

UNIVERZITA PARDUBICE
DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2010

Michal Bělohav

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

Chiptuning motorů vozidel koncernu VW a jeho vliv na emise

Michal Bělohav

Bakalářská práce

2010

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Katedra dopravních prostředků a diagnostiky
Akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Michal BĚLOHLAV**

Studijní program: **B3709 Dopravní technologie a spoje**

Studijní obor: **Dopravní prostředky-Silniční vozidla**

Název tématu: **Chiptuning motorů vozidel koncernu VW a jeho vliv na emise.**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Podstata chiptuningu, jeho přínosy a negativa. 2. Přehled systémů řízení motoru Bosch. 3. Snímání a zpracování provozních dat. 4. Požadavky na softwarové a hardwarové vybavení pro chiptuning motorů vozidel koncernu VW. 5. Popis chiptuningu. 6. Vliv chiptuningu na emise vozidel koncernu VW.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

- [1] Vlk, F.; **Automobilová elektronika 3: Systémy řízení motoru a převodů**. Brno: Nakladatelství a vydavatelství František Vlk, 2006. ISBN 80-239-7063-1. [2] Papoušek, M., Štěrba, P.; **Diagnostika spalovacích motorů**. Brno: Computer Press, 2007. ISBN 978-80-251-1697-5. [3] Gregora, S., Mašek, Z.; **Elektronické a mechatronické systémy v konstrukci silničních vozidel**. Skriptum Univerzity Pardubice, Pardubice 2008. ISBN 978-80-7395-082-8. [4] Takáts, M.; **Měření emisí spalovacích motorů**. Skriptum ČVUT, Praha 1997. ISBN 80-01-01632-3. [5] Růžička, B.; **Jak na chip-tuning**. Vydavatelství Grada, Praha 2008. ISBN 978-80-251-2096-5.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jaromír Folvarčný

Katedra dopravních prostředků a diagnostiky

Datum zadání bakalářské práce: **20. února 2009**

Termín odevzdání bakalářské práce: **1. června 2009**



prof. Ing. Bohumil Culek, CSc.

děkan

L.S.



doc. Ing. Miroslav Tesař, CSc.

vedoucí katedry

dne

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 20. 05. 2010

Michal Bělohav

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych rád poděkoval svým přátelům Bc. Jakubu Pšeničkovi a Jiřímu Rylichovi za zapůjčení jejich automobilů k uskutečnění všech měření a za výpomoc při testování, měření a nastavování parametrů u níže uvedených vozů. Svému otci Jiřímu Bělohlovovi, za výpomoc a rady při praktických zkouškách, měřeních a dílenských úpravách a opravách motorů. Dále bych rád poděkoval své přítelkyni Petře Bolinové a celé své rodině za trpělivost a podporu při studiu. V neposlední řadě patří poděkování též vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Jaromíru Folvarčnému za cenné připomínky při formálním zpracování obsahu práce.

NÁZEV

Chiptuning motorů vozidel koncernu VW a jeho vliv na emise.

ANOTACE

Tato bakalářská práce se zabývá nejprve tématem chiptuningu a snaží se o jeho zpřehlednění. Následně řeší systémy motor managementu od společnosti BOSCH. V druhé polovině práce, se zaměřuje na konkrétní možnosti využití chiptuningu a jeho dopady na složení výfukových emisí.

KLÍČOVÁ SLOVA

chiptuning; bosch; motor management; emise výfukových plynů

TITLE

Chiptuning of car engines of concern VW and his influence over emission.

ANNOTATION

This Bachelor thesis deals with the in the first instance theme Chiptuning and strive for the sake of clarity. Subsequently, engine management systems solve Bosch. In the second half of the work focuses on the specific possibilities of chip tuning and its impact on the composition of exhaust emissions.

KEYWORDS

chiptuning; bosch; motor management; exhaust emissions

OBSAH

| | |
|---|-----------|
| ÚVOD | 11 |
| 1 PODSTATA CHIPTUNINGU, JEHO PŘÍNOSY A NEGATIVA..... | 13 |
| 1.1 Charakteristika chiptuningu..... | 13 |
| 1.2 Možnosti úpravy | 16 |
| 1.3 Přínosy chiptuningu | 17 |
| 1.4 Negativa chiptuningu..... | 18 |
| 2 PŘEHLED SYSTÉMŮ ŘÍZENÍ MOTORU BOSCH | 19 |
| 2.1 Druhy vstřikování | 19 |
| 2.2 ECOTRONIC | 19 |
| 2.3 JETRONIC | 19 |
| 2.4 K - Jetronic, Mechanické vstřikování A KE - Jetronic, mechanicko - elektronické vstřikování | 20 |
| 2.5 S. P. I. Mono - Jetronic, Elektronické jednobodové vstřikování (Single Point Injection)..... | 22 |
| 2.5.1 Palivový obvod..... | 23 |
| 2.5.2 Palivové čerpadlo | 23 |
| 2.5.3 Vstřikovací ventil | 24 |
| 2.5.4 Dávkování paliva | 25 |
| 2.5.5 L - JETRONIC, Elektronické vstřikování paliva..... | 25 |
| 2.5.6 Vstřikovací ventil | 26 |
| 2.6 LE - JETRONIC | 27 |
| 2.6.1 Měřič hmotnosti nasávaného vzduchu | 27 |
| 2.6.2 Šoupátko přídavného vzduchu | 28 |
| 2.7 LE2 - JETRONIC | 28 |
| 2.8 L3 - JETRONIC..... | 28 |
| 2.9 LH - JETRONIC..... | 28 |
| 2.9.1 Měřič množství vzduchu se žhaveným drátem | 29 |
| 2.9.2 Měřič množství vzduchu s vyhřívaným filmem..... | 29 |
| 2.10 BOSCH MOTRONIC..... | 30 |
| 2.11 Mono - motronic | 32 |
| 2.12 DI - MOTRONIC, Elektronické přímé vstřikování..... | 32 |
| 2.12.1 provozní režimy systému di - motronic | 34 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 2.12.2 | 2. generace DI - Motronic | 35 |
| 3 | SNÍMÁNÍ PROVOZNÍCH DAT | 37 |
| 3.1 | Zatížení motoru..... | 37 |
| 3.1.1 | Měřič množství vzduchu s výkyvnou klapkou..... | 37 |
| 3.1.2 | MAF senzor- Měřič hmotnosti vzduchu | 38 |
| 3.1.3 | Měřič hmotnosti vzduchu se žhaveným drátem..... | 38 |
| 3.1.4 | Měřič hmotnosti vzduchu s vyhřívaným filmem | 38 |
| 3.1.5 | MAP senzor - Snímač tlaku v sacím potrubí | 39 |
| 3.2 | Snímač polohy škrticí klapky | 39 |
| 3.3 | EGT - Snímač teploty výfukových plynů..... | 40 |
| 3.4 | Otáčky, poloha klikového a vačkového hřídele..... | 40 |
| 3.4.1 | Tvorba signálu polohy klikového hřídele | 40 |
| 3.4.2 | Výpočet polohy klikového hřídele | 41 |
| 3.4.3 | Poloha vačkového hřídele | 42 |
| 3.4.4 | Signál Hallova snímače..... | 42 |
| 3.4.5 | Výpočet polohy vačkového hřídele..... | 43 |
| 3.5 | Složení směsi | 43 |
| 3.5.1 | Součinitel přebytku vzduchu Lambda..... | 43 |
| 3.5.2 | Lambda sonda (kyslíková sonda)..... | 43 |
| 3.5.3 | Vyhřívaná lambda sonda..... | 44 |
| 3.6 | Detonační spalování - snímač klepání motoru..... | 45 |
| 3.7 | Teplota motoru a nasávaného vzduchu..... | 46 |
| 3.8 | Napětí akumulátoru | 47 |
| 4 | ZPRACOVÁNÍ PROVOZNÍCH DAT..... | 48 |
| 4.1 | Digitální vstupní signály..... | 48 |
| 4.2 | Analogové vstupní signály | 48 |
| 4.3 | Pulzní vstupní signály..... | 48 |
| 4.4 | Měření hmotnosti vzduchu | 50 |
| 4.5 | Měření tlaku..... | 50 |
| 4.6 | Měření úhlu natočení škrticí klapky | 51 |
| 4.7 | Výpočet doby vstřiku..... | 51 |
| 4.7.1 | Základní doba vstřiku..... | 51 |
| 4.7.2 | Efektivní doba vstřiku | 51 |
| 4.8 | Okamžik vstřikování..... | 52 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 4.8.1 | Simultánní vstřikování | 52 |
| 4.8.2 | Skupinové vstřikování..... | 53 |
| 4.8.3 | Sekvenční vstřikování benzínu (SEFI)..... | 53 |
| 4.8.4 | Individuální vstřikování do válců (CIFI) | 53 |
| 4.8.5 | Porovnání | 53 |
| 4.9 | Řízení úhlu sepnutí | 53 |
| 4.10 | Řízení úhlu zážehu..... | 54 |
| 5 | POŽADAVKY NA SOFTWARE A HARDWAROVÉ VYBAVENÍ PRO CHIPTUNING MOTORŮ KONCERNU VW | 56 |
| 5.1 | měření výkonu před / po úpravě | 56 |
| 5.1.1 | Statické měření - Výkon změřený na kolech | 56 |
| 5.1.2 | Dynamické měření - Měření výkonu během akcelerace vozidla | 57 |
| 5.1.3 | MĚŘENÍ NA MOTOROVÉ STOLICI | 57 |
| 5.2 | „Amatérský“ chiptuning | 57 |
| 5.3 | Profi chiptuning | 58 |
| 5.3.1 | Bezdemontážní chiptuning..... | 58 |
| 5.3.2 | Chiptuning s demontáží motoru | 59 |
| 5.4 | Popis chiptuningu | 60 |
| 6 | VLIV CHIPTUNINGU NA EMISE VOZIDEL KONCERNU VW | 62 |
| 6.1 | Měření č. 1 - Škoda Fabia I, 1.2 htp, 47 kw | 62 |
| 6.1.1 | Zjištění sériových parametrů motoru | 63 |
| 6.1.2 | Použité vybavení | 63 |
| 6.1.3 | Princip samotného měření..... | 64 |
| 6.1.4 | Úprava automobilu..... | 66 |
| 6.1.5 | Měření výkonových parametrů po úpravě | 67 |
| 6.1.6 | Měření emisí před úpravou | 68 |
| 6.1.7 | Měření emisí po úpravě..... | 70 |
| 6.2 | Měření č. 2 - škoda octavia i, 1.8 t rs, 132 kw..... | 71 |
| 6.2.1 | Úprava DAT automobilu..... | 71 |
| 6.2.2 | Měření emisí před úpravou | 73 |
| 6.2.3 | Měření emisí po úpravě..... | 74 |
| | ZÁVĚR..... | 75 |
| | SEZNAM OBRÁZKŮ..... | 76 |
| | SEZNAM TABULEK | 78 |

| | |
|--------------------------------------|-----------|
| SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ | 79 |
|--------------------------------------|-----------|

ÚVOD

Na parametry spalovacích motorů má vliv celá řada faktorů, přičemž k nejdůležitějším patří tvorba zápalné směsi a řízený průběh spalování. Uplatnění elektroniky v řízení moderních spalovacích motorů umožňuje sladit protichůdné požadavky na motor, jako je vysoký výkon a krouticí moment a zároveň nízká spotřeba paliva, při co nejmenším množství škodlivin ve výfukových plynech. U všech výrobců spalovacích motorů a jejich řídicích systémů probíhá v tomto ohledu soustavná inovace, která vede k plnění neustále snižujícím se emisním limitům, přísných zákonných norem (v EU je v současnosti v platnosti Euro 5). Důležitou roli v inovačním procesu přitom hraje strategie a cejchování. Strategii v řízení motoru tvoří ovládací program, který je nainstalován v řídicí jednotce motoru a cejchování tvoří data, se kterými strategie pracuje. Program strategie a data cejchování, jsou uložena v pevné paměti ROM (*Read Only Memory*) řídicí jednotky motoru. Během kalibračního vývoje se cejchování postupně modifikuje, aby se u sériového vozidla získaly neoptimálnější jízdní vlastnosti (výkon, spotřeba paliva, emisní parametry). Úpravu cejchování lze provádět také na základě snahy maximalizovat výkon motoru, za předpokladu dodržení platných emisních norem. Tento postup se nazývá chiptuning a představuje změnu dat v datových polích uložených na chipu (paměť EPROM nebo FLASH paměť). Nástup nové generace Flash – EPROM paměti umožňuje přepisovat data prostřednictvím komunikace s řídicí jednotkou motoru (ECU) přes diagnostickou zásuvku s rozhraním EOBD.

Chiptuning samozřejmě není určen pouze pro zvyšování výkonu do maximálních konstrukčních mezí, po čemž každý netouží. S jeho rozumným a odborným využitím lze dosáhnout mnohem lepších charakteristik krouticího momentu a křivky výkonu, například pro dosažení snížení spotřeby. Nebo lze s jeho pomocí omezit výkon po překročení určitých otáček (např. pro firemní automobily). Pro plné využití metody chiptuningu, neboli úpravy dat v řídicí jednotce, od úpravce samozřejmě vyžaduje výrazné odborné znalosti v oboru automobilových motorů a spalování paliv.

V této práci se zabývám chiptuningem v jeho nejzákladnější podobě, samotnou úpravou dat řídicích jednotek a jeho vlivem na životní prostředí neboli vlivem na emise motoru. Nezabývám se úpravami jako je POWERBOX, TUNINGBOX, RACINGBOX, KÜBERL, popř. další zařízení a metody, které jsou chiptuningem jen milně nazývány, avšak do něj nepatří. Jedná se o přídavná zařízení (v některém případě samostatné řídicí jednotky), bez zásahu do samotné řídicí jednotky motoru, které různým způsobem (dle kvality provedení

a výrobce daného typu) ovlivňují a upravují informace jdoucí od snímačů a čidel motoru do řídicí jednotky.

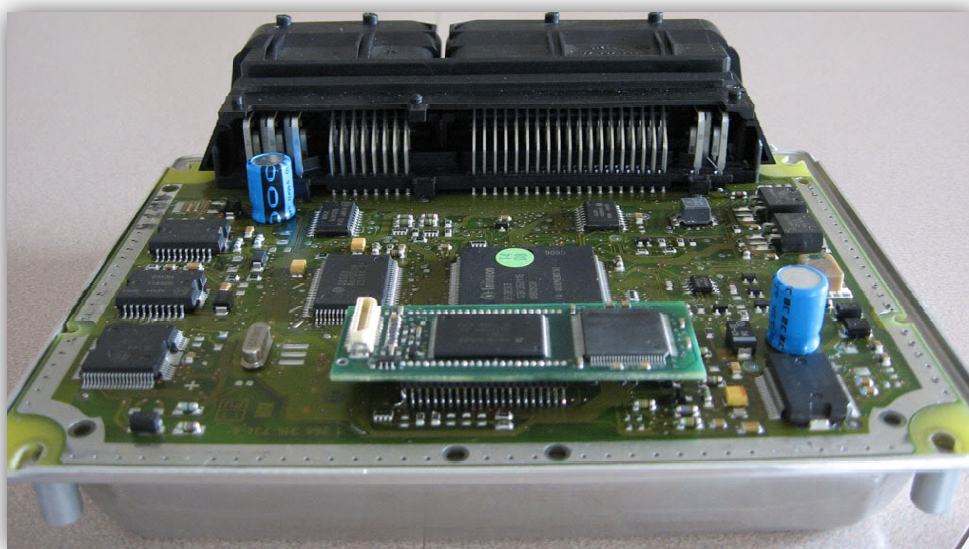
Nezaměřuji se pouze na teoretické poučky, provedl jsem měření na několika vozech z koncernu VW, které se rozrostlo o mnoho víceprací, které jsem na samém začátku práce ani neočekával. Výstup z této práce, a to provedená měření na vozech Škoda Fabia I (47 kW) a Škoda Octavia I RS (132 kW) je vzhledem k počtu úpravců a počtu upravených automobilů tak malý, že nelze zobecňovat. Hodnoty emisních limitů a výstupní charakteristiky motoru záleží především na zkušenostech a odborných znalostech samotného úpravce. Ovlivňování stavu ekologie nese na bedrech samozřejmě i samotný majitel vozu, díky tomu, jak o automobil pečuje, jezdí – li např. s propáleným katalyzátorem a děravým výfukem, popř. jezdí na vyjetý olej či brzdovou kapalinu a směs čehokoliv zapalitelného, což v praxi není ojedinělý případ, nebo svůj vůz naopak pravidelně servisuje.

1 PODSTATA CHIPTUNINGU, JEHO PŘÍNOSY A NEGATIVA

1.1 CHARAKTERISTIKA CHIPTUNINGU

Pod pojmem chiptuning se skrývá celá řada postupů, jak upravit parametry originálních řídicích jednotek (ECU - *Engine Central Unit* = polovodičová paměť) motoru, které tvoří mozek každého moderního automobilu.

Přestože postupů, jak parametry motoru pomocí ovládacího softwaru ovlivnit je více, budu se zde zabývat jen jedním, který jsem použil ve své práci, a to chiptuning ve smyslu změny (úpravy dat) charakteristického pole, tzv. EPROM, EEPROM paměti (chip) v řídicí jednotce motoru, tedy elektronického paměťového bloku s nahaným sériovým programem, upraveným pro daný typ automobilu či výměna samotného chipu. EPROM - *Erasable Programmable Read-Only Memory*, jedná se o semipermanentní typ paměti typu ROM-RAM, jejíž obsah je mazatelný ultrafialovým zářením (UV). Před novým naprogramováním je nutné paměť smazat. K programování se používá většinou několikanásobně vyšší napětí než ke čtení. Paměť EEPROM - *Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory* je technologicky velmi podobná paměti EPROM, rozdíl mezi nimi je v tom, že EEPROM se maže elektricky s možností smazat pouze určitý byte - není nutné mazat celý obsah paměti tak jako u EPROM.



Obrázek 1 - základní deska ECU s již upraveným chipem [24]

Chiptuningem se rozumí změna charakteristického pole, které určuje okamžik zážehu. Vztažnými veličinami jsou teplota motoru, otáčky a zatížení motoru (podtlak v sacím potrubí a poloha škrtkic klapky). Charakteristické pole vyjadřuje závislost velikosti předstihu na hodnotách vztažných veličin. To je stanoveno výrobcem při výrobě vozidla na základě zkoušek motoru na motorové brzdě ve zkušebně či při jízdě zkoušce.

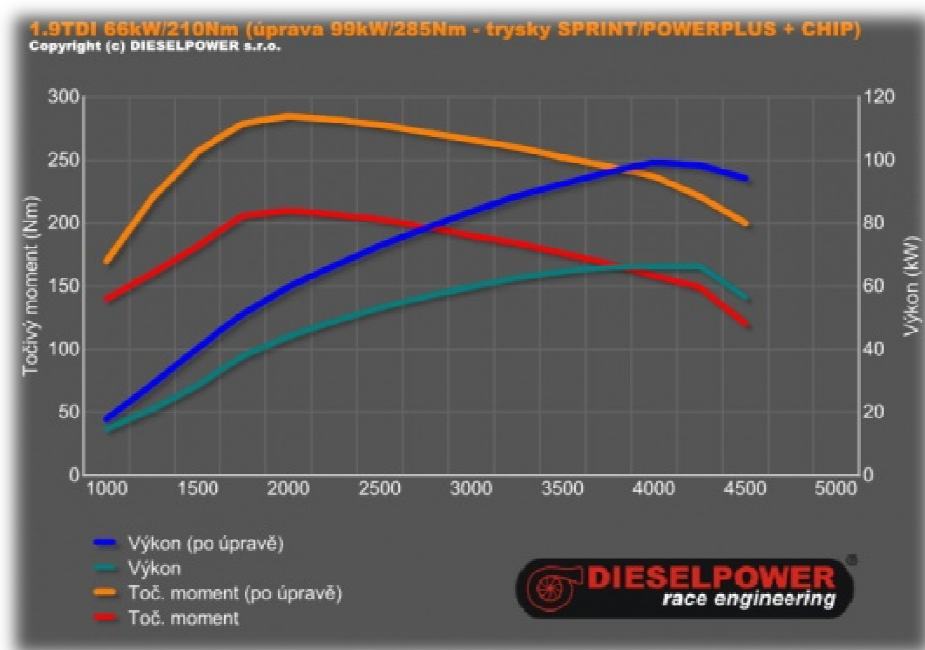
Jelikož jsou automobily vyráběny sériově, musejí výrobci předpokládat provoz za všech podmínek, musejí také počítat s tím, že ne každý uživatel bude tankovat kvalitní palivo a dbát servisních doporučení, např. kilometrového nebo časového proběhu oleje. Zároveň je také potřeba zohlednit různý styl jízdy každého člověka, tedy využití výkonu vozidla. K těmto všem podmínkám musí být ovládací software přizpůsoben. Konstrukteři musejí při návrhu a uvádění do provozu počítat s mnohem většími tolerancemi u vstupních dat. Výrobce si také nemůže dovolit uvádět vyšší výkon než je reálný. V praxi je tak zcela běžné, že sériový motor má i o několik kW více, než udává výrobce. Škoda Octavia II 2.0 TFSI RS 147 kW, má při měření na válcové zkušebně výkonu 148.5 kW (odpovídající výkon), zatímco Škoda Octavia 1.9 TDI 77 kW, při stejném měření má již o 10 kW více oproti udávanému výkonu, tedy 87 kW. Výrobci většinou nevyrábějí již takto upravené řídicí jednotky a nechávají zde značnou rezervu, například pro následný chiptuning.



Obrázek 2 - Graf upraveného motoru Škoda Octavia I 1.9 TDi, 66kW [20]

I zde však existují výjimky, u jejichž řídicích jednotek již není další zvýšení pouhým softwarovým zákrokem možné a jako jediná možnost zvýšení výkonu je mechanická úprava motoru. Těchto vozidel je více, u výrobce automobilů Škoda Auto jsou to například Octavia I MPI 1.6 l 74/75 kW a Fabia I 1.4 l 74 kW. Aby výrobce motorů dosáhl v tomto případě požadovaných 74 resp. 75 kW z motoru o objemu 1.6 l s dvěma ventily na válec, při točivém momentu 145 Nm v případě Octavie, nebo 74 kW z motoru o objemu 1.4 l a točivého momentu 125 Nm v případě Fabie, nemohl si v nastavení programu dovolit žádné rezervy, což je jinak běžná marketingová praxe. Princip úpravy u atmosférického motoru spočívá ve zvětšení předstihů zážehu. Tyto motory, již v sérii, pracují na mezi klepání (detonační spalování) a zvyšování předstihu by mělo naopak za následek jejich snižování, jakožto zpětná vazba od čidla klepání.

Úpravou datových polí u atmosférického motoru není možné dosáhnout většího množství nasávaného vzduchu do motoru (běžná praxe u motorů s turbodmychadlem), toho lze docílit pouze mechanickou úpravou zdvihu, nebo průměru sacích ventilů. Nelze - li do motoru dostat větší množství vzduchu, nemá cenu přidávat ani palivo, neboť by jeho množství zpětně korigovaly jedna, popř. obě lambda sondy (podle data výroby a plnění emisních norem).



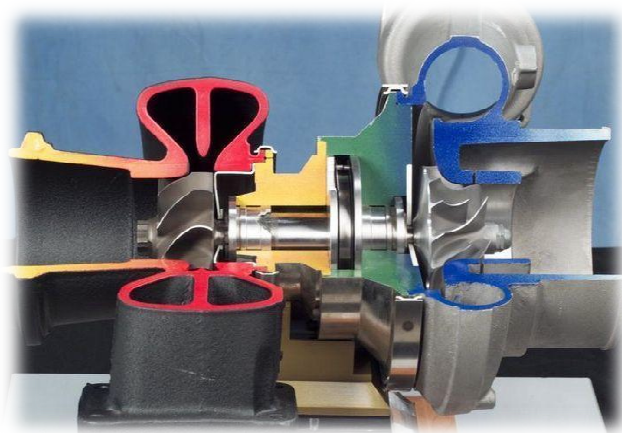
Obrázek 3 - Graf upraveného motoru Škoda Octavia I 1.9 TDi, 66kW [20]

Cílem chiptuningu je nalézt kompromis mezi zvýšením výkonových parametrů motoru (výkon, točivý moment), zlepšením jeho dynamických vlastností (např. pružné zrychlení pro bezpečné předjíždění), spotřeby paliva a s tím související vliv na životní prostředí, tedy množství emisí vyprodukovaných v průběhu spalovacího procesu a samozřejmě zachovat životnost a bezporuchovost motoru.

1.2 MOŽNOSTI ÚPRAVY

U turbo - dieselových nebo turbo - benzinových motorů lze dosáhnout navýšení výkonu až o 35 % a točivého momentu až o 40 % v bezpečných mezích. Vždy záleží na typu, stavu a stáří motoru. Spolu s tím se v běžném provozu projeví úspora pohonných hmot až o 15 %. V případě agresivní nebo sportovní jízdy, tedy plného využití chiptuningu, může naopak dojít k navýšení spotřeby až o 15 %.

Např. na mnou měřeném voze Škoda Octavia I 1.9 TDi, 66 kW (reálný výkon měřený na válcové zkušebně je 67 kW) je minimální průměrná spotřeba při ekonomické jízdě 5.6 l na 100 km při najetí 3 000 km. Stav počítadla ujetých kilometrů je 526 000 km. Po chiptuningu, kdy se výkon motoru zvýšil na 83 kW, měřených na válcové zkušebně, dosáhla po najetí dalších 3 000 km minimální spotřeba při zachování stylu jízdy 4.9 l na 100 km. Vše měřeno v průběhu dvou měsíců (duben – květen 2009), při průměrné teplotě 12°C, při stejném tlaku pneumatik a stejného hmotnostního naložení automobilu. Měřeno na úseku Karlovy Vary – Mladá Boleslav (cca. 200 km), při zachování stejného rychlostního průměru 78 km/h. Spotřeba nebyla odečítána z palubního počítače, ale vypočtena vždy při dotankování pohonných hmot a následně, po najetí 3 000 km zprůměrována. Což znamená úsporu 0.7 l nafty na 100 km a tedy při průměrné ceně tankované nafty 34 Kč (Shell V-Power Diesel) úsporu 32.8 Kč na 100 km. Při najetí 30 000 km ročně tedy úsporu 7 140 Kč. Přičemž cena základní úpravy se u tohoto automobilu pohybuje v rozmezí 3 000 - 8 000 Kč.



Obrázek 4 - turbodmychadlo [21]

V případě atmosférických (bez turbodmychadla) naftových nebo benzinových motorů se pohybuje navýšení výkonu i točivého momentu až do 20 %. Spotřeba u těchto motorů zůstává na obdobné úrovni jako před úpravou. S výjimkou motorů, u kterých jsou dostatečné výrobní tolerance pro další úpravy, jako např. níže upravený motor Škoda Fabia (nárůst výkonu o 27 %).

Může se zdát nepochopitelné, že zásahem do řídicí jednotky se zvýší výkon motoru a zároveň klesne spotřeba pohonných hmot. Vysvětlení není tak složité. Tím, že motor má vyšší výkon a větší krouticí moment, lze s vozidlem jezdit v nižších otáčkách, není potřeba tak často podřazovat na nižší rychlostní stupeň - např. při stoupání, či předjíždění, a tímto způsobem lze ušetřit až 15 % paliva. Tato skutečnost platí pro přeplňované motory.

1.3 PŘÍNOSY CHIPTUNINGU

Hlavním přínosem, a také důvodem, proč k úpravám dochází je zvýšení pružnosti motoru. Díky čemuž lze dosáhnou např. rychlejšího, tedy bezpečnějšího, předjetí vozidla. Ke zvýšení pružnosti motoru dojde především zvýšením krouticího momentu a maximálního výkonu, kdy se výrazně zlepší charakteristika motoru, především v nízkém a středním rozsahu otáček.

V některých případech, především u novějších automobilů, dochází ke snížení emisních exhalací u benzinových motorů a ke snížení kouřivosti u dieselových motorů.

1.4 NEGATIVA CHIPTUNINGU

Zásadní nevýhodou je, že po úpravě zaniká záruka výrobce na automobil, což se týká pouze nových vozů (popř. starších v záruční době).

Je - li úprava prováděna odborně v mezích konstrukčních parametrů motoru, nejsou u této úpravy žádná další negativa. Je - li úprava prováděna neodborně, lze díky chybné úpravě motor velice rychle poškodit. Negativem je především sám uživatel vozidla. Bude – li maximálně využívat výhod této úpravy, životnost motoru se nikterak nezmění oproti motoru s neupravenými daty.

2 PŘEHLED SYSTÉMŮ ŘÍZENÍ MOTORU BOSCH

Každý systém elektronického vstřikování zajišťuje dávkování paliva v závislosti na otáčkách nebo zatížení motoru.

Podle otáček motoru (tj. režim chodu motoru) a požadovaného výkonu (tj. zatížení motoru) si systém řízení motoru vypočítává dobu vstřiku a tím určuje množství paliva vstřikovaného do nasávaného vzduchu. Otáčky se měří přímo příslušnými snímači, jejich určení je poměrně snadné. Naproti tomu měřit zatížení motoru je značně obtížné. Zatížení motoru se tedy zpravidla určuje nepřímou od množství nasávaného vzduchu. Jednotlivé systémy elektronického vstřikování se od sebe mimo jiné liší právě tím, jakým způsobem vyhodnocují množství nasávaného vzduchu.

2.1 DRUHY VSTŘIKOVÁNÍ

kontinuální vstřikování - vstřikuje se nepřetržitá dávka paliva,

přerušované vstřikování - na každý pracovní cyklus odměří vstřikovací ventil jednou nebo dvěma dávkami potřebné množství paliva,

simultánní vstřikování - odměřené množství paliva je vstřikováno během pracovního cyklu ve dvou intervalech pro všechny válce současně,

sekvenční vstřikování - palivo je postupně vstřikováno přímo pro jednotlivé válce pouze jednou za pracovní cyklus, a to vždy před uzavřením sací ventil.

2.2 ECOTRONIC

V roce 1978 se představil první elektronicky řízený systém dávkování paliva, elektronický karburátor Ecotronic firem BOSCH - PIERBURG, který je schopen pomocí elektroniky pracovat s lambda sondou a katalyzátorem.

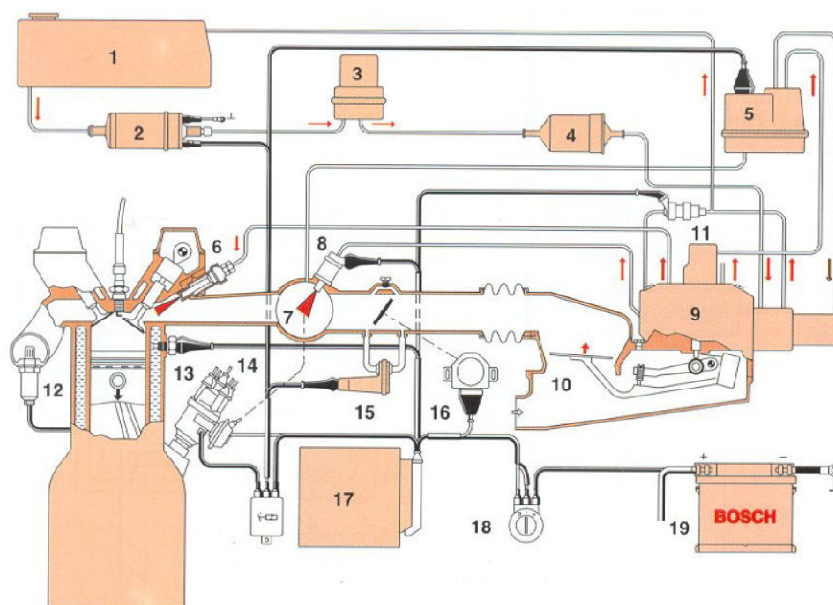
2.3 JETRONIC

Řídí pouze dávkování paliva, zapalování pracuje nezávisle na přípravě směsi.

2.4 K - JETRONIC, MECHANICKÉ VSTŘIKOVÁNÍ A KE - JETRONIC, MECHANICKO - ELEKTRONICKÉ VSTŘIKOVÁNÍ

K - Jetronic je vstřikovacím systémem nahrazujícím dnes již nevyhovující systém přípravy směsi pomocí karburátoru. Tento systém je mechanicko-hydraulický, s vícebodovým kontinuálním vstřikováním, používaný ve vozidlech od roku 1973 bez použití katalyzátoru. Objem vzduchu je měřen kruhovým plátem uvnitř senzoru. Do roku 1980 byly tyto systémy řízeny striktně mechanicky a neobsahovaly žádnou elektroniku. Systém KE - Jetronic je mechanicko-hydraulické kontinuální vstřikování paliva s elektrohydraulickou regulací jeho tlaku. Kombinuje mechanickou kontrolu složení směsi použitou v K - Jetronic s plně elektronickou, která využívá stejné senzory jako systémy L - Jetronic. Protože je postaven na K - Jetronic, má schopnost nouzově fungovat i při naprostém výpadku řídicí elektroniky. Systém vznikl v roce 1982 typem KE 1, a je dále vyvíjen jako KE 2 s částečným řízením lambda. Písmeno K v názvu značí kontinuální (nepřetržité) vstřikování. Vstřikování paliva probíhá bez ohledu na postavení sacích ventilů, do sacích kanálů před sací ventily jednotlivých válců motoru. Vstřikované palivo se odpaří a smíchá s nasávaným vzduchem.

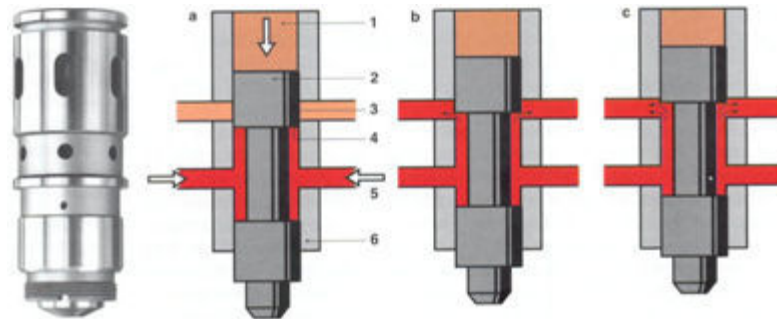
Jelikož je u tohoto systému sací potrubí určeno pouze pro přívod vzduchu, je vyloučena možnost kondenzace paliva na stěnách potrubí, což je faktor negativně ovlivňující spotřebu. Přesné měření množství nasávaného vzduchu umožňuje použít zařízení k čištění výfukových plynů.



Obrázek 5 - Schéma systému K - Jetronic s lambda regulací [3]

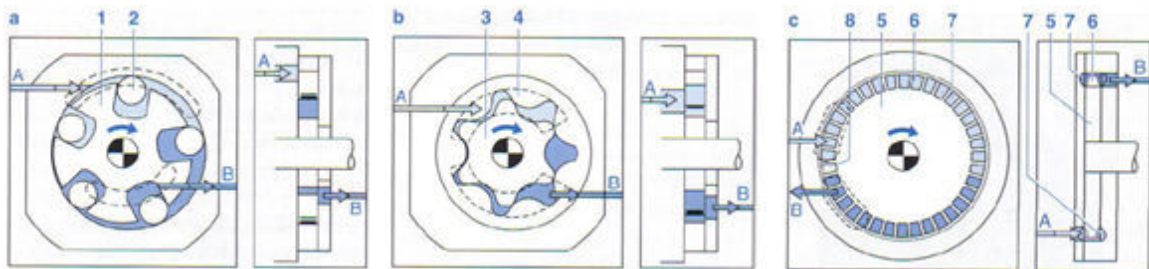
1 palivová nádrž, 2 elektrické palivové čerpadlo, 3 zásobník paliva, 4 palivový filtr, 5 teplotní regulátor tlaku, 6 vstřikovací ventil, 7 sběrné sací potrubí, 8 ventil studeného startu, 9 rozdělovač množství paliva, 10 měřič množství vzduchu, 11 taktovací ventil, 12 lambda sonda, 13 teplotně - časový spínač, 14 rozdělovač, 15 šoupátko přidavného vzduchu, 16 spínač škrticí klapky, 17 regulační jednotka, 18 spínací skříňka, 19 akumulátor.

Měřicí klapka vychylovaná proudem nasávaného vzduchu působí na píst, odměřující množství vstřikovaného paliva, a tím více či méně otevírá řídicí drážky. Systém vstřikování KE - Jetronic získává provozní data motoru ze snímačů, jejichž vstupní signály zpracovává elektronická řídicí jednotka. Tato jednotka ovládá elektrohydraulicky pracující nastavovač tlaku, který přizpůsobuje vstřikované množství paliva různým provozním stavům.



Obrázek 6 - Rozdělovač množství paliva s drážkami a řídicím pístem [3]

a) klidová poloha, b) částečné zatížení, c) plné zatížení, 1 řídicí tlak, 2 řídicí píst, 3 řídicí drážka v tělese, 4 řídicí hrana, 5 přívod paliva, 6 těleso s drážkami.



Obrázek 7 - Princip činnosti elektrického palivového čerpadla [12]

a) čerpadlo s válečkovými lamelami, b) zubové čerpadlo s koly s vnitřním ozubením, c) obvodové lopatkové čerpadlo, A) sací otvor, B) výtok, 1 excentrický kotouč s výřezy, 2 váleček, 3 vnitřní hnací kolo, 4 rotor (excentrický), 5 oběžné kolo, 6 lopatky oběžného kola, 7 kanál (obvodový), 8 přerušení.

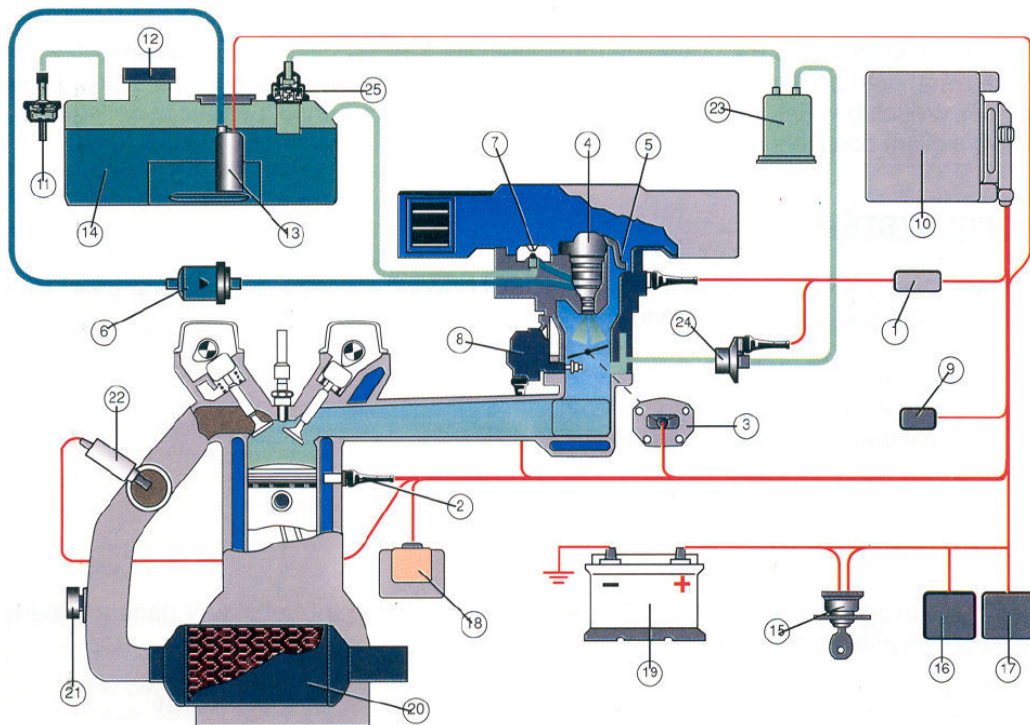
Pro zvýšení flexibility a zařazení některých dalších funkcí byl systém doplněn o elektronickou řídicí jednotku a vznikl systém KE - Jetronic. Použitím řídicí jednotky může systém provádět korekční zásahy do přípravy směsi tak, aby bylo možné v závislosti na

provozních podmínkách dávkovat větší či menší množství paliva. Pomocí dalších snímačů, sloužících k získání teploty motoru, polohy škrticí klapky (signál zatížení) a pohybu měřicí klapky měřiče množství vzduchu (odpovídá přibližně časovým změnám výkonu motoru), reaguje velmi rychle na různé provozní stavy motoru.

2.5 S. P. I. MONO - JETRONIC, ELEKTRONICKÉ JEDNOBODOVÉ VSTŘIKOVÁNÍ (SINGLE POINT INJECTION)

Elektronicky řízený centrální vstřikovací systém, u kterého je palivo vstřikováno jedním elektromagnetickým ventilem umístěným centrálně nad škrticí klapkou. S pomocí lambda regulace zajišťuje vždy správné složení směsi i při změněných jízdních podmínkách, resp. při stárnutí motoru.

Systém Mono - Jetronic zjišťuje množství nasávaného vzduchu podle úhlu natočení (otevření) škrticí klapky.



Obrázek 8 - Schéma zařízení Bosch S. P. I. Mono - Jetronic [1]

1 předřadný odpor jako omezovač proudu cívky, 2 snímač teploty chladicí kapaliny, 3 snímač úhlové polohy škrticí klapky, 4 vstřikovací ventil, 5 snímač teploty nasávaného vzduchu, 6 palivový filtr, 7 regulátor tlaku paliva, 8 elektrický motorek k regulaci volnoběhu, 9 diagnostická zástrčka, 10 elektronická řídicí jednotka Bosch, 11 bezpečnostní ventil a odvětrávání, 12 plnicí otvor paliva, 13 elektrické palivové

čerpadlo, 14 palivová nádrž, 15 spínač zapalování, 16 dálkový vypínač zařízení, 17 dálkový vypínač elektrického palivového čerpadla, 18 zapalovací cívka, 19 baterie, 20 katalytický tlumič výfuku, 21 kontrola CO před katalyzátorem, 22 lambda sonda, 23 filtr s aktivním uhlím, 24 elektroventil pro zachycení palivových par, 25 víceúčelový plovákový ventil.

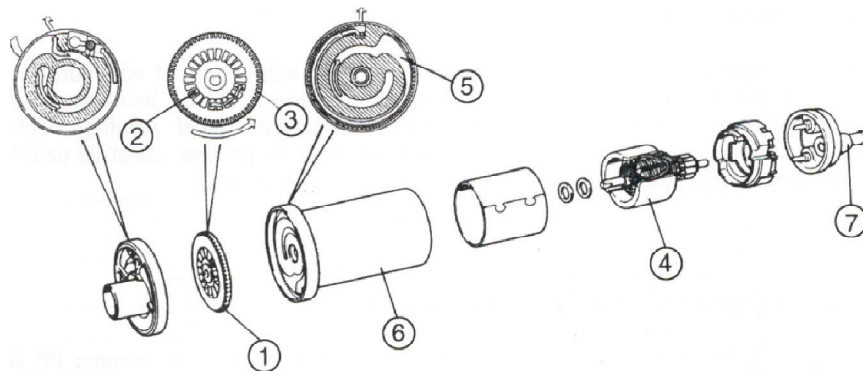
2.5.1 PALIVOVÝ OBVOD

Je nízkotlaký, jmenovitý tlak je udržován na hodnotě 1.1 ± 0.1 bar a skládá se z následujících částí:

- palivová nádrž,
- palivové čerpadlo,
- palivový filtr,
- vstřikovací ventil,
- regulátor tlaku paliva,
- zařízení proti vypařování paliva.

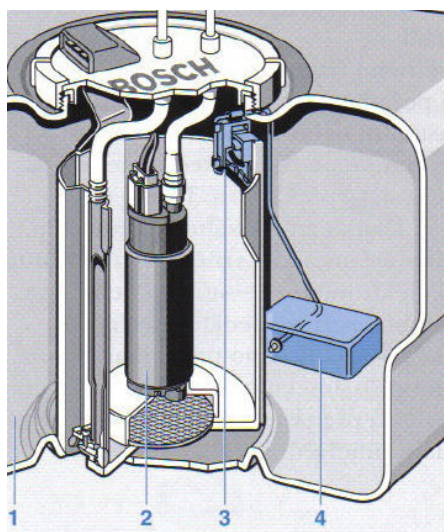
2.5.2 PALIVOVÉ ČERPADLO

Je dvoustupňové turbočerpadlo, umístěné v palivové nádrži uvnitř „košíku“ ponorného systému. Čerpadlo pracuje s napětím 12V při jmenovitém tlaku mezi 1.0 a 1.2 baru a má kapacitu přibližně 90 l/hod.



Obrázek 9 - Palivové turbočerpadlo [1]

1 oběžné kolo, 2 vnitřní lopatky (1. stupeň), 3 vnější lopatky (2. stupeň), 4 kotva, 5 sací potrubí, 6 těleso čerpadla, 7 zpětný ventil.

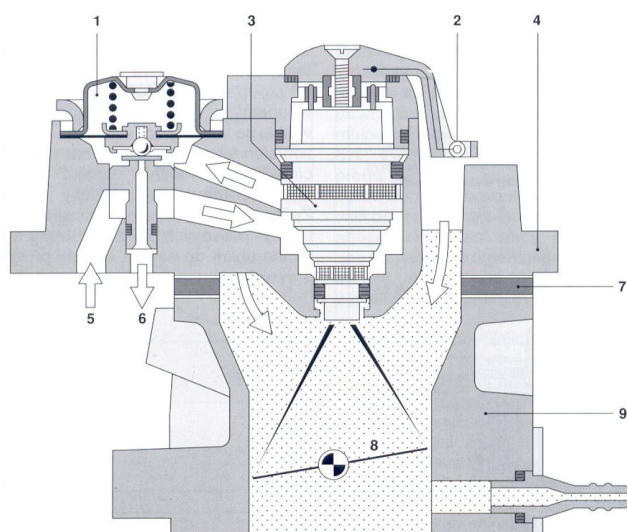


Obrázek 10 – Umístění palivového čerpadla [13]

1 palivová nádrž, 2 elektrické palivové čerpadlo, 3 snímač hladiny paliva, 4 plovák.

2.5.3 VSTŘIKOVACÍ VENTIL

Jeho funkcí je rozprášíit palivo v potřebném množství k vytvoření zápalné směsi nasávané do válců. Tento ventil je umístěn před regulátorem tlaku, a proto je chlazen tokem paliva, které jím prochází. Elektronická řídicí jednotka vysílá na základě zpracovaných signálů na elektrický vstříkovací ventil impulsy, které procházejí elektrickým vinutím a indukují magnetické pole na jádře. Jádru (kotva) přitáhne uzávěr a nadzdvihne ho ze sedla, čímž umožní vstřík paliva.

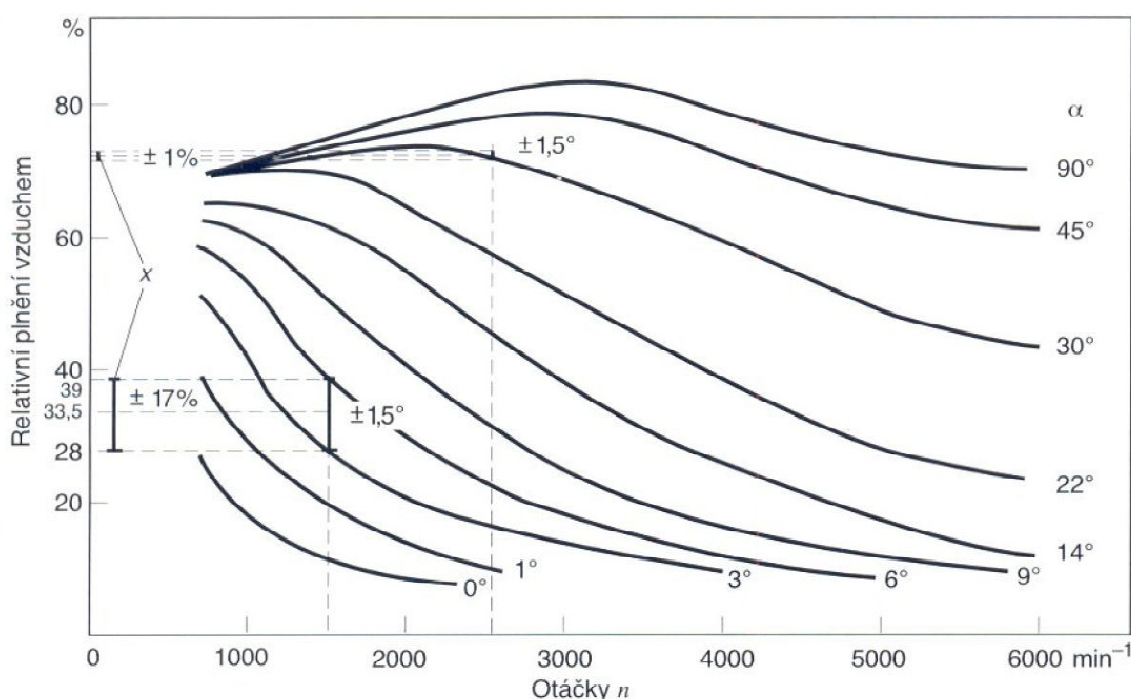


Obrázek 11 - Vstříkovací jednotka systému Bosch S. P. I. Mono - Jetronic [2]

1 regulátor tlaku, 2 snímač teploty nasávaného vzduchu, 3 vstřikovací ventil, 4 horní díl vstřikovací jednotky (hydraulická část), 5 přívodní palivový kanál, 6 odvodní palivový kanál, 7 teplotně-izolační podložka, 8 škrticí klapka, 9 spodní díl vstřikovací jednotky (část se škrticí klapkou).

2.5.4 DÁVKOVÁNÍ PALIVA

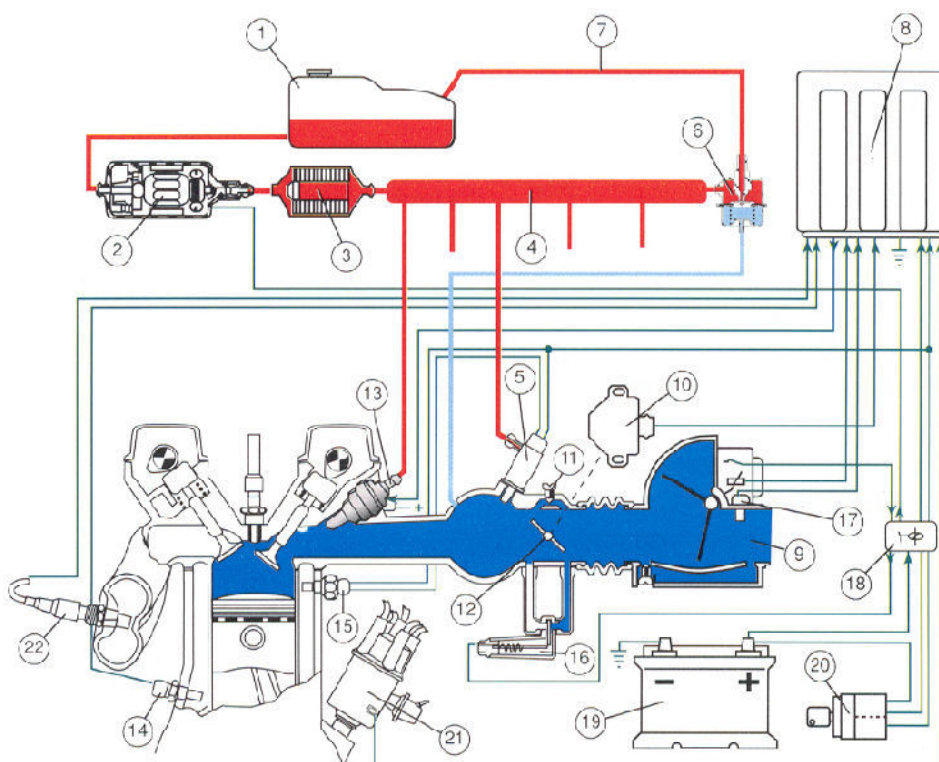
Řídicí jednotka stanoví základní dobu vstřikování na základě počtu otáček motoru n a úhlu otevření škrticí klapky α . Tato základní doba vstřiku je vybrána z paměti datového pole, tvořeného 15 úhlovými polohami škrticí klapky a 15 rychlostmi otáčení motoru, tímto způsobem se získá 225 základních dob vstřiku, ve vztahu ke stechiometrickému dávkování $\lambda = 1$. Tyto doby se mění od 1 do 6 ms a představují základ kalibrace systému.



Obrázek 12 - Pole charakteristik motoru [2]

2.5.5 L - JETRONIC, ELEKTRONICKÉ VSTŘIKOVÁNÍ PALIVA

Díky použití lambda sondy a integraci lambda regulace do řídicí jednotky motoru je L - Jetronic schopen plnit aktuální požadavky na emise. Stejně tak, jako u KE - Jetronic jsou sledovány všechny významné změny v chodu motoru (opotřebení, usazeniny ve spalovacím prostoru, změny v seřízení ventilů). Každému pracovnímu válci je přiřazen jeden vstřikovací ventil, všechny ventily jsou řízeny centrálně. Tím je zajištěno, že každý válec, v každé časové jednotce a při jakémkoli zatížení, dostane optimální množství paliva. Palivo je vstřikováno před sací ventil motoru.



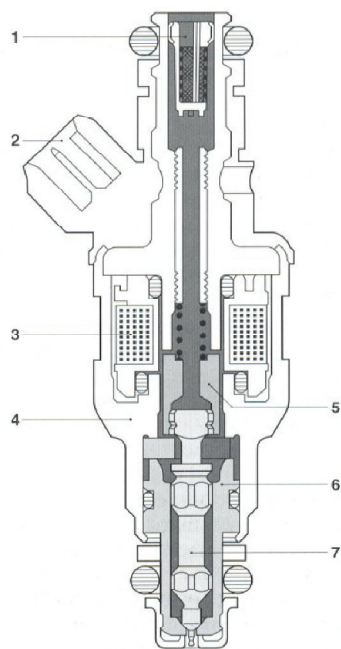
Obrázek 13 - Schéma vstřikování Bosch L - Jetronic [5]

1 palivová nádrž, 2 dopravní čerpadlo, 3 palivový filtr, 4 napájecí potrubí vstřikovacích ventilů, 5 vstřikovací ventil studeného startu, 6 regulátor tlaku paliva, 7 vratné potrubí, 8 elektronická řídicí jednotka, 9 měřič množství nasávaného vzduchu, 10 spínač škrticí klapky, 11 šroub obtokového vzduchu - regulace volnoběhu, 12 ventil škrticí klapky, 13 napájecí vstřikovací ventily, 14 snímač NTC teploty chladicí kapaliny, 15 teplotně-časový spínač, 16 šoupátko přídavného vzduchu, 17 snímač NTC tepoty nasávaného vzduchu, 18 dvojité relé, 19 baterie, 20 spínací skříňka zapalování, 21 rozdělovač zapalování, 22 lambda sonda.

2.5.6 VSTŘIKOVACÍ VENTIL

Vstřikovací ventily jsou elektromagnetické ventily jehlového typu, zdvih jehly je ovládán elektromagnetem. Ventil je v klidu trvale uzavřený, jehla je silou pružiny přitlačována do sedla ventilu. Teprve signál vyslaný od řídicí jednotky motoru do cívky elektromagnetu způsobí nadzdvihnutí jehly a tím je umožněno rozprášení paliva do válce při sání.

Řídicí jednotka ovládá současně všechny použité vstříkovací ventily dvoupolohově. To znamená, je - li ventil bez elektrického impulsu je zcela uzavřen, je - li přiveden impuls, ventil se zcela otevře. Řídicí jednotka dává signál k otevření vstříkovacích ventilů každou jednu otáčku klikové hřídele, pro každý cyklus motoru je potřebné palivo dodáváno ve dvou polovičních dávkách. Tím se dosáhne vyšší stejnorodosti směsi.



Obrázek 14 - Elektromagnetický vstříkovací ventil [4]

1 filtrační sítko v přívodu paliva, 2 elektrický konektor, 3 vinutí elektromagnetu, 4 pouzdro ventilu, 5 kotva, 6 těleso ventilu, 7 jehla ventilu.

2.6 LE - JETRONIC

Systém LE - Jetronic se stal prvním dalším vývojovým stupněm po L - Jetronic, odlišuje se v těchto částech:

- měřič hmotnosti nasávaného vzduchu,
- šoupátko přídavného vzduchu.

2.6.1 MĚŘIČ HMOTNOSTI NASÁVANÉHO VZDUCHU

Má pouze 5 spojovacích kontaktů místo 7 nacházejících se v L - Jetronic. Tyto dva chybějící kontakty se týkají řízení palivového čerpadla, které je zajištěno přímo od tachometrického relé (nahrazuje dvojitě relé).

2.6.2 ŠOUPÁTKO PŘÍDAVNÉHO VZDUCHU

Zde byla pouze zvýšena kapacita z 11 na 13 m³/hod s cílem zlepšení volnoběžných otáček studeného motoru.

2.7 LE2 - JETRONIC

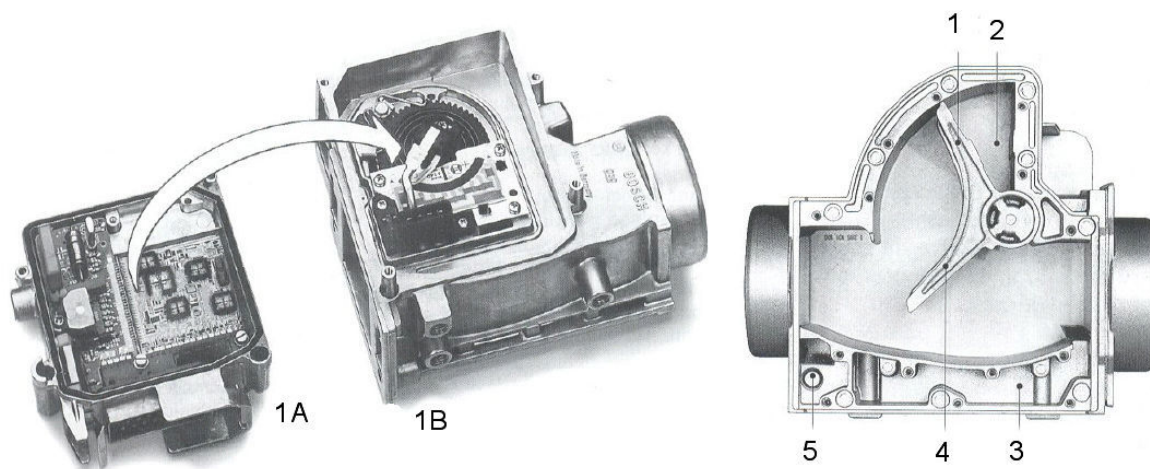
Zmodernizovaný systém LE - Jetronic, u kterého jsou vyloučeny následující díly:

- vstřikovací ventil studeného startu,
- teplotní spínač.

Funkce těchto dílů byla potlačena a byla nahrazena složitějším ovládním řídicí jednotkou. Ta vypočítává doby otevření vstřikovacích ventilů v závislosti na teplotě zjištěné u studeného motoru, při větším využití dávkování šoupátka přídatného vzduchu.

2.8 L3 - JETRONIC

Rozdíl oproti L - Jetronic je pouze v umístění řídicí jednotky motoru. Řídicí jednotka u systému L3 - Jetronic je integrována do tělesa měřiče hmotnosti nasávaného vzduchu.



Obrázek 15 - Spojení řídicí jednotky a měřiče množství vzduchu [4]

1A řídicí jednotka, 1B měřič množství vzduchu s potenciometrem, 1 kompenzační klapka, 2 kompenzační objem, 3 obtok (bypass), 4 měřicí klapka, 5 nastavovací šroub směsi pro volnoběh (bypass).

2.9 LH - JETRONIC

Rozdíl oproti L - Jetronic je ve způsobu odměřování hmotnosti nasávaného vzduchu. Používá měření vzduchu žhaveným drátem či vyhřívaným filmem - tzv. tepelné snímače

zatížení. Výsledek je tak nezávislý na hustotě vzduchu, která závisí na teplotě a tlaku. Měřič je zabudován mezi vzduchový filtr a škrtecí klapku.

2.9.1 MĚŘIČ MNOŽSTVÍ VZDUCHU SE ŽHAVENÝM DRÁTEM

U tohoto měřiče je elektricky vyhříváným tělesem platinový drátek o průměru 70 μm . Žhavený drát spolu se snímačem teploty tvoří součást můstkového zapojení jako teplotně závislé rezistory. Napěťový signál proporcionálně odpovídající proudu vzduchu procházejícímu měřičem je přiváděn do řídicí jednotky.

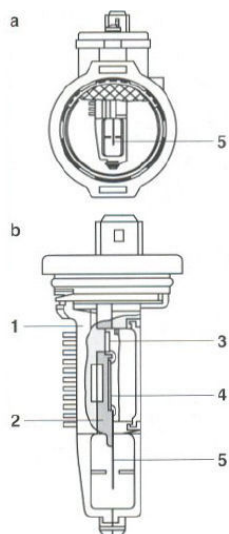


Obrázek 16 - Měřič množství vzduchu se žhaveným drátem [4]

1 snímač teploty, 2 kroužek snímače se žhaveným drátem, 3 přesný měřicí odpor, Q_M hmotnostní průtok vzduchu.

2.9.2 MĚŘIČ MNOŽSTVÍ VZDUCHU S VYHŘÍVANÝM FILMEM

U tohoto měřiče je elektricky vyhříváným tělesem platinový odpor ve formě tenkého filmu (topné tělísko). Teplota tohoto topného tělíska je měřena teplotně závislým odporem (snímač průtoku proudu). Napětí na tělísku je ekvivalentní hmotnostnímu průtoku vzduchu. Toto napětí je elektronikou měřiče množství vzduchu přeměňováno na napěťový signál pro řídicí jednotku.



Obrázek 17 - Měřič množství vzduchu s vyhříváním filmem [4]

a) těleso snímače, b) snímač se žhaveným filmem (zabudován ve středu tělesa),
1 chladič, 2 mezikus, 3 výkonový prvek, 4 hybridní zapojení, 5 vyhřívání film.

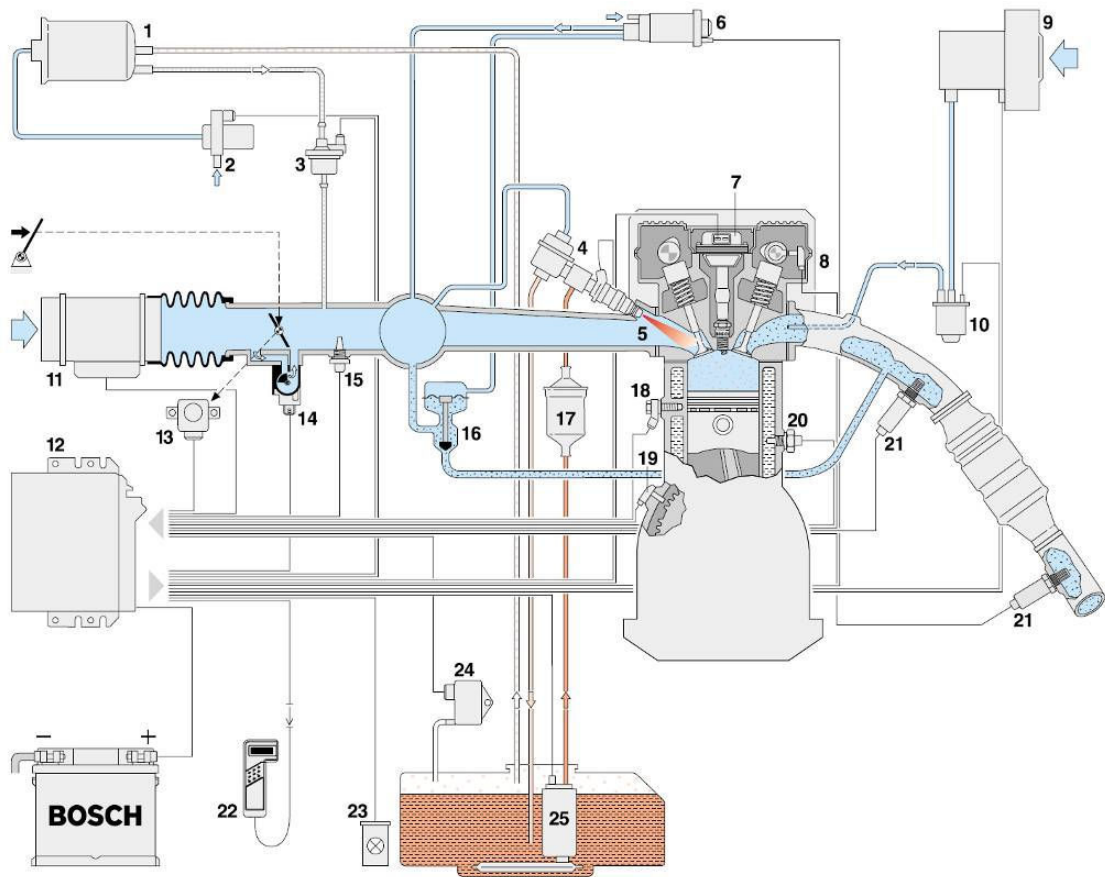
2.10 BOSCH MOTRONIC

Vstříkování a zapalování jsou kontrolovány společnou řídicí jednotkou. Motor management systému Bosch Motronic je systém elektronického vícebodového vstříkování paliva s integrovaným řízením zapalování, které vzniklo zdokonalením systému L - Jetronic, přidáním elektronického systému zapalování do jednoho celku, řízeného digitální řídicí jednotkou.



Obrázek 18 - komponenty systému Motronic pro moderní automobily [25]

První typy měly měření hmotnosti nasávaného vzduchu klapkou a simultánní vstřikování paliva. V roce 1986 vznikl první typ, který byl se sekvenčním způsobem vstřikování, vlastní diagnostikou a zapisovačem vzniklých chyb do paměti řídicí jednotky. Další změnou bylo zavedení měřiče hmotnosti nasávaného vzduchu se žhaveným drátem v roce 1989 a systém zapalování bez rozdělovače. Současné provedení systému Motronic je s měřičem hmotnosti nasávaného vzduchu s vyhříváním filmem. Zapalování je opatřeno cívkou u každé svíčky, není tedy zapotřebí ani rozdělovač, ani vysokonapětových kabelů.

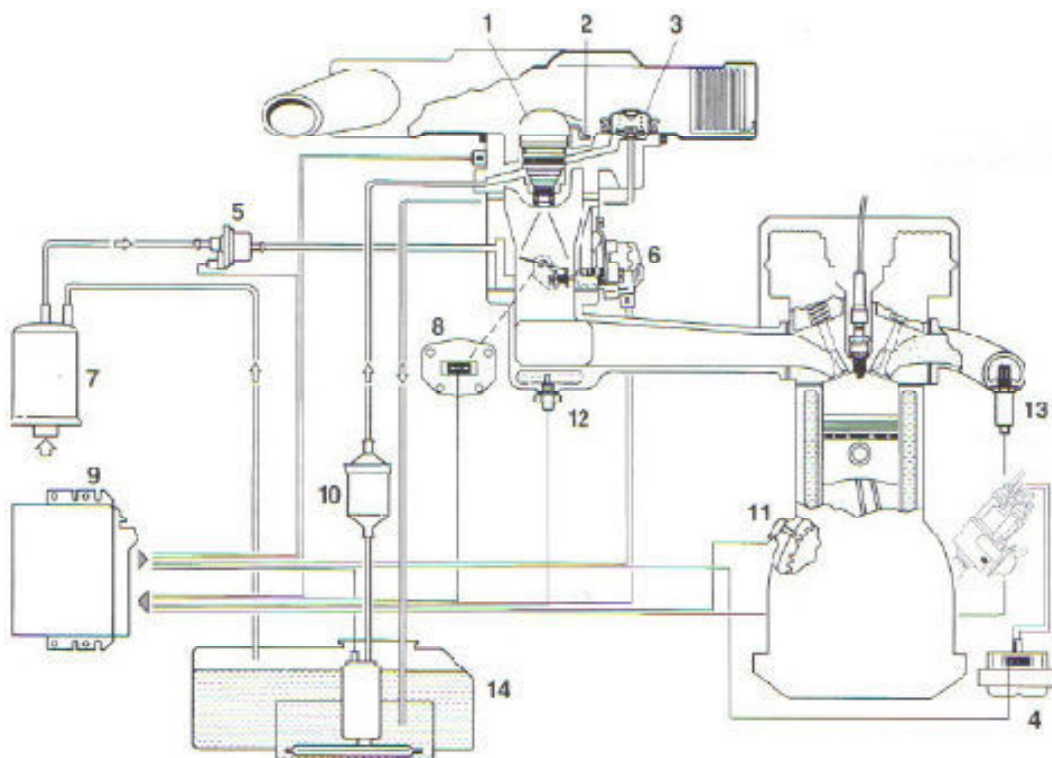


Obrázek 19 - Systém řízení motoru Bosch Motronic [6]

1 zásobník s aktivním uhlím, 2 ventil vstupu vzduchu, 3 ventil regenerace, 4 regulátor tlaku paliva, 5 vstřikovací ventil, 6 elektropneumaticky převodník recirkulace spalin, 7 zapalovací cívka, 8 snímač polohy vačkového hřídele (VH), 9 dmychadlo sekundárního vzduchu, 10 ventil sekundárního vzduchu, 11 měřič hmotnosti vzduchu, 12 řídicí jednotka, 13 snímač polohy škrticí klapky, 14 nastavovač volnoběhu, 15 snímač teploty vzduchu, 16 ventil recirkulace spalin, 17 palivový filtr, 18 snímač klepání, 19 snímač otáček, 20 snímač teploty motoru, 21 lambda sonda, 22 diagnostické rozhraní, 23 diagnostická kontrolka, 24 snímač diferenčního tlaku, 25 elektrické palivové čerpadlo.

2.11 MONO - MOTRONIC

Management motoru Mono - Motronic je elektronicky řízené nízkotlaké centrální vstřikování paliva s integrovaným elektronickým zapalováním. Základem systému je vstřikovací jednotka s elektromagnetickým ventilem, vstřikující palivo přerušované před škrticí klapkou. Elektronická řídicí jednotka vypočítává ze vstupních dat, které jí posílají jednotlivé snímače a prvky, signály pro vstřikovací ventil, nastavovač škrticí klapky, regenerační ventil a okamžik zážehu.



Obrázek 20 - Schéma systému Mono - Motronic s recirkulací spalin [11]

1 vstřikovací ventil, 2 snímač teploty nasávaného vzduchu, 3 regulátor tlaku paliva, 4 zapalovací trafo, 5 regenerační ventil, 6 nastavovač škrticí klapky, 7 nádrž s aktivním uhlím, 8 potenciometr škrticí klapky, 9 řídicí jednotka, 10 palivový filtr, 11 snímač otáček, 12 snímač teploty motoru, 13 lambda sonda, 14 elektrické palivové čerpadlo.

2.12 DI - MOTRONIC, ELEKTRONICKÉ PŘÍMÉ VSTŘIKOVÁNÍ

U přímého vstřikování paliva do válce, je využito výhod nové technologie **FSI**, která sebou přináší nové možnosti v řízení motoru. Srdcem technologie FSI (*Fuel Stratified Injection*, čili vrstvené vstřikování paliva) je přímé vstřikování Bosch DI - Motronic, díky kterému je dosahováno vyšší síly motoru v nižším rychlostním pásmu, lepší ekologičnosti,

nižší spotřeby paliva a celkově lepších parametrů oproti předchozím systémům. Kroučící moment se v porovnání s odpovídajícím motorem se vstřikováním do sacího potrubí zvýší o 30 %, na úroveň vznětových motorů.

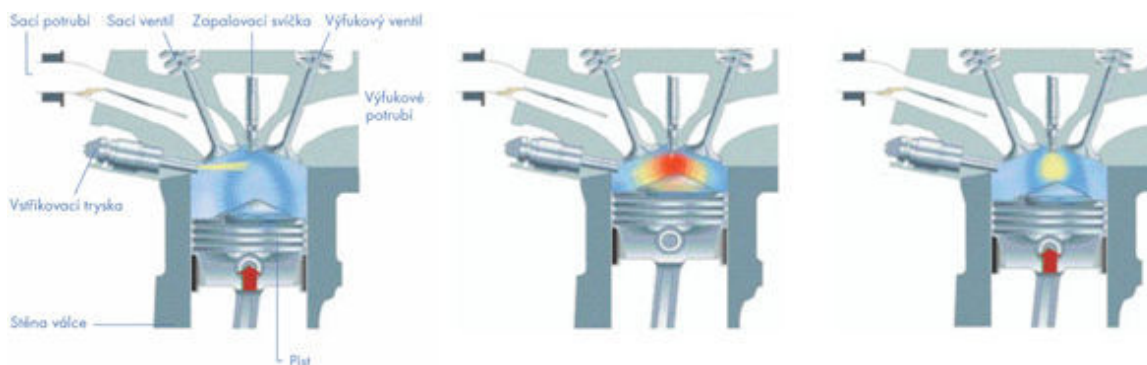


Obrázek 21 - komponenty systému DI - Motronic [25]

Do motoru je nasávaný pouze čistý vzduch, po stlačení a dosažení kompresního tlaku se vstřikuje palivo přímo do válce, cirkulací vzduchu ve válci se vytvoří zápalná směs, dojde k přeskoku elektrické jiskry od zapalovací svíčky a postupnému prohoření směsi.

Rozdělením vstřikování na sání a kompresi (homogenní dělené dvojitě vstřikování) lze spalovanou směs během zahřívání motoru zapálit podstatně později, aniž by se riskoval nekľidný chod motoru nebo vynechávání zapalování. Tak vznikají velmi horké výfukové plyny, které katalyzátor zahřejí na jeho provozní teplotu skoro dvakrát rychleji než doposud.

Motory se systémem DI, splňují již dnes přísné emisní zákony USA podle legislativy **SULEV** (*Super Ultra Low Emission Vehicle*).



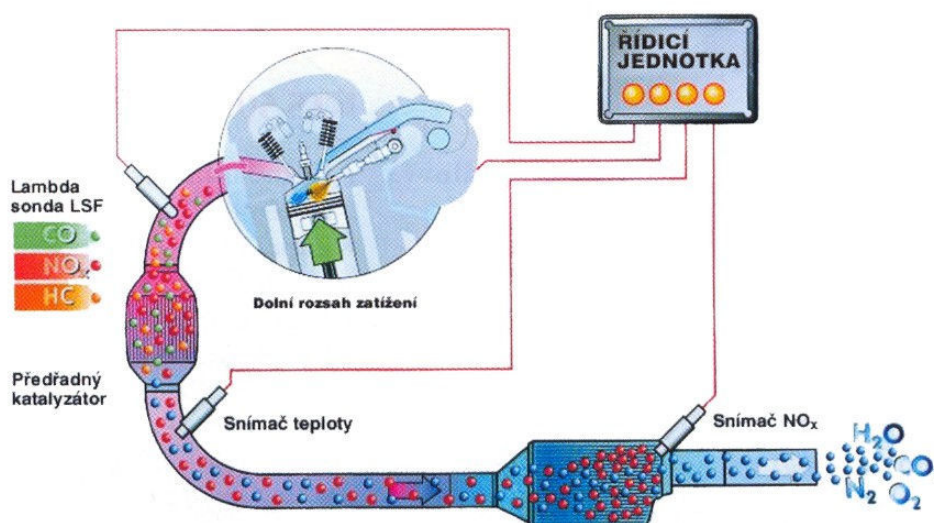
Obrázek 22 - Režim vrstveného vstřikování v oblasti částečného zatížení motoru [25]

2.12.1 PROVOZNÍ REŽIMY SYSTÉMU DI - MOTRONIC

- **Režim vrstveného vstřikování**
 - Lambda větší než 1 (poměr vzduch / palivo větší než 14.7 : 1, poměr až 50 : 1). V oblasti pístu velmi chudá směs (nezapalitelná), v oblasti zapalovací svíčky směs homogenní. Používá se v oblasti částečného zatížení motoru.
- **Homogenní režim** - Lambda 1 (tj. poměr vzduch / palivo 14.7 : 1).
- **Obohacený homogenní režim s Lambda 0,8** (tj. směšovací poměr 11.8 : 1).

Stejně jako u přímého vstřikování benzínu **první generace**, kde je doprava paliva zajištěna robustním vstřikovacím čerpadlem HDP1 se třemi válci, s vedením paprsku paliva podél stěny, je pro provoz s chudou směsí zapotřebí zásobníkový katalyzátor.

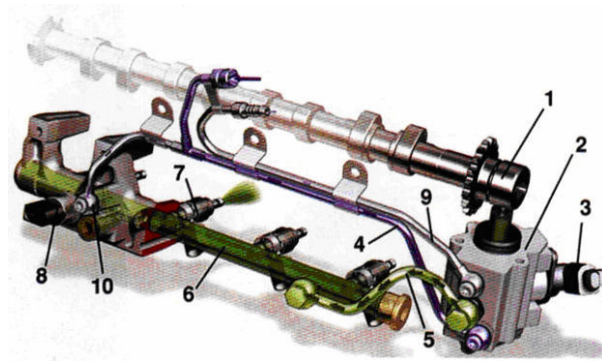
Za přítomnosti kyslíku, obsaženého ve spalinách po spálení chudých směsí, je zásobníkový katalyzátor schopen na svém povrchu nashromáždit oxidy dusíku ve formě dusičnanů. Jakmile jsou však jeho akumulární možnosti vyčerpány, musí být regenerován. To se provede krátkodobým přepnutím na provoz s bohatou homogenní směsí, přičemž jsou dusičnany redukovány především pomocí CO na dusík.



Obrázek 23 - Systém se zásobníkovým katalyzátorem k likvidaci Nox [8]

2.12.2 2. GENERACE DI - MOTRONIC

Systém DI - Motronic 2. generace se vyznačuje novými vysokotlakými vstřikovacími ventily s víceotvorovými tryskami, vylepšeným jednoválcovým vysokotlakým čerpadlem (menší konstrukční velikost a nižší hmotnost) a také optimalizovaným řízením motoru.

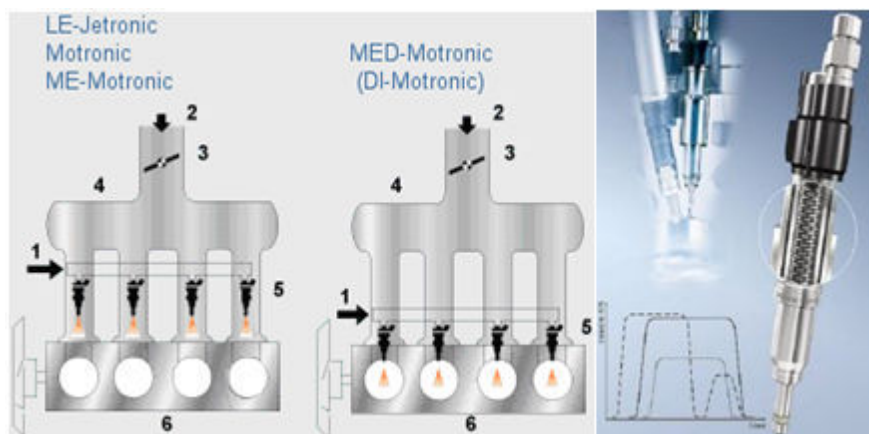


Obrázek 24 - Systém DI - Motronic 2. generace [8]

1 pohonný vačkový hřídel, 2 jednopístové vysokotlaké čerpadlo HDP5, 3 ventil řízení množství paliva, 4 nízkotlaký okruh paliva (cca 6 bar) od elektrického čerpadla v nádrži, 5 vysokotlaké vedení k rozdělovacímu zásobníku (Rail), 7 elektromagnetické vstřikovací ventily, 8 snímač tlaku paliva, 9 zpětný odvod paliva do nádrže, 10 přetlakový regulační ventil paliva.

Vstřikovače 2. generace systému DI - Motronic jsou dimenzovány na tlaky paliva až do 200 bar oproti dosavadním 120 bar. U vstřikovačů řízených magnetickým pohonem jsou víceotvorové ventily s rozdílnými konfiguracemi.

„Nejnovějším systémem jsou vstřikovače s piezospínáním, používající řízeného paprsku, kde vstřikovací tryska umístěná uprostřed, ve stropu spalovacího prostoru, vstřikuje do prostoru tak jemně rozprášené palivo, že lze směs vzduchu s palivem okamžitě zapálit. Doprava směsi typická pro dnešní metodu přímého vstřikování benzínu, podél stěny spalovacího prostoru nebo proudem vzduchu ve spalovacím prostoru, již není potřebná“ [10].



Obrázek 25 - Systémy vstřikování benzínu a vstřikovací tryska [7]

1 vstup paliva, 2 vstup vzduchu, 3 škrticí klapka, 4 sací potrubí, 5 vstřikovací ventily, 6 motor.

Tabulka 1- Přehled vstřikovacích systémů zážehových motorů Bosch

| Označení | Způsob dávkování paliva | Hlavní řídicí veličina | |
|----------|-------------------------|---|--------------------------------|
| D | JETRONIC | simultánní vícebodové | |
| L | | tlak v sacím potrubí | |
| LH | | simultánní vícebodové | množství / hmotnost vzduchu |
| K | | sekvenční (LH 4.1) | množství / hmotnost vzduchu |
| KE | | vícebodové kontinuální (mechanické) | množství vzduchu |
| MONO | | vícebodové kontinuální s elektronickou optimalizací | množství vzduchu |
| M | MOTRONIC | jednobodové centrální | poloha škrticí klapky / otáčky |
| ML | | simultánní / sekvenční vícebodové | množství / hmotnost vzduchu |
| MP | | simultánní / sekvenční vícebodové | množství vzduchu |
| MONO | | simultánní / sekvenční vícebodové | tlak v sacím potrubí |
| DI | | jednobodové, centrální | poloha škrticí klapky / otáčky |
| | | vícebodové, sekvenční | hmotnost vzduchu |

3 SNÍMÁNÍ PROVOZNÍCH DAT

Společná počítačová řídicí jednotka s digitálním zpracováním dat využívající 32 bitové mikroprocesory umožňuje zpracování velkého počtu provozních dat v polích vstřikovacích a zapalovacích charakteristik.

Mezi důležité veličiny při snímání provozních dat patří:

- zatížení motoru,
- otáčky, poloha klikového a vačkového hřídele,
- složení směsi,
- detonační spalování,
- teplota motoru a nasávaného vzduchu,
- napětí akumulátoru.

3.1 ZATÍŽENÍ MOTORU

Jedna z hlavních veličin pro přesný výpočet vstřikovaného množství paliva a okamžiku zažehnutí směsi. Pro stanovení zatížení motoru se používají následující snímače:

- měřič množství vzduchu,
- měřič hmotnosti vzduchu se žhaveným drátem,
- měřič hmotnosti vzduchu s vyhřívaným filmem,
- snímač tlaku v sacím potrubí,
- snímač polohy škrticí klapky.

3.1.1 MĚŘIČ MNOŽSTVÍ VZDUCHU S VÝKYVNOU KLAPKOU

Snímač je umístěn mezi vzduchovým filtrem a škrticí klapkou a měří objem proudu vzduchu nasátý motorem [m^3/h]. Proud vzduchu natáčí klapku měřiče proti konstantní síle vratné pružiny. Úhel natočení klapky je snímán potenciometrem. Napětí na potenciometru je vedeno do řídicí jednotky, kde se porovnává s napájecím napětím potenciometru. Tento napěťový poměr (rozdíl napětí) je úměrný množství vzduchu nasátého do motoru.

Aby nedocházelo, vlivem pulzací nasávaného vzduchu, ke chvění (rozkmitání) měřicí klapky, je systém doplněn o protiklapku s tlumícím prostorem. Změny hustoty vzduchu způsobené různou teplotou nasávaného vzduchu jsou korigovány snímačem teploty integrovaným do těla měřiče, jehož signály zpracovává řídicí jednotka (obr. č. 15).

3.1.2 MAF SENZOR- MĚŘIČ HMOTNOSTI VZDUCHU

MAF (*Mass air flow*) = měřič hmotnosti vzduchu („váha vzduchu“). Používají se dva hlavní systémy, a to měřič hmotnosti se žhaveným drátem a vyhříváním filmem. Jedná se o „termické“ snímače zatížení. Jsou umístěny mezi vzduchovým filtrem a škrticí klapkou. Oba měřiče pracují na stejném principu. V proudu nasávaného vzduchu se nachází vyhřívání tělísko, které je proudem vzduchu ochlazováno. Regulační obvod přivádí vyhřívací proud takové velikosti, aby rozdíl teploty tohoto tělíska vůči teplotě nasávaného vzduchu byl stále konstantní. Velikost vyhřívacího proudu je pak přímo úměrná hmotnosti proudu vzduchu. Hustota vzduchu je v tomto systému zohledněna, jelikož je spoluurčena velikostí přenosu tepla z vyhřívání tělíska.



Obrázek 26 – měřič hmotnosti vzduchu

3.1.3 MĚŘIČ HMOTNOSTI VZDUCHU SE ŽHAVENÝM DRÁTEM

Vyhřívání tělísko je tvořeno 70 μm platinovým drátkem. Pro kompenzaci teploty nasávaného vzduchu je v tělese měřiče integrován snímač teploty. Regulační obvod sestává z můstkového zapojení a zesilovače. Žhavený drátek a teplotní snímač jsou součástí tohoto můstku a mají zde funkci teplotně závislých odporů. Pro minimalizaci nepřesností způsobených usazeninami na platinovém drátku je při každém vypnutí motoru žhavený drát na jednu sekundu rozžhaven. Tím se případné nečistoty a usazeniny spálí, případně odpaří (obr. č. 16).

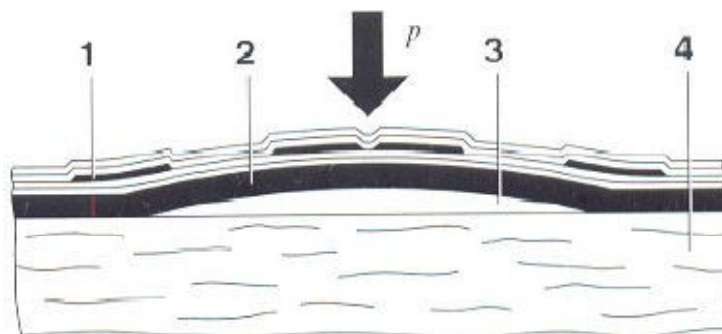
3.1.4 MĚŘIČ HMOTNOSTI VZDUCHU S VYHŘÍVANÝM FILMEM

U měřiče vzduchu s vyhříváním filmem je vyhřívání tělísko tvořeno tenkým platinovým filmem. Ten se nachází, spolu s dalšími elementy, na keramické destičce.

Teplota filmu je získávána z teplotně závislého odporu (snímač průtoku), který je součástí můstku. Vyhřívaný element a snímač teploty vzduchu jsou od sebe teplotně odděleny vzduchovou mezerou. Celé zapojení regulačního obvodu se nachází na keramickém substrátu. Snímané napětí, přímo úměrné hmotnosti vzduchu, je elektronikou měřiče převáděno na napěťový signál srozumitelný pro řídicí jednotku motoru.

3.1.5 MAP SENZOR - SNÍMAČ TLAKU V SACÍM POTRUBÍ

MAP (*Manifold Absolute Pressure Sensor*) senzor = podtlakové čidlo. Je pneumaticky propojen se sacím potrubím a snímá v něm průběžně tlak [kPa]. Měřicím elementem je membrána ve tvaru zvonu, která uzavírá komoru s konstantním referenčním tlakem. Podle velikosti tlaku v sacím potrubí, se mění velikost prohnutí membrány. Na membráně jsou umístěny piezorezistentní odpory, které mění svůj odpor v závislosti na mechanickém napětí. Tyto odpory jsou zapojeny do můstku, takže vychýlení membrány způsobí rozvážení můstku. Napětí na můstku je pak úměrné velikosti tlaku v sacím potrubí.



Obrázek 27 - Membrána s měřicími piezoelementy [6]

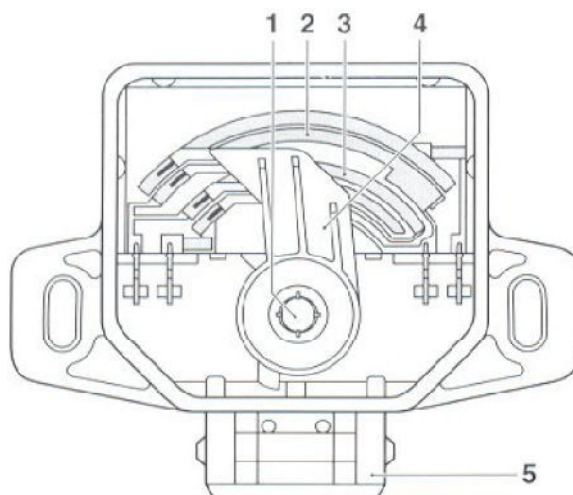
1 piezorezistentní odpory, 2 základní membrána, 3 uzavřená komora s referenčním tlakem, 4 deska z keramického substrátu, p - tlak proudícího vzduchu.

Úkolem vyhodnocovacího obvodu je zesílit napětí na můstku, kompenzovat vliv teploty a linearizovat tlakovou charakteristiku.

3.2 SNÍMAČ POLOHY ŠKRTICÍ KLAPKY

Snímá úhel natočení (otevření) škrťací klapky pro zajištění vedlejšího signálu zatížení, je použit jako nouzový signál v případě výpadku hlavních snímačů. Snímač je umístěn na tělese škrťací klapky a je spojen s jeho hřídelí. Potenciometr vyhodnocuje úhel natočení a přenáší poměr napětí přes odporové zapojení do řídicí jednotky.

Při použití snímače polohy škrticí klapky jako hlavního snímače zatížení, jsou kladeny vyšší požadavky na přesnost měření. Toho je dosaženo použitím dvou potenciometrů (dva úhlové rozsahy) a vylepšeným uložením.



Obrázek 28 - Snímač polohy škrticí klapky [6]

1 hřídel škrticí klapky, 2 odporová dráha 1, 3 odporová dráha 2, 4 raménko potenciometru s jezdcí, 5 elektrický konektor.

3.3 EGT - SNÍMAČ TEPLoty VÝFUKOVÝCH PLYNŮ

EGT (*Exhaust Gas Temperature*) = snímač teploty výfukových plynů. Dodržení správné teploty výfukových plynů je velice důležité pro korektní funkci katalyzátoru. Příliš nízká teplota nezaručuje dostatečné chemické reakce v katalyzátoru. Naopak příliš vysoká teplota zkracuje jeho životnost.

3.4 OTÁČKY, POLOHA KLIKOVÉHO A VAČKOVÉHO HŘÍDELE

Poloha pístu jednoho válce (nejčastěji 1. válce) je použita jako měřicí veličina pro stanovení bodu zážehu. Písty všech válců jsou přes ojnice spojeny s klikovým hřídelem. Jeden snímač tedy udává informaci o poloze pístů všech válců.

3.4.1 TVORBA SIGNÁLU POLOHY KLIKOVÉHO HŘÍDELE

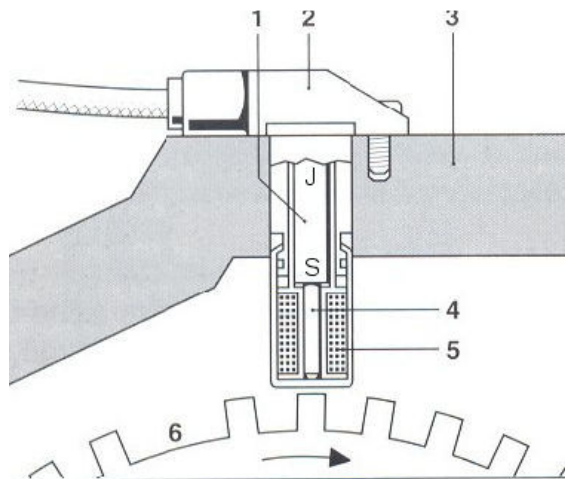
Na klikovém hřídeli je připevněn feromagnetický ozubený kotouč s místem pro 60 zubů, přičemž dva zuby jsou vynechány (zubová mezera). Indukční snímač snímá posloupnost těchto 58 zubů. Sestává z permanentního magnetu a jádra z měkké oceli s

měděnou cívkou (obr. č. 29). Prochází - li kolem snímače zuby kotouče, mění se v něm magnetický tok a tím dochází k naindukování střídavého napětí. Amplituda střídavého napětí (výkmit signálu) se zmenšuje s rostoucí vzdáleností mezi snímačem a ozubeným kotoučem (zvětšení vzduchové mezery) a prudce roste se stoupajícími otáčkami. Dostačující amplituda pro zpracování je od 20 min^{-1} . Geometrie zubů a pólů musí být navzájem přizpůsobena. Vyhodnocovací obvod v řídicí jednotce převádí sinusový průběh napětí s velmi rozdílnou amplitudou na pravoúhlé napětí s konstantní amplitudou.

3.4.2 VÝPOČET POLOHY KLIKOVÉHO HŘÍDELE

Hrany pravoúhlého napěťového signálu jsou předávány na přerušovací vstup počítače. Pokud je aktuální odstup hran zubů více jak dvakrát větší než předchozí a následující, pak je rozpoznána zubová mezera, která je definována jako určitá přesná poloha pístu prvního válce. Řídicí jednotka synchronizuje s tímto okamžikem polohu klikového hřídele. S každou následující pozitivní nebo negativní hranou signálu, počítá řídicí jednotka s pootočením klikového hřídele o další 3° .

Zapálení směsi však musí být prováděno ještě přesněji. Čas měřený mezi dvěma hranami signálu je rozdělen na čtyři stejné části. K hraně zubu tak může být takto vypočtená časová jednotka pro úhel natočení klikového hřídele o 0.75° přidána ještě jednou, dvakrát nebo třikrát.



Obrázek 29 - Snímač otáček [6]

1 permanentní magnet, 2 těleso snímače, 3 skříň motoru, 4 jádro z měkké oceli, 5 vinutí cívky, 6 ozubený kotouč se vztažnou značkou pro určení polohy (zubová mezera).

3.4.3 POLOHA VAČKOVÉHO HŘÍDELE

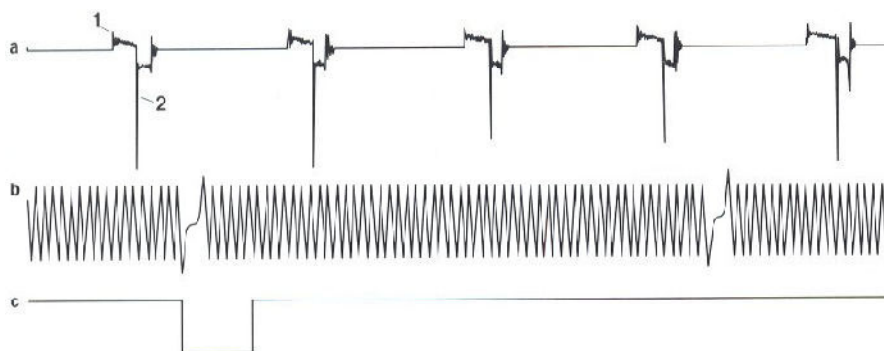
Vačkový hřídel ovládá sací a výfukové ventily motoru. Oproti klikovému hřídeli se otáčí poloviční rychlostí. Když se píst ve válci pohybuje do horní úvratě, pak je podle polohy sacích a výfukových ventilů, resp. podle polohy vačkového hřídele určeno, zda se píst nachází ve fázi komprese nebo výfuku. Z klikového hřídele tuto informaci získat nelze.

Je - li zapalování vybaveno mechanickým rozdělovačem poháněným z vačkového hřídele, pak palec rozdělovače vždy ukáže na správný válec a řídicí jednotka nepotřebuje k zapálení směsi informaci o poloze vačkového hřídele.

U motorů s bezrozdělovačovými zapalovacími systémy a jednojiskrovými zapalovacími cívkami tuto informaci řídicí jednotka potřebuje, aby mohla rozhodnout o tom, kterou zapalovací cívku, s příslušnou zapalovací cívkou, má ovládat. Tato informace je také potřebná u sekvenčního vstřikování paliva pro určení správného okamžiku vstříknutí paliva do příslušného válce. Poloha vačkového hřídele je nejčastěji snímána Hallovým snímačem.

3.4.4 SIGNÁL HALLOVA SNÍMAČE

Snímač je tvořen prvkem, jehož polovodičovou destičkou protéká elektrický proud. Tento prvek je řízen clonkou, která se otáčí spolu s vačkovým hřídelem. Clonka je zhotovena z feromagnetického materiálu a během jejího otáčení dochází k přerušování permanentního magnetického pole a v Hallově prvku se tak vytváří napětí, které je kolmé vůči směru magnetického toku.



Obrázek 30 - Přiřazení signálu zapalování, klikového hřídele a vačkového hřídele [6]

- a) sekundární napětí zapalovací cívky, b) signál ze snímače otáček na klikovém hřídeli,
- c) signál z Hallova snímače na vačkovém hřídeli, 1 sepnutí, 2 rozepnutí (zážeh).

3.4.5 VÝPOČET POLOHY VAČKOVÉHO HŘÍDELE

Protože velikost Hallova napětí leží v oblasti milivoltů, je tento signál upraven ve vlastním snímači a do řídicí jednotky jsou vedeny pravoúhlé spínací impulzy. Řídicí jednotka zjišťuje, zda při průchodu zubové mezery ozubeného kola na klikovém hřídeli, je na Hallově snímači napětí a tedy zda se první válec nachází v pracovní fázi.

Speciálně tvarované clonky dovolují získat se signálu vačkového hřídele signál pro nouzový běh motoru při výpadku snímače otáček. Použití snímače polohy vačkového hřídele jako snímač otáček v normálním provozu znemožňuje jeho malá přesnost.

3.5 SLOŽENÍ SMĚSI

3.5.1 SOUČINITEL PŘEBYTKU VZDUCHU LAMBDA

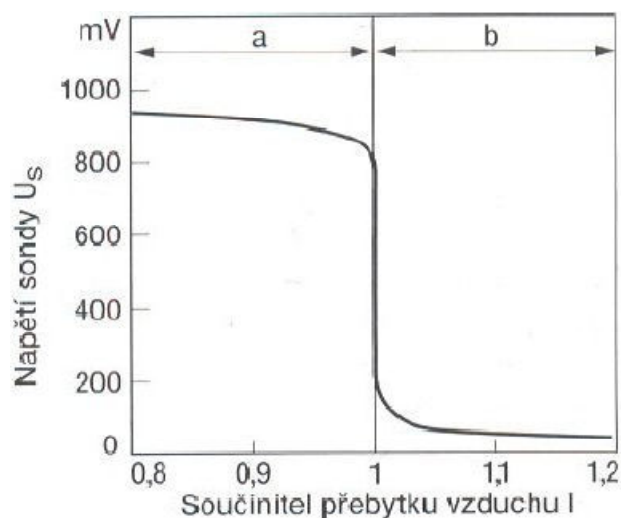
Lambda sonda měří součinitel přebytku vzduchu. Lambda (λ), je poměrné číslo určující poměr vzduchu a paliva ve spálené směsi. Při $\lambda = 1$ pracuje katalyzátor optimálně (dostatečné množství vzduchu pro spálení veškerého paliva). Pokud je směs chudá (obsahuje přebytek vzduchu) - lambda je větší než 1, v opačném případě, pokud je směs bohatá (obsahuje přebytek paliva) - lambda je menší než 1. Obecně se dá říci, že moderní vstřikovací systémy musí neustále korigovat složení směsi a volit mezi směsí ideální pro maximální výkon motoru (lambda = 0.86, 12.6 kg vzduchu na 1 kg paliva) a mezi směsí ideální pro spotřebu (lambda = 1.05, 15.4 kg vzduchu na 1 kg paliva).

3.5.2 LAMBDA SONDA (KYSLÍKOVÁ SONDA)

Vnější strana elektrody lambda sondy zasahuje do proudu výfukových plynů, vnitřní je v kontaktu s venkovním vzduchem.

Sonda sestává ze speciální keramiky, na jejímž povrchu jsou nanášeny tenké, plyn propouštějící, platinové elektrody. Účinek sondy je založen na propustnosti porézní keramické hmoty, jež umožňuje difúzi vzdušného kyslíku (pevný elektrolyt). Keramika se při vysokých teplotách stává vodivou. Je-li obsah kyslíku na obou stranách elektrody různě veliký, objeví se na elektrodách elektrické napětí. Při stechiometrickém složení směsi vzduchu s palivem $\lambda = 1$ se projeví skoková funkce (obr. č. 31).

Napětí a vnitřní odpor sondy závisí na její teplotě. Spolehlivá regulace je zajištěna od 350°C (nevyhřívána sonda), popř. od 200°C (vyhřívána sonda).



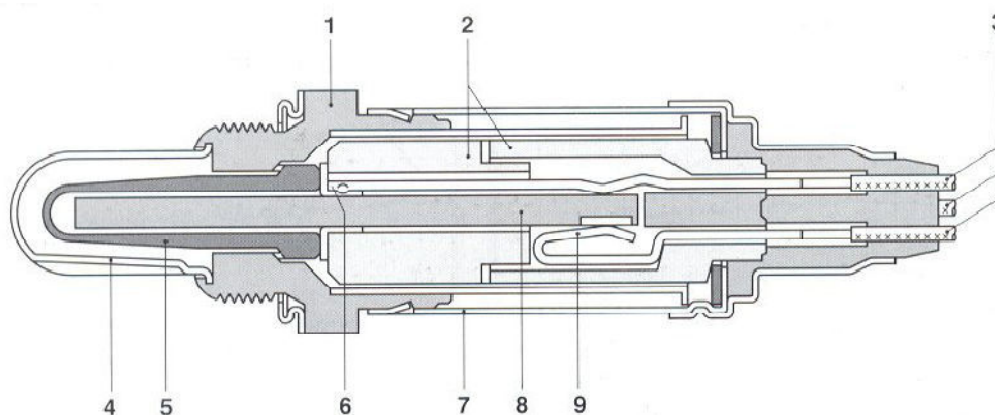
Obrázek 31 - Napětíová charakteristika lambda sondy pro pracovní teplotu 600°C [6]

a) bohatá směs (nedostatek vzduchu), b) chudá směs (přebytek vzduchu).

3.5.3 VYHŘÍVANÁ LAMBDA SONDA

Konstrukční princip téměř odpovídá sondě nevyhřívané. Aktivní keramika sondy je zevnitř vyhřívána keramickým topným tělískem, dostatečné pracovní teploty sondy je tedy dosaženo i při nízké teplotě spalin.

Vyhřívaná sonda má ochranou trubku s minimálními spárami, zabraňující kromě jiného ochlazování při studených spalinách. Tato sonda má kratší reakční dobu, což vylepšuje rychlost regulace.



Obrázek 32 - Vyhřívaná lambda sonda [6]

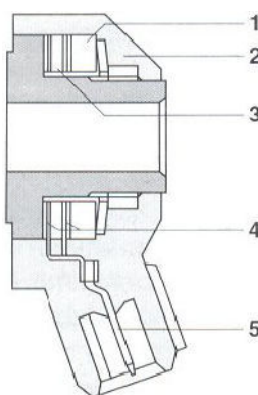
1 těleso sondy, 2 keramická ochranná trubka, 3 elektrické kontakty, 4 ochranný klobouček se zářezy, 5 aktivní keramika, 6 kontaktní část, 7 ochranné pouzdro, 8 vyhřívávaný element, 9 svorkové připojení topného elementu.

3.6 DETONAČNÍ SPALOVÁNÍ - SNÍMAČ KLEPÁNÍ MOTORU

Za určitých abnormálních podmínek se může vyskytovat typické „klepání“ motoru omezující nárůst výkonu a jeho účinnost. Tento nežádoucí spalovací proces se nazývá detonační spalování a je následkem samozápalů částic směsi, které se nestačily zapálit od postupně prohořívající směsi zapálené jiskrou svíčky.

Normálně zahájené spalování a kompresní tlak vytvořený pístem ve válci způsobují tlak a zvýšení teploty, které vede k samozápalům koncových plynů (ještě nespálené směsi). Vyskytují se zde rychlosti hoření více jak 2 000 m / s, přičemž u normálního spalování je to hodnota přibližně 30 m / s.

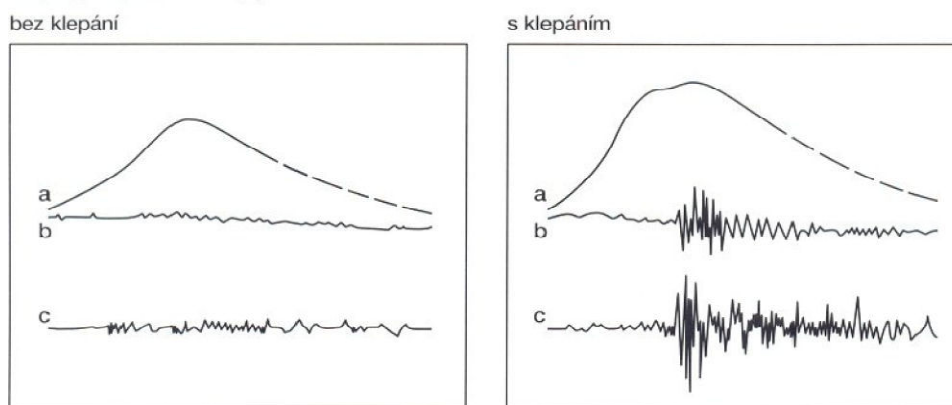
Při tomto nárazovém spalování dochází lokálně v koncových plynech k prudkému zvýšení tlaku. Tím se vzniklé tlakové vlny rozpínají a narážejí na stěny spalovacího prostoru, stejně tak na plochu pístu. Při déle trvajícím klepání mohou, mohou tlakové vlny a zvýšené tepelné zatížení, způsobit mechanické poškození těsnění pod hlavou, pístů a v oblasti ventilů v hlavě válců.



Obrázek 33 - Snímač klepání [6]

1 seismická hmota, 2 zalévací hmota, 3 piezoelektrická keramika, 4 kontakty, 5 elektrické zapojení.

Charakteristické vibrace detonačního spalování jsou snímány senzory klepání, převedeny na elektrické signály a vedeny do řídicí jednotky.



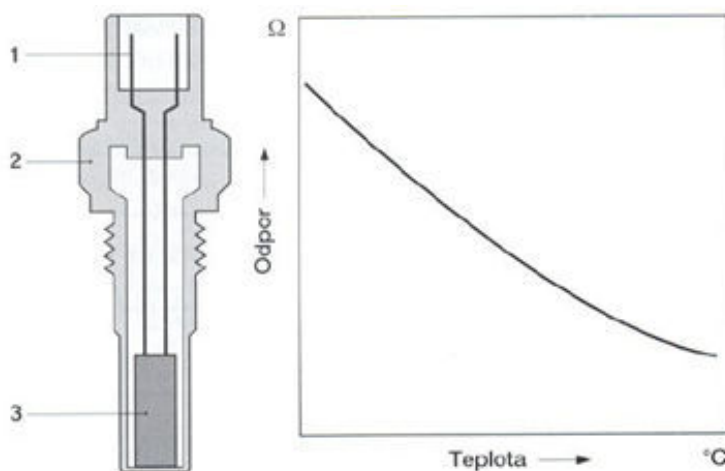
Obrázek 34 - Signály snímače klepání [6]

Snímač klepání vysílá signál (c), odpovídající skutečnému průběhu tlaku (a) ve válci. Odfiltrovaný tlakový signál je označen (b).

3.7 TEPLOTA MOTORU A NASÁVANÉHO VZDUCHU

Snímač teploty motoru je osazen teplotně závislým odporem, který snímá teplotu chladicí kapaliny. Stejným způsobem získá snímač v sacím potrubí teplotu nasávaného vzduchu. Tento odpor má negativní teplotní charakteristiku NTC (negastor) a je součástí děliče napětí, který je napájen napětím nejčastěji 5V. Méně často se používá snímač s pozitivní teplotní charakteristikou PTC (pozistor).

Úbytek napětí na odporu je vyhodnocován analogově - digitálním převodníkem a je úměrný teplotě. V řídicí jednotce je uložena tabulka, ve které každé hodnotě napětí odpovídá určitá teplota a tím je kompenzována nelineární charakteristika mezi napětím a teplotou.



Obrázek 35 - Snímač teploty motoru a jeho teplotní charakteristika (NTC) [6]

1 elektrické připojení, 2 těleso, 3 NTC odpor.

3.8 NAPĚTÍ AKUMULÁTORU

Otevírací a zavírací čas elektromagnetického vstřikovacího ventilu je závislý na napětí akumulátoru. Vyskytne - li se během provozu zakolísání palubního napětí, zkoriguje řídicí jednotka, z toho vyplívající reakční zpoždění vstřikovacího ventilu, změnou doby vstřiku. Při nízkém napětí akumulátoru se musí doba sepnutí zapalování obvodu prodloužit, aby mohla zapalovací cívka akumulovat dostatečnou energii pro jiskru.

4 ZPRACOVÁNÍ PROVOZNÍCH DAT

Řídící a regulační veličiny, snímané snímači, jsou v řídicí jednotce převedeny na signály potřebné k řízení akčních členů. Vstupní signály mohou být analogové (např. průběh napětí na snímači tlaku), digitální (např. poloha spínače) nebo pulzní (tzv. informační obsah v časovém výskytu impulsů; např. snímač otáček). Zpracování signálů znamená jejich úpravu (filtrování, zesílení, tvarování impulsů) a převod (A / D, D/ A) především metodami digitálního zpracování signálů.

4.1 DIGITÁLNÍ VSTUPNÍ SIGNÁLY

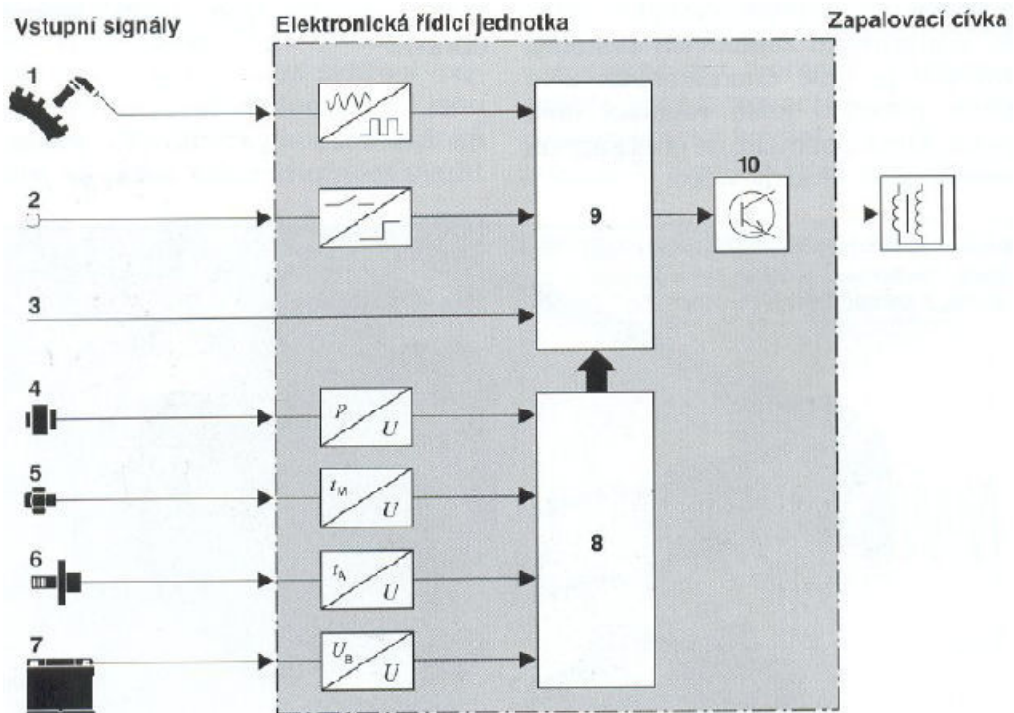
Snímání polohy spínačů nebo digitálních signálů snímačů (např. impulzy Hallova snímače. Rozsah napětí: 0 V až napětí akumulátoru.

4.2 ANALOGOVÉ VSTUPNÍ SIGNÁLY

Signály analogových snímačů (lambda sonda, snímač tlaku, potenciometr). Rozsah napětí: několik mV až 5 V.

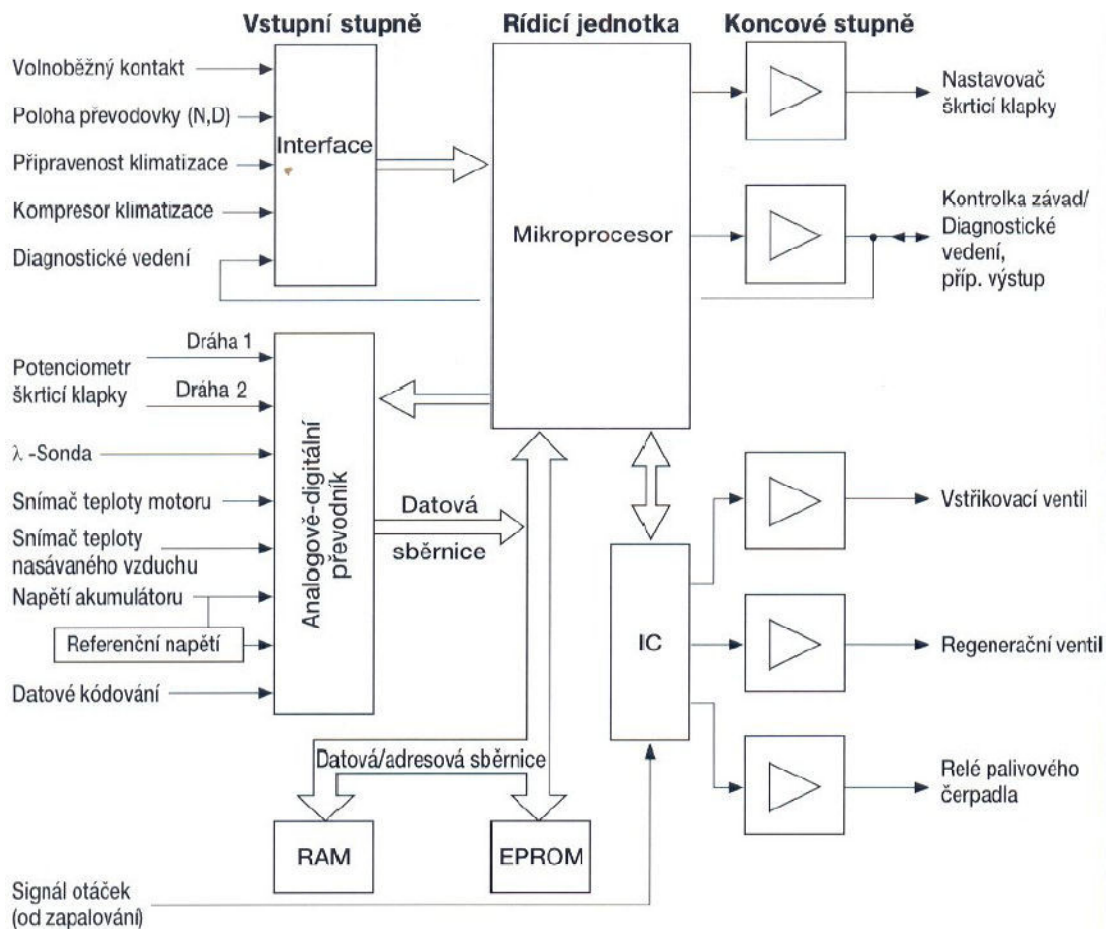
4.3 PULZNÍ VSTUPNÍ SIGNÁLY

Signály indukčních snímačů otáček. Po úpravě se signál dále zpracovává, jako digitální. Rozsah napětí: 0.5 V až 100 V.



Obrázek 36 – Zpracování signálů v elektronické řídicí jednotce zapalování [15]

1 otáčky motoru, 2 signály spínače škrticí klapky, 3 CAN (sériový BUS), 4 tlak v sání, 5 teplota motoru, 6 teplota nasávaného vzduchu, 7 napětí akumulátoru, 8 analogově - digitální převodník, 9 mikroprocesor, 10 koncový stupeň zapalování.



Obrázek 37 – Blokové schéma řídicí jednotky Mono – Jetronic [14]

V řídicí jednotce je ze signálů zatížení a otáček motoru vypočítána hodnota zatížení, které odpovídá hmotnosti nasátého vzduchu za jeden zdvih. Tato hodnota je brána jako základ pro výpočet doby vstřiku a adresaci pole charakteristik určujícího úhel zážehu.

4.4 MĚŘENÍ HMOTNOSTI VZDUCHU

Při použití měřiče vzduchu se žhaveným drátem, popř. s vyhřívaným filmem je přímo měřena hmotnost vzduchu, která je použita jako veličina pro výpočet hodnoty zatížení. Při měření množství vzduchu je pro zjištění hmotnosti vzduchu nutné použít korekci hustoty vzduchu. V jednotlivých případech, jsou chyby způsobené silnými vzduchovými pulzacemi v sacím potrubí kompenzovány korekcí pulzace.

4.5 MĚŘENÍ TLAKU

U systému měřících tlak v sacím potrubí (s jedním snímačem tlaku jako snímačem zatížení) neexistuje, v porovnání se systémy měřícími přímo hmotnost vzduchu, žádný

matematický vztah mezi tlakem v sacím potrubí a hmotností nasátého vzduchu. Pro výpočet hodnoty zatížení je zde v řídicí jednotce použito přizpůsobovací pole charakteristik. Změny teplot a podíl zbytkových plynů, vzhledem k výchozímu stavu, jsou následně kompenzovány.

4.6 MĚŘENÍ ÚHLU NATOČENÍ ŠKRTICÍ KLAPKY

Při použití snímače polohy škrticí klapky je hodnota zatížení vypočtena v řídicí jednotce z hodnoty otáček motoru a z úhlu natočení škrticí klapky. Změny hustoty vzduchu jsou zohledněny tím, že je signál zatížení korigován naměřenými teplotami a tlaky okolního vzduchu.

4.7 VÝPOČET DOBY VSTŘIKU

4.7.1 ZÁKLADNÍ DOBA VSTŘIKU

Základní doba vstřiku je vypočítávána přímo z hodnoty zatížení a konstanty vstřikovacího ventilu. Tato konstanta vstřikovacího ventilu definuje vztah mezi ovládacím časem vstřikovacího ventilu a protékajícím množstvím paliva, a je závislá na jeho konstrukci. Multiplikace doby vstřiku s konstantou vstřikovacího ventilu udává hmotnost paliva, příslušející hmotnosti vzduchu na jeden zdvih. Základní dimenzování přitom probíhá na součinitel přebytku vzduchu $\lambda = 1$.

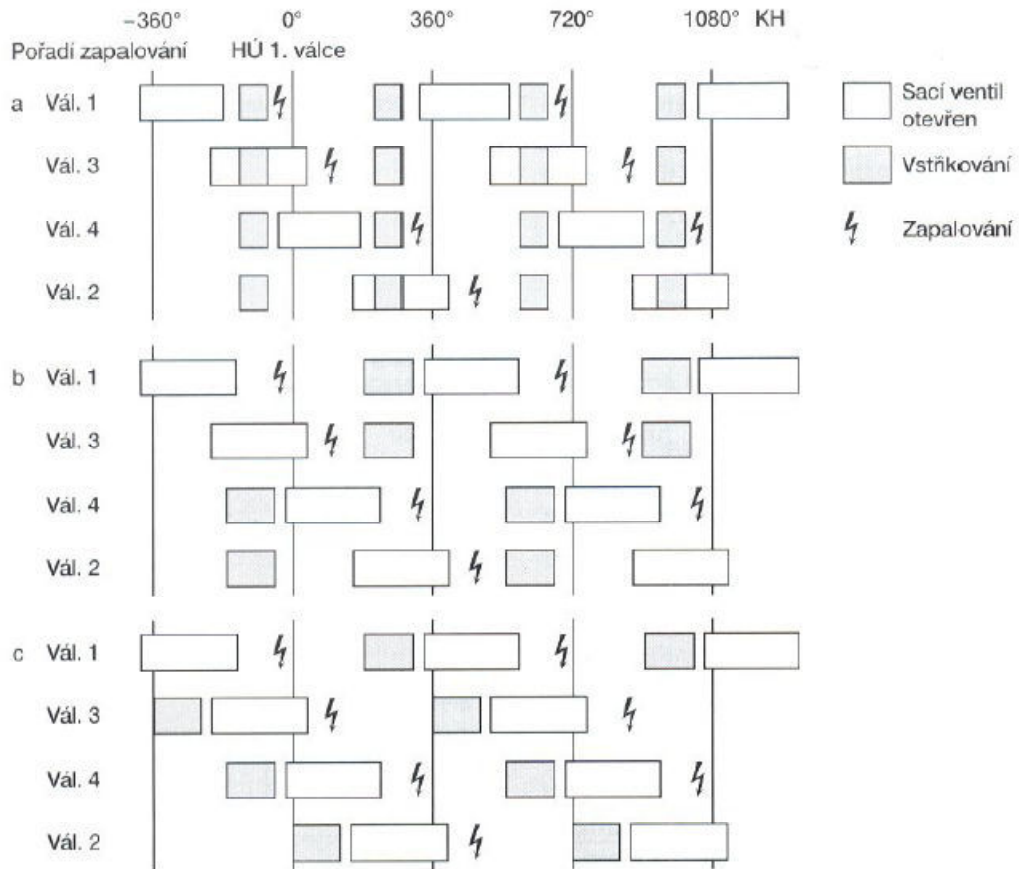
To platí tak dlouho, dokud je diferenční tlak mezi tlakem paliva a tlakem v sacím potrubí konstantní. V ostatních případech je tento vliv na dobu vstřiku kompenzován pomocí korekčního pole charakteristik λ . Vliv kolísajícího napětí akumulátoru, na otevírací a zavírací čas elektromagnetického vstřikovacího ventilu, je kompenzován korekcí na napětí akumulátoru.

4.7.2 EFEKTIVNÍ DOBA VSTŘIKU

Efektivní doba vstřiku je k dispozici po dodatečném propočítání korekčních veličin. Tyto jsou vypočítávány ve zvláštních funkcích a zohledňují rozličné provozní rozsahy a provozní stavy motoru. Korekce přitom působí jak samostatně, tak i v kombinaci s právě aplikovaným (používaným) parametrem.

Při podkročení minimálního plnění válců je připravena nezápalná směs. Ohraničení minimální doby vstřiku tak zabraňuje vzniku nespálených uhlovodíků ve výfukových

plynech. Během startu probíhá oddělený výpočet doby vstřiku, který je nezávislý na hodnotě zatížení.



Obrázek 38 - Porovnání způsobů vstřikování [6]

a) simultánní vstřikování, b) skupinové vstřikování, c) SEFI, CIFI.

4.8 OKAMŽIK VSTŘIKOVÁNÍ

Vedle správné doby vstřiku je okamžik vstřikování další z parametrů optimalizujících spotřebu paliva a emise výfukových plynů. Možnosti jednotlivých variant jsou přitom závislé na použitém způsobu vstřikování (obr. č. 38).

4.8.1 SIMULTÁNNÍ VSTŘIKOVÁNÍ

U simultánního vstřikování dochází ke vstřikování všech vstřikovacích ventilů v jeden okamžik, dvakrát za cyklus, tzn. dvakrát za otáčku vačkového hřídele, popř. jednou za otáčku klikového hřídele. Okamžik vstřiku je předem pevně dán.

4.8.2 SKUPINOVÉ VSTŘIKOVÁNÍ

U skupinového vstřikování jsou vytvořeny dvě skupiny vstřikovacích ventilů, kdy každá skupina vstřikuje jednou za cyklus. Časový odstup obou skupin tvoří jedna otáčka klikového hřídele. Toto uspořádání umožňuje již načasování okamžiku vstřiku, dle provozních podmínek a odstraňuje ve vzdálených rozsazích pole charakteristik, nepatřičné vstřikování před otevřený sací ventil.

4.8.3 SEKVENČNÍ VSTŘIKOVÁNÍ BENZÍNU (SEFI)

SEFI (*Sequential Electronic Fuel Injection*). Palivo je vstřikováno přímo pro jednotlivé válce pouze jednou za pracovní cyklus, a to před uzavřený sací ventil. Vstřikovací ventily jsou ovládány nezávisle na sobě ve stejný okamžik, vztaženo na příslušný válec. Okamžik vstřiku je volně programovatelný a lze jej přizpůsobit na příslušná optimalizační kritéria.

4.8.4 INDIVIDUÁLNÍ VSTŘIKOVÁNÍ DO VÁLCŮ (CIFI)

CIFI (*Cylinder Individual Fuel Injection*). Vůči sekvenčnímu vstřikování má tu výhodu, že je zde možné pro každý válec individuálně ovlivňovat dobu vstřiku. Tím lze vyrovnávat nepravidelnosti - např. při plnění válců.

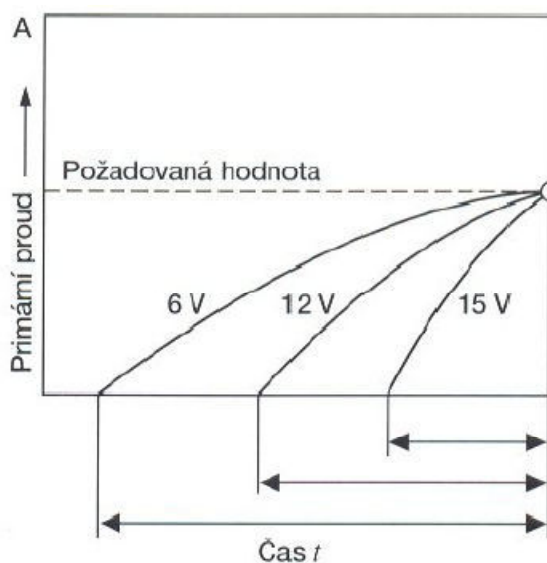
4.8.5 POROVNÁNÍ

U skupinového a sekvenčního vstřikování je v porovnání se simultánním vstřikováním nutný větší variační rozsah (rozsah od nejmenšího množství při volnoběhu až po největší množství při plném zatížení) vstřikovacího ventilu.

4.9 ŘÍZENÍ ÚHLU SEPnutí

Pomocí pole charakteristik úhlu sepnutí, je řízena doba průtoku proudu do zapalovací cívky v závislosti na otáčkách a napětí akumulátoru tak, že je na konci doby průtoku proudu, i při provozu ve vzdálených rozsazích, dosaženo požadované hodnoty primárního proudu.

Z doby nabíjení zapalovací cívky, která je závislá na velikosti napětí akumulátoru, vychází doba sepnutí. Dodatečná dynamická rychlost umožňuje dostatečně rychle pokrýt potřebu proudu, také při velmi rychlém zvýšení otáček. Omezení doby nabíjení zapalovací cívky v horním rozsahu otáček, zajišťuje potřebnou dobu hoření jiskry.

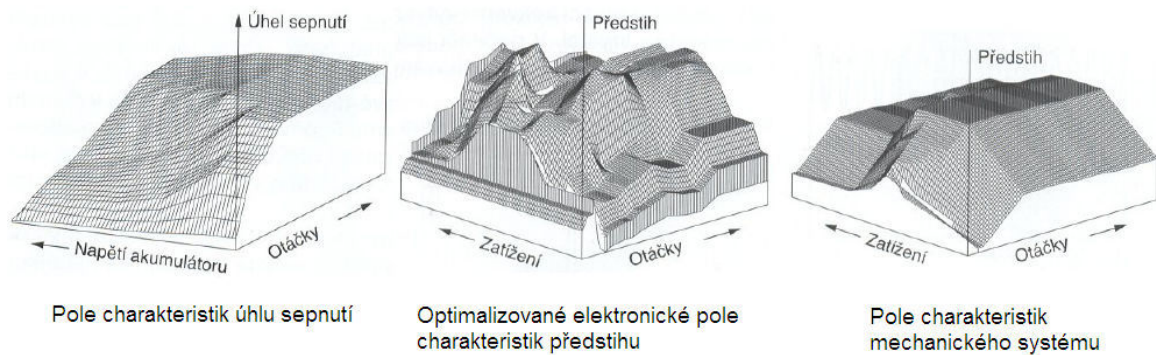


Obrázek 39 - Průběh primárního proudu při různém palubním napětí [6]

4.10 ŘÍZENÍ ÚHLU ZÁŽEHU

V řídicí jednotce je uloženo pole charakteristik se základním úhlem zážehu v závislosti na zatížení motoru a jeho otáčkách. Tento úhel zážehu je optimalizován vzhledem ke spotřebě paliva a emisím ve výfukových plynech. Vyhodnocováním teploty motoru a teploty nasávaného vzduchu (převzatými ze snímačů teploty motoru a nasávaného vzduchu) jsou zohledněny změny teplot.

Další účinné korekce, popř. přepnutí na jiná pole charakteristik umožňují přizpůsobení na každý provozní stav motoru. Tím jsou umožněny účinné vzájemné vazby mezi krouticím momentem, výfukovými plyny, spotřebou, sklonem ke klepání a jízdním chováním. Speciální korekce úhlu zážehu, působí například při provozu s vháněním sekundárního vzduchu nebo s recirkulací výfukových plynů, jakož i při dynamickém provozu (např. zrychlení). Dále jsou zohledněny rozličné provozní stavy jako volnoběh, částečný a plný výkon, jakož i nastartování a zahřívání.



Obrázek 40 - Datová pole naprogramovaná v řídicí jednotce motoru [15]

Nové řídicí jednotky (Bosch EDC15 a vyšší od roku 2000), které mají programovatelnou paměť, umožňují nahrání dvou na sobě nezávislých datových map, mezi kterými je možné, kdykoli během jízdy, přepínat a upravovat tak jízdní režim motoru. Například, mezi originálním programem a upraveným sportovním nebo mezi dvěma upravenými datovými poli.

5 POŽADAVKY NA SOFTWARE A HARDWAROVÉ VYBAVENÍ PRO CHIPTUNING MOTORŮ KONCERNU VW

V této kapitole uvažují automobily s rozhraním OBD kompatibilním, vyrobená po roce 2000, tedy vozidla s přepisovatelnou pamětí v řídicí jednotce typu flash. Chiptuning = flashování (přepisování paměti). Popřípadě nová vozidla s technologií pro přímou úpravu řídicí jednotky BDM (*Background Debugging Module*), EDC16, EDC 16+ vč. VAG RSA, EDC 7, Delphi, Marelli MultiJet, ME9, MED9, SIM266, Simos 6.x, Siemens MSS65, MJD, MS45, SID803, a další. Jedině přes rozhraní BDM lze vrátit ŘJ (používané od r. 2002 výše) do přesně stejného stavu, v jakém byla před poruchou, anebo před modifikací. Přes BDM lze zálohovat všechny paměti jako Flash Eprom, CPU i sériovou paměť.



Obrázek 41 – technologie na bázi Motorola 555 - 565 CPU [26]

5.1 MĚŘENÍ VÝKONU PŘED / PO ÚPRAVĚ

5.1.1 STATICKÉ MĚŘENÍ - VÝKON ZMĚŘENÝ NA KOLECH

V průběhu tohoto měření je motor dlouhodobě zatížen, doba a průběh zatížení může být nastavena libovolně. Tento stav odpovídá jízdě tzv. na plný plyn maximální rychlostí nebo jízda na plný plyn konstantní rychlostí do stoupání – také v těchto režimech jízdy jsou otáčky motoru konstantní a motor je trvale dlouhodobě zatížen plným výkonem. Během dlouhotrvajícího plného zatížení motoru dojde k plnému prohřátí a hlavně k důležité stabilizaci vnitřních teplot v motoru (plynů v sacím a výfukovém potrubí, povrchové teploty ve spalovacím prostoru a na dně pístu, atd.).

Parametry motoru velmi silně závisí především na těchto tzv. vnitřních teplotách, teprve po jejich ustálení dojde i k ustálení výkonu. V průběhu měření jsou sledovány důležité

faktory ovlivňující stanovené normy emisních limitů – senzor teploty oleje, množství výfukových plynů, lambda faktor. Měření vyžaduje určitou dobu setrvání motoru v diagnostikovaném provozním bodě. Chceme - li provést měření složení spalin (obsah CO, HC, CO₂, O₂ a dalších), např. při plně otevřeném plynu a např. ve středních otáčkách, je třeba, aby v tomto režimu byl motor trvale udržován dynamometrem několik sekund až minut.

Metoda statického měření výkonu je vhodná pro úpravy vysokovýkonných motorů. Umožňuje změření výkonu při dlouhotrvajícím zatížení (zjištění poklesu výkonu, atd.), dlouhodobé zatížení motoru v určitých otáčkách, např. pro další diagnostická měření (měření emisí, měření předstihu zážehu, atd.) anebo simulace jízdy po vozovce určitou konstantní rychlostí.

5.1.2 DYNAMICKÉ MĚŘENÍ - MĚŘENÍ VÝKONU BĚHEM AKCELERACE VOZIDLA

Během tohoto způsobu měření je zaznamenáván průběh zrychlení setrvačníku ve válcové brzdě, klikového hřídele motoru a náhonových kol. Při dynamickém měření výkonu je potřeba znát moment setrvačnosti všech roztáčených dílů. Po dosažení konečných otáček je z průběhu měření následně vypočtena hodnota dynamického točivého momentu.

Při dynamickém měření není výkon měřen, ale stanoven výpočtem, v němž hraje dominantní roli zadání momentu setrvačnosti rotujících dílů během měření. Metoda dynamického měření výkonu je vhodná pro: rychlou servisní diagnostiku, např. pro zjištění výkonu motoru při akceleraci.

5.1.3 MĚŘENÍ NA MOTOROVÉ STOLICI

Viz. kapitola Chiptuning s demontáží motoru.

5.2 „AMATÉRSKÝ“ CHIPTUNING

Jedná - li se o samotnou úpravu dat v řídicí jednotce, postačuje úpravci velmi málo vybavení k tomuto zákroku do mozku motoru. Ve skutečnosti postačuje pouze propojovací kabel mezi diagnostickým rozhraním vozidla a počítačem, počítač a specializovaný SW pro samotnou úpravu (např. KWP2000 FLASHER nebo MULTIFLASHER).



Obrázek 42 – diagnostický kabel ODB s 16 pinovým konektorem

Problémem samotného přehrávání datových map v řídicí jednotce, je příliš snadná dostupnost zařízení na úpravu za minimální cenu, díky čemuž je tento typ úpravy a zvláště počet úpravců velmi rozšířený, avšak velmi se liší kvalita poskytovaných služeb. Většina úpravců nejsou ve skutečnosti chiptuneři úpravci, avšak chiptuneři přehrávači. Mají k dispozici data (datové mapy) z internetu, popř. ze zahraničí, pro vybrané motory a pouze je přehrávají. Nikdy to tedy není úprava na míru a v mezích možností daného motoru.

5.3 PROFÍ CHIPTUNING

Profí chiptuning není pouhé přehrání programu v řídicí jednotce. Profesionální úprava spočívá v kompletním odladění programu s motorem a nastavení parametrů na míru. S tím je spojená i značná nákladnost vybavení na úpravu výkonu.

SW a HW náročnost se liší v závislosti na typu úpravy, jedná - li se o úpravu dat přímo na vozidle nebo o úpravu dat na vymontovaném motoru.

5.3.1 BEZDEMONTÁŽNÍ CHIPTUNING

Potřebné vybavení pro úpravu:

- *propojovací kabel,*
- *počítač,*
- *pájecí stanice* - „U nejmodernějších řídicích jednotek se stále častěji objevují případy, kde je programování pomocí flasheru výrobcem znemožněno. V takových případech přichází na řadu speciální, konstrukčně velmi složité a přesné zařízení, které umožňuje programovat přímo v řídicí jednotce nové generace. Jakýkoli jiný způsob osvědčený např. u předchozích generací jednotek, by v tomto

případě znamenal nenávratné poškození jednotky, protože jsou paměti jednotky vzájemně provázané“ [17].

- **Programátor,**
- **programové vybavení** (diagnostika + flashování),
- **zařízení na měření výkonových parametrů** (např. válcová zkušebna výkonu, zkušební dráha).



Obrázek 43 – Válcová zkušebna výkonu

5.3.2 CHIPTUNING S DEMONTÁŽÍ MOTORU

Měření na motorové stolici, tzn. vymontovaný motor na stolici je nejpřesnější měření výkonu motoru. Zde je výkon snímán na výstupu z klikového hřídele, což eliminuje vliv veškerých mechanických ztrát mimo vlastní motor. Tímto způsobem lze přesně zjistit i nepatrné změny na výkonnostní charakteristice

Provádí se především u závodních speciálů, ve výjimečných případech i u sériových sportovních verzí automobilů. Úprava je většinou spojena s úpravou mechanických dílů motoru (klikový hřídel, vačkový hřídel, písty,), které úpravce většinou sám navrhuje. Je to nejnákladnější a časově nejnáročnější druh úpravy.

Potřebné vybavení pro úpravu:

- **motorová brzda - dynamometr** („brzdí“ se samotný motor na stolici),

- **programátor** (úpravce vytváří vlastní datové mapy na základě vypočtených hodnot přímo pro daný typ motoru),
- **pájecí stanice,**
- **programové vybavení** – úpravce si většinou vytváří vlastní programové vybavení.



Obrázek 44 - Stanice na úpravu výkonu motorů

5.4 POPIS CHIPTUNINGU

Ještě před úpravou proběhne kontrola celého vozidla, kontroluje se stav oleje, stav rozvodového řemene, popřípadě řetězu, hledají se možné úniky provozních kapalin a další možné mechanické poškození. Dále se provede kompletní diagnostika a zkušební jízda nebo test na válcové brzdě, při které se načítají reálná data (tlak turbodmychadla u přeplňovaných motorů, množství vstřikovaného paliva aj.). Zkontroluje se, nejsou - li v paměti chyby nebo závady, které by zabraňovaly provést bezchybnou úpravu řídicí jednotky. Pokud není nalezen žádný vážný problém, lze přistoupit k dalším krokům úpravy:

- - **měření sériového výkonu vozidla,**
- - **vyčtení sériového softwaru vozu,**
- - **úprava vyčteného softwaru** – snímají se živá data z motoru (např. na motorové brzdě, popř. válcové brzdě) a software se ladí přímo za chodu. Čímž lze dosáhnou maximálního sladění daného softwaru s konstrukčními možnostmi motoru.
- - **Aktualizace softwaru vozu** - zápis je stejně jako čtení prováděn speciální jednoúčelovou flashovací konzolí,

- - *měření výkonu upraveného vozu a odladění motor managementu ve válcové zkušebně,*
- - *logování reálných měřených hodnot upraveného vozu - ověření, zda úprava negativně neovlivnila životnost jednotlivých dílů,*
- - *zkušební jízda majitele vozidla - porovnání sériový výkon / chiptuning výkon,*
- - *předání protokolu o úpravě.*

6 Vliv chiptuningu na emise vozidel koncernu VW

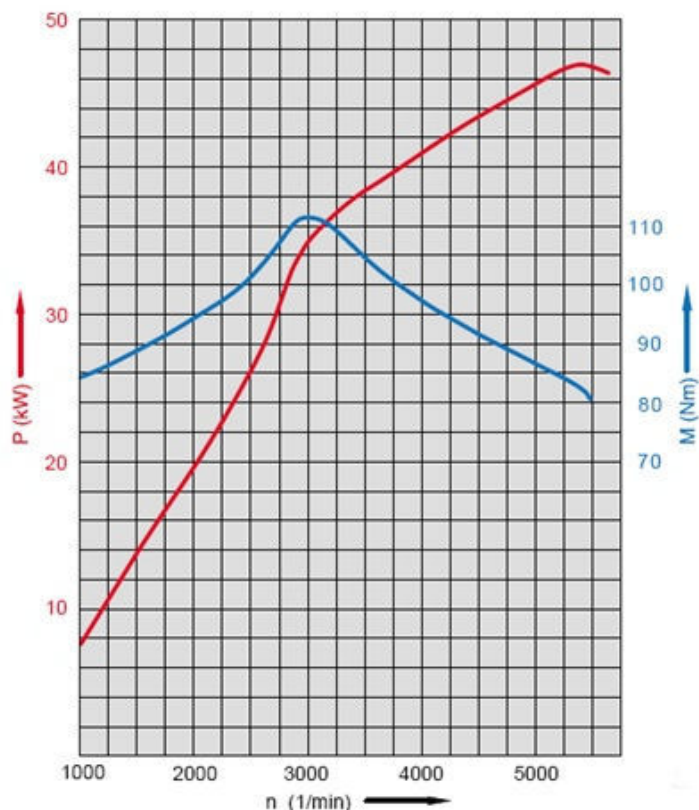
Emise motorových vozidel závisí na více faktorech, především však na kvalitě spalování a prohořívání paliva (směsi). Vzhledem k tomu, že chiptuning tyto parametry mění, tedy množství paliva, vzduchu a popř. tedy i kvalitu spalování, může do značné míry přispět i k výsledkům při měření výfukových zplodin. Vždy tedy záleží na odbornosti a zkušenostech daného úpravce a tedy na kvalitě jeho odvedené práce, nejen vzhledem k maximálním výkonovým parametrům, ale především i z hlediska kvality spalování a s tím souvisejících ekologických dopadů.

6.1 MĚŘENÍ Č. 1 - ŠKODA FABIA I, 1.2 HTP, 47 kW

Pro první měření jsem vybral automobil Škoda Fabia I 1.2 HTP, 47 kW (rok výroby 2006). Měření probíhalo v několika krocích:

- zjištění sériových parametrů motoru
- měření emisí před úpravou, tedy v sériovém provedení,
- úprava řídicí jednotky automobilu,
- odměření výkonových parametrů po úpravě – vliv úpravy,
- měření emisí po chiptuningu.

6.1.1 ZJIŠTĚNÍ SÉRIOVÝCH PARAMETRŮ MOTORU



Obrázek 45 – parametry motoru Škoda Fabia I, 47 kW udávané výrobcem [23]

Výrobce u tohoto vozu udává sériový výkon 47 kW při 5 400 min^{-1} a krouticí moment 112 Nm při 3 000 min^{-1} . Provedl jsem tedy první měření formou jízdní zkoušky, pro ověření parametrů a přesnosti zvolené měřicí metody. Veškerá měření probíhala na rovinné letištní ploše v Hradčanech. Měření probíhala při průměrné teplotě vzduchu 16°C, z důvodu možnosti negativního zkreslení měření od větru nebo díky nerovnostem a sklonitosti vozovky, probíhaly na každý datový výstup dvě jízdní zkoušky na stejném úseku, v obou směrech. Výsledná data z obou měření jsou tedy zprůměrována pro dosažení co nejpřesnějšího výstupu. Měřená data (rychlost automobilu, otáčky, teplota vody, a další) jsem snímal pomocí diagnostiky přímo ze snímačů automobilu, nikoliv z palubního počítače. Pro uskutečnění měření je podstatné, aby teplota oleje v motoru měla alespoň 80°C. Pro uskutečnění samotného měření je důležitý dobrý stav rozvodů motoru.

6.1.2 POUŽITÉ VYBAVENÍ

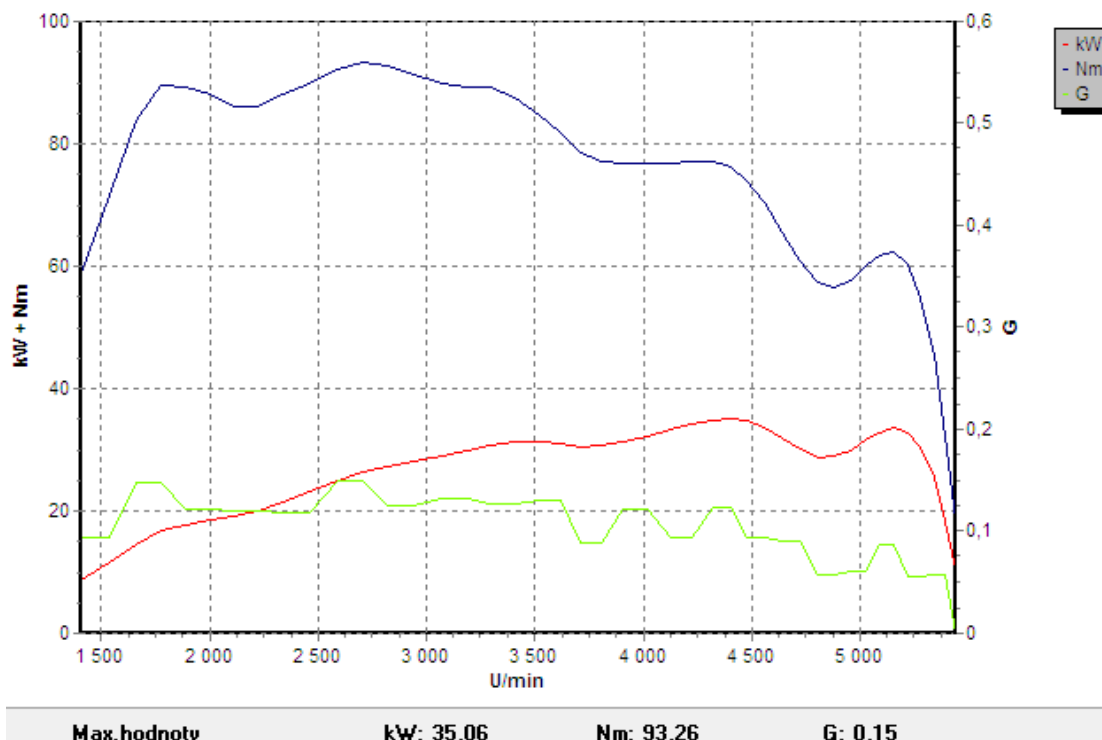
- OBD diagnostický kabel,

- diagnostický software VCDS,
- speciální software na měření výkonu motorů pomocí jízdní zkoušky, od společnosti Kaufmann KZF.

6.1.3 PRINCIP SAMOTNÉHO MĚŘENÍ

- nalogování hodnot z určených kanálů řídicí jednotky motoru pro získání žádaných živých dat,
- řidič se rozjede, postupně přeřadí na 3. rychlostní stupeň, pustí pedál akcelerace a nechá otáčky motoru klesnout na $1000 - 1200 \text{ min}^{-1}$,
- v této chvíli sešlápne pedál akcelerace na 100 % a nechá automobil zrychlovat,
- při dosažení hraničních otáček motoru (těsně před červeně označeným polem otáčkoměru) pustí pedál akcelerace, vyšlápne spojkový pedál, vyřadí rychlostní stupeň a s vyšlápnutým spojkovým pedálem nechá automobil volně zpomalovat - z důvodu odpočtu ztrátového výkonu,
- jakmile rychlost automobilu klesne na $55 - 60 \text{ km za hodinu}$, resp. pod 1500 min^{-1} , zastavím měření a uložím naměřená data.

Přestože měl majitel vozu již delší dobu podezření na snížený výkon motoru z doposud nezkoumané příčiny, výsledek nás udivil.



Obrázek 46 – 1. měření – Fabia 47 kW s naměřeným výkonem 35 kW

Výsledek měření ukazuje téměř o 12 kW výkonový pokles. Motor má najeto 68 000 km, což by vzhledem k pravidelným servisním prohlídkám a pečlivému přístupu ke stavu vozu ze strany majitele, neukazovalo na mechanickou poruchu motoru.

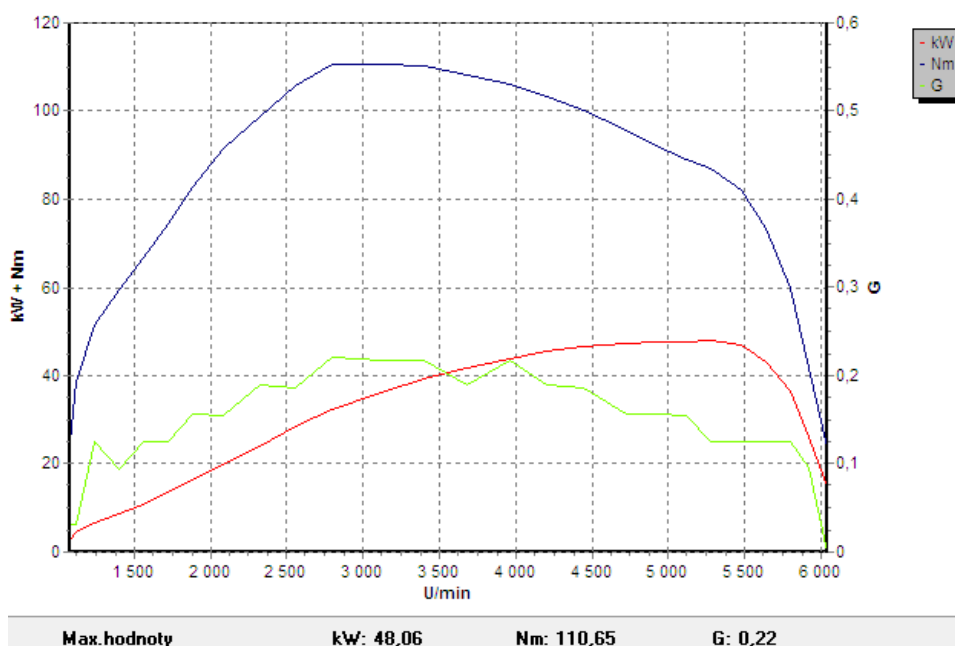
Při důkladné prohlídce motoru v dílně a následném změření komprese pomocí kompresiometru na jednotlivých válcích byla příčina odhalena. Na prvním válci byla naměřena komprese 1.15 MPa, na druhém válci 0.63 MPa a na třetím válci 0.51 MPa. Což by znamenalo, že závada byla mechanická, nikoliv elektronická. Musel jsem tedy motor rozebrat a zjistit příčinu.

Příčinou byly podpálené výfukové ventily a velká vůle ve dřívku ventilu na 2. a 3. válci. Důvodem poruchy je špatná konstrukce samotného motoru, kde je katalyzátor umístěn příliš blízko za výfukovými svody a tudíž při každém sacím cyklu proudí do motoru uvolněné částice z katalyzátoru, které postupně vydírají ventilová sedla a dřívky ventilů. Závada se projeví velmi pomalu, postupným snižováním výkonu (což běžný uživatel až do doby vážné, a tedy drahé, poruchy nemusí poznat), chvěním motoru a nepravidelným chodem ve volnoběžných otáčkách.



Obrázek 47 – demontovaný výfukový ventil

Jelikož je při této opravě potřeba demontovat ventilový rozvod, namontoval jsem, vzhledem ke stavu tachometru, zároveň i novou sadu rozvodů. Po přebroušení hlavy, výměně výfukových ventilů, zabroušení ventilů a jejich sedel, následné kompletaci motoru a kontrolním změřením komprese, se mohlo pokračovat v získávání dalších dat.



Obrázek 48 – 2. měření - opravený motor, sériová, již odpovídající charakteristika

6.1.4 ÚPRAVA AUTOMOBILU

Úpravu řídicí jednotky jsem za asistence kamaráda, který se úpravami řídicích jednotek zabývá na profesionální úrovni, provedl sám. Po nahrání nových dat do řídicí jednotky motoru byly očekávané parametry, podle charakteristiky datových map, přibližně 60 kW a 130 Nm. Vzhledem ke skutečnosti, že nemám k dispozici válcovou zkušebnu

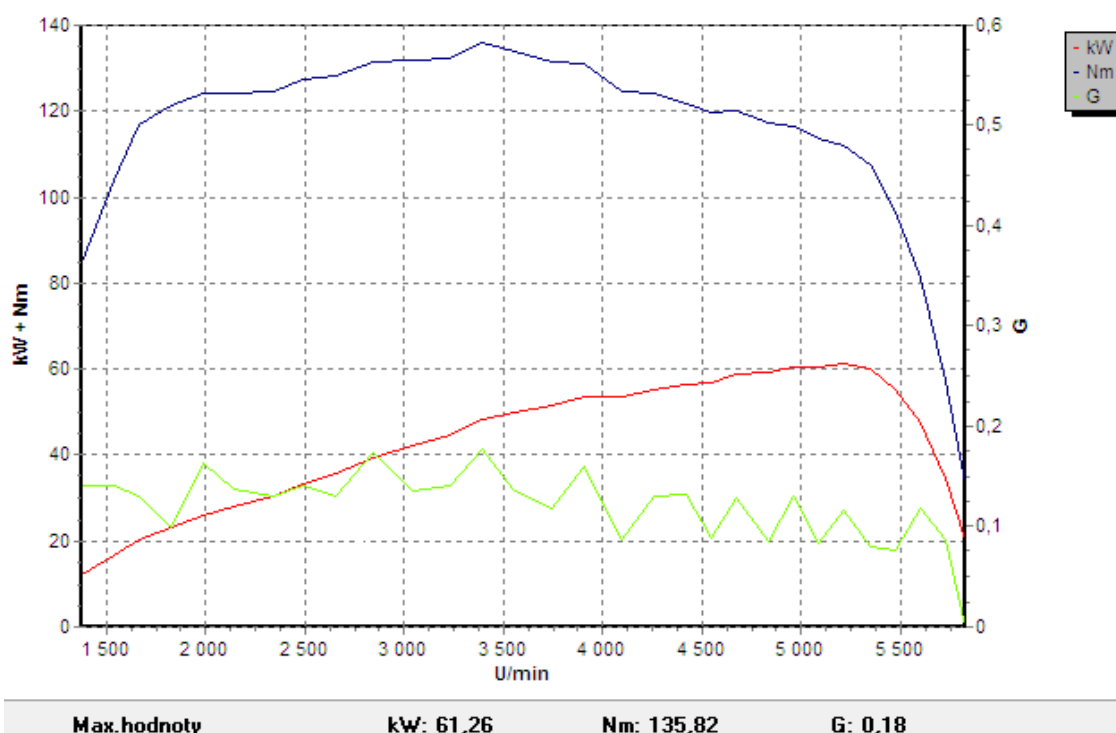
výkonu a při tolika měřeních, které jsem k získání dat potřeboval, by tato měření byla už tak dosti nákladná (cena jednoho měření se pohybuje v rozmezí 1 200 – 1 500 Kč), odměřili jsme s majitelem vozu, veškerá další měření opět na letišti.

Tuto měřicí metodu formou jízdní zkoušky, jsem testoval již na více než deseti automobilech značek VW, Audi a Škoda, sériových parametrů. Měření probíhalo s přesností ± 1.73 kW při porovnání s udávanými parametry výrobce (což je způsobeno výrobními tolerancemi).



Obrázek 49 - testovací místo - letištní plocha Hradčany [22]

6.1.5 MĚŘENÍ VÝKONOVÝCH PARAMETRŮ PO ÚPRAVĚ



Obrázek 50 – 3. měření – charakteristika motoru po úpravě

Z grafu je patrné, že výkon motoru byl zvýšen o 13 kW, tedy rozdíl 26 kW výkonu oproti stavu před měřením (před opravou motoru), přičemž se zlepšila i charakteristika

kroučicího momentu, kdy je hodnota přes 120 Nm ve třech čtvrtinách rozsahu provozních otáček. Díky čemuž dojde, při efektivním využívání výkonu, ke snížení spotřeby paliva.

6.1.6 MĚŘENÍ EMISÍ PŘED ÚPRAVOU



MIROSLAV PECHA
Havlíčkova 1432/II
Mladá Boleslav
293 01

SME č.:
42.07.19

Tel.: 326 737 782

Fax.: 326 737 780

Protokol č.:

o měření emisí vozidla se zážehovým motorem

| | | | |
|---------------------------------------|------------------------|-----------------------------|------------------|
| Značka vozidla: | ŠKODA | Druh vozidla: | Osobní automobil |
| Typ vozidla: | FABIA | Kategorie vozidla: | M1 |
| Typ motoru: | BME | Registrační značka: | 6S76697 |
| Výr. č. motoru: | | Rok výroby (1. registrace): | 2006 |
| Stav poč. ujeté vzdálenosti: | 78150 km | Druh paliva: | BA95 |
| Typ emisního systému: | ŘÍZENÝ S KATALYZÁTOREM | | |
| Provozovatel vozidla (jméno, adresa): | Bělohav Michal | | |

KONTROLA:

| | |
|---|-----------|
| Výsledek vizuální kontroly: | VYHOVUJE |
| Výsledek kontroly závad řídicí jednotky: | bez závad |
| Výsledek kontroly těsnosti plynového potrubí: | NENÍ |

| MĚŘENÉ PARAMETRY | PŘEDEPSANÉ | | NAMĚŘENÉ HODNOTY S PALIVEM | | VÝSLEDEK |
|--------------------------------|------------|------|----------------------------|---------------|----------|
| | min. | max. | ZÁKLADNÍM / | ALTERNATIVNÍM | |
| Teplota oleje [°C] | 80 | | 83 | | O.K. |
| PŘI VOLNOBĚHU: | | | | | |
| Otáčky [/min] | 660 | 860 | 750 | | O.K. |
| Obsah CO [%obj] | | 0.50 | 0.082 | | O.K. |
| Obsah HC [ppm] | | | 45 | | |
| Obsah CO2 [%obj] | | | 14.98 | | |
| Obsah O2 [%obj] | | | 0.95 | | |
| Lambda [-] | | | 1.025 | | |
| PŘI ZVÝŠENÝCH OTÁČKÁCH: | | | | | |
| Otáčky [/min] | 2400 | 2600 | 2510 | | O.K. |
| Obsah CO [%obj] | | 0.30 | 0.074 | | O.K. |
| Obsah HC [ppm] | | | 41 | | |
| Obsah CO2 [%obj] | | | 14.94 | | |
| Obsah O2 [%obj] | | | 0.87 | | |
| Lambda [-] | 0.97 | 1.03 | 1.005 | | O.K. |

Použitý analyzátor (výrobce, typ) BOSCH ESA/ETT 8.70/8.71 V 2.30 CZ

Naměřené hodnoty jsou přímým on-line záznamem měření analyzátoru: IHR MHC-218

Poznámky:

| | | |
|-------------------------------------|------------------|----------------------|
| Vozidlo z hlediska měření emisí: | VYHOVUJE | Čís. osvědčení o ME: |
| Příští měření emisí v termínu do: | 28.5.2011 | Kontrolní nálepka: |
| Měření emisí provedl: | Josef Matějka | Osvědčení ev. číslo: |
| Datum a čas provedení měření emisí: | 28.5.2009, 09:11 | |

Za správnost:

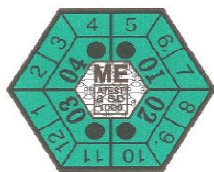
Razítko

Podpis:

Obrázek 51 – měření emisí – Škoda Fabia I, 48 kW

Veškeré měření emisí probíhalo ve stanici technické kontroly a měření emisí MIROSLAV PECHA, Havlíčkova 1432/II, Mladá Boleslav, na certifikované stanici měření emisí Bosch ESA/ETT 8.70.

6.1.7 MĚŘENÍ EMISÍ PO ÚPRAVĚ



MIROSLAV PECHA
Havličkova 1432/II
Mladá Boleslav
293 01

SME č.:
42.07.19

Tel.: 326 737 782

Fax.: 326 737 780

Protokol č.:

o měření emisí vozidla se zážehovým motorem

| | | | |
|---------------------------------------|------------------------|-----------------------------|------------------|
| Značka vozidla: | ŠKODA | Druh vozidla: | Osobní automobil |
| Typ vozidla: | FABIA | Kategorie vozidla: | M1 |
| Typ motoru: | BME | Registrační značka: | 6S76697 |
| Výr. č. motoru: | | Rok výroby (1. registrace): | 2006 |
| Stav poč. ujeté vzdálenosti: | 80990 km | Druh paliva: | BA95 |
| Typ emisního systému: | RIZENÝ S KATALYZÁTOREM | | |
| Provozovatel vozidla (jméno, adresa): | Bělohav Michal | | |

KONTROLA:

| | |
|---|-----------|
| Výsledek vizuální kontroly: | VYHOVUJE |
| Výsledek kontroly záved řídicí jednotky: | bez závad |
| Výsledek kontroly těsnosti plynového potrubí: | NENÍ |

| MĚŘENÉ PARAMETRY | PŘEDEPSANÉ | | NAMĚŘENÉ HODNOTY S PALIVEM | | VÝSLEDEK |
|--------------------------------|------------|------|----------------------------|---------------|----------|
| | min. | max. | ZÁKLADNÍM / | ALTERNATIVNÍM | |
| Teplota oleje [°C] | 80 | | 89 | | O.K. |
| PŘI VOLNOBĚHU: | | | | | |
| Otáčky [1/min] | 860 | 860 | 770 | | O.K. |
| Obsah CO [%obj] | | 0.50 | 0.054 | | O.K. |
| Obsah HC [ppm] | | | 12 | | |
| Obsah CO2 [%obj] | | | 15.22 | | |
| Obsah O2 [%obj] | | | 0.08 | | |
| Lambda [-] | | | 1.002 | | |
| PŘI ZVÝŠENÝCH OTÁČKÁCH: | | | | | |
| Otáčky [1/min] | 2400 | 2600 | 2500 | | O.K. |
| Obsah CO [%obj] | | 0.30 | 0.01 | | O.K. |
| Obsah HC [ppm] | | | 16 | | |
| Obsah CO2 [%obj] | | | 15.21 | | |
| Obsah O2 [%obj] | | | 0.05 | | |
| Lambda [-] | 0.97 | 1.03 | 1.001 | | O.K. |

Použitý analyzátor (výrobce, typ) BOSCH ESA/ETT 8.70/8.71 V 2.30 CZ

Naměřené hodnoty jsou přímým on-line záznamem měření analyzátoru: IHR MHC-218

Poznámky:

| | | |
|-------------------------------------|------------------|----------------------|
| Vozidlo z hlediska měření emisí: | VYHOVUJE | Čís. osvědčení o ME: |
| Příští měření emisí v termínu do: | 11.6.2011 | Kontrolní nálepka: |
| Měření emisí provedl: | Josef Matějka | Osvědčení ev. číslo: |
| Datum a čas provedení měření emisí: | 11.6.2009, 14:36 | |

Za správnost:

Razítko

Podpis:

Obrázek 52 – měření emisí Škoda Fabia I, 48 kW upravená na 61 kW

Z výše uvedeného vyplývá, že vliv chiptuningu na tento motor je spíše pozitivní, především vzhledem k životnímu prostředí a lze tedy říci, že jsem úpravu programu řídicí jednotky provedl kvalitně.

6.2 MĚŘENÍ Č. 2 - ŠKODA OCTAVIA I, 1.8 T RS, 132 kW

Ve druhém měření jsem použil automobil Škoda Octavia I, 1.8 T RS, 20V, 132 kW (rok výroby 2003). Z důvodu objektivity výstupu z měření, aby úpravy na programu řídicí jednotky nebyly stavěny pozitivně pro skladbu emisí, jsem použil automobil mého kamaráda, který je upravený od pana Ing. Zdeňka Jandy, který automobil upravil jako běžnou zakázku.

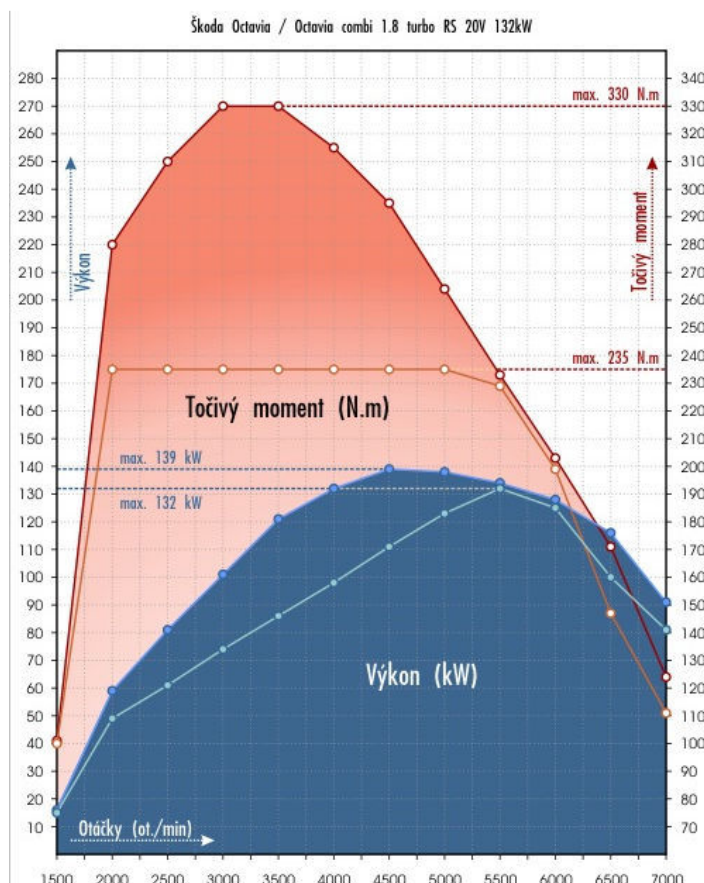


Obrázek 53 – měřený automobil Škoda Octavia I RS, 1.8 T, 20 V

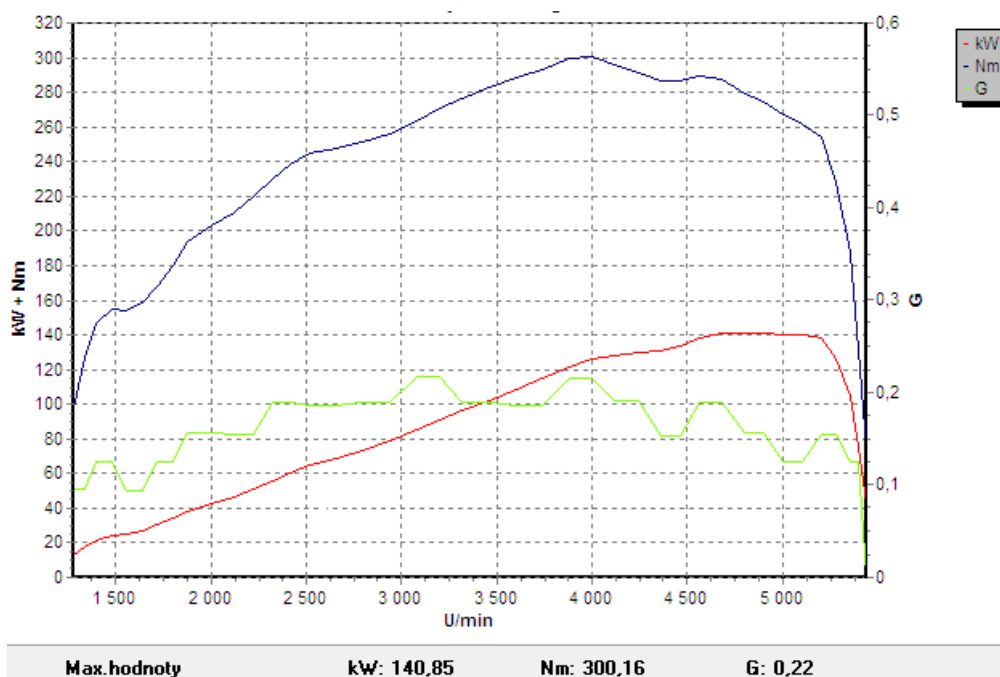
Před samotnou úpravou, či jakýmkoliv zásahy do vozidla, jsem z důvodu opatrnosti vyměnil na automobilu kompletní spojkovou sadu, olejovou náplň a filtr a montáž nové sady rozvodů.

6.2.1 ÚPRAVA DAT AUTOMOBILU

Úpravu ŘJ motoru provedl pan Ing. Zdeněk Janda alias CIMBU Autosport. Celá úprava probíhala výměnným způsobem, tedy vyměnil originální jednotku za řídicí jednotku s již upraveným softwarem. Tímto způsobem probíhá úprava z důvodu úspory času. Vzhledem k tomu, že zde nebyla možnost změřit výkon na válcové zkušební v rámci úpravy, bylo opět provedeno měření, formou jízdni zkoušky, na letišti v Hradčanech pro ověření nahraných dat.

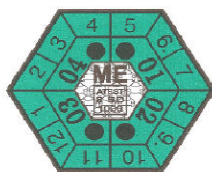


Obrázek 54 – sériové vs. upravená data prezentovaná panem Ing. Jandou (plná pole – upravená data, křivky – sériové parametry) [19]



Obrázek 55 – charakteristika motoru po úpravě – Škoda Octavia I RS, 140 kW

6.2.2 MĚŘENÍ EMISÍ PŘED ÚPRAVOU



MIROSLAV PECHA
Havlíčková 1432/II
Mladá Boleslav
293 01

SME č.:
42.07.19

Tel.: 326 737 782

Fax.: 326 737 780

Protokol č.:

o měření emisí vozidla se zážehovým motorem

| | | | |
|---------------------------------------|------------------------|-----------------------------|------------------|
| Značka vozidla: | ŠKODA | Druh vozidla: | Osobní automobil |
| Typ vozidla: | Octavia | Kategorie vozidla: | M1 |
| Typ motoru: | AUQ | Registrační značka: | 7S17307 |
| Výr. č. motoru: | | Rok výroby (1. registrace): | 2003 |
| Stav poč. ujeté vzdálenosti: | 150350 km | Druh paliva: | BA95 |
| Typ emisního systému: | ŘÍZENÝ S KATALYZÁTOREM | | |
| Provozovatel vozidla (jméno, adresa): | Bělohav Michal | | |

KONTROLA:

| | |
|---|-----------|
| Výsledek vizuální kontroly: | VYHOVUJE |
| Výsledek kontroly závad řídicí jednotky: | bez závad |
| Výsledek kontroly těsnosti plynového potrubí: | NENÍ |

| MĚŘENÉ PARAMETRY | PŘEDEPSANÉ | | NAMĚŘENÉ HODNOTY S PALIVEM | | VÝSLEDEK |
|--|-------------------------|------|----------------------------|---------------|-----------|
| | min. | max. | ZÁKLADNÍM / | ALTERNATIVNÍM | |
| Teplota oleje [°C] | 80 | | 95.2 | | O.K. |
| PŘI VOLNOBĚHU: | | | | | |
| Otáčky [1/min] | 660 | 860 | 780 | | O.K. |
| Obsah CO [%obj] | | 0.50 | 0.032 | | O.K. |
| Obsah HC [ppm] | | | 31 | | |
| Obsah CO2 [%obj] | | | 19.21 | | |
| Obsah O2 [%obj] | | | 0.26 | | |
| Lambda [-] | | | 1.010 | | |
| PŘI ZVÝŠENÝCH OTÁČKÁCH: | | | | | |
| Otáčky [1/min] | 2400 | 2600 | 2530 | | O.K. |
| Obsah CO [%obj] | | 0.30 | 0.105 | | O.K. |
| Obsah HC [ppm] | | | 29 | | |
| Obsah CO2 [%obj] | | | 19.15 | | |
| Obsah O2 [%obj] | | | 0.04 | | |
| Lambda [-] | 0.97 | 1.03 | 0.999 | | O.K. |
| Použitý analyzátor (výrobce, typ) | BOSCH ESA/ETT 8.70/8.71 | | | | V 2.30 CZ |
| Naměřené hodnoty jsou přímým on-line záznamem měření analyzátoru IHR MHC-218 | | | | | |

Poznámky:

| | | |
|-------------------------------------|-----------------|----------------------|
| Vozidlo z hlediska měření emisí: | VYHOVUJE | Čís. osvědčení o ME: |
| Příští měření emisí v termínu do: | 9.9.2011 | Kontrolní nálepka: |
| Měření emisí provedl: | Josef Matějka | Osvědčení ev. číslo: |
| Datum a čas provedení měření emisí: | 9.9.2009, 10:22 | |

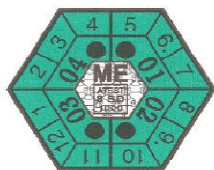
Za správnost:

Razítko

Podpis:

Obrázek 56 – měření emisí – Škoda Octavia I RS, 132 kW

6.2.3 MĚŘENÍ EMISÍ PO ÚPRAVĚ



SME č.:
42.07.19

MIROSLAV PECHA
Havlíčková 1432/II
Mladá Boleslav
293 01

Tel.: 326 737 782

Fax.: 326 737 780

Protokol č.: o měření emisí vozidla se zážehovým motorem

| | | | |
|---------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| Značka vozidla: | ŠKODA | Druh vozidla: | Osobní automobil |
| Typ vozidla: | Octavia | Kategorie vozidla: | M1 |
| Typ motoru: | AUQ | Registrační značka: | 7S17307 |
| Výr. č. motoru: | | Rok výroby (1. registrace): | 2003 |
| Stav poč. ujeté vzdálenosti: | 152982 km | Druh paliva: | BA95 |
| Typ emisního systému: | ŘÍZENÝ S KATALYZÁTOREM | | |
| Provozovatel vozidla (jméno, adresa): | Bělohav Michal | | |

KONTROLA:

| | |
|---|------------------|
| Výsledek vizuální kontroly: | VYHOVUJE |
| Výsledek kontroly závad řídicí jednotky: | bez závad |
| Výsledek kontroly těsnosti plynového potrubí: | NENÍ |

| MĚŘENÉ PARAMETRY | PŘEDEPSANÉ | | NAMĚŘENÉ HODNOTY S PALIVEM | | VÝSLEDEK |
|--------------------------------|------------|------|----------------------------|---------------|----------|
| | min. | max. | ZÁKLADNÍM / | ALTERNATIVNÍM | |
| Teplota oleje [°C] | 80 | | 85.7 | | O.K. |
| PŘI VOLNOBĚHU: | | | | | |
| Otáčky [1/min] | 660 | 860 | 760 | | O.K. |
| Obsah CO [%obj] | | 0.50 | 0.014 | | O.K. |
| Obsah HC [ppm] | | | 19 | | |
| Obsah CO ₂ [%obj] | | | 15.38 | | |
| Obsah O ₂ [%obj] | | | 0.21 | | |
| Lambda [-] | | | 1.008 | | |
| PŘI ZVÝŠENÝCH OTÁČKÁCH: | | | | | |
| Otáčky [1/min] | 2400 | 2600 | 2470 | | O.K. |
| Obsah CO [%obj] | | 0.30 | 0.097 | | O.K. |
| Obsah HC [ppm] | | | 24 | | |
| Obsah CO ₂ [%obj] | | | 15.39 | | |
| Obsah O ₂ [%obj] | | | 0.07 | | |
| Lambda [-] | 0.97 | 1.03 | 0.999 | | O.K. |

Použitý analyzátor (výrobce, typ) **BOSCH ESA/ETT 8.70/8.71** **V 2.30 CZ**

Naměřené hodnoty jsou přímým on-line záznamem měření analyzátoru: IHR MHC-218

Poznámky:

| | | |
|-------------------------------------|------------------|----------------------|
| Vozidlo z hlediska měření emisí: | VYHOVUJE | Čís. osvědčení o ME: |
| Příští měření emisí v termínu do: | 21.9.2011 | Kontrolní nálepka: |
| Měření emisí provedl: | Josef Matějka | Osvědčení ev. číslo: |
| Datum a čas provedení měření emisí: | 21.9.2009, 12:18 | |

Za správnost:

Razítko

Podpis:

Obrázek 57 – měření emisí – Škoda Octavia I RS, 132 kW upravená na 140 kW

ZÁVĚR

Přestože provedených měření nebyl statisticky zdaleka dostatečný počet, což by bylo značně nákladné, tak lze pozorovat v některých hodnotách výrazné zlepšení parametrů jak výkonových, tak emisních v případě provedené úpravy chiptuningem. V případě měření emisí v obou případech poklesla hodnota nespálených uhlovodíků (HC) oproti sériovému nastavení dat, což značí zlepšení prohořívání a spalování směsi ve válci.

Z měřených dat vyplývá, že vliv chiptuningu na emise je spíše pozitivní - platí pro zážehové motory. Jiné je to však u vznětových motorů, u kterých mnohem více záleží na rozsahu prováděné úpravy. Cílem úpravy je dostat do motoru co nejvíce vzduchu, např. zvýšením plnicího tlaku turbodmychadla, s tím jde však ruku v ruce požadavek na množství vstříkovaného paliva. Tento poměr vzhledem k emisím lze zvyšovat pouze do určitých mezí. Jakmile je převýšen poměr mezi nasátým vzduchem a množstvím vstříkovaného paliva ve prospěch paliva, výrazně se zvyšuje kouřivost motoru a tedy i emise.

Z osobních zkušeností s chiptuningem a úpravou dat jsem zastáncem této metody, pomocí které lze dosáhnout výrazně lepších jízdních vlastností motoru, stejně jako zlepšení ekonomičnosti provozu. Vždy však hraje značnou roli to, v jakém stavu je motor před úpravou a také schopnosti a zkušenosti samotného úpravce. Výhody chiptuningu, při rozumném použití, zdaleka převyšují jeho nevýhody.

SEZNAM OBRÁZKŮ

| | |
|---|--|
| Obrázek 1 - základní deska ECU s již upraveným chipem [24]..... | 13 |
| Obrázek 2 - Graf upraveného motoru Škoda Octavia I 1.9 TDi, 66kW [20] | 14 |
| Obrázek 3 - Graf upraveného motoru Škoda Octavia I 1.9 TDi, 66kW [20] | 15 |
| Obrázek 4 - turbodmychadlo [21] | 17 |
| Obrázek 5 - Schéma systému K - Jetronic s lambda regulací [3]..... | 20 |
| Obrázek 6 - Rozdělovač množství paliva s drážkami a řídicím pístem [3]..... | 21 |
| Obrázek 7 - Princip činnosti elektrického palivového čerpadla [12] | 21 |
| Obrázek 8 - Schéma zařízení Bosch S. P. I. Mono - Jetronic [1]..... | 22 |
| Obrázek 9 - Palivové turbočerpadlo [1] | 23 |
| Obrázek 10 – Umístění palivového čerpadla [13]..... | 24 |
| Obrázek 11 - Vstřikovací jednotka systému Bosch S. P. I. Mono - Jetronic [2]..... | 24 |
| Obrázek 12 - Pole charakteristik motoru [2] | 25 |
| Obrázek 13 - Schéma vstřikování Bosch L - Jetronic [5]..... | 26 |
| Obrázek 14 - Elektromagnetický vstřikovací ventil [4] | 27 |
| Obrázek 15 - Spojení řídicí jednotky a měřiče množství vzduchu [4] | 28 |
| Obrázek 16 - Měřič množství vzduchu se žhaveným drátem [4]..... | 29 |
| Obrázek 17 - Měřič množství vzduchu s vyhřívaným filmem [4] | 30 |
| Obrázek 18 - komponenty systému Motronic pro moderní automobily [25]..... | 30 |
| Obrázek 19 - Systém řízení motoru Bosch Motronic [6] | 31 |
| Obrázek 20 - Schéma systému Mono - Motronic s recirkulací spalín [11]..... | 32 |
| Obrázek 21 - komponenty systému DI - Motronic [25]..... | 33 |
| Obrázek 22 - Režim vrstveného vstřikování v oblasti částečného zatížení motoru [25] | 33 |
| Obrázek 23 - Systém se zásobníkovým katalyzátorem k likvidaci Nox [8]..... | 34 |
| Obrázek 24 - Systém DI - Motronic 2. generace [8] | Chyba! Záložka není definována. |
| Obrázek 25 - Systémy vstřikování benzínu a vstřikovací tryska [7]..... | 36 |
| Obrázek 26 – měřič hmotnosti vzduchu | 38 |
| Obrázek 27 - Membrána s měřicími piezoelementy [6]..... | 39 |
| Obrázek 28 - Snímač polohy škrticí klapky [6]..... | 40 |
| Obrázek 29 - Snímač otáček [6] | 41 |
| Obrázek 30 - Přiřazení signálu zapalování, klikového hřídele a vačkového hřídele [6]..... | 42 |
| Obrázek 31 - Napěťová charakteristika lambda sondy pro pracovní teplotu 600°C [6]..... | 44 |
| Obrázek 32 - Vyhřívaná lambda sonda [6]..... | 44 |

| | |
|---|----|
| Obrázek 33 - Snímač klepání [6]..... | 45 |
| Obrázek 34 - Signály snímače klepání [6]..... | 46 |
| Obrázek 35 - Snímač teploty motoru a jeho teplotní charakteristika (NTC) [6]..... | 46 |
| Obrázek 36 – Zpracování signálů v elektronické řídicí jednotce zapalování [15] | 49 |
| Obrázek 37 – Blokové schéma řídicí jednotky Mono – Jetronic [14]..... | 50 |
| Obrázek 38 - Porovnání způsobů vstřikování [6]..... | 52 |
| Obrázek 39 - Průběh primárního proudu při různém palubním napětí [6]..... | 54 |
| Obrázek 40 - Datová pole naprogramovaná v řídicí jednotce motoru [15]..... | 55 |
| Obrázek 41 – technologie na bázi Motorola 555 - 565 CPU [26]..... | 56 |
| Obrázek 42 – diagnostický kabel ODB s 16 pinovým konektorem | 58 |
| Obrázek 43 – Válcová zkušebna výkonu | 59 |
| Obrázek 44 - Stanice na úpravu výkonu motorů | 60 |
| Obrázek 45 – parametry motoru Škoda Fabia I, 47 kW udávané výrobcem [23]..... | 63 |
| Obrázek 46 – 1. měření – Fabia 47 kW s naměřeným výkonem 35 kW..... | 65 |
| Obrázek 47 – demontovaný výfukový ventil | 66 |
| Obrázek 48 – 2. měření - opravený motor, sériová, již odpovídající charakteristika..... | 66 |
| Obrázek 49 - testovací místo - letištní plocha Hradčany [22] | 67 |
| Obrázek 50 – 3. měření – charakteristika motoru po úpravě..... | 67 |
| Obrázek 51 – měření emisí – Škoda Fabia I, 48 kW | 68 |
| Obrázek 52 – měření emisí Škoda Fabia I, 48 kW upravená na 61 kW | 70 |
| Obrázek 53 – měřený automobil Škoda Octavia I RS, 1.8 T, 20 V | 71 |
| Obrázek 54 – sériové vs. upravená data prezentovaná panem Jandou [19] | 72 |
| Obrázek 55 – charakteristika motoru po úpravě – Škoda Octavia I RS, 140 kW | 72 |
| Obrázek 56 – měření emisí – Škoda Octavia I RS, 132 kW | 73 |
| Obrázek 57 – měření emisí – Škoda Octavia I RS, 132 kW upravená na 140 kW | 74 |

SEZNAM TABULEK

| | |
|--|----|
| Tabulka 1- Přehled vstřikovacích systémů zážehových motorů Bosch | 36 |
|--|----|

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Super Auto Professional: Elektronické vstřikování S.P.I. Mono-Jetronic. SGI. 2002, č. 3.
- [2] LEMBKE, Manfred, et al. Technická příručka: Systém vstřikování Mono-Jetronic. Dipl. Ing. (FH) Horst Bauer, Luděk Švehla, Ing. Miloš Chlup, Milan Cikryt. 3. vyd. D-70442 Stuttgart: Robert Bosch GmbH, 1997. 60 s. ISBN 80-902585-4-9.
- [3] ADLER, Ulrich, et al. Technická příručka: Systém vstřikování K-Jetronic. Dipl. Ing. (FH) Horst Bauer, Ing. Antonín Růžička, Ing. Miloš Chlup. 1. vyd. D-70442 Stuttgart: Robert Bosch GmbH, 1997. 44 s. ISBN 80-902585-0-6.
- [4] ADLER, Ulrich, et al. Technická příručka: Systém vstřikování L-Jetronic. Dipl. Ing. (FH) Horst Bauer, Ing. Tomáš Blažek, Ing. Miloš Chlup. 1. vyd. D-70442 Stuttgart: Robert Bosch GmbH, 1997. 44 s. ISBN 80-902585-2-2.
- [5] Super Auto Professional: Elektronické vstřikování Bosch L - LE - LE2 - Jetronic. SGI, 2002, č. 2.
- [6] ADLER, Ulrich, et al. Motormanagement Motronic. Dipl. Ing. (FH) Horst Bauer. 1. vyd. D-70442 Stuttgart: Robert Bosch GmbH, 1998. 72 s.
- [7] Bosch: Sistema Multiponto. Bosch do Brasil [online]. 2008 [cit. 2009-04-02]. Obrázek dodatečně upraven. Dostupný z WWW: <http://www.bosch.com.br/br/autopecas/produtos/injecao/pict/multiponto_nova.png>.
- [8] MOTEJL, Vladimír. Vstřikování benzínu u zážehových motorů: PŘÍMÉ VSTŘIKOVÁNÍ. AMOS Kadaň [online]. 2007 [cit. 2009-04-07]. Obrázek dodatečně upraven. Dostupný z WWW: <<http://auto.amoskadan.cz>>.
- [9] LEONHARD, Rolf. Autopříslušenství prvovýbava: Přednáška k 56. mezinárodnímu tiskovému kolokviu o automobilech. Bosch - Pressforum [online]. 2003 [cit. 2008-12-11]. Dostupný z WWW: <http://www.bosch.cz/press/detail.asp?f_id=267>.
- [10] The Volkswagen enthusiast website. VWvortex.com [online]. 2008 [cit. 2009-05-02]. Dostupný z WWW: <<http://vwvortex.com/>>.
- [11] ADLER, Ulrich, et al. Technická příručka: Mono-Motronic 1.2.2, 1.2.3. Dipl. Ing. (FH) Horst Bauer., 1. vyd. D-70442 Stuttgart: Robert Bosch GmbH, 1999. 31 s.
- [12] Robert BOSCH GmbH. Řízení zážehového motoru : Základy a komponenty. [s.l.]: [s.n.], 2002. 88 s. Dodatečně upraveno. ISBN 80-903132-3-X.
- [13] Robert Bosch, Snímače v motorových vozidlech, Praha, 2003, 148 s., ISBN: 80-903132-5-6.
- [14] LEMBKE, Manfred . Technická příručka: řízení zážehového motoru : Systém vstřikování Mono-Jetronic. 1. české vyd. Praha : Robert Bosch, 1999. 51 s. ISBN 80-902585-4-9.

- [15] ADLER, Ulrich, et al. Technická příručka: řízení zážehového motoru : Zapalování. 1. české vyd. Praha : Robert Bosch, 1999. 50 s. ISBN 80-902585-5-7.
- [16] RŮŽIČKA, Bronislav. Jak na chiptuning : motormanagement, datová pole paměti, programování chipu. 1. vydání. Brno : Computer Press, a.s., 2007. 298 s. ISBN 978-80-251-2096-5, EAN 9788025120965.
- [17] E-CHIPTUNING [online]. 2010 [cit. 2009-01-12]. Průvodce chiptuningem. Dostupné z WWW: <www.e-chiptuning.cz>.
- [18] AutoChip [online]. 2009 [cit. 2009-04-13]. Profesionální chiptuning. Dostupné z WWW: <<http://www.autochip.eu>>.
- [19] JANDA, Zdeněk. Cimbu.cz [online]. 2010 [cit. 2010-01-18]. Otázky a odpovědi. Dostupné z WWW: <<http://www.cimbu.cz>>.
- [20] DIESELPOWER [online]. 2009 [cit. 2009-05-03]. Race Engineering. Dostupné z WWW: <<http://race.dieselpower.cz>>.
- [21] Turbodmychadlo [online]. 2009 [cit. 2009-04-26]. Technika. Dostupné z WWW: <<http://www.tipcars.com>>.
- [22] Google maps [online]. 2009 [cit. 2009-02-01]. Dostupné z WWW: <<http://maps.google.cz>>.
- [23] Stujijní příručka č. 45. Mladá Boleslav : Škoda Auto, a.s., 2002. Motor 3V 1.2 12V, s. 26.
- [24] Chipped ECU [online]. 2009 [cit. 2009-11-22]. FOURTITUDE. Dostupné z WWW: <<http://fourtitude.com>>.
- [25] BOSCH : Řízení motoru a vstříkovací technika [online]. 2009 [cit. 2009-01-11]. Dostupné z WWW: <www.bosch.cz>.
- [26] EC21 : Global B2B Marketplace [online]. 2009 [cit. 2009-06-24]. Dostupné z WWW: <<http://www.ec21.com>>.