

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra vozidel a pozemní dopravy



**Vliv úpravy softwaru řídicí jednotky na
provozní parametry motoru**

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: Ing. David Marčev, Ph.D.

Vypracoval: Bc. Mráz Tomáš

PRAHA 2018

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Tomáš Mráz

Silniční a městská automobilová doprava

Název práce

Vliv úpravy softwaru řídicí jednotky na provozní parametry motoru

Název anglicky

Influence editing control unit software on engine operating parameters

Cíle práce

Cílem práce je porovnat provozní parametry motoru před a po úpravě softwaru ŘJ.

Metodika

Experimentální část práce bude zaměřena na měření výkonu motoru a kouřivosti. Dále pak měření spotřeby paliva, emisí a produkce pevných částic v jízdním cyklu. Výstupem práce bude porovnání provozních parametrů motoru před a po úpravě softwaru ŘJ.

Doporučený rozsah práce

60 str

Klíčová slova

Řídící jednotka, výkon motoru, produkce emisí, spotřeba paliva

Doporučené zdroje informací

- FERENC, B. Spalovací motory : karburátory, vstřikování paliva a optimalizace parametrů motoru. Brno: Computer Press, 2009. ISBN 978-80-251-2545-8
- First, J. et al.: Zkoušení automobilů a motocyklů. Příručka pro konstruktéry, Praha, 2008, České vysoké učení technické v Praze, ISBN 978-80-254-1805-5
- Hromádka J. et al.: Spalovací motory, Nakladatelství Grada, Praha, 2011, ISBN 978-80-247-3475-0
- HROMÁDKO, J. Spalovací motory : komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilních škol. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3475-0
- Papoušek M., Šterba P.: Diagnostika spalovacích motorů, Computer Press, Brno, 2007, ISBN 978-80-251-1697-5
- REMEK, B.: Provozní údržba a diagnostika vozidel. ČVUT, Praha, 2002, 142 s., ISBN 80-01-02615-9
- TAKÁTS, M. – ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE. Měření emisí spalovacích motorů. PRAHA: ČVUT, 1997. ISBN 80-01-01632-3
- VLK, F. Vozidlové spalovací motory. Brno: František Vlk, 2003. ISBN 80-238-8756-4
- VLK, F.: Zkoušení a diagnostika motorových vozidel. Nakladatelství Vlk, Brno, 2005, ISBN 80-238-6573-0

Předběžný termín obhajoby

2017/18 LS – TF

Vedoucí práce

Ing. David Marčev, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vozidel a pozemní dopravy

Elektronicky schváleno dne 14. 11. 2016

doc. Ing. Miroslav Růžička, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 8. 12. 2016

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan

V Praze dne 19. 02. 2018

Prohlášení:

„Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Vliv úpravy softwaru řídicí jednotky na provozní parametry motoru vypracoval samostatně a použil pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů.

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

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

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

V Praze dne:

.....

Bc. Mráz Tomáš

Poděkování:

Rád bych touto cestou poděkoval panu Ing. Davidu Marčevovi Ph.D., vedoucímu mé diplomové práce, za věcné připomínky, rady, odbornou pomoc a trpělivost při konzultacích.

V Praze dne:

.....

Bc. Mráz Tomáš

Abstrakt:

Předmětem této diplomové práce je porovnání provozních parametrů motoru před a po úpravě softwaru řídicí jednotky. Práce je zaměřena na změny výkonu motoru, produkce pevných částic a spotřebu paliva. Teoretická část popisuje veličiny související s měřením výkonových parametrů a samotné metody měření výkonu. Další část je zaměřena na problematiku produkce, složení a měření emisí. Poslední část popisuje možnosti úpravy softwaru řídicí jednotky.

Praktická část je rozdělena do dvou částí. První část se věnuje metodice prováděných úprav a měření. Konkrétně úpravě softwaru řídicí jednotky, měření výkonu a produkce pevných částic. Ve druhé části je provedena analýza naměřených dat a jejich vyhodnocení.

Klíčová slova:

Řídicí jednotka, výkon motoru, produkce emisí, spotřeba paliva

Influence of modifying control unit software on engine operating parameters**Summary:**

The subject of this diploma thesis is the compare of engine operating parameters before and after the editing the software of electronic control unit. The work is focused on changes of engine performance, solid particle production and fuel consumption. The theoretical part describes the quantities related to the measurement of the performance parameters and the method of measuring the performance itself. The next part is focuses on the issues of production, composition and measurement of emissions. The last part describes how to modify the software of the control unit.

The practical part is divided in two parts. The first part is speaking about the methodology of adjustments and measurements. In particular by modifying the software of the control unit, measuring performance and producing solid particles. The second part analyzes the measured data and evaluate.

Key words:

Electronic control unit, engine performance, emissions production, fuel consumption

Obsah

1	Úvod	1
2	Současný stav problematiky	2
2.1	Měření výkonu	2
2.1.1	Točivý moment	2
2.1.2	Měrná spotřeba paliva	3
2.1.3	Otáčky motoru	4
2.1.4	Střední efektivní tlak	4
2.2	Druhy výkonu	5
2.2.1	Indikovaný výkon	5
2.2.2	Efektivní výkon	6
2.2.3	Ztrátový výkon	7
2.2.4	Jmenovitý výkon	8
2.3	Charakteristiky spalovacích motorů	8
2.3.1	Otáčková charakteristika	8
2.3.2	Zatěžovací charakteristika	10
2.3.3	Regulační charakteristika	10
2.3.4	Úplná charakteristika	11
2.4	Metody měření výkonových parametrů	11
2.4.1	Měření výkonových parametrů při statickém zatížení	12
2.4.2	Měření výkonových parametrů při dynamickém zatížení	15
2.5	Měření emisí	17
2.5.1	Produkce emisí	17
2.5.2	Složení emisí	18
2.6	Měření kouřivosti	21
2.6.1	Filtrační metoda	21
2.6.2	Hmotnostní měření koncentrace částic	21

2.6.3	Opaciometrie	22
2.7	Měření plynných složek.....	22
2.7.1	Měření založené na principu absorpce infračerveného záření.....	23
2.7.2	Měření založené na principu absorpce ultrafialového záření	24
2.7.3	Měření s využitím chemické luminiscence	24
2.7.4	Měření na principu změny elektrické vodivosti vodíkového plamene.....	25
2.7.5	Měření založené na principu magnetických vlastností.....	26
2.8	Úprava software ECU	26
2.8.1	Úprava datových polí.....	27
2.8.2	Powerbox	28
2.8.3	Změna originálního systému	29
2.9	Data.....	29
3	Cíl práce.....	34
4	Metodika práce	35
4.1	Úprava softwaru ECU.....	35
4.2	Měření výkonu	38
4.2.1	Válcová zkušebna na katedře Vozidel pozemní dopravy.....	39
4.2.2	Metodika statického měření výkonových parametrů.....	41
4.3	Měření produkce pevných částic	43
4.3.1	Částicový analyzátor EEPS	43
4.3.2	Metodika měření emisí v jízdním cyklu NEDC	44
5	Výsledky měření před a po úpravě ECU	48
5.1	Výsledky měření výkonu	48
5.1.1	Dílčí závěr.....	52
5.2	Výsledky měření produkce pevných částic.....	52
5.2.1	Dílčí závěr.....	53
6	Diskuze.....	55

7	Závěr.....	56
	Seznam literatury.....	57
	Seznam obrázků.....	58
	Seznam tabulek.....	59
	Seznam použitých zkratek.....	59

1 Úvod

Automobilový průmysl patří k nejvíce se rozvíjejícím průmyslovým odvětvím a s jeho rozvojem se zvyšují i nároky na výrobce automobilů. Automobilky jsou povinny při prodeji nového vozu deklarovat kromě jiného i výkonové parametry, tedy výkon, točivý moment a spotřebu prodávaného vozidla. Pro většinu zákazníků jsou právě tyto parametry jedny z rozhodujících při koupi nového vozu.

Každý řidič si ale rychle zvykne na výkon svého automobilu a počáteční ohromení z koupě nového vozu časem ochabne. I když vlastníme výkonné auto již v originálním továrním nastavení, leckdo podlehne myšlence, že by vůz mohl působit opět dynamičtějším dojmem. A právě zde přichází na řadu neoriginální úpravy pro zvyšování výkonu. Jednou z bezpochyby nejrozšířenější a cenově nejdostupnější metodou je takzvaný „*chiptuning*“.

Problém však tkví v tom, že i když většina laické veřejnosti o této úpravě již někdy slyšela, málo z nich ví, o co se vlastně jedná. Pojem „čipování“ je v dnešní době především marketingovou záležitostí. Veřejnost se podařilo přesvědčit, že originální datové mapy řídicích jednotek jsou špatné nebo z nejrůznějších důvodů poddimenzované. Firmy zabývající se úpravou softwaru řídicích jednotek často lákají na zvýšení výkonu a zároveň snížení spotřeby. To ovšem není tak úplně pravda, protože s nárůstem výkonu samozřejmě roste spotřeba a s tím souvisí i produkce emisí. Málo lidí už se zamyslí nad tím, jestli dílčí změna nevyvolá i jiné změny a za jakou cenu vůz ve skutečnosti upravujeme.

Autor se v této práci bude zabývat vysvětlením současného stavu problematiky měření výkonu a výkonových parametrů. Dále pak složením, produkcí a měření emisí ve výfukových plynech. A rozbořením základních možností úprav softwaru řídicích jednotek. V praktické části pak bude porovnávat vliv úpravy softwaru řídicí jednotky na výkon, produkci pevných částic a spotřebu paliva motoru.

2 Současný stav problematiky

Následující část se bude zabývat rozbořem současného stavu problematiky, a to zejména problematikou související s měřením výkonu a výkonových parametrů, dále pak problematikou okolo měření emisí a v neposlední řadě problematikou úpravy softwaru řídicí jednotky motoru.

2.1 Měření výkonu

Správně by místo pojmu „výkon motoru“ měl být použit pojem „vnější otáčková charakteristika“, čímž se rozumí průběh výkonu, točivého momentu a měrné spotřeby paliva při plně otevřené škrtkové klapce (maximální stanovené přípustí paliva u diesellových motorů) v závislosti na otáčkách motoru. [1]

Mechanický výkon motoru není možné definovat přímým měřením. Jeho vztah je dán ze známých parametrů, při kalkulaci s otáčkami motoru (neboli úhlovou rychlostí), točivým momentem M_t nebo středním tlakem p . [3]

2.1.1 Točivý moment

Točivý moment motoru M_t je definován jako moment vyvozený motorem na hnacím hřídeli. Patří mezi základní charakteristiky spalovacího motoru a je rovněž výchozí hodnotou pro výpočet výkonu motoru. U klikového zkráceného mechanismu vzniká působením síly F_t na rameni kliky r . Velikost točivého momentu M_t a síly F_t se mění napříč celým pracovním cyklem. Mění se úhel natočení kliky a velikost síly F . Tato síla je tvořena složkami F_p a F_m . Složka F_p vyjadřuje tlakovou sílu expandujících plynů uvnitř válce a složka F_m setrvačnou sílu posuvných hmot v ose válce. [3]

Síla F_t je dána vztahem 2.1:

$$F_t = F \cdot \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\cos \beta} \text{ [N]} \quad (2.1.)$$

Tlaková síla F_p je dána vztahem 2.2:

$$F_p = p \cdot S \text{ [N]} \quad (2.2)$$

Kde:

p – tlak plynů působících na píst [Pa]

S – plocha pístu [m²]

Síla F_m je dána vztahem 2.3:

$$F_m = m_p \cdot r \cdot \omega^2 (\cos \alpha + \lambda \cdot \cos 2\alpha) \text{ [N]} \quad (2.3)$$

Kde:

m_p – hmotnost posuvných částí [kg]

r – délka ramena kliky [m]

ω – úhlová rychlost [s⁻¹], $\omega = 2 \cdot \pi \cdot n$, kde n jsou otáčky [s⁻¹]

λ – klikový poměr [-], $\lambda = \frac{r}{l} = \frac{\sin \beta}{\sin \alpha}$, přičemž l je délka ojnice [m]

Točivý moment M_t je dán vztahem 2.4:

$$M_t = F_t \cdot r \text{ [Nm]} \quad (2.4)$$

2.1.2 Měrná spotřeba paliva

Měrná spotřeba paliva motoru je veličina, která udává kolik hmotnostního množství paliva je potřeba k vyprodukování jednotky mechanické práce. Označuje se m_{pe} a udává se v jednotkách [g.kW⁻¹.h⁻¹] nebo [kg.kW⁻¹.h⁻¹].

Měrná spotřeba paliva se dá vypočítat podle vzorce 2.5:

$$m_{pe} = \frac{M_{ph}}{P_e} \cdot 1000 \text{ [kg.kW}^{-1}\text{.h}^{-1}\text{]} \quad (2.5)$$

Kde:

M_{ph} – hodinová spotřeba paliva [kg/hod]

P_e - efektivní výkon motoru [Kw]

Čím je měrná spotřeba nižší, tím se palivo lépe využije. Měrná spotřeba paliva je tedy nepřímo úměrná účinnosti motoru. Všechny faktory, které zvyšují účinnost motoru, zároveň snižují měrnou spotřebu. Při stejném chemickém složení paliva a podmínkách spalování je měrná spotřeba přímo úměrná produkci CO₂. Měrná spotřeba paliva závisí na zvolené koncepci spalovacího motoru, jeho technické realizaci a provozních podmínkách. Stejný spalovací motor nemá jednu hodnotu měrné spotřeby paliva, ale rozsah hodnot v závislosti na otáčkách a zatížení, při kterých se měrná spotřeba měří. [8]

2.1.3 Otáčky motoru

Otáčky motoru nejsou sice přesně definovaný pojem, přesto se používá nejčastěji. V reálné situaci se jedná o otáčky klikového hřídele, které se uvádějí v otáčkách za minutu. Otáčky za minutu patří mezi vedlejší jednotky soustavy SI, konkrétně je to vedlejší jednotka pro frekvenci, tedy počet pravidelně se opakujících jevů za jednotku času, v tomto případě za minutu. Tato jednotka se používá zejména pro vyjádření rychlosti otáčení nejrůznějších mechanických zařízení – točivých strojů, například právě frekvence otáčení klikového hřídele automobilového motoru. [2]

2.1.4 Střední efektivní tlak

Střední efektivní tlak p_e je významným ukazatelem výkonového potenciálu pístového spalovacího motoru a je určen přepočtem z hodnoty středního indikovaného tlaku p_i , resp. pro konkrétní motor se určuje výpočtem z hodnoty točivého momentu motoru. Střední efektivní tlak i střední indikovaný tlak jsou pro daný motor a určitý provozní režim motoru fiktivní konstantní veličinou. Střední indikovaný tlak je konstantní tlak, který by při trvalém působení na píst po celý expanzní zdvih vykonal stejnou práci, jako je skutečná indikovaná práce oběhu. Střední efektivní tlak je potom nižší o hodnotu, která vyjadřuje vnitřní mechanické ztráty v motoru. [12]

Střední efektivní tlak vypočítáme podle vztahu 2.6:

$$p_e = p_i \cdot \eta_m \text{ [Mpa]} \quad (2.6)$$

Kde:

η_m – mechanická účinnost vyjadřující ztráty třením [-]

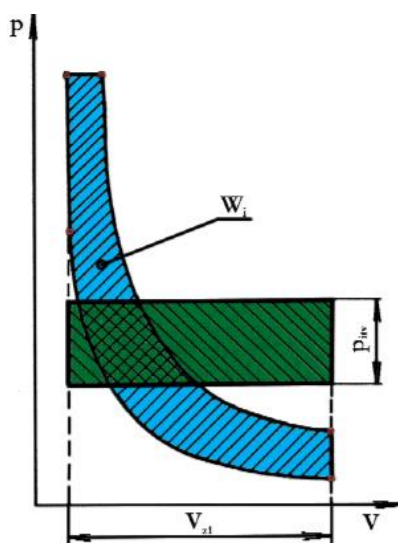
2.2 Druhy výkonu

Výkon motoru je pokládán za jednu z nejdůležitějších charakteristik motoru. U spalovacího motoru ale vzhledem ke škále sledovaných parametrů lze uvažovat hned o několika výkonech.

2.2.1 Indikovaný výkon

Indikovaným výkonem se rozumí výkon, u něhož nejsou uvažovány ztráty a vzniká provedením pracovního oběhu uvnitř válce motoru. Jeho velikost je úměrná součtu ploch indikovaných diagramů všech válců motoru. Díky indikátorovému diagramu oběhu spalovacího motoru a z jeho plochy získané indikované práce jsme schopni určit indikovaný výkon spalovacího motoru. [3]

Obr. 1. – Indikovaná práce v p - V diagramu



Zdroj: HLAVŇA V., KUKUČA P., ISTEŇÍK R., LABUDA R., LIŠČÁK Š. 2000

Na obrázku 1. je vyjádřen vztah a průběh tlaku plynů ve válci motoru zakreslený v indikátorovém diagramu. Z grafu je patrná kladná a záporná práce v průběhu celého oběhu, která dává ve výsledku indikovanou práci W_i . V grafu je znázorněna tato práce modrou barvou. Stejně tak ji lze vyjádřit součinem středního indikovaného tlaku p_{itv} a zdvihového objemu V_{zl} (znázorněno v grafu zelenou barvou). [3]

Indikovaný výkon je dán vztahem 2.7:

$$P_i = W_i \cdot i \text{ [kW]} \quad (2.7)$$

Kde:

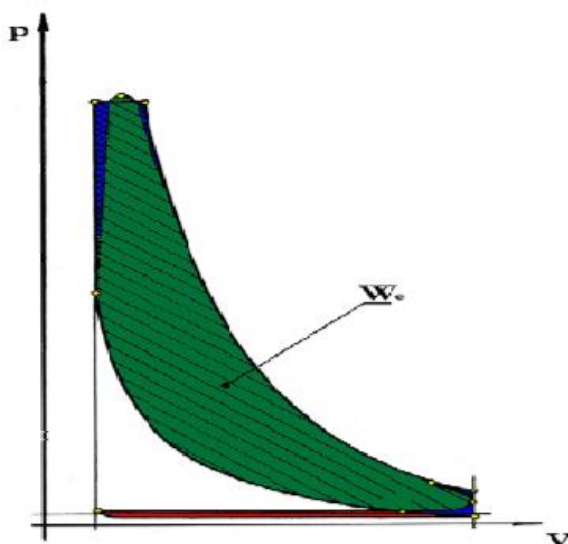
W_i – indikovaná práce [kJ]

i – počet oběhů za sekundu

2.2.2 Efektivní výkon

Efektivní výkon neboli užitečný výkon, je výkon, který může motor využít prostřednictvím klikového hřídele pomocí spojkové části k pohonu všech jeho součástí nebo dalších potřebných zařízení. Jeho velikost je ovšem vůči indikovanému výkonu snížena o ztráty způsobené třením pohybujících se součástí motoru, o ztráty následkem pohonu pomocných zařízení motoru, o hydraulické ztráty a o ztráty spojené s výměnou náplně válců. Pokud bude celkový výkon označen P_x , bude následně rozdíl indikovaného výkonu P_i a celkového ztrátového výkonu P_x roven efektivnímu výkonu na klikové hřídeli. [3]

Obr. 2. – p - V diagram s vynesením efektivní práce



Zdroj: HLAVŇA V., KUKUČA P., ISTENÍK R., LABUDA R., LIŠČÁK Š. 2000

V p-V diagramu je zelenou barvou znázorněn vztah s vynesemím efektivní práce při oběhu vůči práci potřebné na výměnu válce, označenou červenou barvou. Modrá barva znázorňuje odchylky skutečného oběhu od vypočteného. [3]

2.2.3 Ztrátový výkon

V souvislosti s tímto výkonem je nutné se zmínit o odporu proti pohybu součástí spalovacího motoru, ale také o příkonech pomocných zařízení spalovacího motoru důležitých pro jeho činnost a správnou funkci jako jsou například:

- zařízení chladicího systému,
- zařízení mazacího systému,
- zařízení elektrické výstroje motoru,
- zařízení přeplňovacího systému,
- zařízení pro dopravu paliva a přípravu směsi,
- řídicí a regulační systémy,
- a rozvodový mechanismus.

Tyto ztráty jsou nejčastěji vyjádřeny pomocí mechanické účinnosti, která je dána poměrem efektivního a indikovaného výkonu. [3]

Ztrátový výkon je dán vztahem 2.8:

$$P_z = P_i - P_e [\text{kW}] \quad (2.8)$$

Kde:

P_i – indikovaný výkon [kW]

P_e – efektivní výkon [kW]

Vzhledem k množství činitelů majících vliv na měření ztrátového výkonu jako jsou mechanický stav motoru a jeho příslušenství, teplota a druh použitého oleje, otáčky atd. je samotný výpočet ztrátového výkonu poměrně složitý. Proto je pro zjednodušení výpočtu P_x zaveden definovaný střední ztrátový tlak P_x analogicky označen jako P_i . Ten představuje střední hodnotu tlaku, jež působí na píst proti jeho pohybu, při němž by se za jeden zdvih

spotřebovalo množství práce rovné množství práce spotřebované za jeden oběh. Na základě výzkumu bylo zjištěno, že hodnota P_x je závislá hlavně na střední pístové rychlosti. [3]

2.2.4 Jmenovitý výkon

Vzhledem k množství zkoumaných veličin během měření výkonu motorů existují v praxi ještě další druhy výkonů týkající se provozu motoru, výpočtů a měření spalovacích motorů. Jmenovitý výkon je považován za nejužitečnější výkon, ke kterému se nám výrobce zavazuje a je uveden na štítku motoru. Tento výkon může motor produkovat po předem určenou dobu. To znamená trvale či přerušovaně a to tak, jak odpovídá účelům a využití pro něž byl motor konstruován, dle následujících podmínek:

- Při jmenovitých otáčkách.
- Při jmenovitém stavu vzduchu, při podtlaku v sání nepřekračujícím udanou mezní hodnotu.
- Při přetlaku ve výfuku (za výfukovým sběračem, nebo při přepřínování turbodmychadlem za turbínou) nepřekračujícím udanou mezní hodnotu. [3]

2.3 Charakteristiky spalovacích motorů

Aby bylo možné zkoumat parametry spalovacích motorů a následně s nimi pracovat či je mezi sebou porovnávat u vícero motorů, byly zavedeny takzvané charakteristiky spalovacích motorů. Tyto charakteristiky jsou prezentovány ve formě grafických závislostí. Nejčastěji pracují s veličinami výkonu P_e , dále točivým momentem M_k , středním efektivním tlakem P_e , otáčkami n , měrnou spotřebou paliva m_{pe} , hodinovou spotřebou paliva M_p a dalšími.

2.3.1 Otáčková charakteristika

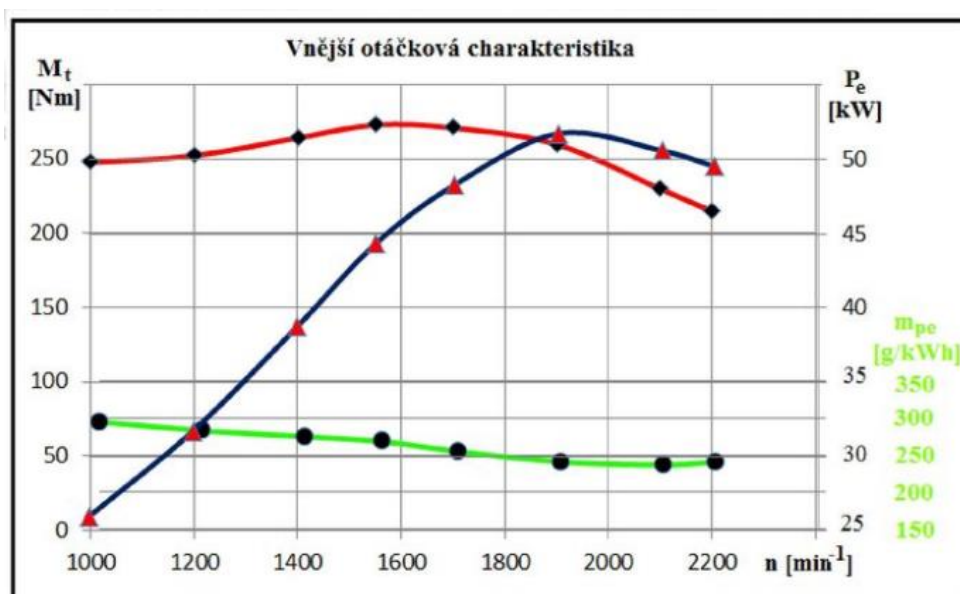
Jedná se o nejčastěji uváděnou charakteristiku v automobilovém průmyslu. Dříve označována jako rychlostní.

Vnější otáčková charakteristika:

Podstatou je nastavení pedálu akcelerátoru na maximální hodnotu v celém rozsahu otáček. Na základě množství dodávaného paliva se tato charakteristika dále rozlišuje na:

- **Absolutní** – je limitní charakteristikou získanou z bodů při nastavení motoru na hranici dosažitelného výkonu bez jakýchkoliv omezení. Její praktické využití je ojedinělé, samotné měření náročné, protože každý měřený bod se získá při samostatném nastavení motoru.
- **Na hranici kouřivosti** – tato charakteristika se používá při vývoji vstřikovacích systémů a jejich součástí, charakteristika udává mezní dávku paliva, která je na hranici kouřivosti v jednotlivých otáčkách.
- **Provozní** – je charakteristika motoru nastaveného na konkrétní podmínky, jako je životnost, hlučnost, spotřeba, povolené exhaláty a další. [3]

Obr. 3 Vnější otáčková charakteristika



Zdroj: <http://slideplayer.cz/slide/12480967/>

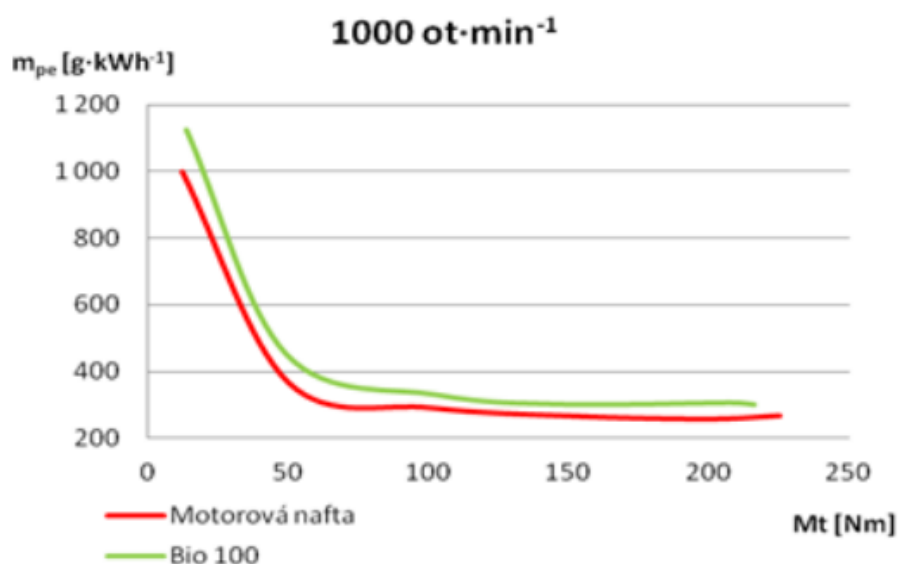
Částečná charakteristika:

Svým průběhem se podobají vnější provozní charakteristice, ale velikostí se odlišují podle nastavení ovládacího zařízení regulujícího výkon motoru. Částečná charakteristika platí tedy i pro konstantní polohu ovládacího zařízení regulujícího výkon motoru v celém otáčkovém rozsahu, ale její hodnota je nižší než maximální. [3]

2.3.2 Zatěžovací charakteristika

Zatěžovací charakteristiky se zjišťují měřením spalovacího motoru na zkušebním stavu při udržování konstantních otáček jako parametru. Přitom se mění zátěžový moment z minimálního na maximální hodnotu pomocí změny polohy ovládacího zařízení regulujícího výkon motoru. Jako hlavní se zaznamenává a vyhodnocuje většinou spotřeba, popřípadě další sledované provozní veličiny. Jsou výhodné při posuzování stacionárních motorů, motorů kolejových vozidel, ale také jako podklad na konstrukci úplných charakteristik motoru, jako například při vyhodnocování ztrátového momentu, chodu naprázdno atd. [3]

Obr. 4. – Zatěžovací charakteristika



Zdroj: <http://slideplayer.cz/slide/11254205/>

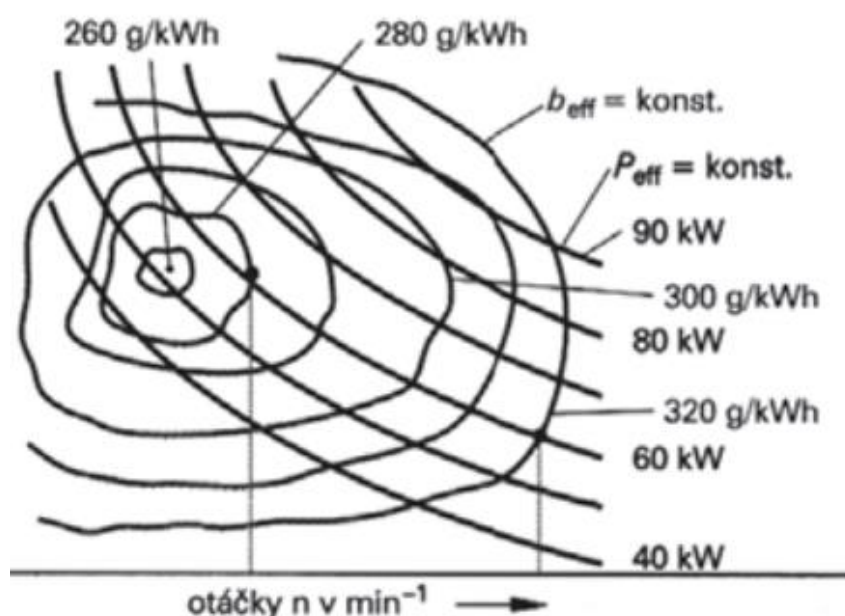
2.3.3 Regulační charakteristika

Regulační charakteristiky znázorňují závislosti provozních veličin spalovacího motoru (P_e , M_k , M_p , m_{pe} ...) na některé konstrukční nebo provozní veličině charakterizující seřízení motoru. Například úhel předstihu (předvstřiku), součinitel přebytku vzduchu, otevírací tlak vstřikovačů, časování rozvodu, složení směsi apod. Při zjišťování charakteristiky měřením se mění jen sledovaná nezávisle proměnná, ostatní vstupní veličiny se podle možnosti udržují konstantní, například otáčky, poloha regulačního orgánu, teploty atd. Regulační charakteristiky se využívají ve sféře výzkumu, vývoje, při navrhování systémů řízení, nebo seřizování konstrukčních prvků, které ovlivňují výstupní hodnoty motoru.[3]

2.3.4 Úplná charakteristika

Na komplexní posuzování spalovacích motorů z hlediska výkonu, momentu, spotřeby, teplot, exhalátů a dalších veličin se v praxi uplatňuje úplná charakteristika, která v jednom grafu umožňuje zobrazit několik závislostí současně pomocí průsečíkových diagramů. Nedá se získat měřením ani výpočtem přímo, ale je sestavená z otáčkové nebo zatěžovací charakteristiky přenosem bodů vybrané veličiny s konstantní hodnotou do souřadnicového systému $M_k - n$. [3]

Obr. 5. Úplná charakteristika motoru



Zdroj: <http://slideplayer.cz/slide/11254205/>

2.4 Metody měření výkonových parametrů

V dnešní době existuje celá řada způsobů měření výkonu spalovacího motoru. Všechny tyto způsoby musí podléhat určitým standardům. K těmto účelům se celosvětově využívá velké množství národních, ale také mezinárodních norem pro zjištění jak hrubého, tak čistého (na klikovém hřídeli) výkonu spalovacího motoru. Nejčastěji se používá norma ISO 1585. Tato mezinárodní norma určuje postup ke zkoušení motorů vyvinutých pro vozidla. Je použitelná pro ohodnocení jejich výkonnosti, zvláště s ohledem na vypracování křivek pro výkon a specifickou spotřebu paliva při plném zatížení v závislosti na otáčkách motoru. Platí pro stanovení čistého výkonu. Týká se spalovacích motorů s vnitřním spalováním, které jsou

používány pro pohon osobních vozidel a dalších motorových vozidel-ne však pro motocykly, mopedy, zemědělské stroje a traktory. [6]

Jak již bylo uvedeno výše, k měření výkonových parametrů, tj. točivého momentu [Nm] a výkonu [kW], v závislosti na frekvenci otáček motoru se v praxi používá několik metod s různou mírou přesnosti a náročnosti. Nejvýznamnější metody měření výkonových parametrů lze rozdělit dle tabulky 1. [2]

Tab. 1. – Metody měření výkonových parametrů spalovacích motorů

způsob zatížení	umístění motoru	výstup výkonu	princip měřícího zařízení
STACIONÁRNÍ (STATICKÉ) • zatěžovacím momentem brzdy se udržují předvolené otáčky motoru (automobilové motory) • zvolí se zatěžovací moment brzdy nezávisle na otáčkách (motory s vlastní regulací)	zkušební stanoviště	klikový hřídel nebo jiné srovnatelné místo	absorpční dynamometry: <ul style="list-style-type: none"> • elektromagnetické vířivé brzdy • hydraulické brzdy • mechanické frikční brzdy • vzduchové brzdy • tandemové brzdy
	ve vozidle (podle normy) v místě instalace	obvod hnacích kol (válcové zkušebny)	univerzální dynamometry: <ul style="list-style-type: none"> • elektrodynamické motor-generátory na stejnosměrný nebo střídavý proud torzní dynamometry
		klikový hřídel nebo jiné srovnatelné místo	
DYNAMICKÉ urychlování setrvačných hmot zvoleným točivým momentem	ve vozidle	obvod hnacích kol (válcové zkušebny)	měření úhlového zrychlení setrvačných hmot <ul style="list-style-type: none"> • přídavné setrvačníky na válcích
		klikový hřídel nebo jiné srovnatelné místo	měření úhlového zrychlení klikového hřídele samotného motoru tzv. volná akcelerace nebo s přídavnými setrvačnými hmotami při jízdě na určitý převodový stupeň apod.
		přepočet výkonu na klikový hřídel	měření přímočarého zrychlení celého vozidla

Zdroj: HROMÁDKO 2011

2.4.1 Měření výkonových parametrů při statickém zatížení

Měření na zkušebním stanovišti

Tento způsob patří k základním způsobům zjišťování výkonových parametrů na klikovém hřídeli a je považován za plně průkazný zejména proto, že je příslušnou normou limitovaná přesnost měření jednotlivých signálů, včetně korekcí na standardní podmínky měření. Ve zkušebnictví spalovacích motorů se pro měření mechanického výkonu nejčastěji používají výkonové brzdy. Označení „brzda“ je v tomto případě odvozeno z toho, že proti

točivému (neznámému) momentu působí brzdny moment, jehož velikost je známá nebo měřitelná. V praxi se nejčastěji používají elektromagnetické vířivé brzdy a univerzální brzdy (elektrodynamické motor-generátory, nejčastěji asynchronní motor-generátor). [2]

Při tomto zatěžování se výkon motoru vypočte dle vztahu 2.9:

$$P = M \cdot \omega \text{ [kW]} \quad (2.9)$$

Kde:

M – točivý moment [Nm]

ω – úhlová rychlost motoru [rad.sec⁻¹]

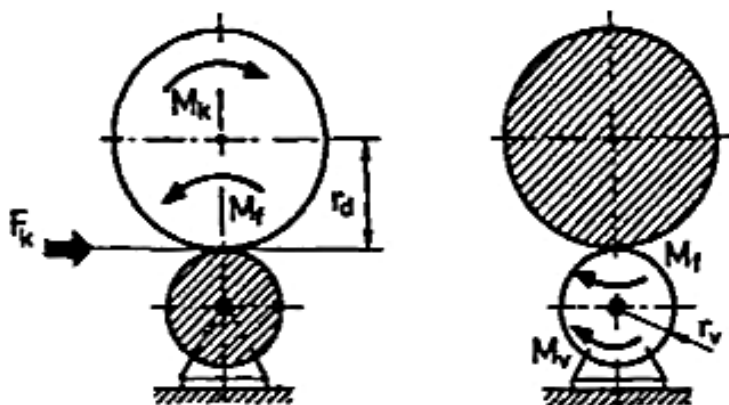
Pro měření točivého momentu je používáno nejčastěji deformačních členů. Moment síly namáhá měřicí člen (hřídel s kruhovým průřezem) krutem, který se převádí na deformaci a měří tenzometrickými snímači nebo snímačem výchylky. [2]

Měření na válcové zkušebně

Tato měření se nejčastěji realizují na válcových výkonových zkušebnách vybavených obvykle řízeným dynamometrem. Základním rozdílem oproti způsobům měření na zkušebním stanovišti je skutečnost, že s téměř srovnatelnou přesností lze na válcových výkonových zkušebnách měřit pouze výkon na obvodu hnacích kol, který bývá výrazně nižší než užitečný výkon na klikovém hřídeli. Ve vozidlech umístěných při měření na válcích dochází obecně při přenosu energie převodovým a jízdním ústrojím k transformaci rychlosti a momentu, resp. síly, k akumulaci kinetické a potenciální energie a k její disipaci. [2]

Statické zkoušení motorových vozidel na válcových zkušebnách je založeno na principu recipacity, který spočívá v tom, že zkoušené vozidlo stojí a „vozovka“ se pohybuje. Pohybující se „vozovkou“ jsou otočné válce, na kterých (podle druhu zkušebny) spočívají hnací kola vozidla nebo všechna kola. Tyto zkušebny zaručují nejen reprodukovatelné zkušební podmínky a poskytují reprodukovatelné měřené hodnoty, ale mohou simulovat i různé jízdní stavy podle skutečných jízdních zkoušek. Při tomto způsobu měření lze dodržet konstantní klimatické podmínky (klimatická komora – zadaná teplota okolí, rychlost větru, tlak a vlhkost vzduchu) a konstantní provozní podmínky (bez vlivu stoupání, vyloučení okolní dopravy, vyloučení vlivu subjektivních pocitů zkušebního řidiče). [2]

Obr. 6. Momenty působící vzhledem k hnacímu kolu a ke zkušebnímu válci



Zdroj: HROMÁDKO 2011

Při zjišťování hnacího výkonu vozidla se kola automobilu otáčejí na dvou válcích. K jednomu válci je připojena brzda (vířivá, hydraulická, elektrická) s regulovatelným brzdícím účinkem. Otočná část brzdy (rotor) je spojena s jedním válcem (válce mají obvykle průměr 300 až 400 mm), pevná část brzdy (stator) je uložena výkyvně. Při přenosu výkonu dodávaného vozidlovým motorem vzniká na obvodě hnací síla F_k , která se třením přenáší na zkušební válce, které se tímto začnou otáčet. Je-li uvedena do činnosti brzda, vznikne určitý brzdný moment M_v , který současně vyvolá reakční moment mající opačný smysl. Protože se rotor otáčí společně s válcem poháněným vozidlovým kolem, musí se reakční moment přenést na pevnou část brzdy, tj. na stator. Reakční moment je stejně velký jako brzdný moment (tj. jako zatížení vyvinuté na výkonovou brzdu), takže měřením tohoto reakčního momentu je možno určit i hnací sílu na obvodě hnacích kol vozidla. [2]

Velikost hnací síly na kolech vozidla se určuje podle obrázku 6. Vzhledem k ose otáčení kola platí rovnováha momentů:

$$M_k - F_k \cdot r_d - M_f = 0 \quad (2.10)$$

Kde:

M_k – hnací moment na kolech vozidla

M_f – hnací moment valivého odporu při odvalování kol na zkušebních válcích

Rovnováha momentů vzhledem k ose měřících válců zní:

$$M_v - F_k \cdot r_d - M_f = 0 \quad (2.11)$$

Kde:

M_v – moment na válci, vyjadřující kromě brzdného momentu také tření v ložiscích a odpor vzduchu (vzhledem k otáčení válců).

Z momentové rovnice kola plyne:

$$F_k = \frac{M_k - M_f}{r_d} \text{ [N]} \quad (2.12)$$

Dosadíme-li tento vztah do rovnice (2.10), dostaneme moment na měřícím válci:

$$M_v = M_k \cdot \frac{r_v}{r_d} - \left(1 + \frac{r_v}{r_d}\right) M_f \quad (2.13)$$

Hnací výkon P_k , určíme z hnací síly F_k a obvodové rychlosti válce v :

$$P_k = F_k \cdot v \quad (2.14)$$

2.4.2 Měření výkonových parametrů při dynamickém zatížení

Základní rozdíl oproti statickým způsobům, u kterých se měří výkonové parametry při ustálených otáčkách a konstantním zatížení, je ten, že zde jsou výkonové parametry měřeny při dynamických režimech motoru, resp. při zrychlování nebo zpomalování jeho otáček (akcelerace, decelerace). Prostředkem k zatěžování motoru je především setrvačnost všech příslušných pohyblivých hmot motoru. Mírou zatěžování zde ovšem není absolutní velikost setrvačných hmot, ale je to poloha řídicího orgánu motoru, tj. palivového pedálu. [2]

Jednoduše řečeno, při plné dodávce paliva je zatížení motoru maximální bez ohledu na to, zda jsou urychlovány setrvačné hmoty samostatného motoru (tzv. volná akcelerace), nebo jsou urychlovány všechny setrvačné hmoty vozidla např. při jízdě na nejvyšší převodový stupeň. Rozdíl je pouze v tom, že velikost úhlového zrychlení klikového hřídele je nepřímo úměrná velikosti setrvačných hmot (přesněji momentu setrvačnosti k ose otáčení rotace všech pohybujících se hmot redukováných na klikový hřídel motoru). Prakticky se to projeví na době, po kterou motor akceleruje, a je tedy naplno zatížen. V případě jízdy na vozovce na nejvyšší převodový stupeň bude úhlové zrychlení relativně malé a doba akcelerace až několik

minut, přičemž nikdo nepochybuje o tom, že v tomto režimu je motor plně zatížen (zde se samozřejmě významně uplatňují také odpor vzduchu, valení atd.). Naopak v případě volné akcelerace samotného motoru je úhlové zrychlení klikového hřídele relativně vysoké a doba, po kterou motor při plném plynu urychluje otáčky z volnoběhových na maximální, je pouze několik sekund. Právě tato krátká doba volné akcelerace vede u laické veřejnosti k mylné domněnce o nízkém zatížení motoru. [2]

Při tomto způsobu zatížení se výkon motoru vypočítá opětovně ze vztahu (2.8), ale točivý moment motoru se v tomto případě vypočte dle vztahu 2.14.

$$M = I \cdot \varepsilon \text{ [N]} \quad (2.15)$$

Kde:

I – moment setrvačnosti motoru redukováný na klikový hřídel motoru [$\text{kg}\cdot\text{m}^3$]

ε – úhlové zrychlení setrvačných hmot [$\text{rad}\cdot\text{s}^{-2}$]

Z průběhu točivého momentu a výkonu v závislosti na otáčkách motoru lze sestavit tzv. dynamickou charakteristiku, která je obdobou vnější otáčkové charakteristiky naměřenou staticky na zkušebním stanovišti. I když mezi oběma druhy charakteristik nejsou u převážné většiny motorů zásadní rozdíly, nelze je však při porovnání ztotožňovat. Obecně lze charakterizovat dynamický proces tím, že spalování je při něm v rámci každého pracovního cyklu připravováno pro jiné podmínky dané jinými otáčkami motoru, než při kterých potom spalování skutečně probíhá. [2]

Měření na válcové zkušebně

Pro tato měření jsou speciálně konstruované tzv. setrvačnickové válcové stavy původně určeny pro kontrolu rychloměrů, tachografů, přezkoušení termostátů, teploměrů, činnosti spojky, řazení převodů, lokalizace hluků apod. Jedná se o nejjednodušší zařízení se dvěma otočnými válci poháněnými koly zkoušeného vozidla. Pro měření tažné síly, resp. momentu a výkonu na obvodu kol v režimech akcelerace se hmotnost otočných válců zvyšuje přidavnými setrvačníky. Aby provozní podmínky byly co nejvíce podobné podmínkám na silnici, měly by setrvačné hmoty zkušebny odpovídat setrvačným hmotám vozidla, což je v praxi možné splnit pouze částečně např. kombinováním zapojováním několika setrvačnicků. Měření výkonových parametrů je u setrvačnickových válcových zkušeben obvykle realizováno tzv. momentovým

převodem zařazeným mezi jedním z válců a poháněným setrvačником nebo na stejném místě vloženým torzním dynamometrem. [2]

Měření při volné akceleraci motoru

Tato metoda měření nazývaná též volná akcelerace vně nezátíženého motoru existuje od samého počátku automobilového opravárenství. Po relativně dlouhou dobu, kdy již existovaly objektivní motorové brzdy, to však byla metoda pouze subjektivní, založená na zkušenostech mechanika. Až s rychlým rozvojem digitální elektroniky a výpočetní techniky, která je schopná monitorovat a vyhodnocovat i velmi rychlé dynamické děje, lze hovořit u této metody o seriózní objektivitě. Z čistě fyzikálního a meteorologického hlediska se však jedná o metodu z výše uvedených absolutně nejpřesnější, navíc s nejlepší opakovatelností, neboť jako jediná neovlivňuje výsledky měření vlastními ztrátami a hysterezí, jako je tomu například u statického měření dynamometrem. Přesnost měření úhlového zrychlení, které je u tohoto způsobu principiální, je závislé výlučně na přesnosti měření času, resp. době, za kterou se klikový hřídel pootočí o konstantní úhel. Měření času je v současnosti u elektronických cenově dostupných zařízení na několikrát vyšší úrovni, než je pro tento účel zapotřebí. [2]

Poněkud jiná je však situace ve zjišťování hodnoty momentu setrvačnosti všech pohybujících se hmot motoru redukovaných na klikový hřídel včetně klikovým hřídelem pevně spojených setrvačných hmot příslušenství např. alternátoru, ventilátorů, kompresoru klimatizace apod. [2]

2.5 Měření emisí

Úprava motoru resp. „*motormanagementu*“ s sebou nese vždy problematiku týkající se dodržení limitů daných přísnými emisními normami. Výrobci mají v případě emisí (na rozdíl od jiných parametrů, jako je například snaha snižovat spotřebu a tím zajistit svým produktům konkurenční výhodu) dané jasné mantinely a není tudíž zcela na jejich dobré vůli, jakou zvolí hranici pro obsah škodlivin ve výfukových plynech. [4]

2.5.1 Produkce emisí

Při spalování uhlovodíkových paliv se vzduchem vzniká dokonalou oxidací oxid uhličitý (CO_2) a voda (H_2O). Při nedokonalé oxidaci jsou přítomny ještě oxid uhelnatý (CO) a vodík (H_2). Kyslík (O_2) se ve výfukových plynech zážehového motoru objevuje jen tehdy, byl-li

v čerstvé směsi v přebytku anebo nedošlo k využití z jiných důvodů. U vznětových motorů se objevuje vždy, protože vznětový motor pracuje s přebytkem vzduchu. Nejvýznamnější složkou spalin je dusík (N_2). Za vysokých teplot ve spalovacím prostoru vznikají oxidací vzdušného dusíku oxidy dusíku (NO_x), které jsou zastoupeny zejména oxidem dusnatým (NO), v nejmenší míře oxidem dusičitým (NO_2) a oxidem dusným (N_2O). Při velmi nepříznivých podmínkách pro oxidaci paliva vznikají nespálené uhlovodíky (HC) různého složení (co do obsahu individuálních uhlovodíků). U motorů s vnější tvorbou směsi se tato složka objevuje jako součást spalin i z důvodu úniku části čerstvé směsi přímo do výfuku zkratovým vyplachováním. Za totálního nepřístupu vzduchu (uvnitř kapičky kapalného paliva) nastává při vysoké teplotě dekompozice molekul uhlovodíku, jejímž výsledkem je přítomnost pevného uhlíku (sazí) ve spalinách. S výfukovými plyny odchází z motoru též jisté (velmi malé) množství dalších (pevných) částic (vysoko-molekulové produkty tepelné degradace mazacího oleje, prach, popel, částičky rzi atd.) [11]

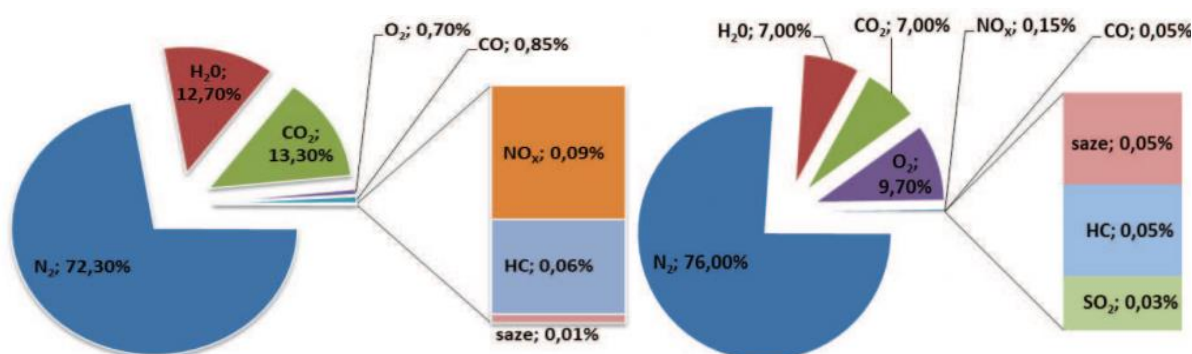
Síra obsažená v některých uhlovodíkových palivech vytváří při spalování v motoru oxidy síry, které se následně objevují ve spalinách. Sloučeniny olova jsou přítomny ve výfukových plynech motorů spalujících benzín s antidetonační přísadou obsahující olovo.

Z uvedených komponentů jsou mezi sledovanými veličinami počítány CO, NO_x , HC (u zážehových i vznětových motorů), saze (pouze u vznětových motorů) a částice (u vznětových motorů, příslušná metodika je vyhodnocuje spolu se sazemí). [11]

2.5.2 Složení emisí

Vzhledem k nedokonalému spalování paliva vznikají další škodlivé látky v plynném, kapalném i pevném stavu. Množství škodlivých látek obsažených ve výfukových plynech je značně ovlivněno směšovací poměrem (paliva a vzduchu) λ .

Obr. 7. složení výfukových plynů zážehových a vznětových motorů



Zdroj: [5]

Z grafu je patrné, že výfukové plyny zážehových motorů jsou bohatší na dusík (N₂), vodu (H₂O), oxid uhličitý (CO₂) a obsah nespálených uhlovodíků (HC). Vznětové motory vykazují vyšší hodnotu kyslíku (O₂), oxidu dusíku (NO_x), sazí a dále je zde přítomen oxid siřičitý (SO₂). [5]

Oxid uhelnatý CO

Oxid uhelnatý je nedráždivý bezbarvý jedovatý plyn bez chuti a zápachu. V krvi se váže na červené krvinky a tím brání jejich základnímu úkolu – dopravě kyslíku z plic do ostatních částí těla. Nejcitlivějším orgánem na dodávku kyslíku je mozek, proto je oxid uhelnatý vlastně nervovým jedem. Mezi hlavní příznaky otravy CO patří bolest hlavy, závrať, srdeční potíže a malátnost. Nejvíce poškozuje srdce, nervový systém a cévy. Je těžší než vzduch, proto se shromažďuje dole u podlahy, což je velmi nebezpečné v montážních jámách a nevětraných prostorech. Podílí se také na vzniku fotochemického (letního) smogu. [5]

Oxid uhličitý CO₂

Oxid uhličitý je nejedovatý produkt spalování, ostatně ho vydechují i lidé a zvířata. Určité nebezpečí spočívá v tom, že při jeho vysoké koncentraci v atmosféře hrozí smrt zadušením. Stoupající obsah CO₂ v atmosféře způsobuje tzv. „skleníkový efekt“, který je příčinou zvyšování teploty atmosféry. [5]

Nespálené uhlovodíky HC

Za nespálené uhlovodíky jsou považovány sloučeniny, které do procesu spalování vstoupily jako palivo a v důsledku mnoha okolností nedošlo k jejich spálení nebo zoxidovaly

jen z části. Nejmenší vliv na organismus mají uhlovodíky, které jsou obsaženy v palivech. Nejnebezpečnějšími uhlovodíky jsou polycyklické aromatické uhlovodíky (PAH), které mají rakovinotvorný účinek. K nespáleným uhlovodíkům patří především:

- *Aromatické uhlovodíky* – patří mezi nervové jedy s narkotickým, rakovinotvorným účinkem a mají specifický zápach.
- *Nasyčené uhlovodíky* – (parafíny) látky téměř bez zápachu, ale s narkotickým účinkem a schopností slabě dráždit pokožku
- *Nenasycené uhlovodíky* – (olefiny, acetylény) mají lehce nasládlou vůni a slabě dráždí pokožku. [5]

Oxidy dusíku NO_x

Oxid dusnatý je plyn bezbarvý, který na vzduchu oxiduje na NO₂ – jedná se o hnědočervený plyn se silným zápachem. Dráždí plíce, leptá tkáň, je silně jedovatý a podílí se na tvorbě smogu. Kromě působení na organismus se oxidy dusíku podepisují také na ničení staveb v důsledku chemického napadání stavebních materiálů. [5]

Pevné částice

Pevné částice se vyskytují pouze u vznětových motorů. Obsahují z velké části primární uhlík (saze). Zbytek je tvořen sulfáty, dusíkem, uhlovodíky a neidentifikovatelnými složkami. Konkrétní složení a množství jednotlivých částí závisí z velké části na typu motoru a samozřejmě na jeho technickém stavu a stáří. Krátká expozice pevných částic vyvolává podráždění očí, jícnu, průdušek, dýchací potíže nebo nucení ke zvracení. Dlouhodobé vystavení jejich účinku může způsobit rakovinotvorný efekt. [5]

Oxid siřičitý SO₂

Oxid siřičitý je bezbarvý jedovatý plyn štiplavého zápachu, těžší než vzduch. SO₂ dráždí plíce, nosní sliznici a při vyšších koncentracích má za následek i otok hrtanu a plic. [5]

2.6 Měření kouřivosti

Tyto přístroje pro měření emisí jsou velmi přesné, za dodržení přísných podmínek:

- Motor ohřátý na provozní teplotu
- Těsnost výfukové soustavy
- Správná funkce zapalovací soustavy
- Správně nastavené volnoběžné otáčky
- Při použití automatických převodovek mít zařazeno N
- Funkční palivová soustava (vstřikování a pracovní tlaky, vzduchový filtr) [11]

Kouření vznětového motoru lze zjistit pouze vizuální kontrolou. Pro zjištění přesné hodnoty je nutné použít speciálních přístrojů.

2.6.1 Filtrační metoda

Podstatou této metody je zachycení částic kouře na filtrační papír. Definované množství výfukových plynů proudí přes filtrační papír určitou rychlostí. Vyhodnocení se provádí porovnáním testovaného papíru s novým papírem. Tato metoda není vhodná pro dynamické měření. Jedná se o zastaralou, dnes už nepoužívanou metodu. [11]

2.6.2 Hmotnostní měření koncentrace částic

Jedná se v podstatě o metodu založenou na principu rozdílu hmotností měřeného elementu. Nejprve je změřena hmotnost měřeného elementu před samotným měřením, a po měření zvažíme element znovu. Hmotnostní koncentraci částic C_1 [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$] u měřeného elementu je vypočtena empirickým vztahem 2.15:

$$C_1 = \frac{M_1 - M_2}{V} [\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}] \quad (2.16)$$

Kde:

M_1 - hmotnost nového filtračního elementu [kg]

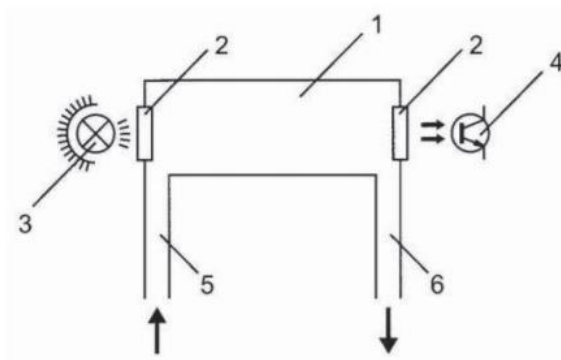
M_2 - hmotnost filtračního elementu po měření [kg]

V - objem prosátého množství spalin [m^3] [11]

2.6.3 Opaciometrie

V praxi nejčastěji používaná metoda. Je založena na principu průchodnosti světelného paprsku skrze sloupec výfukových plynů. Využívá se Beht-Lambertův zákon.

Obr. 8. Schéma opaciometru



Zdroj: [11]

Výfukovým potrubím (5) jsou přivedeny výfukové plyny do měřicí komory (trubice (1) na jedné straně komory je fototranzistor (4), na druhé straně je zdroj světla (3), plyny prochází komorou a pohlcují část světla dopadající přes vyhřívaná skleněná okénka (2) na fototranzistor (4). Potrubí (6) slouží k odvodu výfukových plynů. Je-li v komoře čistý vzduch, světlo není pohlceno a hodnota opacity je $N=0$ %, při plném pohlcení je $N=100$ %. Hustota opacity, přepočítaná na součinitel absorpce k [m^{-1}], se vypočte vztahem 2.16:

$$k = \frac{-1}{L_1} \ln\left(1 - \frac{N}{100}\right) [\%] \quad (2.17)$$

Kde:

L_1 - účinná dráha paprsků světla procházejícími výfukovými plyny. [11]

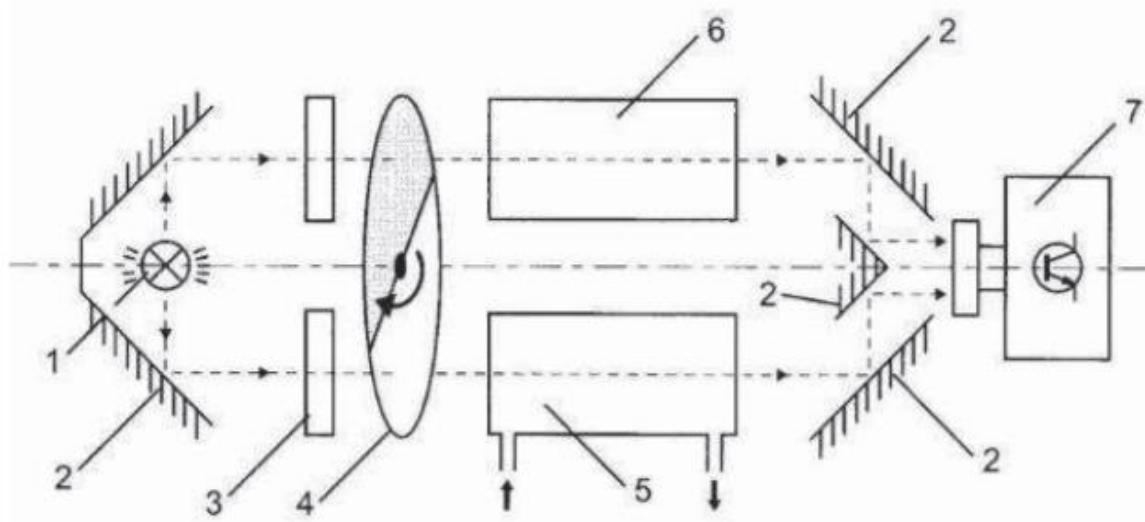
2.7 Měření plynných složek

Následující část je zaměřena především na jednotlivé metody měření koncentrace plynných složek ve výfukových plynech a jejich principy.

2.7.1 Měření založené na principu absorpce infračerveného záření

Způsob měření, který pracuje na základě infračervené absorpční metody. Je označována jako NDIR z angličtiny Non-Dispersive InfraRed. Při zjišťování přítomnosti individuálního plynu v analyzované směsi je výchozím bodem závislost absorpčního koeficientu na vlnové délce záření, které je individuální vlastností plynů, jež obsahují alespoň dva různé atomy. [7]

Obr. 9 Schéma NDIR



Zdroj: [11]

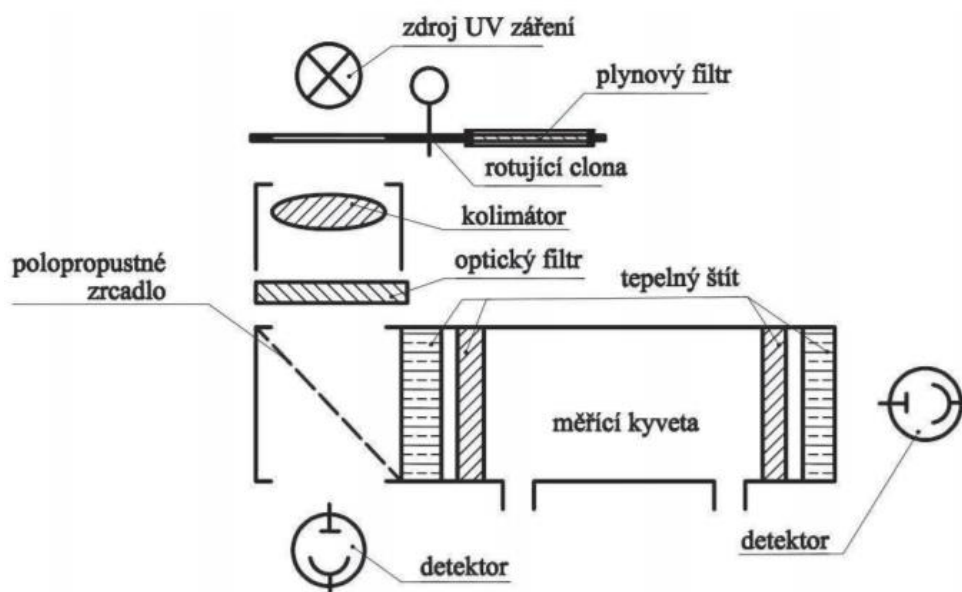
1 – zdroj infračerveného záření, 2 – reflektor, 3 – filtr výběru pracovní vlnové délky,
4 – rotační clona, 5 – měřící kyveta, 6 – referenční kyveta, 7 – detektor.

Infraanalyzátoři jsou nejjednodušší. Tyto přístroje jsou v dnešní době používány jako vícesložkové, kdy na jedné optické lavici se měří koncentrace více složek najednou (CO, CO₂, a HC) a čidlo pro koncentraci O₂. Metoda NDIR však není vhodná pro měření celkových koncentrací HC, protože z celého spektra analyzuje pouze část. Další nevýhodou je závislost na teplotě, jelikož při nízké teplotě kondenzují HC v hadicích a filtrech dříve, než se dostanou do analyzátoru. Ten pak ukazuje nižší nepřenesené hodnoty. Rovněž touto metodou není možné měřit uhlovodíky ve vznětových motorech, neboť patří do spektra uhlovodíků vyšších řad. [11]

2.7.2 Měření založené na principu absorpce ultrafialového záření

Jedná se o optický analyzátor. Metodu je označována jako NDUV z angličtiny Non-Dispersive-Ultraviolet. Podstata měření spočívá ve vedení toku ultrafialového (UV) záření měřicí kyvetou, kde je část světla pohlcena aktivními složkami, které jsou obsaženy ve výfukových plynech, jimiž je měřicí kyveta neustále proplachována. Referenční paprsek je veden přímo na korekční detektor. Generování napětí v elektronických přístrojích je lineární funkcí koncentrace měřené složky plynu. Různé druhy vlnových délek UV světla se používají k analýze různých plynů. Životnost je omezena výbojkou s plynovou náplní s dutou katodou, která je zde použita jako zářič. Používá se především k zjišťování NO, NO₂ a SO₂. [11]

Obr. 10. Schéma NDUV

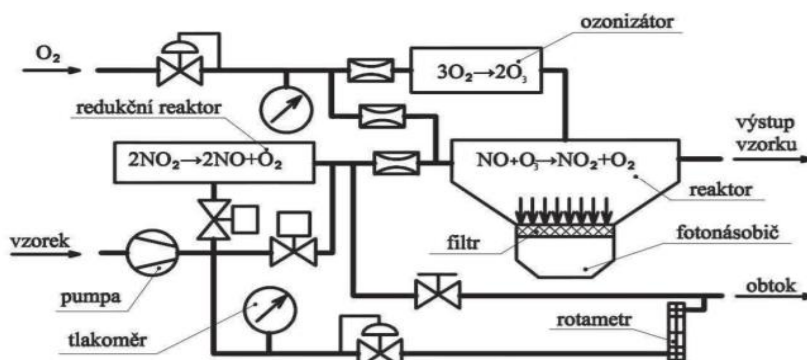


Zdroj: [11]

2.7.3 Měření s využitím chemické luminiscence

Tato metoda se používá především pro analýzu koncentrace oxidu dusíku. Jedná se o emisi fotonů. Do chemické reakce vstupuje také ozon (O₃), který se vyrábí v přístroji. Vstupní látkou je pouze NO, po zjištění koncentrace NO_x dojde k přepnutí elektromagnetických ventilů. Vzorek prochází vyhřívaným katalytickým reaktorem, kde dochází k dalším chemickým dějům, redukcí oxidu dusičitého na oxid dusnatý. Koncentrace NO₂ se zjišťuje rozdílem předchozích dvou hodnot. [11]

Obr. 11. Schéma přístroje pracující na principu chemické luminiscence

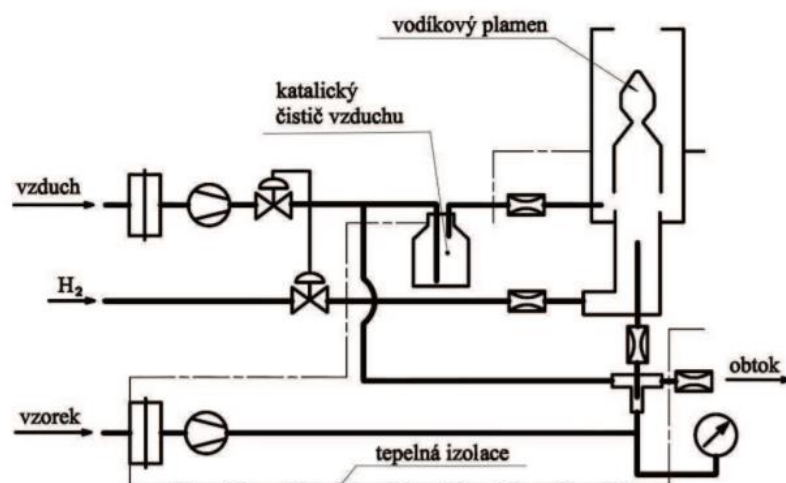


Zdroj: [11]

2.7.4 Měření na principu změny elektrické vodivosti vodíkového plamene

Princip této metody spočívá v připojení potenciálu na plamen vodíku se vzduchem, kde vznikne malý proud iontů. Ve vázané formě narůstá proud iontů úměrně s množstvím uhlovodíků. Aby se tvar plamene příliš nelišil, mísí se vzduch s vodíkem ještě před vstupem do hořáku. [11]

Obr. 12 Schéma přístroje pracující na principu změny elektrické vodivosti vodíkového plamene



Zdroj: [11]

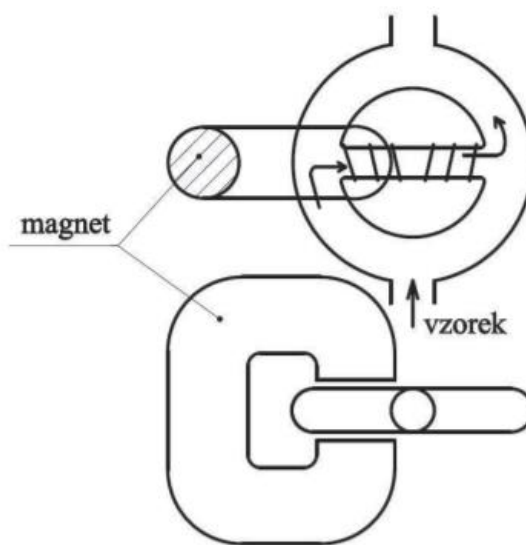
Tlak vodíku se reguluje podle tlaku spalovacího vzduchu. Tímto způsobem je zajištěn trvale stejný směšovací poměr. Proud iontů snímá dvojice elektrod, přičemž jedna bývá

většinou hořák tělesa a druhá je nad plamenem a má tvar šroubovice, popřípadě je tvořena rovným drátem. Plamen se zapaluje pomocí žhavicí svíčky. [11]

2.7.5 Měření založené na principu magnetických vlastností

Metoda, u které se využívá magnetických vlastností a permeabilita, tj. vliv určitých vlastností na silové účinky magnetického pole. Používá se pro stanovení koncentrace kyslíku. Hlavní částí je magnet, který přitahuje molekuly kyslíku. Kyslík, který je magnetem vtažen z levé větve prstence ztrácí magnetizmus při zvýšení teploty a je dále vytlačován studeným kyslíkem. Strháváním okolních magnetických molekul vzniká průtok příčným kanálem. Levé vinutí se chladí ofukováním studeným proudem vzduchu vzorku. Pravé vinutí se ochlazuje méně, neboť je již ohřáté na určitou teplotu. Z rozdílných teplot vinutí se stanoví koncentrace kyslíku ve vzorku. [11]

Obr. 13 Schéma přístroje pracující na principu magnetických vlastností



Zdroj: [11]

2.8 Úprava software ECU

Tato kapitola se bude věnovat problematice úprav softwaru řídicích jednotek, popisu jednotlivých možností modifikace a vysvětlení hlavních rozdílů mezi těmito úpravami.

2.8.1 Úprava datových polí

EPROM Chip

„Chip“, (neboli správněji EPROM z anglického Erasable Programmable Read-Only Memory), představuje polovodičová paměť, která má ve svém datovém poli uloženy informace. Tyto informace řídí chod motoru tak, aby byl schopen správné funkce ve všech provozních režimech. Jsou zde uloženy především závislosti jednotlivých parametrů vstupních (přiváděných do jednotky čidly jako např. otáčky motoru, poloha škrticí klapky plynu, teplota vzduchu) a výstupních (množství vstříknutého paliva, doba zážehu jiskry). Samotná řídicí jednotka tvoří pouhý hardware, který nejcennější informaci ukrývá uvnitř svého čipu. Mnohdy je proto vyráběn v unifikovaných sériích, kterými je vybavena velká skupina vozidel. Je to dáno ekonomickým hlediskem, montáží stejných motorů do různých skupin vozidel a následným přizpůsobením provozním podmínkám. Teprve informace v čipu určí skutečný výkon, přestože pohonná jednotka je řešena shodně. [4]

S nástupem elektroniky v řízení motoru značně přibýlo specializovaných firem, které nabízí úpravu těchto dat. Z technického hlediska se nejedná o složitou operaci – dojde k vyjmutí paměti a vložení nové. Ta obsahuje optimalizovaná data, se kterými motor dosáhne vyššího výkonu. Ceny, ve kterých se úpravy pohybují, jsou v řádech tisíců. Záleží na úpravci, jestli zůstane jen u modifikace softwaru nebo se v zájmu dosažení co nejvyššího výkonu pustí i do instalace dalších dílů jako jsou modifikace sání výfuku atd. V tomto případě se částka značně navýší. Pokud se úprava omezí na pouhou optimalizaci dat a zachová sériové komponenty, náklady jsou minimální. [4]

Pokud disponuje výrobce potřebným vybavením, uložení (vypálení) dat lze zvládnout bez jakýchkoli komplikací. Výrobce se často snaží bránit jakémukoli zveřejňování informací o struktuře a funkci dat. Proto záleží jen na šikovnosti úpravců, jakým způsobem si dokáží informace opatřit. Jednou z variant je originální dokumentace, která je poskytnuta strategickým partnerům. Další a podstatně náročnější možností je proces postupných testů s patřičnou diagnostikou, tzv. „reverse engineering“. Tato praktika dokáže v konečné fázi poskládat mozaiku potřebných zkušeností a nezbytného technického vybavení. Neméně důležitá ale zůstává i znalost vlastní optimalizace výkonu motoru. Aby byl přínos prokazatelný, je třeba ověřit výsledek na dynamometru a jízdní zkouškou. [4]

Flash-tuning

Další možností v oblasti úprav ECU (Electronic Control Unit) se stává „*Flash-tuning*“. Jeho předností je způsob záměny dat v pevné paměti ECU. Dřívější mechanická záměna je nahrazena záměnou dat pomocí funkce OBD (On-Board Diagnose). Díky zavedení nových standardů stačí propojit počítač s ECU přes OBD diagnostický port a bez mechanického zásahu do ECU potřebné informace v čipu přehrát nebo nahradit, což zabrání mnohým komplikacím spojením s fyzickou manipulací s jednotkou. Technologický pokrok přinesl novou generaci pevných pamětí, tzv. „*Flash-EPROM*“. Přepis dat čili „*flashování*“ je možné přes komunikaci s ECU. [4]

Patřičné hardwarové a softwarové vybavení se tedy stává v tomto případě nutností. Díky nim je umožněna komunikace mezi počítačem a řídicí jednotkou, která nese data určená k modifikaci. Situaci komplikuje fakt, že ne každá řídicí jednotka je totožného typu, proto úspěch s universálním vybavením není úplně stoprocentní. [4]

Stejně jako v případě „*chiptuning*“, tak i při „*flashování*“ je třeba zvážit další okolnosti, pokud se úpravce nespokojí s pouhým nahráním dat. Protokoly, které jsou využívány ke komunikaci ECU s diagnostickým portem, nejsou identické. Nejde tedy použít jeden unifikovaný typ převodníku mezi OBD portem a vlastním počítačem. Potřebné vybavení je poměrně nákladné. [4]

2.8.2 Powerbox

Jedná se o přídatný modul, který se nainstaluje do kabeláže vně řídicí jednotky. Nedá se tedy říci, že by se jednalo o vyložený „*chiptuning*“. Veřejnost zná tyto moduly pod názvem „*powerbox*“. Ve valné většině se vyskytuje u vznětových motorů, ale není vyloučené se s powerboxem setkat i u zážehových motorů. Tím že je k ECU připojen vně, tj. pouze do kabeláže, nezasahuje přímo do činnosti ECU. Pracuje na principu toho, že při spalování není využit všechen vzduch ve válci a snaží se ho eliminovat. V praxi to znamená, že tento „*powerbox*“ změní informace od čidel motoru ještě před tím, než tyto informace dorazí do řídicí jednotky. Ta pak na základě zkreslených informací upraví délku vstříku nebo jiné parametry řízení motoru. Existují zde samozřejmě limity, které by neměly být překročeny z důvodu výrazného zvýšení emisí a rovnoměrného chodu motoru. Pokud tyto limity nebudou brány v úvahu, mohou se projevit vznikem problémů při startech nebo při jiných pracovních režimech. [4]

Mezi největší výhody patří snadná montáž a možnost kdykoliv zařízení odstranit. Zcela zde odpadá nutnost znalosti „*motormanagementu*“. Svoji činností nezasahují do životnosti motoru. Je to dáno tím, že nezasahují do regulačních funkcí turbodmychadla, tím pádem nezvyšují jeho zatížení ani tepelně, ani mechanicky. Možnosti „*chiptuningu*“ překonaly vlastnosti powerboxů jak v cenové dosažitelnosti, tak především v možnostech. Přesto ale není problém sehnat tento výrobek i v současnosti. [4]

2.8.3 Změna originálního systému

Poslední možností, jak upravit ECU, je její záměna plně programovatelnou náhradou. Tento způsob je obvyklý spíše v oblasti automobilového sportu. Je to dáno jednak vysokou pořizovací cenou, přesností naladění všech veličin a závislostí pro správnou funkci motoru (pro jeden konkrétní motor, na rozdíl od jiných jednotek, které jsou určeny pro všechny motory stejné řady) a také faktem, že závodní vůz nepotřebuje ke své funkci přídavné systémy (jako např. regulace klimatizace, zabezpečení atd.). Tedy systémy, které se starají spíše o luxus a pohodlí posádky. Z tohoto důvodu není možné jednotku jen tak vyjmout a nahradit ji programovatelnou. Elektronika automobilu je příliš provázána. Některé bezpečnostní prvky jsou integrovány do původních řešení. Mezi podstatné výhody patří:

- Plná programovatelnost,
- Nastavení velké řady hodnot,
- Možnost zapojit přídavná čidla (např. teplota oleje atd.),
- Exportovat z jednotky zpětně data o chodu motoru (tzv. dataloging). [4]

Software k těmto jednotkám již počítá s množstvím detailního nastavení. Není potřeba obcházet předdefinované algoritmy jako je tomu u sériových ECU. K tomuto druhu úpravy bývá přistupováno většinou v souvislosti s rozsáhlejšími úpravami motoru, u kterých by sériová jednotka nebyla schopná tak výstižně reagovat. S tím ale pochopitelně souvisí i úplně jiná úroveň potřebných znalostí, jak elektroniky, tak celkové funkce motoru. [4]

2.9 Data

Struktura datových polí

Hned na úvod je třeba poznamenat, že struktura dat není informace, kterou jednotliví výrobci zveřejňují, ale data také není možné přesně lokalizovat, jelikož ECU nemají žádný

definovaný standard. Je možné konstatovat, že každá řídicí jednotka je vlastně originál. Celý tento problém lze vysvětlit následující poznámkou na příkladu supermarketu. [4]

Poznámka:

Každý obchodní řetězec má svoji filozofii rozmístění zboží v regálech. Pokud navštívíme téhož řetězec, nalezneme zboží pokaždé na stejném místě. Paralela stejného adresování dat je i u řídicích jednotek konkrétního výrobce. Malá změna nastane v případě, že navštívíme supermarket téhož řetězce, ale v menším městě, kde mají i omezený sortiment zboží. Nemusíme zde již najít některé „specializované“ výrobky, ale ostatní budou stále na svém místě, čili zorientovat se není problém.

U řídicích jednotek to znamená absenci dat pro regulaci činnosti turbodmychadla v případě atmosférických motorů. Tím, že supermarket spadá pod jeden řetězec, ale není zaručeno, že nemohou být díky konkrétnímu vedoucímu dané pobočky další drobné nuance v rozmístění zboží. I výrobci automobilů řeší ve spolupráci s výrobcem ECU drobné úpravy na konkrétní typ vozu.

Rozdílná situace nastává při návštěvě jiné sítě obchodů. Jsme si jisti tím, že jistě najdeme základní zboží, jako jsou například potraviny, ale netušíme přesně kde. Kromě jiného umístění se liší i nabídka výrobků. Některé zboží je totožné, některé zboží je navíc a jiné vzhledem k prvnímu typu supermarketu zcela chybí. Je třeba se tedy znovu zorientovat kde jaký přípravek, nebo výrobek hledat. To platí ale pouze do té doby, než navštívíme zcela jiný, nový řetězec. Všechny poznatky, které jsme se naučili u dřívějších případech supermarketů, zde můžeme rovnou zapomenout.

Tento příklad vystihuje podstatu problému, se kterým se musí při úpravě softwaru ECU počítat. Universální datová struktura neexistuje, ke každé řídicí jednotce se musí přistupovat zcela individuálně. Vzhledem k tomu, že výrobci veškeré informace tají, nezbývá než si opatřit potřebné informace svépomocí. [4]

Jedna z metod, pomocí které lze potřebné informace zjistit, se nazývá „*zpětný (reverse) engineering*“. Spočívá v tom, že na základě definovaných vstupů a výstupů se snaží získat oblasti ECU, ve kterých jsou jednotlivá data v paměti uložena. Informace v datovém prostoru jsou uloženy tak, aby je mohla řídicí jednotka v potřebný okamžik kdykoliv použít. Situace je obdobná i u jiných počítačových systémů. Konkrétní adresa se v matici dat skládá z čísla řádku a sloupce. Naneštěstí, jak už bylo zmíněno, tento systém rozmístění dat není podle platných regulí a každý výrobce ECU provádí adresování podle své filozofie. [4]

Další z komplikací, které ECU mohou nastat, je tzv. „*checksum*“. Jedná se o kontrolní součet pro kontrolu dat v paměti. Jde vlastně o obranou funkci ECU, která si potřebuje být za každých okolností jistá správností dat, se kterými pracuje. Dalším důvodem použití tohoto

algoritmu je také fakt, že potenciálním úpravcům se stíží zasáhnout do originálních dat výrobce. Kvalitní software pro editaci dat ECU disponuje možností upravit hodnoty tak, aby výsledný „checksum“ korespondoval s hodnotou požadovanou ze strany ECU. Pokud se rozhodneme k úpravě datových polí, ideální možností je opatřit si specializovaný software pro modifikaci dat v ECU, který vybere z celého pole jen ta určitá data, která budou upravována (např. vstřik paliva). I zde může čekat několik nástrah. Některá originální číselná hodnota parametru v tabulce totiž nemusí odpovídat hodnotě reálné. Může se jednat o číslo, které je k dalšímu výpočtu jen použito. Je tedy zapotřebí znát výpočetní algoritmus, který je realizován programovým kódem. [4]

Paměti PROM

Typ paměti PROM (Programmable Read-Only Memory) obsahuje kompletní charakteristiku konkrétního typu. Jedná se o prvek, který lze výměnným způsobem nahradit a modifikovat tak výkonové parametry. Díky rozmáhajícím se technologiím „flashování“ a komunikace s ECU prostřednictvím přímého vstupu, je tato technologie na ústupu. Přesto ale existuje stále ještě velká skupina jednotek, které využívají klasické paměťové moduly. [4]

Paměti EPROM

Pokud bychom je chtěli charakterizovat, jedná se o polovodičovou paměť, na kterou je možné zapisovat. Je energeticky nezávislá, čili po odpojení napájecího napětí je obsah zachován. Díky bipolárním tranzistorům, kterými je tvořena, je schopna obsah paměti uchovat po relativně dlouhou dobu. EPROM je typ paměti, která umožní pouze jednorázový zápis dat. Vymazání je zde tedy také možné, ale vyžaduje použití speciálního zdroje UV záření. Z tohoto důvodu je praktičtější paměť EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory), která disponuje stejnými vlastnostmi jako EPROM, ale umožňuje i výmaz a opakovaný přepis dat. Pro oba typy paměti však platí, že zápis dat musí být proveden vždy externím zařízením. Tato nevýhoda je eliminována použitím paměti typu „Flash EPROM“. Tato paměť je ekvivalentem EEPROM, ale podstatnou výhodou je fakt, že nemusí být vyjmuta, ale její programování lze provádět přímo v počítači. K popularitě „Flash EPROM“ přispěl i nástup palubní diagnostiky (OBD), která je schopna komunikace s ECU prostřednictvím externího zařízení připojeného k diagnostickému portu. [4]

Závislosti funkcí jednotlivých akčních členů jsou definovány v paměťovém modulu. Pokud je naším požadavkem data změnit, prvním krokem k úspěchu je paměť fyzicky přečíst.

Proto je nezbytné paměťový modul nejdříve vyjmout ze základní desky a vložit ho do speciální čtečky. Celou situaci může zkomplikovat fakt, že ne všechny čipy jsou do patice vsazeny, ale připájeny. Samozřejmostí je vyjmutí řídicí jednotky z motorového prostoru nebo alespoň zpřístupnění okolí tak, aby bylo možno sejmout ochranný kryt. Pokud je k dispozici potřebné zařízení, samotné programování není složitá procedura. V případě použití paměti EPROM je tato výměna velice rychlá, jelikož vyjmutý čip může být ihned nahrazen novým. Naprosto obdobná je situace v případě zakoupení nového čipu. Jediný rozdíl je v tom, že místo nového čipu zakoupeného od specialistů, je nutné tento čip upravit. Zapisování dat probíhá v externím zařízení, které je připojeno k počítači. Samozřejmostí je vybavení počítače specializovaným softwarem, který umožňuje přímý přístup do paměťového modulu. Je možné použít univerzální software, ale je zde reálné nebezpečí komplikace s identifikací údajů v datovém poli. Specializovaný software je výhodnější už jen proto, že umožňuje kromě komunikace s EPROM čtečkou i vizualizovat data do uživatelského formátu. [4]

Pokud je možnost výběru typu programátoru, je doporučeno brát zřetel na dvě kritéria. Prvním a základním požadavkem je znalost paměti EPROM, která je vhodná k použití a jaký typ ECU bude modifikován. Při podcenění výběru je možným rizikem patice programátoru, která nemusí odpovídat pinům čipu, který bude programován. I tento problém je však řešitelný zakoupením konvektorů. Investice do tohoto zařízení by měla především odpovídat záměru, jakou kvalitu lze od „*chiptuningu*“ očekávat. V nabídce jsou i zařízení, podporující velmi omezené množství čipů. Takové řešení je tedy ideální jen pro jednorázovou nebo sporadickou úpravu. [4]

Emulátory

Pokud dojde k vyjmutí paměti z ECU, „*motormanagment*“ ztrácí důležité údaje. V tento okamžik je veškerá funkce ochromena. V případě nouze není možné ani nastartovat motor. Programování čipu probíhá externě. Pokud je potřeba otestování výsledku, nezbývá než paměť vrátit zpět do řídicí jednotky a teprve potom může dojít ke startu motoru. Takových výměn bývá před ukončením práce mnoho, jelikož je třeba nepřetržitě doladovat data, která se dají otestovat pouze v plném provozu. Další z možných zkoušek je interakce mezi vstupními a výstupními signály, která opět vyžaduje plně funkční ECU. Z těchto důvodů by tedy bylo vhodné najít některé optimálnější řešení než čip neustále přemísťovat. To umožňuje použití emulátoru. Ten pracuje tak, že nahrazuje v ECU paměť PROM, a kromě plné funkce „*motormanagmentu*“ umožňuje i okamžitou změnu dat. [4]

Aby mohl emulátor správně pracovat, musí splňovat potřebné technické parametry. Nejdůležitější z nich je jeho rychlost, jelikož jeho výsadou je práce v reálném čase a motor potřebuje okamžitý přístup k datům. Emulátory mají v nabídce firmy, které se zabývají produkty a softwarem pro modifikaci dat. Odpadají tak komplikace s adaptací softwaru, jelikož jejich funkce je optimalizována pro danou situaci. Jejich připojení je obdobné jako u výměny čipu. Jediným rozdílem je kabel, který je na čip připojený a vede z řídicí jednotky ven. Činnost emulátoru samozřejmě slouží jen ve fázi ladění motoru. Pokud bude dosaženo požadovaných úprav, data jsou zapsána na čip, který je vložen zpět do ECU. [4]

3 Cíl práce

Cílem této práce je porovnání provozních parametrů motoru před a po úpravě softwaru řídicí jednotky ECU. Konkrétně se jedná o porovnání výkonových parametrů motoru, zaměřené na maximální výkon a točivý moment motoru. Dále pak porovnání produkce pevných částic obsažených v emisích motoru a v neposlední řadě porovnání spotřeby paliva.

V první části bude popsána metodika jednotlivých dílčích cílů, a to metodika úpravy softwaru ECU, metodika měření výkonových parametrů a metodika měření v jízdním cyklu NEDC. Dále pak popis upravovaného vozidla a použitého vybavení. V další části se bude práce zabývat zpracováním naměřených dat a jejich vyhodnocením.

4 Metodika práce

Úprava softwaru ECU a veškeré měření bude provedeno na vozidle Škoda Octavia II facelift uvedeném do provozu v roce 2009 s karoserií combi. Vozidlo je vybaveno vznětovým přeplňovaným čtyřválcovým motorem, o zdvihovém objemu 1.9 TDI-PD s nastavitelnou geometrií lopatek turbodmychadla. Originální výkon motoru udávaný výrobcem je 77 kW při 4000 ot/min a maximální točivý moment 250 Nm při 1900 ot/min. Vozidlo mělo při prvním měření, tedy před úpravou softwaru ECU, najeto přibližně 82 000 km a bylo pravidelně servisované v autorizovaném servisu. Měření bude prováděno na zimních pneumatikách Michelin Alpin 195/65R15. Technické parametry udávané výrobcem viz tab. 2.

Tab. 2 – Technické parametry vozidla

Počet válců	4
Zdvihový objem [cm ³]	1896
Vrtání / zdvih [mm]	79,5 / 95,5
Maximální výkon / otáčky motoru [kW/min ⁻¹]	77 / 4000
Maximální točivý moment / otáčky [Nm/min ⁻¹]	250 / 1900

4.1 Úprava softwaru ECU

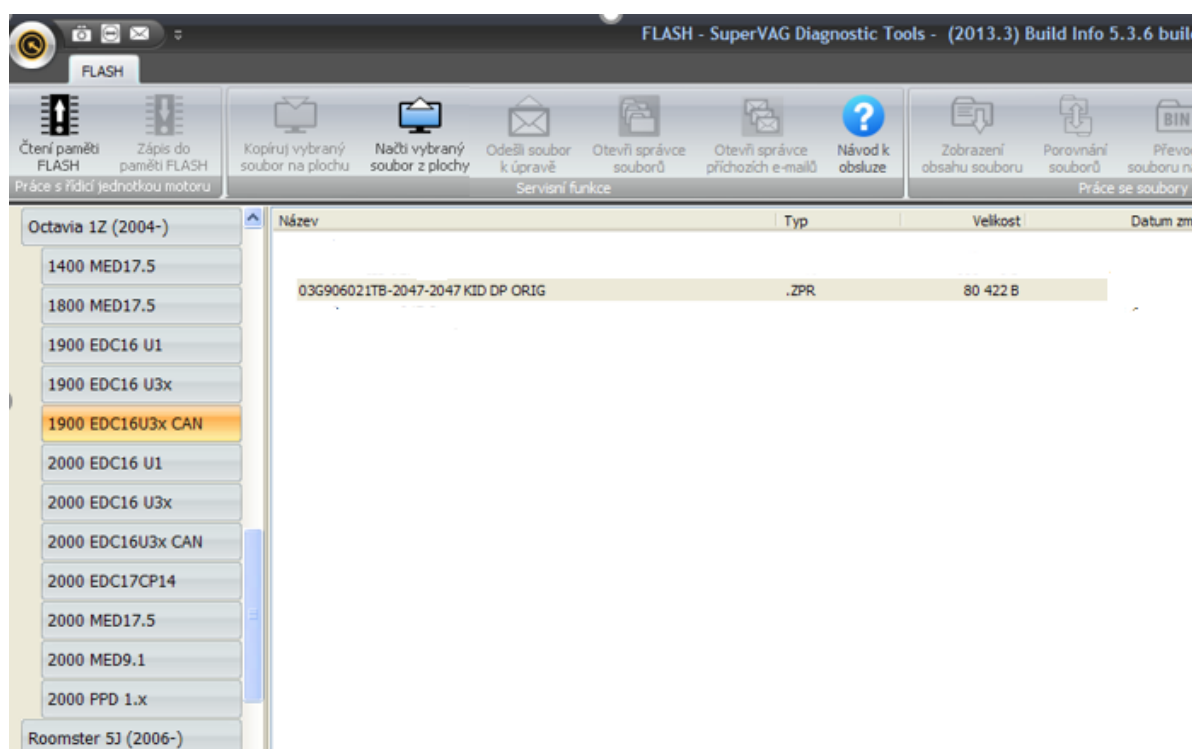
Úprava softwaru řídicí jednotky byla prováděna v programu FLASH, který je součástí diagnostického systému SuperVAG. Byla tedy použita metoda „flashování“ popsaná v kapitole 2.8.1.

Metodika úpravy se skládá z následujících kroků:

1. Připojení akumulátoru vozidla na nabíjecí zařízení.
2. Připojení diagnostické zásuvky OBD.
3. Načtení paměti FLASH EEPROM.
4. Odeslání paměti na úpravu.
5. Opětovné nahrání upravené paměti FLASH EEPROM.
6. Zkušební jízda.

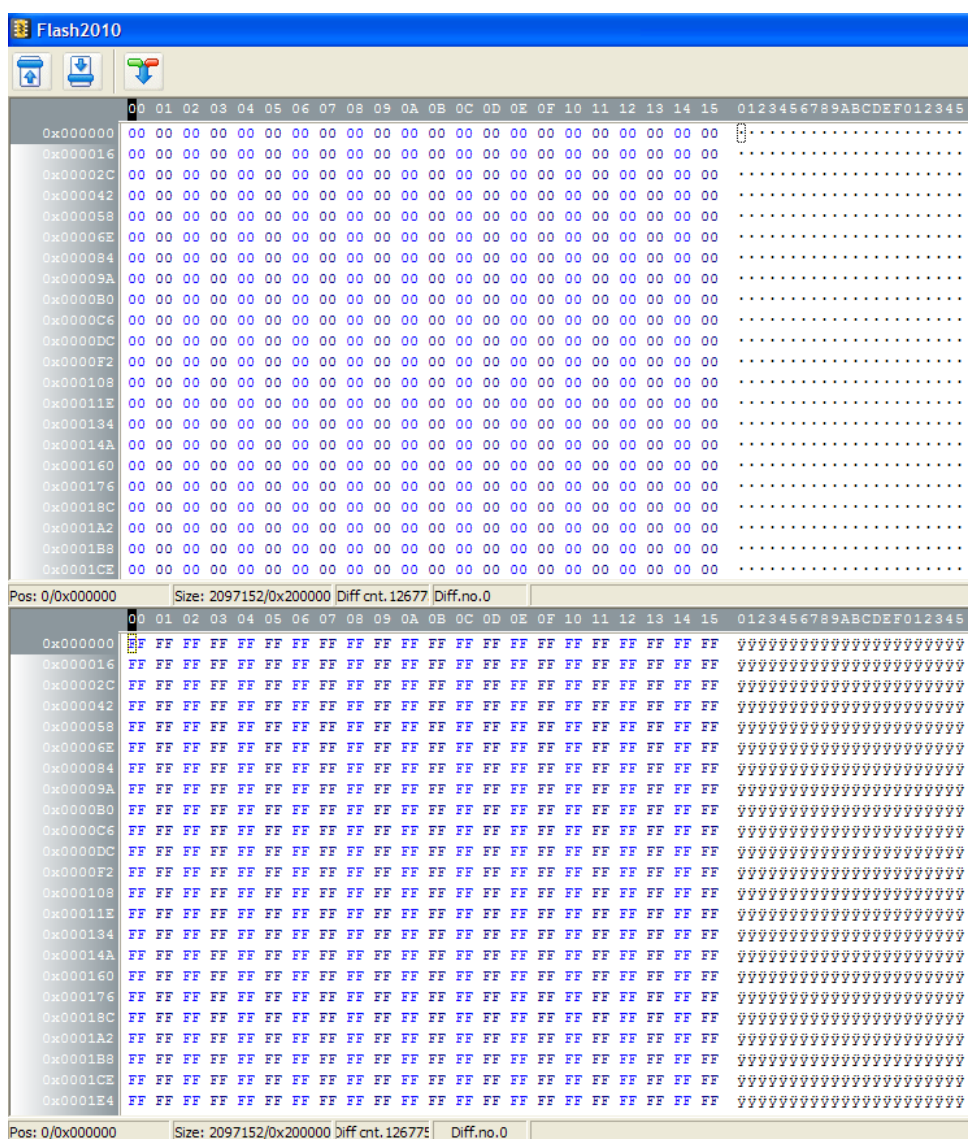
- 1) Jak již bylo zmíněno výše, při manipulaci s pamětí EEPROM je nezbytné neustálé komunikace mezi řídicí jednotkou motoru a diagnostickým zařízením, protože kdyby došlo k výpadku spojení při manipulaci s pamětí, je celá řídicí jednotka nenávratně zničena. Aby bylo zamezeno ztrátě elektrického napětí např. (při vybytí akumulátoru), je potřeba z bezpečnostních důvodů připojit vozidlo na nabíjecí zařízení.
- 2) Propojení mezi počítačem a OBD portem se dá aplikovat více způsoby. Buď to pomocí bezdrátového zařízení Bluetooth, nebo přímým kabelovým propojením mezi počítačem a OBD zásuvkou. Opět je z bezpečnostních důvodů doporučeno použít přímé kabelové propojení, protože může hrozit nebezpečí ztráty Bluetooth spojení. Pro komunikaci s programem FLASH musí být zapnuté zapalování.
- 3) Načtení paměti FLASH EEPROM se provede skrze rozhraní programu FLASH. Je důležité pečlivě vybrat model vozu, rok výroby a konkrétní provedení řídicí jednotky. V našem případě se jedná o řídicí jednotku typu 1900 EDC16U3x CAN od společnosti BOSCH. Následuje nastavení rychlosti čtení paměti. Rychlost čtení záleží na zkušenostech mechanika, při rychlém čtení se zmenšuje riziko výpadku spojení, ale zároveň hrozí chybné načtení dat, které může mít za následek zničení řídicí jednotky. Po dokončení čtení je soubor automaticky uložen a přiřazen k příslušné řídicí jednotce.

Obr. 14 – Rozhraní programu FLASH



4) Načtená paměť je vzápětí poslána na úpravu datového souboru do společnosti HR CARSOFT s.r.o., která se zabývá vývojem a úpravou specializovaných diagnostických nástrojů značky SuperVAG. Vzhledem k ochraně svého „know how“ bohužel není známa konkrétní změna jednotlivých parametrů v datovém poli.

Obr.15. – Porovnání paměti EEPROM před a po úpravě

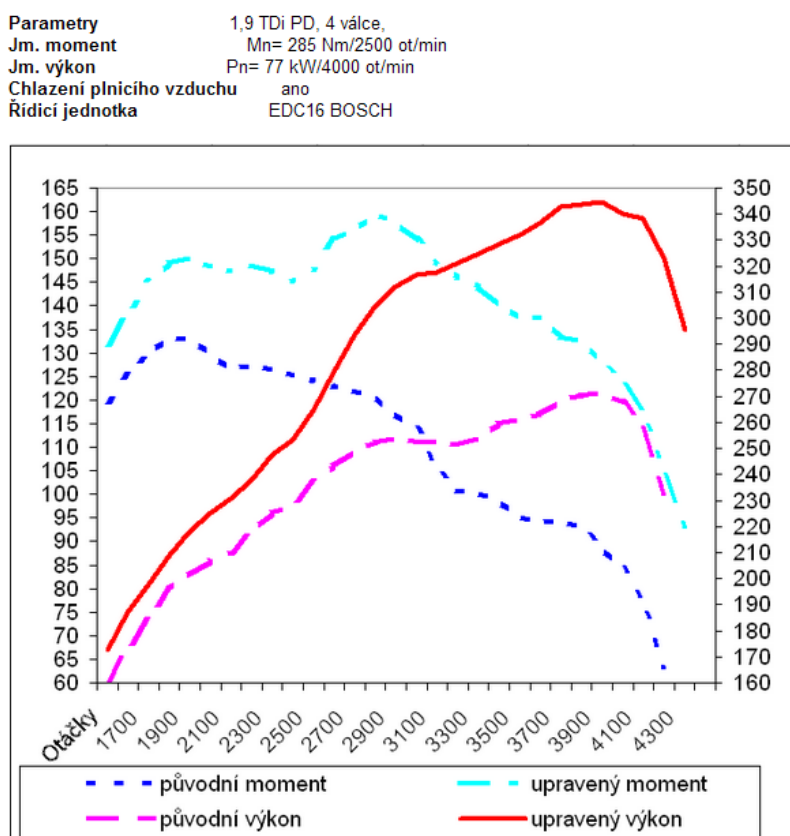


5) Opětovné nahrání upravené paměti bylo provedeno opět skrze rozhraní programu FLASH. Stejně jako v kroku 3) je důležité pečlivě vybrat model vozu, rok výroby a konkrétní provedení řídicí jednotky a přiřadit k ní upravený soubor paměti EEPROM. Opět následuje fáze nastavení rychlosti nahrávání, kde platí stejná kritéria jako v bodě 3).

6) Po úspěšném nahrání upravené paměti EEPROM zpět do řídicí jednotky ukončíme spojení s OBD diagnostikou vypnutím zapalování. Následuje zkušební jízda. Pokud úprava softwaru řídicí jednotky proběhla úspěšně, musí být ihned znatelný nárůst výkonu a točivého momentu.

Na obrázku je uveden typický průběh výkonu motoru a točivého momentu před a po úpravě datového souboru řídicí jednotky udávaný výrobcem. Nutno dodat, že naznačené průběhy jsou platné pro zaběhnutý motor (přibližně 10 000 km), standardní (střední) zvýšení výkonu úpravou programu. Stupnice výkonu je uvedená v HP (horse power), přepočteno podle poměru $1\text{ kW} = 1,36\text{ HP}$.

Obr. 16 – Typický průběh výkonu a momentu před a po úpravě



4.2 Měření výkonu

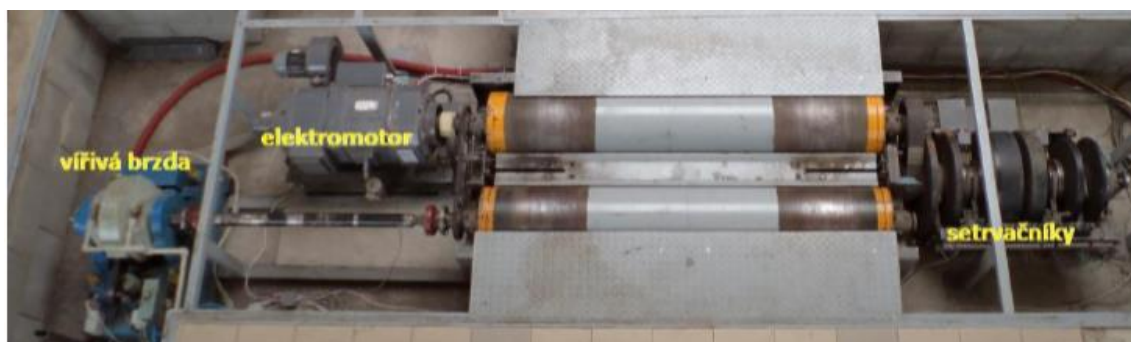
Měření výkonových parametrů bylo provedeno statickou metodou na válcové zkušebně katedry pozemní dopravy na ČZU. Následující část se bude zabývat popisem použitého zařízení a metodikou prováděného měření.

4.2.1 Válcová zkušebna na katedře Vozidel pozemní dopravy

Jedná se o modernizovanou válcovou zkušebnu určenou pro homologaci vozidel do 3,5t. Válcová zkušebna byla vyrobena firmou Schenck v roce 1983.

Zkušebna se skládá ze dvou válců propojených řetězem, z nichž jeden válec je pro zlepšení adhezních vlastností ošetřen protiskluzovým povrchem. Z pravé strany je k válcům připojena sada přípojných setrvačníků, jež mají simulovat setrvačnou hmotnost vozidla. Z levé strany jsou k válcům připojeny brzdové systémy. Na první válec je připojena vířivá brzda s výkonem 125 kW, jež slouží pro statické měření výkonu. K druhému válci je připojen stejnosměrný motor s výkonem 56 kW simulující odpor vzduchu. Uspořádání válcové zkušebny je znázorněno na obrázku 17.

Obr. 17 – Uspořádání válcové zkušebny



Hlavní parametry válcové zkušebny jsou uvedeny v tabulce 3. Konkrétní charakteristika parametrů instalovaného vířivého dynamometru je uvedena v tabulce 4.

Tab. 3 – Hlavní parametry válcové zkušebny

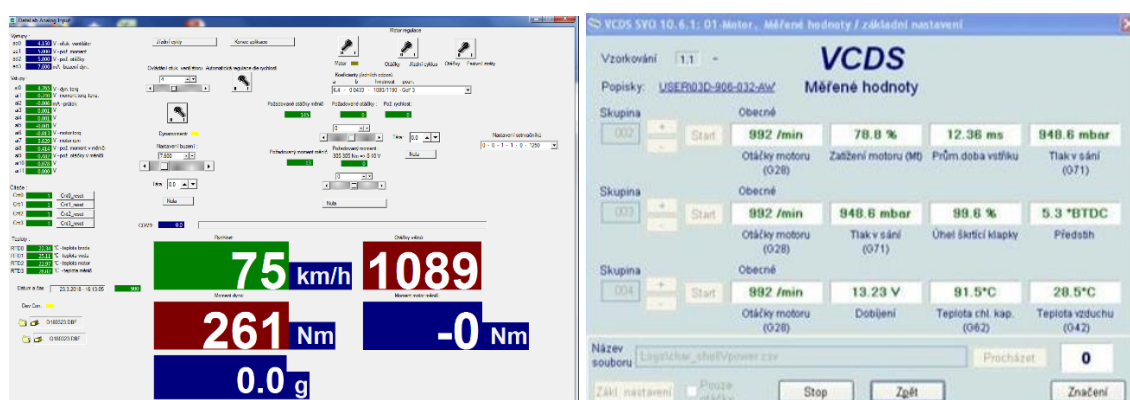
Parametry válcové zkušebny	
DC motorgenerátor	Maximální brzdňý výkon 56 kW Maximální brzdňý moment 305 Nm Maximální otáčky 3000 min ⁻¹
Vířivý dynamometr	Maximální brzdňý výkon 125 kW Maximální brzdňý moment 478 Nm Maximální otáčky 8000 min ⁻¹
Válce zkušebny	Dva válce umístěny v páru, které slouží k přenosu energie mezi koly vozidla a zkušebnou Obvod válců 1145 mm
Setrvačníky zkušebny	Základní simulovaná hmotnost 680 kg Přídavné hmotnosti: 900 kg, 450 kg, 225 kg, 120 kg, 112,5 kg.

Tab. 4 – Parametry vířivého dynamometru

Typ	V125
Provedení	IP23/ICW37
Otáčky (1/min)	300 - 2500 – 8000
Točivý moment (Nm)	134 - 478 - 149,5
Výkon (kW)	4,2 - 125 – 125
Průtok vody (l/s)	0,9
Budící napětí (V)	91
Budící proud (A)	1,7
Tlak vody (kPa)	90
Hmotnost (kg)	550
ČSN	350 000
Rok výroby	1986

Kompletní ovládání válcové zkušebny je prováděno v systému Datalab od firmy Moravské přístroje a.s., kde byl v programovém prostředí ControlWeb vytvořen vlastní ovládací program. Pomocí programu je celé pracoviště ovládáno a zároveň se také systém stará o sběr dat. Pro komunikaci s řídicí jednotkou motoru ECU je využíváno diagnostického systému VAG-COM. Systém umožňuje průběžné ukládání dat až do 3 bloků (12 hodnot). Součástí systému je programové vybavení VCDS (Vag-com diagnostic system). K propojení mezi OBD portem a počítačem (USB) slouží datový kabel interface. Rozhraní programů Datalab a VCDS je uvedeno na obrázku 18.

Obr. 18 – Rozhraní programů Datalab a VCDS



4.2.2 Metodika statického měření výkonových parametrů

Princip statického měření byl již popsán v kapitole 2.4.1. Výkonové parametry, které byly změřeny na kolech vozidla, budou následně přepočítány na výsledné výkonové parametry motoru.

Metodika měření výkonových parametrů na kolech vozidla se skládá z následujících kroků:

1. Zahřátí motoru vozidla na provozní teplotu a kontrola tlaku v pneumatikách.
2. Umístění vozidla na válcovou zkušebnu a zabezpečení proti pohybu.
3. Zvolení převodového stupně vozidla.
4. Změření převodového poměru.
5. Změření pasivních ztrát.
6. Měření výkonových parametrů.
7. Vyhodnocení naměřených dat.

1) Zahřátí motoru na provozní teplotu se docílí během krátké zkušební jízdy vozidla cestou na válcovou zkušebnu, nebo ponecháním nastartovaného vozidla na volnoběh po dobu přípravných prací měření. Tlak v pneumatikách se změří pomocí barometru. Pro zmírnění parazitních ztrát je doporučeno přehustit pneumatiky přibližně o 50 %.

2) Vozidlo se umístí na válcovou zkušebnu a zajistí se proti případnému pohybu pomocí dvou jisticích pásů umístěných na jedné straně do vlečného oka vozidla a na straně druhé do kotvících úchytů válcové zkušebny. Při umístění vozidla na dynamometr je ideální, aby osa automobilu byla totožná s osou zkušebny. Po zajištění vozidla se před vozidlo nastaví chladicí ventilátor. Umístění vozidla na válcové zkušebně je zobrazeno na obrázku 19.

Obr. 19 – Umístění vozidla na válcové zkušebně



3) Zvolení převodového stupně je výsledkem kompromisu mezi maximální dosažitelnou rychlostí na válcové zkušebně a velikostí přenášených sil. Při nízkém převodovém stupni vozidla hrozí nebezpečí prokluzu kol, což ovlivňuje výsledky měření. Dalším faktorem ovlivňujícím volbu převodového stupně je maximální točivý moment, který je dynamometr schopen vyvinout, aby byl schopen vozidlo při měření ubrzdít do požadovaných otáček. V našem případě byl zvolen 4. převodový stupeň a bylo dosaženo maximální rychlosti 168 km/h.

4) Dalším krokem je stanovení převodového poměru mezi otáčkami motoru vozidla a otáčkami válců zkušebny. Poměr tvoří otáčky motoru vozidla měřené prostřednictvím diagnostické zásuvky OBD (jakožto nejvhodnější při využití moderní techniky) a otáčky válců zkušebny měřené inkrementálním čidlem.

Pro výpočet převodového poměru byl použit vzorec 4.1:

$$i_c = \frac{n_m}{n_v} \quad (4.1)$$

Kde:

i_c – celkový převodový poměr [-]

n_m – otáčky spalovacího motoru [ot/min]

n_v – otáčky válců zkušebny [ot/min]

- 5) V pátém kroku jsou změřeny pasivní ztráty. Motor vozidla zůstává vypnutý a je zařazen neutrál. Válce zkušebny roztáčí kola vozidla pomocí elektromotoru na požadovanou rychlost a je zaznamenáván potřebný točivý moment elektromotoru pro roztočení válců. Výsledný moment představuje odpory, které musí motor překonat, aby vozidlo zůstalo při konstantní rychlosti v ustáleném stavu.
- 6) Měření výkonových parametrů (výkonu a točivého momentu) při statickém měření na válcové zkušebně probíhá dle principů popsaných v kapitole 2.4.1.

Veškerá data, která byla zaznamenána během měření, jsou prostřednictvím datového kabelu ukládána do počítače v programu Microsoft Excel. Tento program byl vybrán pro jeho dostupnost, rozšířenost a následné možnosti úprav a zpracování naměřených dat.

Po naměření dat nastává proces jejich zpracování, kterému se budeme věnovat v kapitole 5.1.

4.3 Měření produkce pevných částic

Měření produkce pevných částic bylo provedeno v jízdním cyklu NEDC (New European Driving Cycle) rovněž na válcové zkušebně katedry pozemní dopravy na ČZU. Pro měření dat byl použit částicový analyzátor EEPS v kombinaci s VAG-COM diagnostikou.

4.3.1 Částicový analyzátor EEPS

K měření produkce pevných částic byl použit částicový analyzátor EEPS 3090 (Engine Exhaust Particle Sizer) vyrobený firmou TSI. Částicový analyzátor měří rozložení a velikost pevných částic výfukových plynů motoru od 5,6 do 560 nm. Pomocí EEPS lze vizualizovat a studovat dynamické chování pevných částic emisí, které se vyskytují během přechodných zkušebních cyklů, prvních pár sekund studeného startu nebo během regenerace filtru pevných částic. Spektrometr EEPS zobrazuje měření v celkem 32 kanálech. Pracuje v širokém rozsahu koncentrací částic až 200 částic/cm³ a při okolním tlaku, aby se zabránilo odpařování těkavých částic a nevyžaduje žádné spotřební materiály. Spektrometr EEPS je zobrazen na obrázku číslo 20.

Obr. 20 - EEPS 3090



4.3.2 Metodika měření emisí v jízdním cyklu NEDC

1. Zahřátí motoru vozidla na provozní teplotu a kontrola tlaku v pneumatikách.
2. Umístění vozidla na válcovou zkušebnu a zabezpečení proti pohybu.
3. Zařazení setrvačníků simulujících odpor vozidla.
4. Připojení analyzátoru EEPS.
5. Provedení jízdního cyklu NEDC.
6. Vyhodnocení naměřených dat.

Provedení prvních dvou kroků je shodné s metodikou pro měření výkonu statickou metodou uvedené v kapitole 4.2.2.

3) Na válcové zkušebně byly zařazeny setrvačníky simulující celkový odpor vozidla při pohybu na vozovce (např. odpor setrvačnosti odpovídající hmotnosti vozidla, odpor vzduchu a odpory valení při pohybu vozidla). V našem případě byly použity setrvačníky o celkové hmotnosti 1385 Kg.

4) Dalším krokem je připojení částicového analyzátoru EEPS. Při měření je nutno dodržovat striktní podmínky, aby nedocházelo k jeho ovlivnění. Proto se částicový analyzátor před zahájením měření musí zahřát na provozní teplotu a je nutné nastavení správného ředicího poměru výfukových plynů. Připojení analyzátoru EEPS je vyobrazeno na obrázku 21.

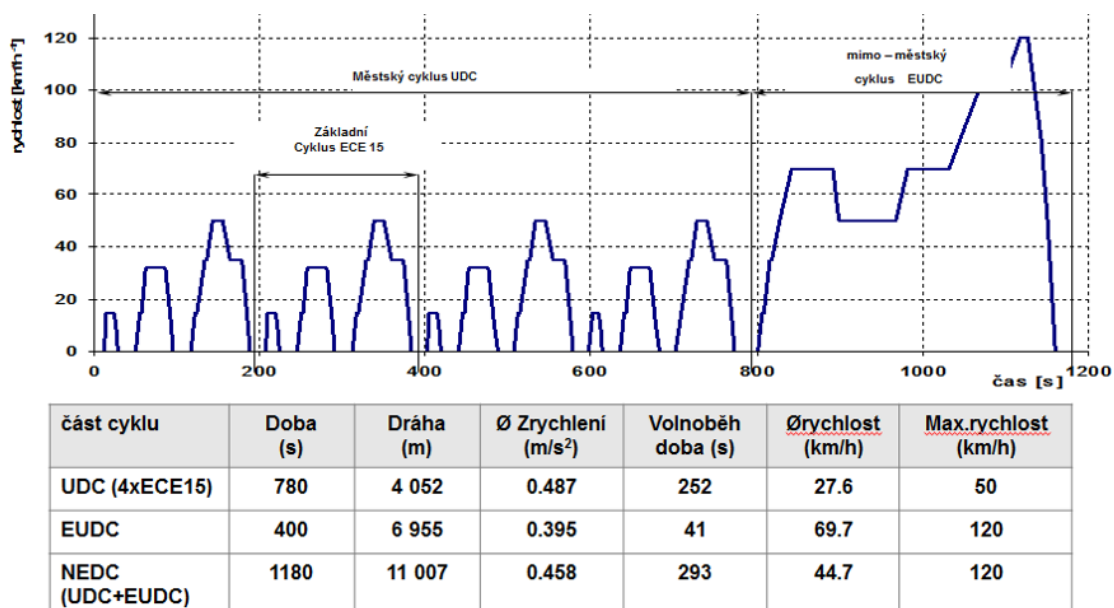
Obr. – 21 Připojení EEPS



5) Provedení měření jízdního cyklu se řídí předpisy EHK (ECE) R 83-03. Jízdní cyklus NEDC zahrnuje 4x režim základního městského cyklu ECE15 a označuje se jako městský cyklus UDC (Urban Driving Cycle) a 1x režim mimoměstského cyklu EUDC (Extra Urban Driving Cycle). Toto měření je provedeno bezprostředně za sebou (UDC + EUDC) a hodnoty jednotlivých emisí se stanovují kumulativně za celý test a přepočítávají na g/km.

Přestože je měrná spotřeba paliva [g/kWh] považována za komplexní diagnostický signál, který nejpřesněji charakterizuje účinnost motoru, jsou v praxi spíše používány hodnoty charakterizující spotřebu vozidla v provozu udávané v litrech paliva na 100 km. Popis jízdního cyklu NEDC je zobrazen na obrázku 22.

Obr. 22 – Průběh jízdního cyklu NEDC



Provedení jízdního cyklu NEDC na válcové zkušební katedry pozemní dopravy ČZU je řízeno programem Datalab. Program měřícího pracovníka provede všemi po sobě jdoucími jízdními cykly. Důležité pro přesnost měření je udržet křivku v rozmezí stanovených hodnot. Rozhraní programu Datalab pro měření NEDC je na obrázku 23.

Obr. 23 – Rozhraní programu Datalab pro NEDC



6) Veškerá data, která byla zaznamenána během měření, jsou prostřednictvím datového kabelu ukládána do počítače. Kompletaci dat z válcové zkušebny, VAG-COM diagnostiky a částicového analyzátoru EEPS se budeme věnovat v kapitole 5.2.

5 Výsledky měření před a po úpravě ECU

5.1 Výsledky měření výkonu

Proces zpracování dat je rozdělen do těchto kroků:

1. Zjistit závislost rychlosti a pasivních ztrát.
 2. Přepočítat otáčky motoru pomocí převodového poměru a známých otáček válců.
 3. Změřený moment dynamometrem přepočítat na točivý moment motoru.
 4. Stanovit hodnotu pasivních ztrát na základě okamžité rychlosti.
 5. Stanovit celkový točivý moment motoru.
 6. Vypočítat výkon motoru.
 7. Vytvořit závislost točivého momentu a výkonu na otáčkách motoru.
 8. Stanovit maximální hodnoty točivého momentu, výkonu motoru a při kterých otáčkách jich bylo dosaženo.
- 1) Závislost spočívá v zjištění průměrných hodnot rychlosti pro průměrné hodnoty pasivních ztrát. Tyto hodnoty jsou vyobrazeny do grafu a proloženy spojnici trendu. Stanovení průměrných hodnot je provedeno v programu Microsoft Excel při použití naměřených dat z válcové zkušebny, tedy točivý moment válců zkušebny a jejich rychlost odpovídající rychlosti vozidla.

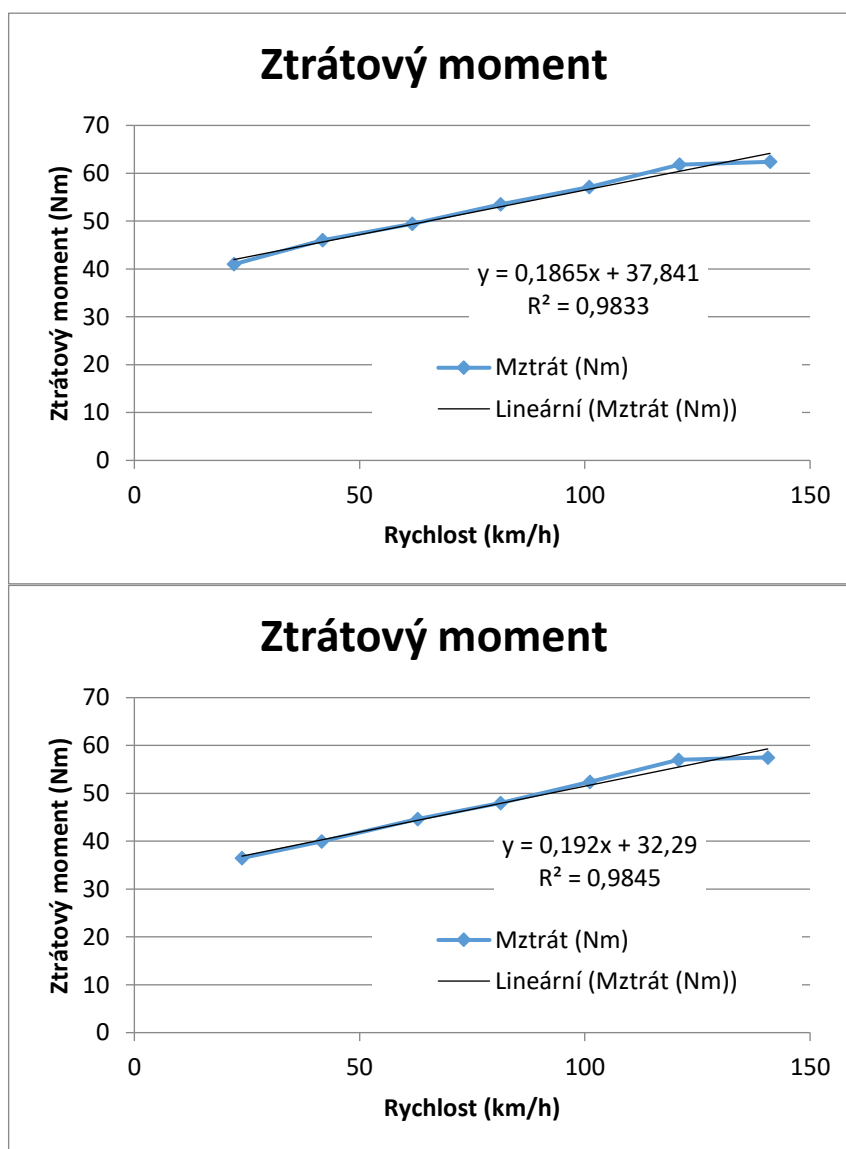
Vynesená data mají sinusový průběh. To je zapříčiněno nárůstem točivého momentu válců zkušebny, aby došlo k akceleraci vozidla na požadovanou rychlost. Po dosažení dané rychlosti točivý moment klesne na hodnotu potřebnou pro její udržení. Hodnoty pasivních ztrát odpovídají hodnotám točivého momentu pro udržení požadované rychlosti.

Při průměrování je nutné zahrnout jen hodnoty točivého momentu při ustálené rychlosti. Závislost rychlosti a pasivních ztrát je zobrazena v tabulce 5. a výsledný ztrátový moment na obrázku 24.

Tab. 5 – Závislost rychlosti a pasivních ztrát před a po úpravě ECU

pasivní odpory		pasivní odpory	
rychlost (km/h)	Mztrát (Nm)	rychlost (km/h)	Mztrát (Nm)
22,1	41,0	23,9	36,5
41,8	46,0	41,6	39,9
61,7	49,4	62,9	44,6
81,3	53,5	81,3	48,0
101,0	57,1	101,1	52,4
121,0	61,8	120,8	57,0
141,1	62,40	140,6	57,52

Obr. 24 – Ztrátový moment před a po úpravě ECU



2) Přepočítání otáček válců na otáčky motoru

Přepočet se provede dle rovnice 5.1:

$$n_m = n_v \cdot i \quad (5.1)$$

Kde:

n_m – otáčky motoru [ot/min]

n_v – otáčky válců zkušebny [ot/min]

i – celkový převodový poměr [-]

3) Přepočítání momentu dynamometru na točivý moment motoru

Točivý moment motoru se spočítá dle rovnice 5.2:

$$M_m = \frac{M_D}{i} \quad (5.2)$$

Kde:

M_m – točivý moment motoru [Nm]

M_D – točivý moment dynamometru [Nm]

I – celkový převodový poměr [-]

4) Stanovení hodnot pasivních ztrát na základě okamžité rychlosti.

Použitím rovnice zobrazené v obrázku 21, kde neznámou x představovala hodnota okamžité rychlosti, byla dopočtena hodnota pasivních ztrát pro každý řádek záznamu měření brzdného (točivého) momentu.

5) Stanovení celkového točivého momentu.

Celkový točivý moment motoru byl vypočten jako součet změřeného brzdného momentu a ztrátového momentu dle rovnice 5.3. Oba tyto momenty musely být nejprve vyděleny průměrným převodovým poměrem.

$$M_t = M_m + M_z \quad (5.3)$$

Kde:

M_t – celkový točivý moment [Nm]

M_m – točivý moment motoru [Nm]

M_z – ztrátový moment [Nm]

6) Vypočtení celkového výkonu motoru.

Výkon motoru byl vypočten jako součin celkového točivého momentu a úhlové rychlosti dle rovnice 5.4:

$$P = \frac{M_t \cdot 2 \cdot \pi \cdot n_m}{60 \cdot 1000} \quad (5.4)$$

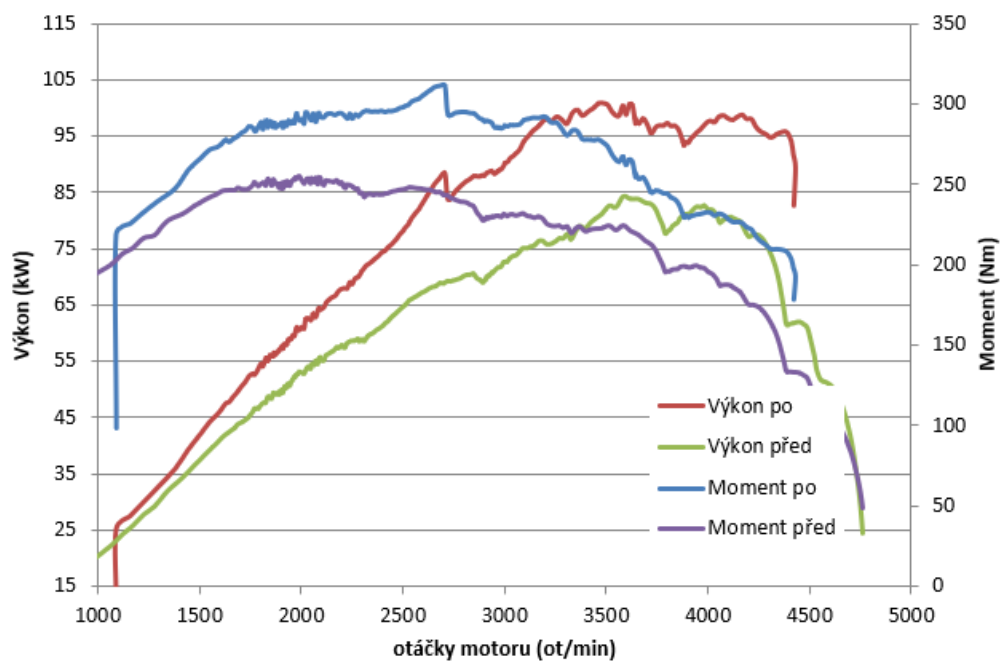
Kde:

M_t – Celkový točivý moment [Nm]

n_m – otáčky motoru [ot/min]

7) Závislost výkonu a točivého moment je vynesena v obrázku 25.

Obr. 25 – Vnější otáčková charakteristika před a po úpravě ECU



8) Maximální hodnoty výkonu a točivého momentu v závislosti na otáčkách jsou uvedeny v tabulce 6.

Tab.6 – Přehled maximálních hodnot před a po úpravě ECU

MAX	Výkon před	84	kw při	3587	ot/min
MAX	Moment před	255	Nm při	1993	ot/min
MAX	Výkon po	101	kw při	3461	ot/min
MAX	Moment po	312	Nm při	2679	ot/min

5.1.1 Dílčí závěr

Výsledkem zpracování naměřených dat na vozidle Škoda Octavia II 1.9 TDI statickou metodou je vnější otáčková charakteristika před a po úpravě softwaru ECU. Před úpravou byly naměřeny následující hodnoty: maximální výkon 84 kW při 3587 ot/min a maximální točivý moment 255 Nm při 1993 ot/min. Po úpravě byly naměřeny hodnoty: maximální výkon 101 kW při 3461 ot/min a maximální točivý moment 312 Nm při 2679 ot/min. Originální výkon motoru udávaný výrobcem je 77 kW při 4000 ot/min a maximální točivý moment 250 Nm při 1900 ot/min. Hodnoty po úpravě softwaru udávané úpravcem softwaru jsou pouze orientační a jsou uvedeny na obrázku 16. V případě před úpravou softwaru ECU byly hodnoty naměřené statickou metodou vyšší, než udává výrobce. Výrobce však v dokumentaci k vozidlu udává nejnižší garantovaný výkon motoru, je tedy možné naměřit hodnoty lehce vyšší. Při porovnání hodnot naměřených před a po úpravě ECU je patrný nárůst výkonu o 17 kW a nárůst točivého momentu o 57 Nm. Můžeme konstatovat o tom, že po úpravě softwaru ECU jsou výkonové parametry motoru 1.9 TDI-PD srovnatelné s výkonovými parametry motoru 2.0 TDI-PD (103 kW při 4000 ot/min, 320 Nm v rozmezí od 1750 do 2500 ot/min).

5.2 Výsledky měření produkce pevných částic

Proces vyhodnocení naměřených dat při jízdním cyklu NEDC spočívá v časové korekci jednotlivých výstupů v programu Microsoft Excel. Jedná se o korekci dat z válcové zkušebny, VAG-COM diagnostiky a analyzátoru částic EEPS. Výsledky měření jsou poté vyneseny do grafu NEDC vyobrazeném v obrázku 26 na stránce 54.

Souhrn naměřených hodnot je zobrazen v tabulce 7. Hodnoty udávané výrobcem jsou zobrazeny v tabulce 8.

Tab. – 7 Souhrn naměřených hodnot v jízdním cyklu NEDC

	před čipem	po čipu
délka cyklu [km]	11,03	11,05
spotřeba [g/kW]	0,62	0,59
spotřeba [l/100 km]	5,60	5,34
Celková produkce pevných částic [# /cm ³]	2,69E+08	1,34E+08
prům. pedal akcelerace	9,57	8,64

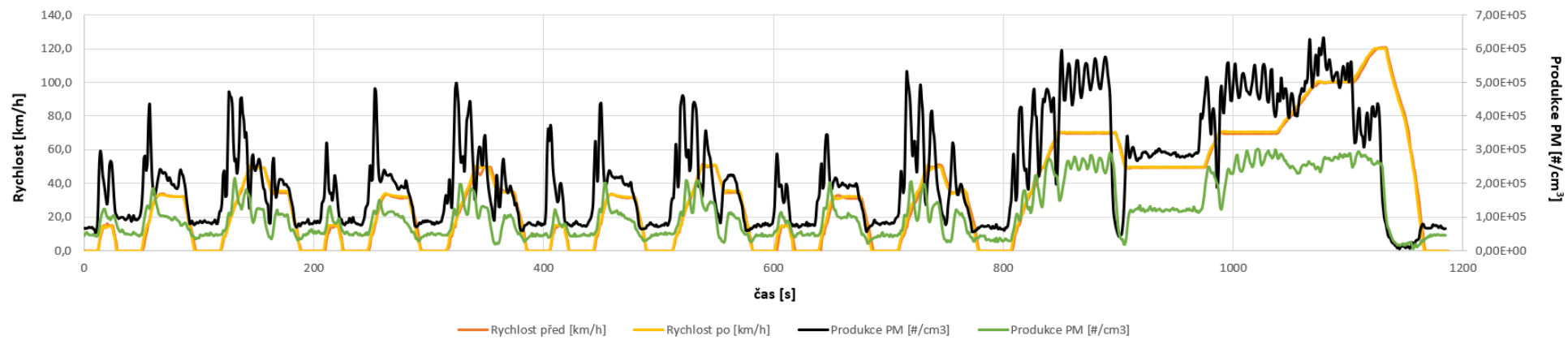
Tab. – 8 Hodnoty udávané výrobcem

Spotřeba - městský cyklus [l/100km]	6,4
Spotřeba - mimo měst [l/100km]	4,2
Spotřeba – kombinovaná [l/100km]	5

5.2.1 Dílčí závěr

Z výsledných hodnot zobrazených v tabulce 7. je patrné, že došlo ke snížení produkce pevných částic i snížení spotřeby paliva. Naměřená spotřeba paliva před úpravou řídicí jednotky byla 5,6 l/100km a po úpravě 5,34 l/100km. Hodnota udávaná výrobcem pro kombinovanou spotřebu je 5 l/100km. Naměřená produkce pevných částic před úpravou byla 2,69E+08 #/cm³ a po úpravě 1,34E+08 #/cm³. Lze tedy hovořit o tom, že díky úpravě řídicí jednotky motoru došlo ke zvýšení výkonu a točivého momentu, což se v jízdním cyklu NDEC projevilo i snížením produkce pevných částic.

Obr. 26 – Výsledky měření jízdního cyklu NEDC před a po úpravě ECU



6 Diskuze

Předkládaná práce vznikla za účelem porovnání provozních parametrů vozu Škoda Octavia II (1.9 TDI-PD 77 kW) před a po úpravě softwaru řídicí jednotky. Během zpracování vyšlo najevo, že po úpravě softwaru řídicí jednotky značně vzrostl výkon a točivý moment. Během jízdního cyklu NEDC bylo zjištěno, že upravené vozidlo má nižší spotřebu paliva a produkuje méně pevných částic obsažených ve výfukových plynech než před úpravou při absolvování totožného jízdního cyklu.

Problém může nastat ve chvíli, pokud si zákazník chce otestovat výkonové parametry svého vozu. Musí totiž využít služeb společnosti zabývající se úpravou vozidel, které disponují zároveň i válcovou zkušebnou. Běžný zákazník však nemívá příležitost se provádění měření a vyhodnocování výkonových parametrů zúčastnit, většinou kvůli bezpečnostním předpisům. Nemá proto přehled nad tím, jak měření probíhá a hlavně, jak probíhá výsledné zpracování naměřených dat. V oblasti analyzování naměřených dat a následném vyhodnocení je totiž poměrně jednoduché výsledek měření upravit tak, aby byl zákazník spokojený.

Pokud tedy není zákazník v problematice měření výkonových parametrů na válcové zkušebně a celkově v úpravách softwaru ECU a výkonu dostatečně informovaný, může se stát obětí nepoctivé společnosti. Pokud vozidlo po úpravě nedosahuje slibovaných výsledků, naměřená data se upraví a není problém vystavit certifikát s razítkem, na kterém je vše v pořádku. Situaci přispívá i fakt, že pouhý pocit řidiče lze snadno ošálit drobnými úpravami výkonové křivky.

7 Závěr

Diplomová práce se zabývala problematikou úpravy softwaru řídicí jednotky motoru a s tím souvisejících změn v provozních parametrech motoru. V teoretické části byly popsány veličiny spojené s měřením výkonových parametrů a následně popsány jednotlivé metody měření výkonu. Dále byla popsána problematika produkce a složení výfukových plynů a možnosti jejich měření. Poslední část se zabývala možnostmi úprav softwaru řídicí jednotky.

Praktická část práce byla věnována metodickým postupům úprav a měření. Konkrétně úpravě softwaru řídicí jednotky metodou „*flashování*“, měření výkonových parametrů statickou metodou na válcové zkušebně a měření produkce pevných částic v jízdním cyklu NEDC. Ve finální části bylo provedeno zpracování naměřených dat a jejich vyhodnocení.

Při měření výkonových parametrů bylo zjištěno, že po úpravě softwaru řídicí jednotky značně vzrostl výkon a točivý moment motoru. Výkon motoru byl navýšen přibližně o 17 % z původních 84 kW na 101 kW a točivý moment o 19 % z původních 255 Nm na 312 Nm. Můžeme tedy říci, že za cenu několika tisíc korun jsme dosáhli přibližně stejných provozních parametrů, kterými disponuje motor 2.0 TDI-PD. Nutno dodat, že vozidlo není na takovéto parametry konstruováno a v budoucnu mohou nastat problémy s jednotlivými komponenty vozidla jako například systémem turbodmychadla nebo spojky.

U měření v jízdním cyklu NEDC bylo zjištěno, že upravené vozidlo má menší spotřebu paliva a produkci emisí. Konkrétně spotřeba paliva klesla přibližně o 5 % z původních 5,6 l/100 km na 5,34 l/100 km a produkce pevných částic o 50 % z původních $2,69E+08$ #/cm³ na $1,34E+08$ #/cm³. Můžeme konstatovat, že díky úpravě softwaru řídicí jednotky došlo k nárůstu výkonu a točivého momentu, což má za následek, že upravené vozidlo má ve stejném jízdním cyklu nižší spotřebu paliva a produkci pevných částic než vozidlo v originálním nastavení.

Seznam literatury

- [1] Papoušek M., Šterba P.: Diagnostika spalovacích motorů, Computer Press, Brno, 2007, ISBN 978-80-251-1697-5
- [2] HROMÁDKO, J. Spalovací motory: komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilních škol. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3475-0
- [3] HLAVŇA V., KUKUČA P., ISTENÍK R., LABUDA R., LIŠČÁK Š., Dopravný prostředek-jeho motor. 1. vyd. Žilina: Žilinská univerzita v Žilině, 2000. 442s. ISBN 80-7100-665-3.
- [4] RŮŽIČKA, Bronislav. Jak na chiptuning. Brno: Computer Press, 2008. ISBN 978-80-251-2096-5.
- [5] ADAMEC, Vladimír. Doprava, zdraví a životní prostředí. 1. vyd. Praha: Grada, 2008. ISBN 9788024721569.
- [6] Autolexikon.net.[online].[cit. 2018-03-10]. Emise výfukových plynů. Dostupné z: <http://www.autolexikon.net/cs/articles/emise-vyfukovych-plynu/>
- [7] Vetrani.tzb-info.cz.[online].[cit. 2018-03-11]. Pracujete ve zdravém prostředí. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/5827-pracujete-ve-zdravem-prostredi>
- [8] TRNKA, J. -- URBAN, J. Spalovacie motory. Bratislava: Alfa, 1992. 563 s. ISBN 80-05-01081-8.
- [9] NORMA ISO 1585
- [10] Wikipedia. Electronic Control Unit. [online]. [cit. 2018-03-09]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Electronic_Control_Unit
- [11] TAKÁTS, M. - ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE. Měření emisí spalovacích motorů. PRAHA: ČVUT, 1997. ISBN 80-01-01632-3
- [12] Prof. Ing. Stanislav Beroun, CSc – VOZIDLOVÉ MOTORY. [online]. [cit.2018-03-12]. Dostupné z: <http://www.kvm.tul.cz/getFile/id:1733>

Seznam obrázků

Obr. 1. – Indikovaná práce v p-V diagramu

Obr. 2. – p-V diagram s vynesáním efektivní práce

Obr. 3 Vnější otáčková charakteristika

Obr. 4. – Zatěžovací charakteristika

Obr. 5. Úplná charakteristika motoru

Obr. 6. Momenty působící vzhledem k hnacímu kolu a ke zkušebnímu válci

Obr. 7. složení výfukových plynů zážehových a vznětových motorů

Obr. 8. Schéma opaciometru

Obr. 9 Schéma NDIR

Obr. 10. Schéma NDUV

Obr. 11. Schéma přístroje pracující na principu chemické luminiscence

Obr. 12 Schéma přístroje pracující na principu změny elektrické vodivosti vodíkového plamene

Obr. 13 Schéma přístroje pracující na principu magnetických vlastností

Obr. 14 – Rozhraní programu FLASH

Obr.15 – Porovnání paměti EEPROM před a po úpravě

Obr. 16 – Typický průběh výkonu a momentu před a po úpravě

Obr. 17 – Uspořádání válcové zkušebny

Obr. 18 – Rozhraní programů Datalab a VCDS

Obr. 19 – Umístění vozidla na válcové zkušebně

Obr. 20 - EEPS 3090

Obr. – 21 Připojení EEPS

Obr. 22 – Princip jízdního cyklu NEDC

Obr. 23 – Rozhraní programu Datalab pro NEDC

Obr. 24 – Ztrátový moment před a po úpravě ECU

Obr. 25 – Vnější otáčková charakteristika před a po úpravě ECU

Obr. 26 – Výsledky měření jízdního cyklu NEDC před a po úpravě ECU

Seznam tabulek

Tab. 1. – Metody měření výkonových parametrů spalovacích motorů

Tab. 2 – Technické parametry vozidla

Tab. 3 – Hlavní parametry válcové zkušebny

Tab. 4 – Parametry vířivého dynamometru

Tab. 5 – Závislost rychlosti a pasivních ztrát před a po úpravě ECU

Tab.6 – Přehled maximálních hodnot před a po úpravě ECU

Tab. – 7 Souhrn naměřených hodnot v jízdním cyklu NEDC

Tab. – 8 Hodnoty udávané výrobcem

Seznam použitých zkratk

NDIR – Non-Dispersive InfraRed

NDUR – Non-Dispersive UltraViolet

ECU – Electronic Control Unit

PROM – Programmable Read Only Memory

EPROM – Electronic Programmable Read Only Memory

EEPROM – Electrically Erasable Programmable Read Only Memory

OBD – On Board Diagnostic

VDCS – Vag-Com Diagnostic System

HP – Horse Power

EEPS – Engine Exhaust Particulate sizer

NEDC – New European Driving Cycle

UDC – Urban Driving Cycle

EUDC – Extra Urban Driving Cycle