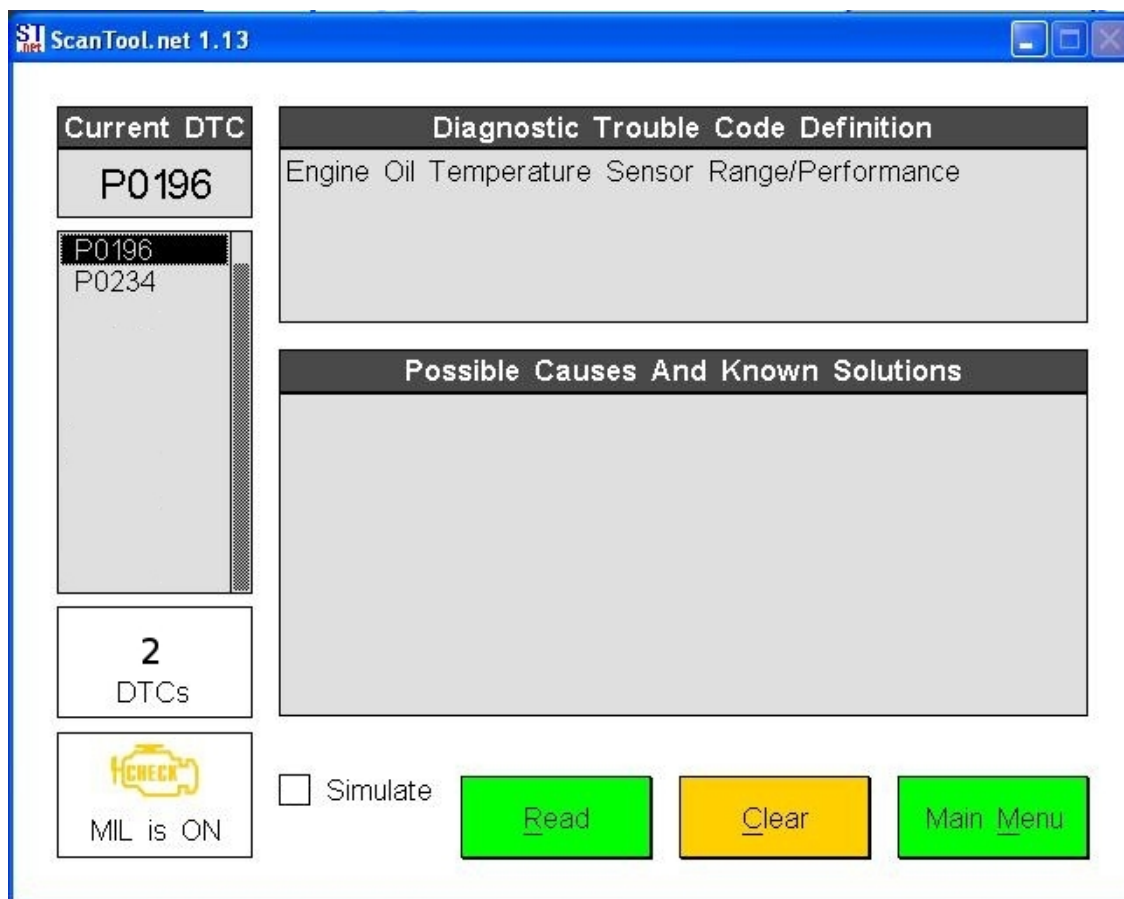
2.5 Program ScanTool.net

Pro demonstraci jsem si vybral program ScanTool.net 1.13, který je dle mého subjektivního hlediska nejlépe zpracován.



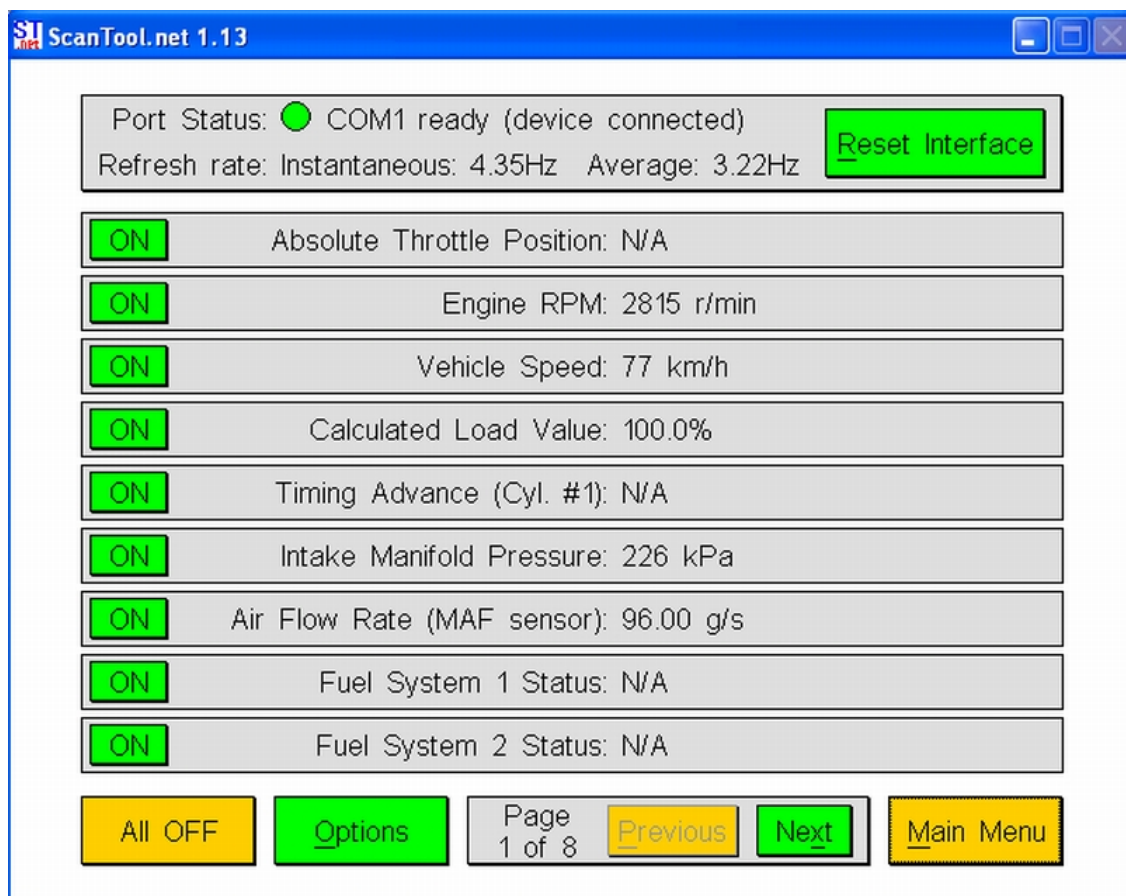
Obrázek 14: Hlavní menu programu ScanTool.net

Na hlavní obrazovce programu si lze vybrat z několika režimů práce s diagnostickým protokolem OBD-II. Jsou to čtení a výmaz paměti závad, čtení parametrů protokolu OBD-II jako jsou rychlost, otáčky, poloha akcelérátoru, množství nasávaného vzduchu a mnohé další. Dále lze číst tzv. Freeze Frame, což jsou podmínky při nichž nastala závada.



Obrázek 15: Čtení paměti závad v programu ScanTool.net

V této části programu ScanTool.net je možno číst závady uložené v modu 3 diagnostického protokolu. Je vidět, že paměť obsahuje 2 chybové záznamy (DTC). Pokud se podíváme na kódy chyb zjistíme, že se jedná o závady na motoru: chyba snímače teploty oleje a chyba přeplňování. Pokud program obsahuje databázi kódů s přiřazením jejich popisu, napíše nám textový popis chyby. Pokud textový popis chyby neobsahuje, je nutné ho vyhledat v příslušné dokumentaci.



Obrázek 16: Čtení dat z modusu 1 za chodu motoru

V této části programu je možno číst parametry diagnostického protokolu. Jednotka neustále zpracovává snímané analogové veličiny a převádí je do digitální podoby. Můžeme si vybrat, které veličiny si necháme z jednotky číst, protože současným čtením všech parametrů je komunikace s jednotkou více zatížena a odpovídají tomu i zvýšené odezvy jednotlivých signálů. Pro demonstraci jsem vybral čtení těchto parametrů: Teplota motoru, Vypočtené zatížení, rychlost vozidla, otáčky motoru, množství nasávaného vzduchu, tlak v palivovém potrubí. Seznam veličin, které lze snímat s jejich PIDy je možno nalézt v příloze. Čtení parametrů poskytovaných řídicí jednotkou motoru bylo ověřeno na voze Hyundai Tucson, který podporuje standard EOBD.

Technické parametry vozu:

Druh, počet válců, uspořádání	vznětový čtyřválec, napříč před přední nápravou
Zdvihový objem (cm ³)	1991
Max. točivý moment při ot. (N.m./min ⁻¹)	305 při 1800-2500 min ⁻¹
Max. výkon při otáčkách (kW/min ⁻¹)	103/400
Příprava směsi	přímé vstřikování
Stav tachometru (km)	50 236

Data byla snímána během zkušební jízdy při plném zatížení motoru při jízdě do kopce a ustálených podmínkách. Motor nelze v provozu trvale konstantně zatížit a projevuje se odezva signálů. Parametry slouží spíše pro diagnostické účely, kdy je lze při ustáleném chodu motoru sledovat bez nežádoucí odezvy (např. volnoběh).

2.6 Ukázka komunikace pomocí AT příkazů

Vzhledem k absenci terminálu v programu ScanTool.net, pro demonstraci komunikace s jednotkou pomocí AT příkazů jsem použil program DigiMoto Lite. Funkčnost byla opět ověřena na voze Hyundai Tucson.

Nejprve provedeme reset interpretu pomocí příkazu ATZ.

Interpret nám odpoví verzí firmware.

Interpret s čipem ELM237 má integrovaný voltmetr takže můžeme poslat příkaz AT VR (voltage read).

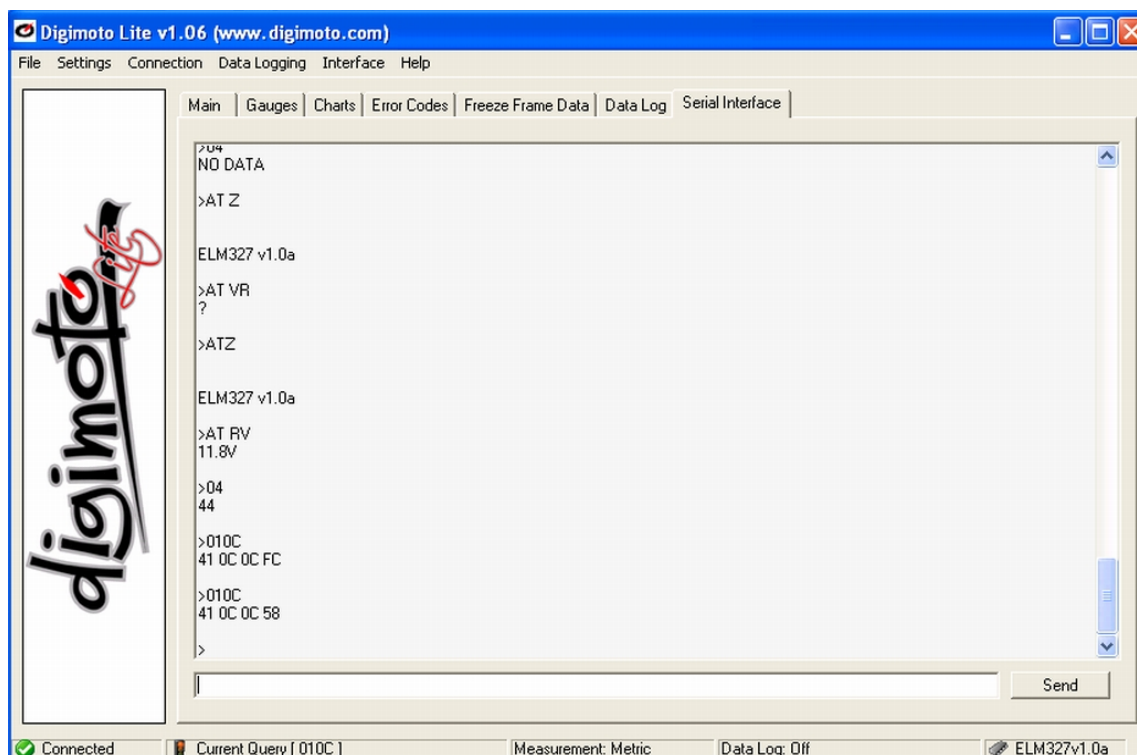
Interpret odpoví aktuální hodnotou napětí v palubní síti.

Dále provedeme výmaz paměti závad odesláním dotazu na modus 4, odešleme příkaz 04. Pokud je operace úspěšná, interpret odpoví odesláním kódu 44 hexa. Jako další si ukážeme čtení parametrů z modusu 1 – otáček motoru. Dotaz 010C (01 – modus, 0C PID)

Návratová hodnota je v hexadecimálním tvaru s rozlišením 0,25 min⁻¹.

Přijali jsme 41 0C 0C 58 hexa. Pro nás jsou důležité poslední 4 znaky, což odpovídá přepočítané hodnotě 790 min⁻¹.

Výhoda terminálu je, že můžeme sledovat průběh komunikace a zjistit tak případný problém v komunikaci.



Obrázek 17: Demonstrace AT příkazů v programu DigiMoto Lite

3 Využití údajů diagnostického protokolu OBD-II při měření na válcovém dynamometru

3.1 Válcový dynamometr

Válcová vozidlová zkušebna umožňuje měření výkonů motorů vozidel, sestavování jejich charakteristik, dále je možno měřit různé teploty či číst data z řídicí jednotky motoru. Dále je možno provádět emisní analýzu, měřit spotřebu a mnohé další testy. Na zkušebně je možno též zkoušet brzdovou soustavu vozidla do rychlosti až 200 km/h.

Parametry zkušebny na MZLU v Brně:

Max. zkušební rychlost [km.h-1]	200
Max. výkon na nápravu [kW]	240
Max. hmotnost na nápravu [kg]	2000
Průměr válců [m]	1,2
Šířka válců [mm]	600
Mezera mezi válci [mm]	900
Povrch válců	zdrsnění RAA 1,6
Hmotnost válců (každá náprava) [kg]	1130
Min. rozvor [mm]	2000
Max. rozvor [mm]	3500
Zatížitelnost krytí v místě jízdy [kg]	2000
Zatížitelnost krytí v místě chůze [kg]	500
Tlakový vzduch [bar]	min. 4
Rozsah měření rychlosti [km.h-1]	0 - 200
Rozsah měření sil [kN]	4x 0 - 5
Přesnost měření rychlosti [km.h-1]	0,05
Přesnost měření sil [%]	1,5
Přesnost regulace rychlosti [%]	1,5
Přesnost regulace síly [%]	2,5

Jak je patrné z obr. 18, systém zkušebny se skládá z jednotlivých funkčních celků.

- Server zkušebny
- Válcový dynamometr
- Regulace
- Emisní analýza
- Externí měření (CAN, OBD-II, multifunkční karta)



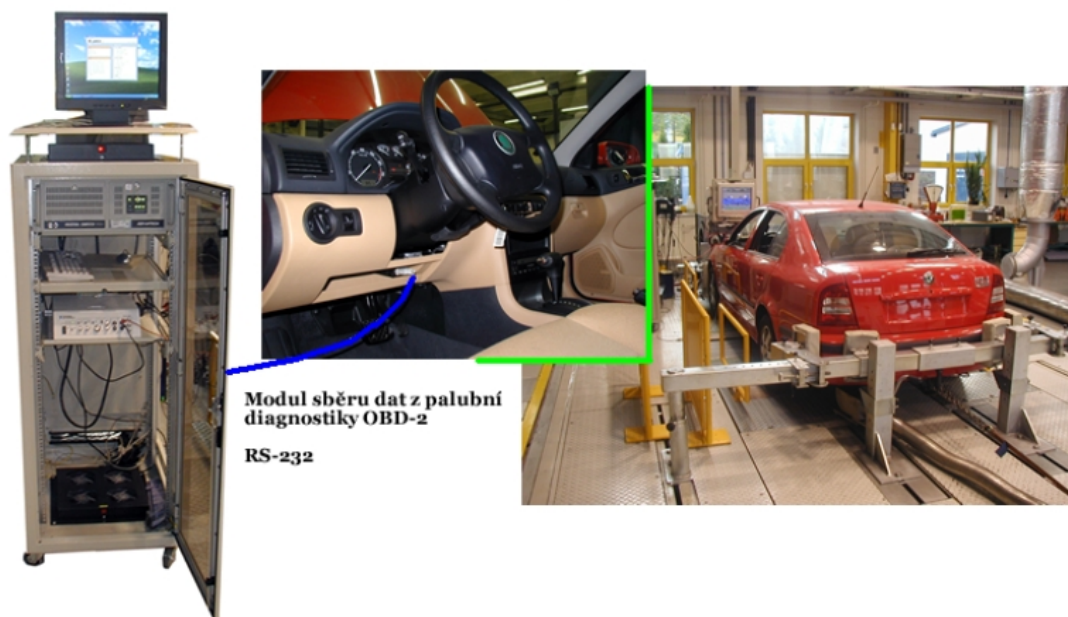
Obrázek 18: Decentralizovaný systém měření válcového dynamometru na MZLU v Brně

3.2 Systém konfigurace a sběru dat diagnostického protokolu OBD-II

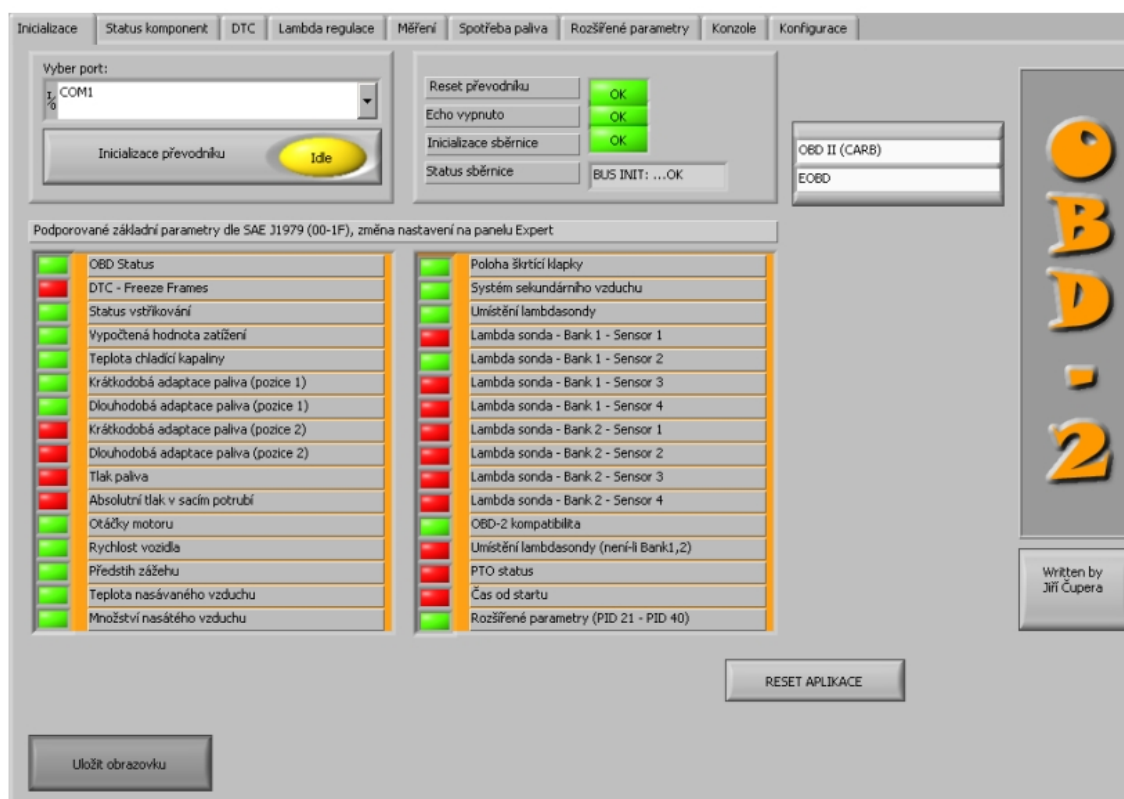
Diagnostické rozhraní automobilů zprostředkovává údaje, které není možné snímat přímo či nelze využít parametry CAN-BUSu z důvodu nepřístupnosti protokolu či není-li sběrnice instalována. V minulosti bylo téměř nemožné číst parametry diagnostického protokolu, ovšem v současnosti všechna nová vozidla musí respektovat požadavky OBD-2, případně EOBD. Tyto parametry jsou charakterem vstupní (otáčky, množství nasávaného vzduchu či podtlak v sacím potrubí, poloha akceleračního motoru, teplota motoru, teplota nasávaného vzduchu) ale i výstupní (předstih zážehu nebo adaptace dávky paliva). Řídicí jednotka provádí odečet analogové hodnoty a převádí ji na digitální podobu, která slouží k výpočtům pro výstupy jako množství vstřikovaného paliva či regulace předstihu zážehu. Nadto jsou tyto hodnoty poskytovány i vnitřní diagnostice vozidla. Nejedná se tedy o autonomní kontrolní mechanismus, ale o aplikační nastavbu řízení motoru, která je doplněna také o funkční testy komponent řízení motoru. Díky těmto vazbám lze navenek sledovat regulační proces systému řízení motoru, bezchybný stav vozidla z pohledu pohonného ústrojí a také podávat informace o statutu komponent, které musí systém monitorovat. Z větší části sleduje stav snímačů zpětnovazební regulace (lambda regulační proces, činnost katalyzátoru, polohu recirkulace spalín), ale stejně tak musí pro systém řízení motoru podávat hlášení i kontrolér či řídicí jednotka např. klimatizace. [5]

Pro praktické měření byl použit automobil Škoda Octavia.

Druh, počet válců, uspořádání	zážehový čtyřválec, napříč před přední nápravou
Zdvihový objem (cm ³)	1884
Max. točivý moment při ot. (N.m./min ⁻¹)	170Nm při 2400 min ⁻¹
Max. výkon při otáčkách (kW/min ⁻¹)	85kW při 5200 min ⁻¹
Příprava směsi	nepřímé vstřikování
Stav tachometru (km)	4111



Obrázek 19: Integrace sběru dat z OBD-II na válcové zkušebně MZLU v Brně

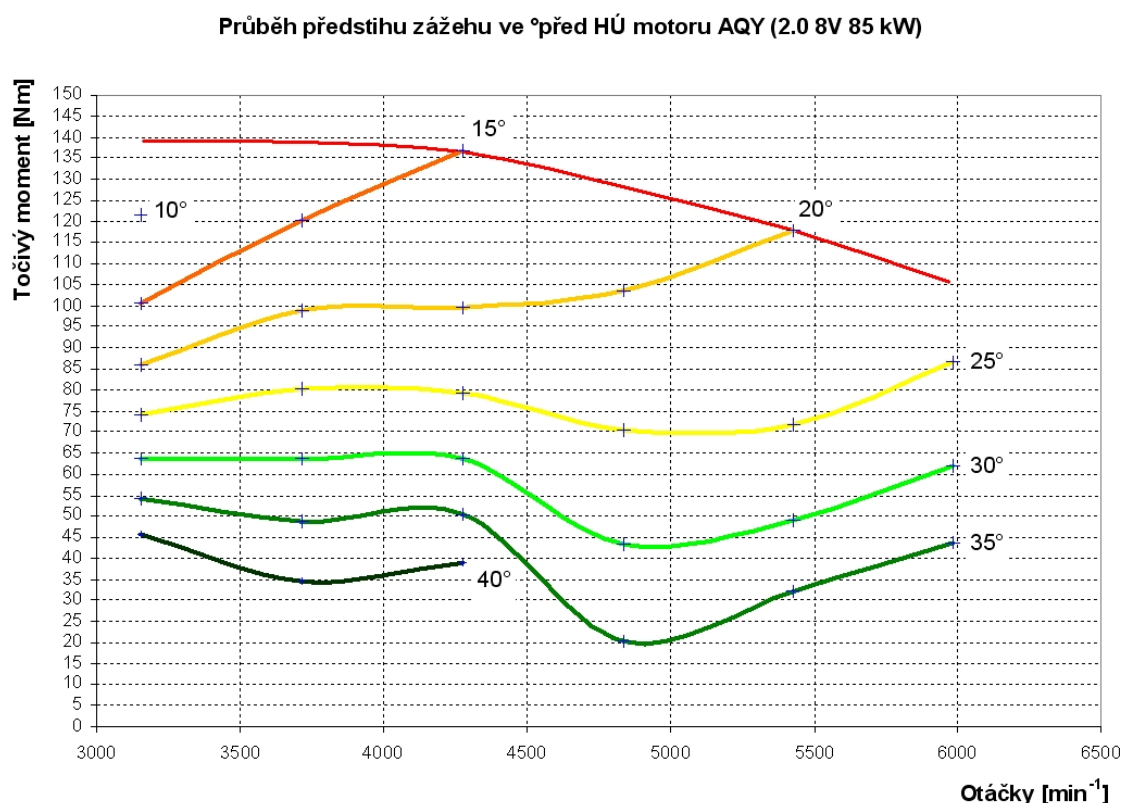


Obrázek 20: Konfigurační panel OBD-II

3.3 Naměřená data z protokolu OBD-II na válcové zkušebně

Následující charakteristiky byly změřeny na válcové zkušebně na MZLU v Brně. Byly při nich využity informace z diagnostického protokolu OBD-II o předstihu zážehu, množství nasávaného vzduchu a teploty nasávaného vzduchu.

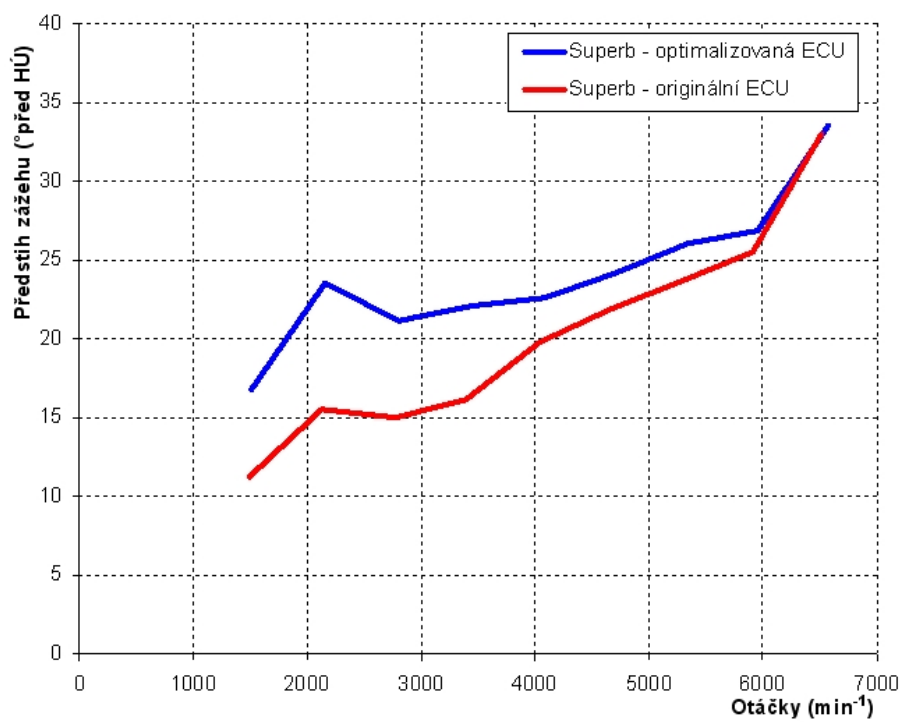
Na obrázku 21 je zobrazená úplná charakteristika předstihu zážehu u motoru AQY(2.0 8V/85kW). Údaje o předstihu byly získány z diagnostického protokolu OBD-II.



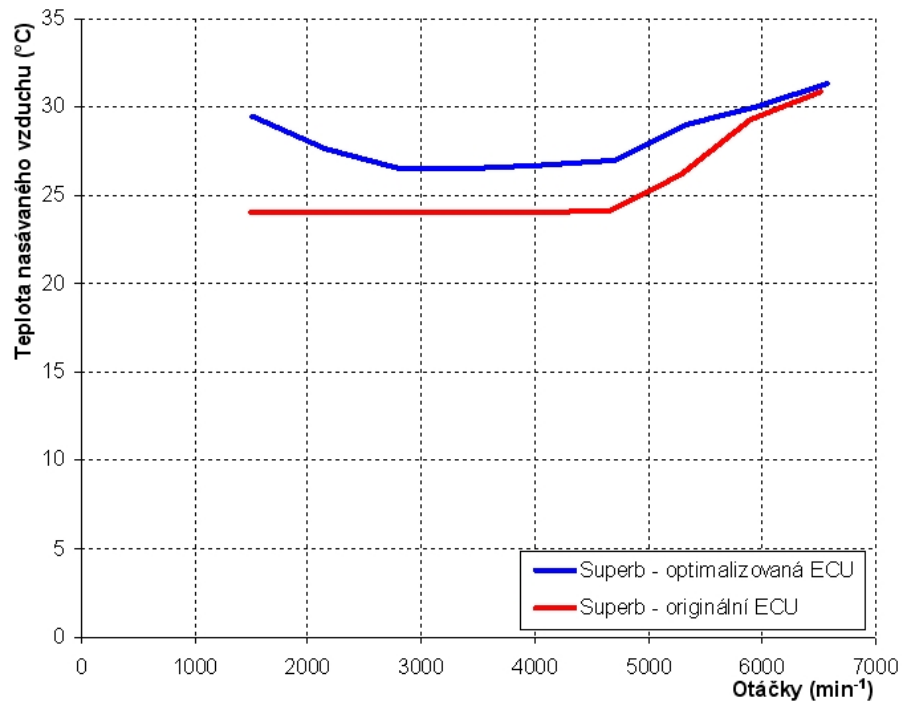
Obrázek 21: Úplná charakteristika předstihu zážehu

Parametry protokolu OBD-II lze využít i při zkoušení optimalizovaných map řídicí jednotky motoru. Opět je možné získat data, která poskytuje řídicí jednotka motoru. Na obrázku 22 je vidět, jak se liší hodnoty předstihu u originální a upravené řídicí jednotky. Nejmarkatnější je rozdíl v oblasti $2000 - 2500 \text{ min}^{-1}$. Je to ovšem způsobeno, tím, že motor s upravenou řídicí jednotkou spaloval palivo s vyšším oktanovým číslem. Teplota nasávaného vzduchu je u upravené jednotky nepatrně vyšší (Obr. 23), což má za následek menší schopnost plnění válce. V oblasti maximálního výkonu jsou však

křivky víceméně totožné.

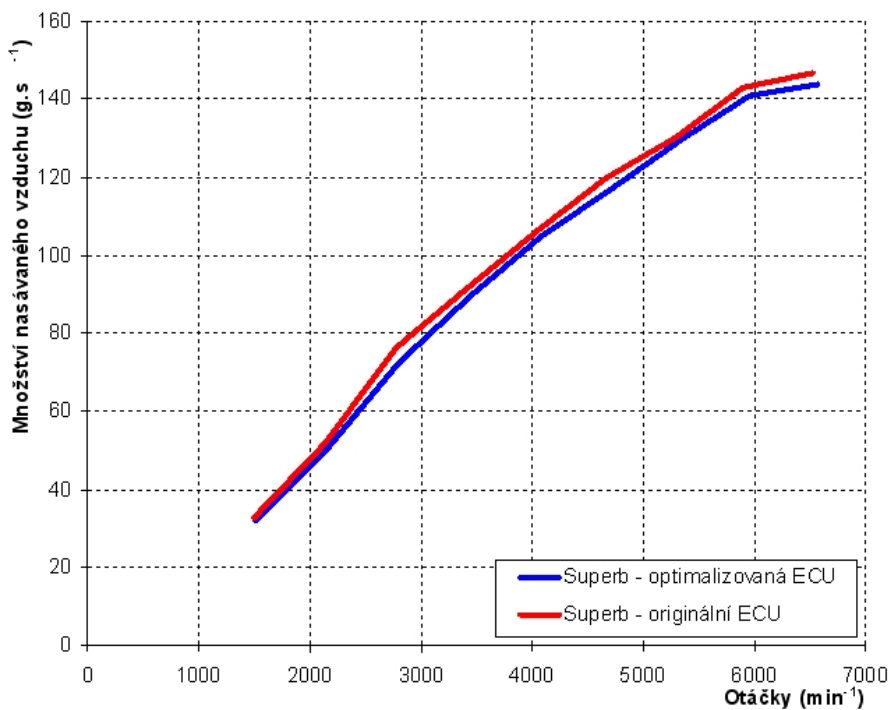


Obrázek 22: Předstih zážehu optimalizované a originální ECU



Obrázek 23: Teplota nasávaného vzduchu s optimalizovanou a originální ECU

Protože častou závadou je chybný údaj ze snímače MAF, je nutno tuto veličinu též kontrolovat. Z grafu na obrázku 24 je patrné, že obě křivky se víceméně kopírují a je tím vyloučena chyba průtokoměru. S využitím diagnostického protokolu OBD-II je tato kontrola velice snadná, protože řídicí jednotka sama tento údaj poskytuje.



Obrázek 24: Množství nasávaného vzduchu s optimalizovanou a originální ECU

4 Závěr

Dnešní automobily jsou vybaveny poměrně složitými elektronickými řídicími systémy. Ať již se jedná o řízení motoru, systémů brzd nebo dnes již komfortních funkcí jako jsou elektrická okna či centrální zamykání. V práci jsem se zabýval diagnostickým protokolem OBD-II, který se využívá k diagnostice závad na systémech motoru. Pro tento systém je nejdůležitější množství škodlivin ve výfukových plynech a proto je tak i vlastní diagnostika koncipována. Hlídací se všechny závady, které mají být i nepatrný vliv na konečné složené výfukových plynů. Dále diagnostický protokol OBD-II poskytuje i údaje měřené řídicí jednotkou jako například množství nasátého vzduchu, rychlost vozidla, otáčky motoru a mnohé další. Tyto poskytované veličiny lze využít i při zkoušení automobilů na válcovém dynamometru. Je možno získávat i veličiny, které by se neobešli bez složitého a v některých případech takřka nemožného umístění měřících senzorů. Systém OBD-II je standardizovaný, ovšem jeho působnost sahá pouze k systémům ovlivňující složení výfukových plynů. Proto výrobci pořád používají svoje diagnostické protokoly, které jsou ovšem nedokumentované. V praxi to znamená, že výrobce musí dodávat svoje diagnostické přístroje. Jedná se zde o marketingovou strategii výrobců vozidel.

Dále najde diagnostický protokol OBD-II uplatnění při zkoušení motorových vozidel na válcové zkušebně. Měření je možno doplnit i o údaje poskytované řídicí jednotkou motoru. Může se jednat o veličiny vstupní např. teplota nasávaného vzduchu, tak i veličiny výstupní, např. předstih zážehu. Výhoda při měření na zkušebně jsou ustálené podmínky a nehraje zde roli rychlost poskytovaných údajů řídicí jednotkou.

Seznam obrázků

1	Komponenty řídicí jednotky motoru	9
2	Možné provedení kontrolky MIL	12
3	Odezva lambda sondy	14
4	Odezva lambda regulace	15
5	Účinnost katalyzátoru	16
6	Funkce recirkulace výfukových plynů (EGR)	17
7	Algoritmus zjišťování výpadku zapalování	18
8	Zrychlení klikové hřídele při zjišťování výpadku zapalování	18
9	Vliv torzních kmitů na zrychlení klikové hřídele	19
10	Příklad adaptace netěsnosti sání – mezní stav z pohledu OBDII	20
11	Zapojení diagnostické zásuvky	21
12	Možné umístění diagnostické zásuvky ve vozidle	21
13	Převodník OBD-II – RS232	23
14	Hlavní menu programu ScanTool.net	32
15	Čtení paměti závad v programu ScanTool.net	33
16	Čtení dat z modusu 1 za chodu motoru	34
17	Demonstrace AT příkazů v programu DigiMoto Lite	36
18	Decentralizovaný systém měření válcového dynamometru na MZLU v Brně	38
19	Integrace sběru dat z OBD-II na válcové zkušebně MZLU v Brně . . .	40
20	Konfigurační panel OBD-II	40
21	Úplná charakteristika předstihu zážehu	41
22	Předstih zážehu optimalizované a originální ECU	42
23	Teplota nasávaného vzduchu s optimalizovanou a originální ECU . . .	42
24	Množství nasávaného vzduchu s optimalizovanou a originální ECU . . .	43

Použitá literatura

- [1] VLK, F. Vozidlové spalovací motory. Brno: Nakladatelství VLK, 2002. 580 s. ISBN 80-238-8756-4.
- [2] VLK, F. Zkoušení a diagnostika motorových vozidel: výkon vozidla, brzdné vlastnosti, převodová ústrojí, řízení, geometrie kol, tlumiče a pružiny, řiditelnost a ovladatelnost, životní zkoušky, motor, zapalování, elektronické systémy. 2. vyd. Brno: František Vlk, 2005. 576 s. ISBN 80-239-3717-0.
- [3] VLK, F. Elektronické systémy motorových vozidel 1. Brno: Vlk, 2002. 298 s. ISBN 80-238-7282-6.
- [4] Čupera, J.: Disertační práce, 151 str., Brno 2005.
- [5] Vozidlová zkusebna [online]. 2008 [cit. 2008-03-03]. Dostupný z WWW: <www.zkusebna.wz.cz>.
- [6] OBD-II [online]. 2009 [cit. 2008-03-04]. Dostupný z WWW: <<http://www.obdii.com/>>.
- [7] ISO 9141
- [8] SAE J1850
- [9] SAE J1939
- [10] SAE J1979
- [11] SAE J2012
- [12] SAE papers

Příloha – Seznam PIDů s jejich stručným popisem

PID	Popis	Min	Max	Rozlišení
0	Standardní PIDy, 01 - 20	bitově		
1	MIL-Status, počet dostupných chybových kódů	4 Bytes (bitově)		
2	DTC s Freeze Frame	2 Byte		
3	Status vstřikování	2 Bytes (bitově)		aktivní, pasivní, smyčka
4	Vypočtená hodnota zatížení	0%	100%	100/255 %
5	Teplota chladicí kapaliny	-40 °C	+215 °C	1 °C s -40 °C offsetem
6	Krátkodobé adaptace paliva řada 1	-100%	99,22%	100/128 %
7	Dlouhodobé adaptace paliva řada 1	-100%	99,22%	100/128 %
8	Krátkodobé adaptace paliva řada 2	-100%	99,22%	100/128 %
9	Dlouhodobé adaptace paliva řada 2	-100%	99,22%	100/128 %
0A	Tlak paliva	0 kPa	765 kPa	3 kPa na Bit
0B	Absolutní tlak v sacím potrubí	0 kPa (absolutní)	255 kPa (absolutní)	1 kPa na Bit
0C	Otáčky motoru	0 min-1	16383,75 min-1	0,25 ot/min na Bit
0D	Rychlost	0 km/h	255 km/h	1 km/h na Bit
0E	Předstih (předvstřík)	-64 °	63,5 °	0,5 ° s 0 ° při 128
0F	Teplota nasávaného vzduchu	-40 °C	+215 °C	1 °C s -40 °C offsetem
10	Průtokový poměr MAF senzoru	0 g/s	655,35 g/s	0,01 g/s
11	Poloha škrtící klapky	0%	100%	100/255 %
12	Systém sekundárního vzduchu	bitově kodováno		
13	Uspořádání lambdasond	bitově kodováno		
14	Napětí na lambdasondě řada 1, senzor 1	0 V	1,275 V	0,005 V
	Krátkodobá adaptace paliva řada 1, senzor 1	-100%	99,22%	100/128 %
15	Napětí na lambdasondě řada 1, senzor 2	0 V	1,275 V	0,005 V
	Krátkodobá adaptace paliva řada 1, senzor 2	-100%	99,22%	100/128 %
16	Napětí na lambdasondě řada 1, senzor 3	0 V	1,275 V	0,005 V
	Krátkodobá adaptace paliva řada 1, senzor 3	-100%	99,22%	100/128 %
17	Napětí na lambdasondě řada 1, senzor 4	0 V	1,275 V	0,005 V

PID	Popis	Min	Max	Rozlišení
18	Napětí na lambdosondě řada 2, senzor 1	0 V	1,275 V	0,005 V
	Krátkodobá adaptace paliva řada 2, senzor 1	-100%	99,22%	100/128%
19	Napětí na lambdosondě řada 2, senzor 2	0 V	1,275 V	0,005 V
	Krátkodobá adaptace paliva řada 2, senzor 2	-100%	99,22%	100/128%
1A	Napětí na lambdosondě řada 2, senzor 3	0 V	1,275 V	0,005 V
	Krátkodobá adaptace paliva řada 2, senzor 3	-100%	99,22%	100/128%
1B	Napětí na lambdosondě řada 2, senzor 4	0 V	1,275 V	0,005 V
	Krátkodobá adaptace paliva řada 2, senzor 4	-100%	99,22%	100/128%
1C	OBD kompatibilita	1 Byte		
1D	Umístění lambdasondy	bitově kodováno		
1E	Statut nápovědy	bitově kodováno		
	Power Take Off (PTO) Status			
1F	Čas od startu	0 Sek.	65535 Sek.	2 Byte, 1 Sek./Bit
20	Nadstandardní PIDy, 21 - 40	Bit-codiert		
21	Kilometry najeté s aktivní MIL	0 km	65 535 km	2 Byte, 1 km/Bit
22	Tlak paliva vzhledem k podtlaku v sání	0 kPa	5177,27 kPa	0,079 kPa pro Bit
23	Tlak paliva	0 kPa	655.350 kPa	10 kPa na Bit
24	Ekvivalentní poměr lambdasonda řada 1, senzor 1	0	1,999	0,0000305
	napětí	0 V	7,999 V	0,000122 V
25	Ekvivalentní poměr lambdasonda řada 1, senzor 2	0	1,999	0,0000305
	napětí	0 V	7,999 V	0,000122 V
26	Ekvivalentní poměr lambdasonda řada 2, senzor 1	0	1,999	0,0000305
	napětí	0 V	7,999 V	0,000122 V
27	Ekvivalentní poměr lambdasonda řada 2, senzor 2	0	1,999	0,0000305
	napětí	0 V	7,999 V	0,000122 V
28	Ekvivalentní poměr lambdasonda řada 3, senzor 1	0	1,999	0,0000305
	napětí	0 V	7,999 V	0,000122 V
29	Ekvivalentní poměr lambdasonda řada 3, senzor 2	0	1,999	0,0000305
	napětí	0 V	7,999 V	0,000122 V
2A	Ekvivalentní poměr lambdasonda řada 4, senzor 1	0	1,999	0,0000305
	napětí	0 V	7,999 V	0,000122 V

PID	Popis	Min	Max	Rozlišení
2B	Ekvivalentní poměr lambdasonda řada 4, senzor 2	0	1,999	0,0000305
	napětí	0 V	7,999 V	0,000122 V
2C	Požadované množství recirkulovaných výfukových plynů	0%	100%	100/255 %
2D	Poměr požadovaného k aktuálnímu množství recirkulovaných výf. plynů	-100%	99,22%	100/128 % (0% při 128)
2E	Odvzdušnění	0%	100%	100/255 %
2F	Množství paliva v nádrži	0%	100%	100/255 %
30	Počet cyklů od vzniku chyby - výmaz	0	255	1 znamená jeden cyklus (FTP)
31	Vzdálenost (ujetá) od vzniku chyby - výmaz	0 km	65.535 km	1 km
32	Tlak plynů (odvzdušnění)	-8192 Pa	+8192 Pa	0,25 Pa na Bit
33	Barometrický tlak	0 kPa (absolutní)	255 kPa (absolutní)	1 kPa na Bit
34	Ekvivalentní poměr lambdasonda řada 1, senzor 1	0	1,999	0,0000305
	Proudový výstup (PID 34 je-li PID 13 podporován)	-128 mA	127,996 mA	0,00390625 mA
35	Ekvivalentní poměr lambdasonda řada 1, senzor 2	0	1,999	0,0000305
	Proudový výstup (PID 35 je-li PID 13 podporován)	-128 mA	127,996 mA	0,00390625 mA
36	Ekvivalentní poměr lambdasonda řada 1, senzor 3	0	1,999	0,0000305
	Proudový výstup (PID 36 je-li PID 13 podporován)	-128 mA	127,996 mA	0,00390625 mA
37	Ekvivalentní poměr lambdasonda řada 1, senzor 4	0	1,999	0,0000305
	Proudový výstup (PID 37 je-li PID 13 podporován)	-128 mA	127,996 mA	0,00390625 mA
38	Ekvivalentní poměr lambdasonda řada 2, senzor 1	0	1,999	0,0000305
	Proudový výstup (PID 38 je-li PID 13 podporován)	-128 mA	127,996 mA	0,00390625 mA
39	Ekvivalentní poměr lambdasonda řada 2, senzor 2	0	1,999	0,0000305
	Proudový výstup (PID 39 je-li PID 13 podporován)	-128 mA	127,996 mA	0,00390625 mA
3A	Ekvivalentní poměr lambdasonda řada 2, senzor 3	0	1,999	0,0000305
	Proudový výstup (PID 3A je-li PID 13 podporován)	-128 mA	127,996 mA	0,00390625 mA
3B	Ekvivalentní poměr lambdasonda řada 2, senzor 4	0	1,999	0,0000305
	Proudový výstup (PID 3B je-li PID 13 podporován)	-128 mA	127,996 mA	0,00390625 mA

PID	Popis	Min	Max	Rozlišení
3C	Teplota katalyzátoru (substrát) řada 1, senzor 1	-40 °C	+6513,5 °C	0,1 °C/Bit s - 40 °C ofsetem
3D	Teplota katalyzátoru (substrát) řada 1, senzor 2	-40 °C	+6513,5 °C	0,1 °C/Bit s - 40 °C ofsetem
3E	Teplota katalyzátoru (substrát) řada 2, senzor 1	-40 °C	+6513,5 °C	0,1 °C/Bit s - 40 °C ofsetem
3F	Teplota katalyzátoru (substrát) řada 2, senzor 2	-40 °C	+6513,5 °C	0,1 °C/Bit s - 40 °C ofsetem
40	Podporované PIDy (více než 40)	bitově kodováno		
41	Kontrolní status jízdního cyklu	bitově kodováno		
42	Vstupní napětí ECU	0 V	65,535 V	0,001 V na Bit
43	Absolutní zatížení	0%	25700%	100/255 %
44	Požadovaný ekvivalentní poměr	0	1,999	0,0000305
45	Poloha škrtící klapky (relativní)	0%	100%	100/255 %
46	Teplota okolí	-40 °C	+215 °C	1 °C s -40 °C ofsetem
47	Poloha škrtící klapky(absolutní) B	0%	100%	100/255 %
48	Poloha škrtící klapky (absolutní) C	0%	100%	100/255 %
49	Poloha pedálu akcelérátoru D	0%	100%	100/255 %
4A	Poloha pedálu akcelérátoru E	0%	100%	100/255 %
4B	Poloha pedálu akcelérátoru F	0%	100%	100/255 %
4C	Požadovaná poloha škrtící klapky - kontrola	0%	100%	100/255 %
4D	Čas chodu motoru od vzniku chyby	0 min.	65535 min.	1 min.
4E	Čas od vzniku chyby - výmaz	0 min.	65535 min.	1 min.
4F	...FF rezervováno pro rozšíření			



Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně
Ústav techniky a automobilové dopravy

VOzidloVá zkušebna

tel.: +420 545 132 949
fax: +420 545 132 093
email: podlipny@mendelu.cz
Zemědělská 1, Brno 613 00
http://www.mendelu.cz/autozkusebna

Zkušební protokol motoru

Zkušebna Br4VDM MEZservis VSETÍN

statická zkouška / #1

Datum : 02/03/2009 Čas : 10:58:06 Operátor : Ing.Podlipný SPZ :
Specifikace vozu : Octavia 2.0MPI
Specifikace testu :

č.m.:

VIN: TMBBE41U022573247

Barometrické podmínky

teplota [°C] : 21
tlak [kPa] : 98.46
vlhkost [%] : 27

Palivo

druh : Natural 95
teplota [°C] : 23
hustota [g/ccm] : 0.775

Motor

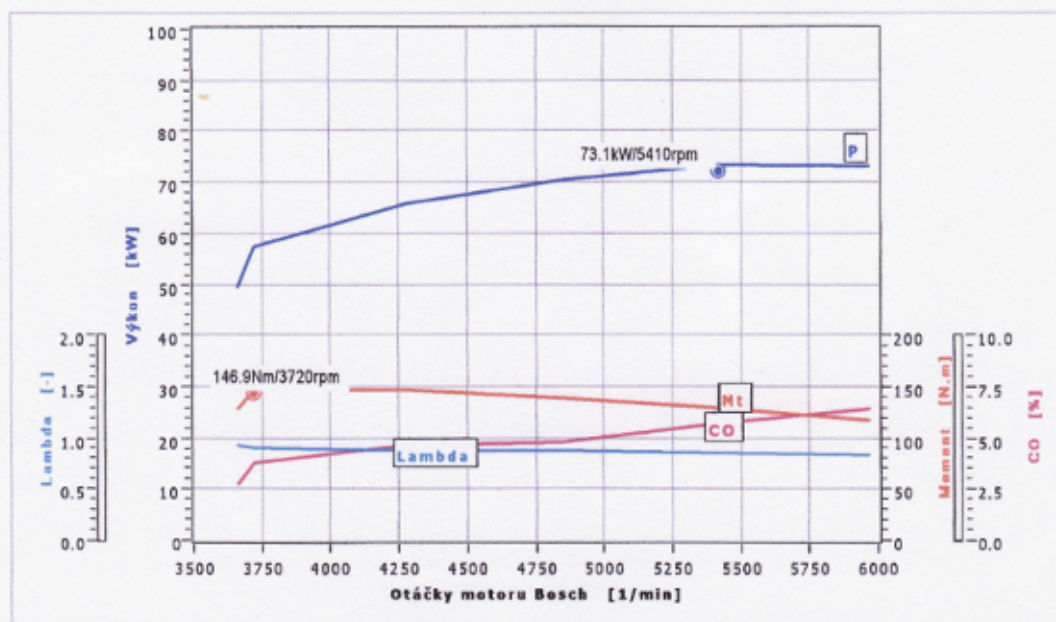
typ : zážehový
φ x zdvih : 82.5x92.8
z.objem [dm³] : 1.984

Ostatní

př.stupeň : II
stav tacho : 4111 km
doplň.údaj :

Korekce ISO pro standardní hodnoty : 25.0 °C ; 99.00 kPa ; vlhkost 0.0%

#	n_Bosch	P kor	Mt kr	T_vzduch	T-Bosch	CO	CO2	HC	O2	Lambda
	1/min	kW	N.m	°C	°C	%	%	ppm	%	-
1	3664	49.3	128.6	20.0	97.4	2.750	13.78	14	0.11	0.930
2	3722	57.3	146.9	20.1	98.7	3.782	12.97	28	0.10	0.901
3	4283	65.7	146.5	20.1	100.5	4.622	12.38	35	0.11	0.878
4	4845	70.3	138.5	20.3	102.8	4.763	12.36	43	0.10	0.875
5	5414	73.1	129.0	20.6	105.4	5.664	11.80	40	0.10	0.854
6	5967	73.0	116.8	23.6	108.6	6.411	11.31	39	0.10	0.834





Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně
Ústav techniky a automobilové dopravy

VOZIDLOVÁ zkušebna

tel.: +420 545 132 949
fax: +420 545 132 093
email: podlipny@mendelu.cz
Zemědělská 1, Brno 613 00
http://www.mendelu.cz/autozkusebna

Zkušební protokol motoru

Zkušebna Br4VDM MEZservis VSETÍN

statická zkouška / #2

Datum : 02/03/2009 Čas : 11:15:51 Operátor : Ing.Podlipný SPZ : č.m.:
Specifikace vozu : Octavia 2.0MPI VIN: TMBBE41U022573247
Specifikace testu :

Barometrické podmínky

teplota [°C] : 21
tlak [kPa] : 98.45
vlhkost [%] : 27

Palivo

druh : Natural 95
teplota [°C] : 23
hustota [g/ccm] : 0.775

Motor

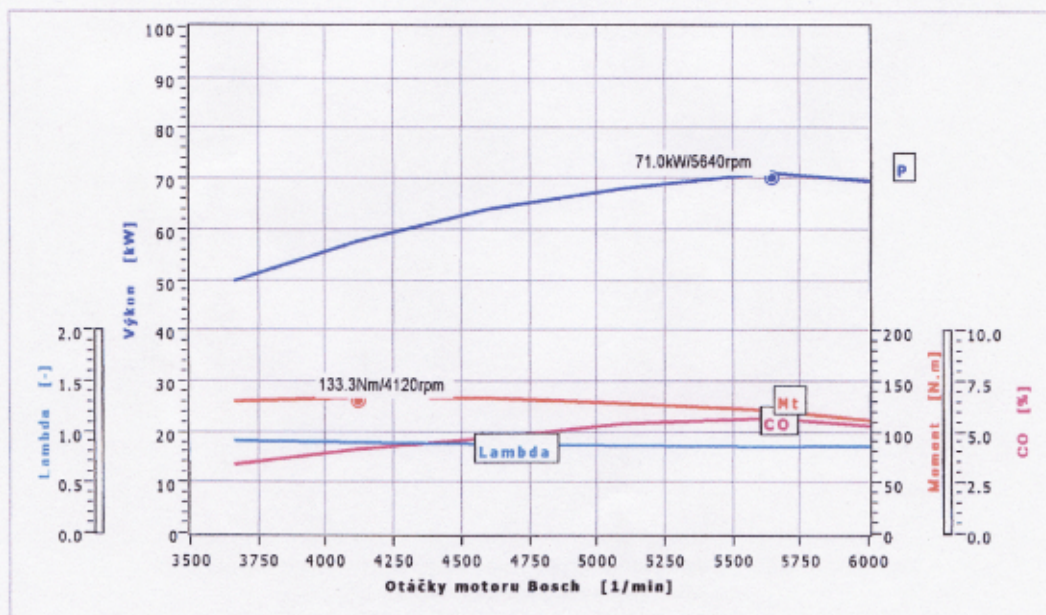
typ : zážehový
φ x zdvih : 82.5x92.8
z.objem [dm³] : 1.984

Ostatní

př.stupeň : II
stav tachy : 4111 km
doplň.údaj :

Korekce ISO pro standardní hodnoty : 25.0 °C ; 99.00 kPa ; vlhkost 0.0%

#	n_Bosch	P kor	Mt kr	T_vzduch	T-Bosch	CO	CO2	HC	O2	Lambda
	1/min	kW	N.m	°C	°C	%	%	ppm	%	-
1	3668	49.8	129.6	20.3	93.8	3.381	13.10	76	0.04	0.905
2	4118	57.5	133.3	20.4	95.6	4.122	12.57	44	0.04	0.888
3	4600	63.9	132.5	20.4	97.9	4.665	12.27	44	0.04	0.874
4	5102	67.9	127.2	20.6	100.5	5.375	11.80	39	0.04	0.855
5	5642	71.0	120.2	20.8	103.5	5.644	11.68	37	0.04	0.849
6	6184	68.6	105.9	22.0	107.3	5.088	11.95	31	0.05	0.861





Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně
Ústav techniky a automobilové dopravy

VOZIDLOVÁ zkušebna

tel.: +420 545 132 949
fax: +420 545 132 093
email: podlipny@mendelu.cz
Zemědělská 1, Brno 613 00
http://www.mendelu.cz/autozkusebna

Zkušební protokol motoru

Zkušebna Br4VDM MEZservis VSETÍN

statická zkouška / #3

Datum : 03/03/2009 Čas : 13:33:50 Operátor : Ing.Podlipný SPZ :

č.m.:

Specifikace vozu : Octavia 2.0MPI

VIN: TMBBE41U022573247

Specifikace testu :

Barometrické podmínky

Palivo

Motor

Ostatní

teplota [°C] : 21

druh : Natural 95

typ : zážehový

př.stupeň : II

tlak [kPa] : 98.43

teplota [°C] : 23

$\phi \times$ zdvih : 82.5x92.8

stav tach : 4111 km

vlhkost [%] : 29

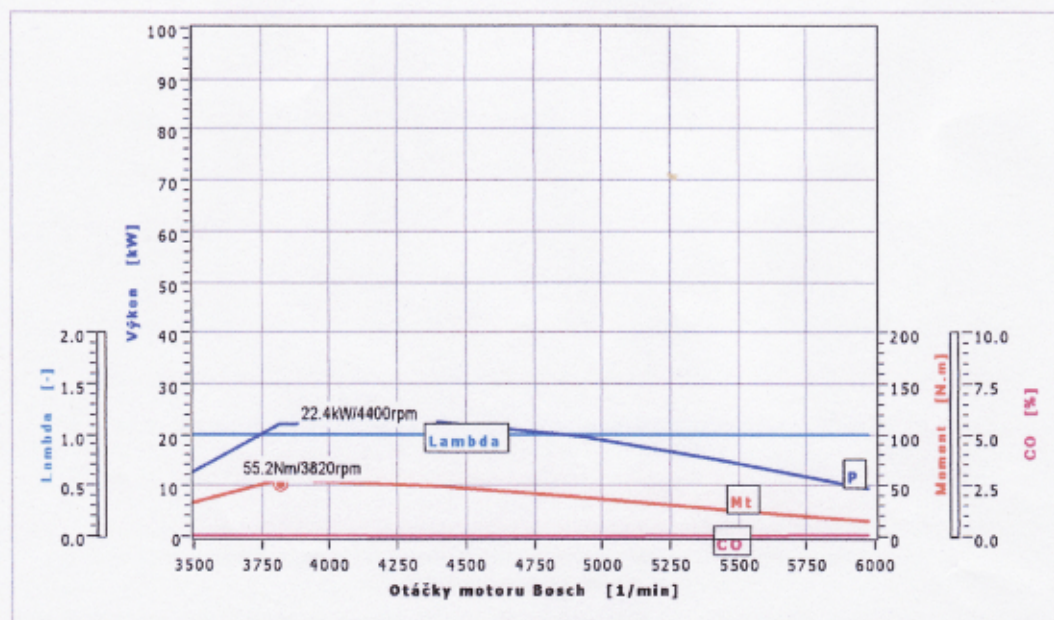
hustota [g/ccm] : 0.775

x.objem [dm³] : 1.984

doplň.údaj :

Korekce ISO pro standardní hodnoty : 25.0 °C ; 99.00 kPa ; vlhkost 0.0%

#	n_Bosch	P kor	Mt kr	T_vzduch	T-Bosch	CO	CO2	HC	O2	Lambda
	1/min	kW	N.m	°C	°C	%	%	ppm	%	-
1	3170	3.0	9.2	20.8	93.9	0.013	15.05	5	0.09	1.004
2	3816	22.0	55.2	21.0	94.7	0.016	15.04	5	0.06	1.002
3	4402	22.4	48.7	21.1	96.0	0.005	15.17	4	0.05	1.002
4	4927	19.5	37.8	21.3	97.9	0.006	15.16	4	0.05	1.002
5	5451	14.8	26.0	21.5	100.1	0.017	15.17	6	0.05	1.002
6	5975	9.4	15.0	21.6	102.5	0.070	15.14	6	0.05	1.000





Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně

Ústav techniky a automobilové dopravy

VOzidloVá zkušebna

tel.: +420 545 132 949

fax: +420 545 132 093

email: podlipny@mendelu.cz

Zemědělská 1, Brno 613 00

http://www.mendelu.cz/autozkusebna

Zkušební protokol motoru

Zkušebna Br4VDM MEZservis VSETÍN

statická zkouška / #13

Datum : 03/03/2009 Čas : 15:55:24 Operátor : Inq.Podlipný SPZ :

č.m.:

Specifikace vozu : Octavia 2.0MPI

VIN: TMBBE41U022573247

Specifikace testu :

29% klapka

Barometrické podmínky

Palivo

Motor

Ostatní

teplota [°C] : 25

druh : Natural 95

typ : zážehový

př.stupeň : II

tlak [kPa] : 98.48

teplota [°C] : 23

φ x zdvih : 82.5x92.8

stav tach : 4111 km

vlhkost [%] : 29

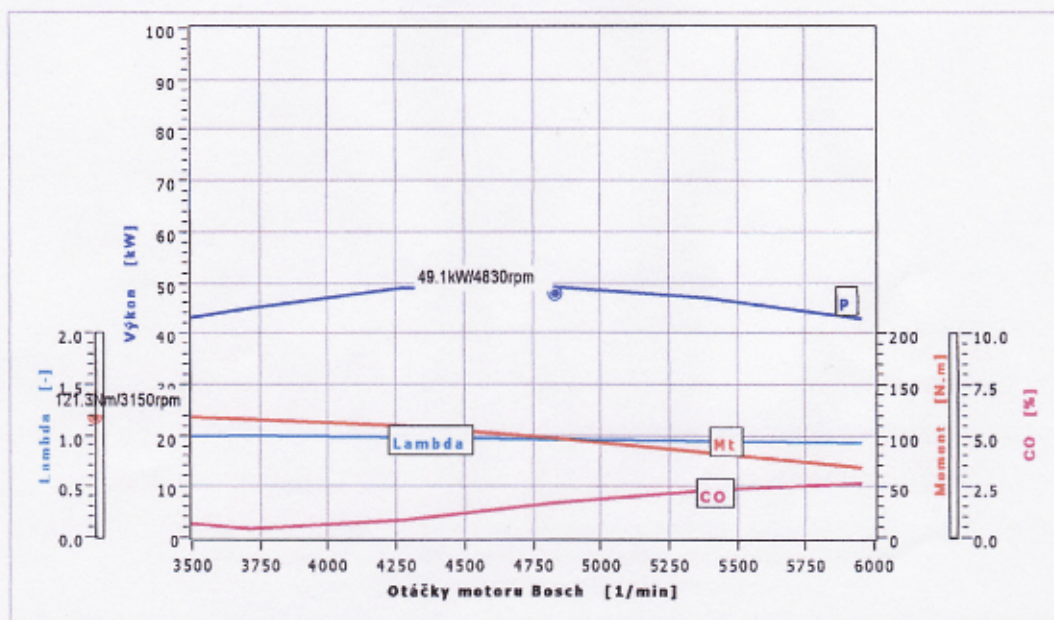
hustota [g/ccm] : 0.775

z.objem [dm³] : 1.984

doplň.údaj :

Korekce ISO pro standardní hodnoty : 25.0 °C ; 99.00 kPa ; vlhkost 0.0%

#	n_Bosch	P kor	Mt kr	T_vzduch	T-Bosch	CO	CO2	HC	O2	Lambda
	1/min	kW	N.m	°C	°C	%	%	ppm	%	-
1	3146	40.0	121.3	24.3	97.9	1.049	14.65	7	0.09	0.975
2	3715	44.8	115.2	24.5	99.3	0.380	14.77	10	0.09	0.992
3	4276	48.9	109.1	24.6	101.0	0.806	14.66	12	0.09	0.981
4	4832	49.1	97.1	24.6	103.2	1.659	14.12	14	0.09	0.957
5	5394	46.8	82.9	24.9	105.8	2.303	13.72	16	0.09	0.939
6	5952	42.8	68.7	26.7	109.1	2.629	13.46	19	0.09	0.930





Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně
Ústav techniky a automobilové dopravy

VOZIDLOVÁ zkušebna

tel.: +420 545 132 949
fax: +420 545 132 093
email: podlipny@mendelu.cz
Zemědělská 1, Brno 613 00
http://www.mendelu.cz/autozkusebna

Zkušební protokol motoru

Zkušebna Br4VDM MEZservis VSETÍN

statická zkouška / #14

Datum : 03/03/2009 Čas : 16:09:35 Operátor : Ing.Podlipný

SPZ :

č.m.:

Specifikace vozu : Octavia 2.0MPI

VIN: TMBBE41U022573247

Specifikace testu :

23% klapka

Barometrické podmínky

Palivo

Motor

Ostatní

teplota [°C] : 24

druh : Natural 95

typ : zážehový

př.stupeň : II

tlak [kPa] : 98.50

teplota [°C] : 23

φ x zdvih : 82.5x92.8

stav tachy : 4111 km

vlhkost [%] : 29

hustota [g/ccm] : 0.775

z.objem [dm³] : 1.984

doplň.údaj :

Korekce ISO pro standardní hodnoty : 25.0 °C ; 99.00 kPa ; vlhkost 0.0%

#	n_Bosch	P kor	Mt kr	T_vzduch	T-Bosch	CO	CO2	HC	O2	Lambda
	1/min	kW	N.m	°C	°C	%	%	ppm	%	-
1	3148	28.0	85.0	23.9	96.9	0.069	14.84	7	0.09	1.002
2	3704	32.5	83.9	24.0	98.2	0.002	15.07	5	0.09	1.004
3	4265	36.5	81.7	24.2	100.0	0.003	15.10	5	0.09	1.004
4	4825	36.0	71.2	24.2	102.0	0.162	15.05	5	0.09	1.000
5	5527	31.6	54.6	24.4	104.4	0.902	14.65	7	0.09	0.979
6	6056	28.6	45.0	24.7	107.4	1.351	14.33	9	0.09	0.966

