

UNIVERZITA PARDUBICE

DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2017

Jan Berg

**Univerzita Pardubice**

**Dopravní fakulta Jana Pernera**

Chiptuning a kontrola namáhání klikového ústrojí vozu Volkswagen CC

Jan Berg

**Bakalářská práce**

**2017**

Univerzita Pardubice  
Dopravní fakulta Jana Pernera  
Akademický rok: 2016/2017

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jan Berg**  
Osobní číslo: **D14189**  
Studijní program: **B3709 Dopravní technologie a spoje**  
Studijní obor: **Dopravní prostředky: Silniční vozidla**  
Název tématu: **Chiptuning a kontrola namáhání klikového ústrojí vozu Volkswagen CC**  
Zadávající katedra: **Katedra dopravních prostředků a diagnostiky**

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

Tato bakalářská práce nejprve obecně řeší realitu chiptuningu, jak z hlediska technického, technologického, tak legislativního v České republice. Dále je uvedeno několik orientačních výpočtů z oblasti klikového mechanismu, založených na skutečných naměřených hodnotách, demonstrujících zvýšení namáhání, sil a momentů v důsledku zvýšení výkonu a točivého momentu motoru.

Rozsah grafických prací: podle pokynů vedoucího práce

Rozsah pracovní zprávy: 30 - 40 stran textu a přílohy

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

1. ŽDÁNSKÝ, Bronislav a Zdeněk JAN. Výkladový automobilový slovník. 4., aktualiz. vyd. Brno: Computer Press, 2011. Auto-moto-profi (Computer Press). ISBN 978-80-251-3725-3.
2. RŮŽIČKA, Bronislav. Jak na chiptuning. Brno: Computer Press, 2008. ISBN 978-80-251-2096-5.
3. JILEK, Petr a Jan POKORNÝ. Úvod do spalovacích motorů. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2013, 202 s. ISBN 978-80-7395-743-8.
4. RAUSCHER, Jaroslav, Ing, CSc. Spalovací motory: Studijní opory. Brno. Učební text. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství.
5. JENČÍK, Josef, doc., Ing., CSc., doc, Ing. Jaromír VOLF, DrSc. a kolektiv. Technická měření. Praha, 2003. ČVUT.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Petr Jilek, DiS.

Katedra dopravních prostředků a diagnostiky

Datum zadání bakalářské práce: 15. února 2017

Termín odevzdání bakalářské práce: 2. června 2017



doc. Ing. Libor Švadlenka, Ph.D.  
děkan

L.S.



doc. Ing. Michael Lata, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 15. února 2017

Prohlašuji:

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

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

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

Tato bakalářská práce byla realizována s využitím technologií Výukového a výzkumného centra v dopravě.

V Pardubicích dne 25.5.2017

Jan Berg

I hereby declare:

This thesis was prepared separately. All the literary sources and the information I used in the thesis are listed in the bibliography.

I was familiar with the fact that rights and obligations arising from the Act No. 121/2000 Coll., Copyright Act, apply to my thesis, especially with the fact that the University of Pardubice has the right to enter into a license agreement for use of this thesis as a school work pursuant to § 60, Section 1 of the Copyright Act, and the fact that should this thesis be used by me or should a license be granted for the use to another entity, the University of Pardubice is authorized to claim from me a reasonable contribution to cover the costs incurred during the making of the thesis, according to the circumstances up to the actual amount thereof.

I agree with the reference-only disclosure of my thesis in the University Library.

This work has been accomplished by using technologies of the Educational and Research Centre in Transport.

In Pardubice on 25<sup>th</sup> May, 2017

Jan Berg

## **Poděkování**

Rád bych tímto poděkoval všem, kteří mi vypracování této práce umožnili. V první řadě panu Ing. Petru Jilkovi, vedoucímu práce, že byl vždy ochotný mi se vším poradit ať osobně, nebo přes email, a sám také dodal několik věcných připomínek, co bych mohl do své práce přidat. Dále děkuji svým rodičům za všestrannou podporu a za zapůjčení automobilu, na kterém jsem prováděl úpravy a měření. Děkuji také majiteli autoservisu a příteli Petru Mikešovi, který nám zapůjčil diagnostické vybavení, potřebné ke změření vybraných parametrů a který byl vždy ochotný konzultovat jakýkoli problém.

## **Název**

Chiptuning kontrola namáhání klikového ústrojí vozu Volkswagen CC.

## **Anotace**

Tato bakalářská práce nejprve obecně řeší realitu chiptuningu, jak z hlediska technického, technologického, tak legislativního v České republice. Dále je uvedeno několik orientačních výpočtů z oblasti klikového mechanismu, založených na skutečných naměřených hodnotách, demonstrujících zvýšení namáhání, sil a momentů v důsledku zvýšení výkonu a točivého momentu motoru.

## **Klíčová slova**

Chiptuning; ECU; motormanagement; snímače; diagnostické přístroje a systémy; legislativa chiptuningu; palivové mapy.

## **Title**

Volkswagen CC chiptuning and crank mechanism strain check.

## **Anotation**

This bachelor thesis generally deals with the chiptuning reality, from the technical, technological and legislative point of view. Furthermore provides several indicative calculations concerning crank mechanism based on real measured values, illustrating increase of strain, forces and moments as a consequence of increase of power and torque.

## **Keywords**

Chiptuning; ECU; motormanagement; sensors; diagnostic devices and systems; chiptuning legislation; fuel maps.



# OBSAH

ÚVOD .....	12
1. Komponenty pro chiptuning .....	13
1.1. ECU .....	13
1.1.1. Vstupy a výstupy .....	14
1.1.2. CPU a RAM .....	15
1.1.3. Paměti typu PROM .....	15
1.1.4. Připojení k ECU pomocí OBD rozhraní .....	15
1.2. Snímače .....	17
1.2.1. Snímače polohy .....	17
1.2.2. Snímače otáček .....	17
1.2.3. Objemové snímače .....	17
1.2.4. Snímače tlaku .....	18
1.2.5. Snímače teploty .....	18
1.2.6. Lambda sonda .....	18
1.2.7. Snímače klepání motoru .....	19
1.3. Akční členy .....	19
1.3.1. Vstřikovače paliva .....	19
1.3.2. Zapalovací soustava .....	21
1.3.3. Přepřňování turbodmychadlem .....	21
1.3.4. EGR (Exhaust Gas Recirculation) .....	23
1.4. Sledování parametrů motoru .....	23
1.4.1. Multimetr a osciloskop .....	24
1.4.2. Dataloggery .....	24
1.4.3. OBD diagnostika .....	24
2. Legislativa týkající se chiptuningu .....	26

2.1.	Právní základ pro chiptuning v České republice .....	26
	<b>Zákon č. 56/2001 Sb.</b> O podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích .....	27
	<b>Vyhláška č. 341/2014 Sb.</b> O schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu na pozemních komunikacích .....	28
	<b>Vyhláška č. 301/2000 Sb.</b> O schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích .....	28
	<b>Vyhláška č. 302/2001 Sb.</b> O technických prohlídkách a měření emisí vozidel .....	28
	<b>Vyhláška č. 343/2014 Sb.</b> O registraci vozidel .....	28
	Kontrola neoprávněných úprav motorů vozidel .....	29
3.	Možnosti provedení chiptuningu .....	30
3.1.	Výměna chipu (EPROM) a jeho programování .....	30
3.2.	Přídavné jednotky .....	31
3.3.	NOS (Nitro Oxid System) .....	31
3.4.	Výměna ECU .....	32
3.5.	„Flash – tuning“ .....	32
4.	Úprava a práce s daty .....	34
4.1.	Specializovaný software .....	34
4.2.	Checksum kontrola .....	34
4.3.	Data .....	35
4.4.	Palivové mapy .....	36
4.4.1.	Korekce .....	37
4.5.	Mapy regulace plnicího tlaku .....	38
5.	Provedení chiptuningu na voze Volkswagen CC 2.0 TDi .....	40
6.	Změny sil a tlaku v motoru .....	41
6.1.	Výpočet průměrného tlaku ve válci .....	41
6.2.	Vyhodnocení .....	46
6.3.	Úprava délky vstříku paliva .....	47

7.	Závěr.....	49
8.	Zdroje.....	50
9.	Přílohy .....	53

## Seznam obrázků

Obrázek 1 – Electronic Control Unit (ECU) [36].....	13
Obrázek 2 - Schéma ECU [2].....	14
Obrázek 3 - Snímač množství nasávaného vzduchu [autor].....	18
Obrázek 4 - Umístění snímače klepání motoru [2].....	19
Obrázek 5- Pulzní časy [2] .....	20
Obrázek 6 - Schéma regulace plnicího tlaku [2] .....	22
Obrázek 7 - Řez wastegate ventilem [37].....	23
Obrázek 8 - OBD II konektor typu A [autor] .....	25
Obrázek 9- Korekce množství vstřikovaného paliva při akceleraci/deceleraci [2] .....	37
Obrázek 10 - Schéma přenosu sil v motoru [autor].....	43
Obrázek 11 - Silový obrazec [autor].....	44
Obrázek 12 - Znázornění úhlů alfa a beta [autor].....	45
Obrázek 13- Skutečný průběh tlaku ve válci v závislosti na úhlu natočení klikové hřídele [8] .....	46
Obrázek 14- Množství vstřikovaného paliva na otáčkách motoru [autor] .....	47
Obrázek 15 - SuperVAG diagnostika [autor] .....	48

# ÚVOD

Cílem práce je vysvětlení chiptuningu a jeho podílu na výkonových parametrech daného automobilu. Dále je cílem zpracování aktuální legislativy týkající se chiptuningu v České republice, možností provedení chiptuningu, až po vlastní provedení úprav na konkrétním voze. Jedním z dalších cílů práce je analýza vlivu výkonnostních úprav na namáhání vybraných částí motoru.

Ve své práci se budu zabývat úpravou motorového vozidla, která se nazývá chiptuning. Jde převážně o úpravy v řídicí jednotce motoru, dále jen ECU (Electronic Control Unit), ale v jistých případech tyto úpravy vedou také k výměně některých akčních členů či mechanických částí motoru.

Pro vůz, na kterém jsem chiptuning prováděl, uvádím výpočty, díky kterým lze analyzovat vliv výkonnostních úprav na namáhání vybraných částí motoru. Chiptuning je totiž relativně snadný a levný způsob, jak zvýšit výkon a točivý moment motoru vozidla, ale je třeba přitom vzít v úvahu také životnost motoru (pokud se samozřejmě neuvažuje vozidlo určené pro sportovní účely). Výrobci pochopitelně všechny části motoru musí značně předimenzovat, aby zajistili určitou životnost motoru v širokém spektru využití vozidla. Tím mám na mysli, že motor by měl spolehlivě vydržet uživateli, který jezdí klidně stejně jako agresivnějším řidiči. Tím se otvírá prostor pro zvýšení výkonu motoru, protože je jistota, že motor vydrží větší namáhání. O kolik větší je těžké definovat, proto ve své práci uvádím analytické výpočty pro vybrané namáhané díly motoru, které by mohly podhalit, jak moc určitá výkonnostní úprava ovlivní namáhání těchto dílů. Prostor pro úpravy není jenom v předimenzování motoru, ale také v nastavení ECU, které musí být takové, aby motor běžel co nejefektivněji, a zároveň tato nastavení musí respektovat stále se zpříšňující emisní limity.

Cílem práce je:

- shrnout základní legislativu z oblasti chiptuningu platnou na území ČR,
- uvést jednotlivé způsoby realizace chiptuningu,
- realizovat vybrané výpočty namáhání klikového mechanismu u reálného vozidla po chiptuningu při zvýšení výkonu.

# 1. KOMPONENTY PRO CHIPTUNING

Vlastní softwarová úprava se provádí v řídicí jednotce vozidla ECU, bez které by se automobil stal jenom nefunkční hromadou součástí (pokud se neberou v úvahu veteráni, kteří ještě řídicí jednotku neměli). Další důležitou zkratkou používanou v této práci je EMS (Electronic Management System), která v sobě zahrnuje ECU, snímače i akční členy. V následujících kapitolách bude uvedeno, jak se k takové řídicí jednotce dá vůbec připojit, popř. jak se dá vyměnit za jinou, upravenou řídicí jednotku. Ta dále využívá data z celé škály snímačů, tato vyhodnotí a pak upravuje parametry akčních členů, aby došlo k požadovanému nárůstu výkonu a točivého momentu motoru.

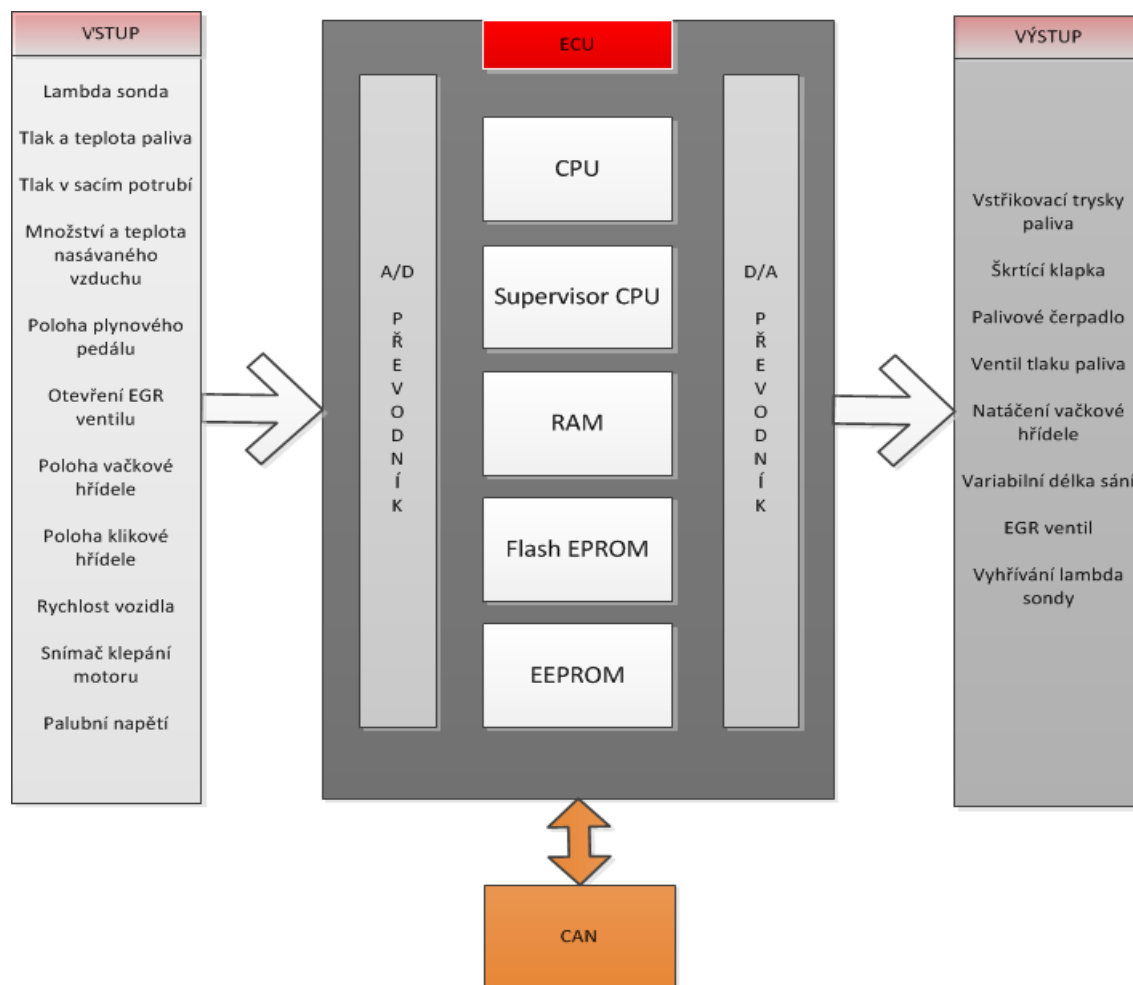
## 1.1. ECU

Zkratka ECU (Electronic Control Unit) je výraz pro řídicí jednotku motoru. Je to vlastně počítač, který přijímá vstupní data, vyhodnotí je a poté vyvolá výstupním signálem nějakou akci na akčním členu. Umístění ECU se u různých výrobců liší, ale mělo by umožňovat snadný přístup a zároveň ochranu před vnějšími vlivy. Příklad, jak vypadá taková řídicí jednotka, je na obrázku č. 1.



Obrázek 1 – Electronic Control Unit (ECU) [36]

Na následujícím obrázku (Obrázek č. 2) je zobrazeno schéma uspořádání ECU. Charakteristika jednotlivých částí je uvedena níže.



Obrázek 2 - Schéma ECU [2]

### 1.1.1. Vstupy a výstupy

ECU je připojena ke CAN – BUS sběrnici, prostřednictvím které sdílí informace s dalšími důležitými elektronickými systémy, popř. s dalšími řídicími jednotkami ve vozidle.

CAN – BUS (Controller Area Network) je normalizovaná datová sběrnice s maximální přenosovou rychlostí 1 Mbit/s využívaná ve většině současných vozidel [32]. Dále jsou k ní připojeny senzory a akční členy, které komunikují buď analogovým, nebo digitálním signálem. Protože ECU umí pracovat pouze s digitálním signálem, vyskytují se mezi periferií pracující s analogovým signálem a ECU A/D převodníky, které převádí analogový signál na digitální v případě vstupu anebo digitální výstup z ECU na analogový signál v případě výstupu.

### 1.1.2. CPU a RAM

CPU (Control Processor Unit) je základním prvkem řídicího systému, je to „mozek“ celého systému. Procesor zajišťuje veškeré logické operace a výpočty s daty.

RAM (Random Access Memory) je polovodičová paměť, která slouží pouze k operativnímu krátkodobému uchování dat, která se po odpojení napájení nenávratně smažou.

### 1.1.3. Paměti typu PROM

Tento druh paměti, na rozdíl od RAM paměti, dokáže data uchovat i po odpojení napájení, a proto se využívá pro uchování charakteristik motoru, referenčních hodnot a obecně všech dat, která dal výrobce konkrétnímu vozu do vínku.

Další, pokročilejší variantou tohoto druhu paměti je EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory), která umožňuje mimo dlouhodobého uchování dat také jejich zápis, který je klíčový pro provedení úprav referenčních hodnot a tím provedení chiptuningu. U EPROM paměti musí před zápisem nových hodnot dojít ke smazání původních dat, což se provádí pomocí UV záření. Novější druh paměti je potom EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory), který umožňuje přepis uložených dat elektrickou cestou. Nutno podotknout, že všechny tyto paměti je možné upravovat externě, tj. po vyjmutí z ECU.

Pro chiptuning nejvhodnějším typem paměti je Flash EPROM. Díky této technologii lze přistupovat k jednotlivým blokům paměti samostatně, takže není třeba vždy před zápisem mazat všechna uložená data. Hlavní výhodou je, že tato paměť nemusí být z vozu vyjmuta, ale dá se programovat přes počítač pomocí OBD portu.

### 1.1.4. Připojení k ECU pomocí OBD rozhraní

K vlastní EPROM paměti, která se nachází uvnitř řídicí jednotky, je možné se připojit několika způsoby. Jednou z možností, v minulosti hojně využívanou, je fyzické vyjmutí chipu a jeho následné programování v externím zařízení. Dnes se ovšem nejvíce používá způsob, který je mnohem rychlejší, komfortnější a bezpečnější z hlediska možného poškození chipu při manipulaci s ním. Je jím připojení počítače pomocí rozhraní OBD (On Board Diagnostics) k řídicí jednotce. Uživatel se může setkat s označením OBD, OBD II a EOBD [2]. OBD je starší verze dnes používané OBD II a EOBD (EOBD je evropská alternativa OBD II). Ty byly zavedeny u amerických automobilů povinně od roku 1996, u evropských benzínových automobilů nejpozději od konce roku 2000, u naftových povinně až od roku 2003. K navázání



spojení mezi počítačem a řídicí jednotkou je nutné, aby počítač dokázal pracovat se standardem, na kterém bude komunikace uskutečněna. Běžné počítače nebývají vybaveny rozhraním pro přímou komunikaci s diagnostickým portem, proto je třeba použít převodník, do nějž se připojí kabel z řídicí jednotky a USB kabel z počítače. Převodníky existují jednoúčelové pro menší skupinu vozidel nebo univerzální, které podporují komunikaci se širším spektrem značek automobilů.

V důsledku rozdílnosti evropských (ISO) a amerických (SAE) norem existuje i řada standardů, se kterými se lze u OBD rozhraní setkat. Mezi základní patří následující výčet:

- ISO 9141 – komunikace přes rozhraní K-line [23]
- ISO 11898 – přenos dat přes sběrnici CAN (Controller Area Network) [32]
- ISO 14230 – komunikační protokol KWP2000 (Key Word Protocol) [35]
- ISO 15031 – definuje práci s daty souvisejícími s emisemi [33]
- ISO 15765 – komunikace se standardem CAN [32]
- SAE J1930 – diagnostická terminologie
- SAE J1962 – definuje fyzický konektor pro rozhraní OBD II, ekvivalent ISO 15031 [19]
- SAE J1850 – datový komunikační protokol využívaný zejména americkými výrobci automobilů (Chrysler, Ford, General Motors), ekvivalent ISO 9141
- SAE J1978 – definuje minimální schopnosti diagnostických zařízení, ekvivalent ISO 15031 [18]
- SAE J1979 – definuje standardy pro diagnostické módy, ekv. ISO 15031 [17]
- SAE J2012 – standardizované chybové kódy, ekv. ISO 15031 [20]
- SAE J2178 – formát zpráv uvnitř sítě, definice parametrů dat [21]
- SAE J2284 – komunikace se sběrnici CAN [22]

## 1.2. Snímače

Aby mohla řídicí jednotka pracovat a řídit činnost akčních členů, musí přijímat vstupní hodnoty, které zajišťují snímače. V souladu s technickým vývojem se do vozidel zabudovává stále více senzorů a snímačů, díky nimž má řídicí jednotka dostatek informací pro co nejlepší vyhodnocení aktuálního jízdního režimu vozidla. Nevýhodou stále rostoucího množství snímačů je vyšší pravděpodobnost poruchy některého z nich, s čímž si ECU nemusí vždy dobře poradit. Pro chiptuning je rostoucí počet snímačů ovšem výhodou, protože se tím získává stále více vstupních dat, se kterými je možné pracovat. Snímače se dají rozdělit do několika skupin, dále uvádím ty podstatné pro chiptuning.

### 1.2.1. Snímače polohy

Snímače sledující relativní polohu dvou částí mechanismu. Mohou být například snímače polohy plynového pedálu (u elektronicky řízeného plynu), škrtecí klapky a další. V převážné většině se využívají potenciometrické snímače (posuvné i otočné), které reagují na posuv jezdce změnou svého elektrického odporu. Tento druh snímačů je volen pro svou jednoduchost a nízkou cenu a relativně vysokou spolehlivost.

### 1.2.2. Snímače otáček

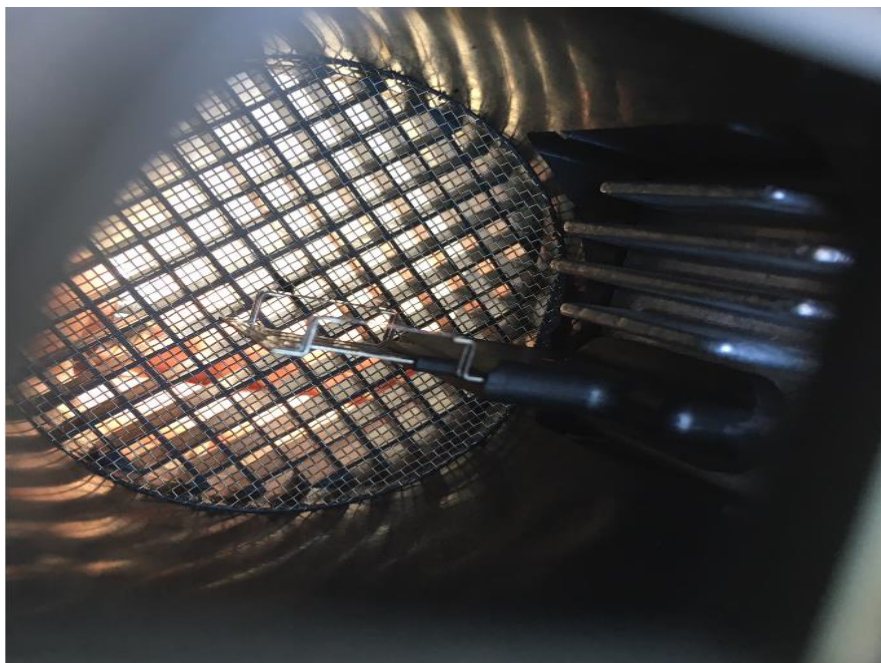
Jedná se o induktivní, indukční nebo snímače využívající Hallova jevu. U induktivních snímačů se střídavě mění výstup RLC obvodu vždy, když kolem senzoru projde zub kovového ozubeného kola, které je umístěno na hřídeli, jejíž otáčky jsou měřeny. Snímače využívající Hallova jevu fungují obdobně, jenom se sleduje střídavá změna magnetické indukce a získaný signál se ve vlastním snímači ještě zpracovává pomocí klopného obvodu. Tím je výstupem dvoustavový signál, z jehož frekvence lze spočítat rychlost otáčení rotujícího dílu. Indukční snímače pracují na principu elektromagnetické indukce, kde se využívá vzniku indukovaného napětí. Jejich nevýhodou je ale závislost výstupu na otáčkách, takže při velmi nízkých otáčkách nejsou schopny podávat spolehlivé informace.

Praktické provedení je nejčastěji takové, že snímací kotouč (setrvačnický, impulsní kroužek na náboji kola) je opatřen zuby na svém obvodu, proti nimž je umístěn bezkontaktní snímač. Tyto snímače se používají např. jako snímače rychlosti otáčení klikové hřídele, vačkové hřídele, otáček kola (u protiblokovacích a stabilizačních systémů) atd.

### 1.2.3. Objemové snímače

Mezi typické představitele tohoto druhu snímačů se řadí snímač množství nasávaného vzduchu MAF (Mass Air Flow). Nejčastější provedení je s vyhřívaným elementem, který je

udržován na konstantní teplotě cca. 200 °C (dle typu snímače). Při průchodu vzduchu je vyhříván element ochlazován proudícím vzduchem, a proto se musí přivést vyšší hodnota proudu, aby se udržel na stanovené konstantní teplotě. Příklad takového snímače je na obrázku č. 3.



*Obrázek 3 - Snímač množství nasávaného vzduchu [autor]*

#### 1.2.4. Snímače tlaku

Snímače tlaku se používají pro měření tlaku v sacím potrubí (určení aktuální zátěže motoru, plnicího tlaku turbodmychadla), v palivové, mazací, chladicí soustavě. Nejčastěji se jedná o membránové tlakoměry. Snímače barometrického tlaku pomáhají při korekci množství paliva se změnou nadmořské výšky.

#### 1.2.5. Snímače teploty

Obvykle se používají odporové snímače teploty, které využívají k měření teplotní závislosti elektrického odporu materiálu. Používají se například při měření teploty nasávaného vzduchu (na teplotě vzduchu závisí jeho hustota a tím i množství potřebného paliva) nebo výfukových plynů (opět informace o složení směsi).[5]

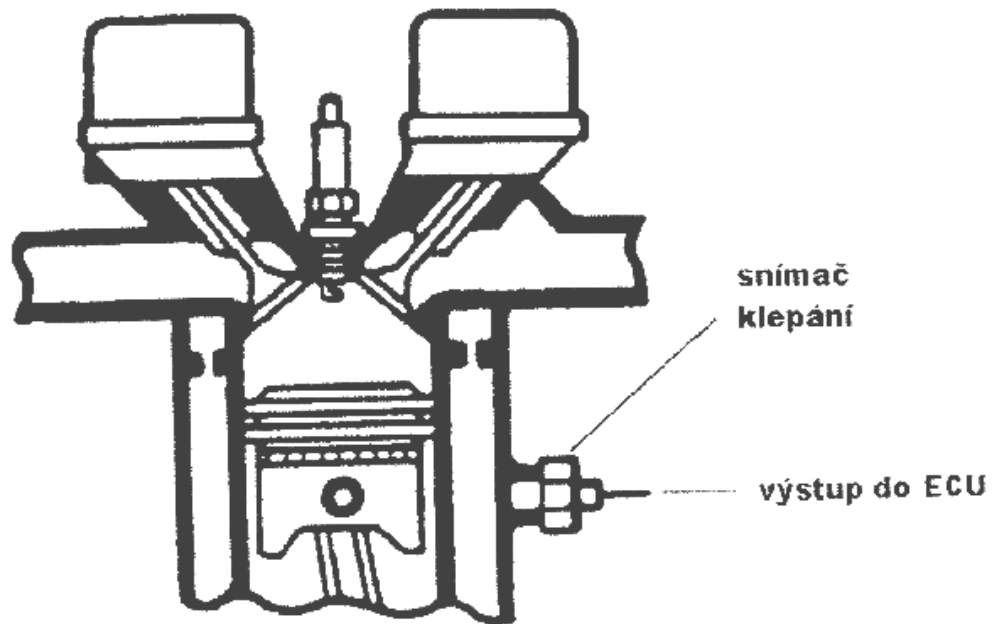
#### 1.2.6. Lambda sonda

Lambda sonda je kyslíková sonda měřící množství kyslíku ve výfukových plynech. Používají se dvě varianty, buď elektrická, která mění své napětí nebo odporová měnící svůj odpor. Oba druhy fungují správně až po dosažení provozní teploty, proto bývají vybaveny

výhřevným odporem. Údaj o složení výfukových plynů zpracuje ECU a zvolí optimální složení palivové směsi. [10]

### 1.2.7. Snímače klepání motoru

Tyto snímače jsou umístěny na bloku nebo v hlavě motoru. Obsahují piezoelektrický krystal, který reaguje na rezonance vznikající detonacemi, a tak lze odhalit vznik detonačního spalování. Díky těmto informacím lze potom upravit předstih zapalování (vstříku).



Obrázek 4 - Umístění snímače klepání motoru [2]

## 1.3. Akční členy

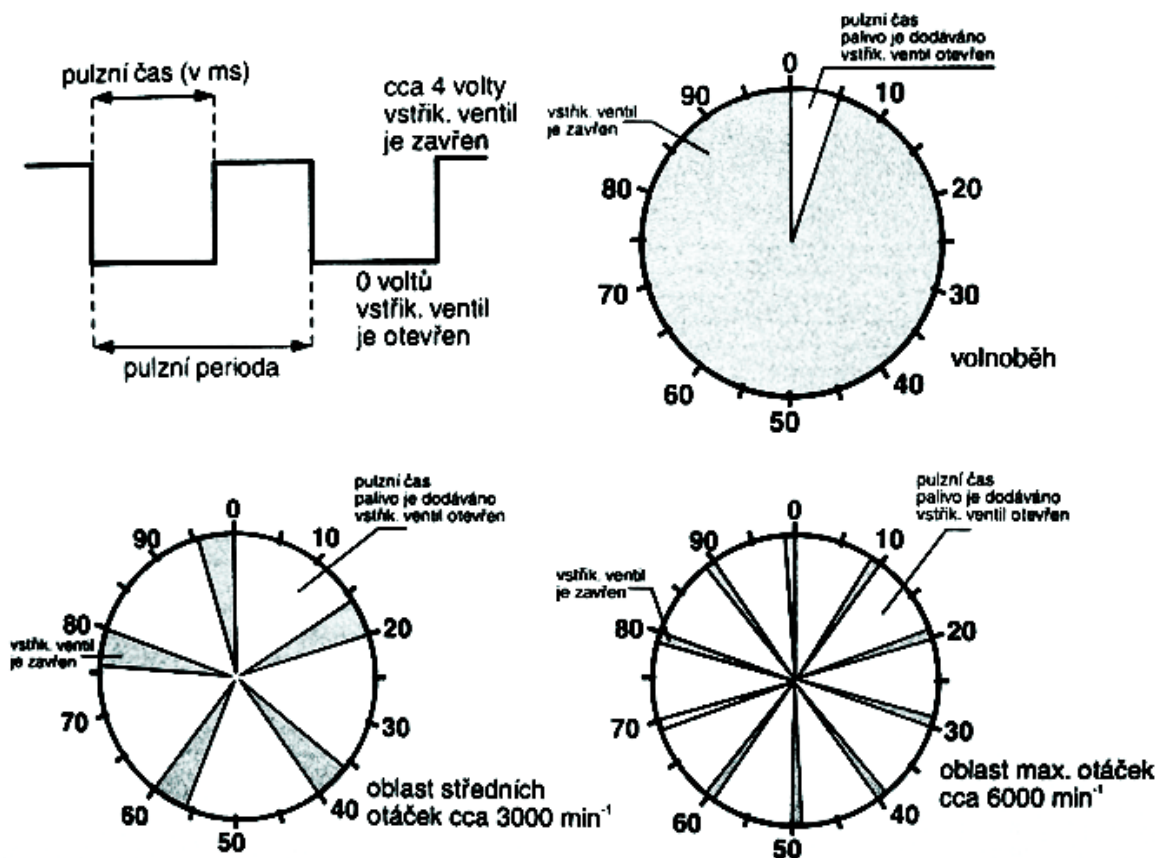
Obecně se jedná o takové součástky, které zajišťují a optimalizují chod motoru. Řídící jednotka dostává data ze snímačů, ty zpracuje a vyšle instrukce k akčním členům. Zde uvádím ty nejdůležitější pro oblast chiptuningu.

### 1.3.1. Vstřikovače paliva

Ke vstřikování paliva dochází jak u benzinových motorů (pomocí vstřikovacích ventilů), tak u naftových (pomocí vstřikovačů) a jejich nastavení záleží na stanovení priorit, které určují, jakými vlastnostmi se bude agregát vykazovat. Nastavení vstřikování paliva bude jiné u sportovních verzí vozidel než u vozidel, kde se výrobce zaměřuje spíše na ekonomický provoz s co nejnižší spotřebou. Existuje několik způsobů vstřikování paliva, přičemž u vznětových motorů se využívá pouze systému sekvenčního vstřikování. Dávka paliva je

v daném okamžiku vstřikována vždy jen u jednoho konkrétního válce, kde má dojít k expanzi. To je výhodné zejména proto, že nedojde k výraznému úbytku tlaku v palivové soustavě, obzvláště u soustav s velkým průtokem vstřikovačů. Při chiptuningu se věnuje velká pozornost vstřikovacím tryskám, které musí mít dostatečný průtok, aby jimi prošel potřebný objem paliva za určený čas vstřiku. Proto se často vyměňují za jiné se zvýšeným průtokem. Každý vstřikovač má vlastní charakteristiku rychlosti otevření trysky, která mimo jiné závisí i na aktuálním palubním napětí.

Pro určení dávky paliva se využívá údaj pulzní čas (pulse width), určující dobu otevření trysky. K němu se připočítává přibližně 1 ms, do níž je započítán přechodový děj otevírání a zavírání trysky. Dalším důležitým údajem dávkování paliva je pulzní perioda (pulse period) značící dobu mezi jednotlivými vstřiky a je nepřímo úměrná otáčkám motoru. Hodnota cyklu vstřiku (duty cycle) je potom poměrem pulzního času k pulzní periodě a neměla by přesáhnout ani při maximálním zatížení 80%. [2]



Obrázek 5- Pulzní časy [2]

Když se zvýší průtok vstřikovacích trysek, musí se také zkontrolovat, jestli palivové čerpadlo dodává dostatečný tlak do palivové soustavy, nebo jestli je potřeba čerpadlo

výkonnější. Na závěr je dobré zkontrolovat regulační ventil, který upouští tlak v palivové soustavě zejména při nižším zatížení motoru. U některých soustav se regulace tlaku paliva neprovádí ventilem, ale změnou napájecího napětí u palivového čerpadla.

Pro kontrolu palivového čerpadla se dá využít následující empirický vztah:

$$\text{výkon palivového čerpadla} \left[ \frac{kg}{hod} \right] = \text{výkon motoru} [kW] \cdot BSFC \left[ \frac{kg}{kW \text{ hod}} \right]$$

kde BSFC (Brake Specific Fuel Consumption) je měrná spotřeba paliva charakterizující efektivitu spalovacího motoru. [2]

### 1.3.2. Zapalovací soustava

Stejně jako doba a okamžik vstříku jsou důležitými proměnnými u vznětových motorů, tak i okamžik zapálení směsi u zážehových motorů je podstatný při řízení motoru. Pokud je po motoru požadován výkon, je nutné počítat také s tím, že v něm budou vznikat vyšší tlaky a teploty, což může negativně ovlivnit činnost zapalovacích svíček. Z tohoto důvodu bývá dobrým zvykem překontrolovat stávající svíčky, případně je vyměnit za výkonnější verzi. Velmi důležitým parametrem je také doba předstihu zažehnutí směsi.

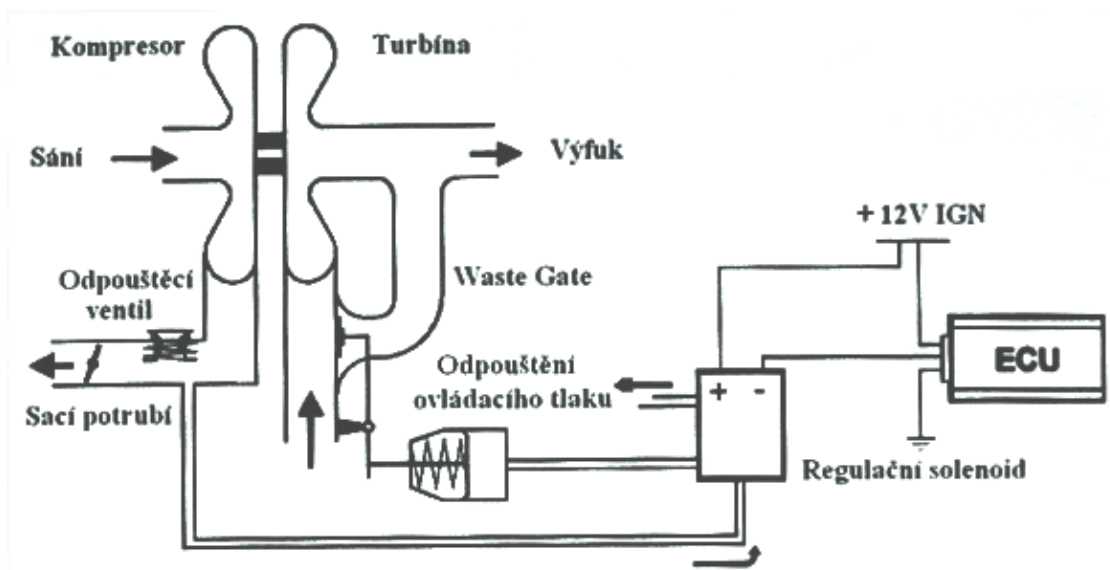
Jelikož se v této práci zabývám úpravou VW CC 2.0 TDi se vznětovým motorem, nebudu se problematikou zapalování více zabývat.

### 1.3.3. Přepřehování turbodmychadlem

U běžných motorů opatřených turbodmychadlem bývá plnicí tlak omezen z důvodu životnosti motoru a ekonomičnosti provozu, což dává jistý prostor pro úpravy související samozřejmě s navýšením plnicího tlaku. Je ovšem otázkou, jak moc je možné dovolit si plnicí tlak zvýšit, aby se radikálně nesnížila životnost motoru. Je zde také omezení parametry turbodmychadla. U sportovních vozů, kde se životnost motoru příliš nezohledňuje, limituje plnicí tlak pouze velikost turbodmychadla, pevnost a konstrukce motoru a u zážehových motorů odolnost vůči detonačnímu spalování.

Pro regulaci plnicího tlaku se ve většině současných případů používá tzv. wastegate ventil. Jedná se o třicestný ventil spojený se sáním motoru. Ten zajistí při poklesu otáček motoru, kdy není potřeba vysoký plnicí tlak, že dojde k odpouštění části výfukových plynů obtokovým kanálem (wastegate) a tím dojde ke snížení otáček turbodmychadla. Dříve u starších motorů s turbodmychadlem se regulace ventilu prováděla pomocí pružiny, dnes lze regulaci měnit přímo v ECU. Ta ovládá elektromagnetický ventil pomocí signálu s pulzně

modulovanou šířkou (PWM) o dané frekvenci. Šířka jednoho pulzu odpovídá době otevření ventilu, je definována hodnotou pracovního cyklu (duty cycle) v procentech a závisí na otáčkách a zatížení motoru [27]. Plnicí tlak lze také regulovat pomocí tzv. boost controllerů. Boost Controller je zařízení, díky kterému lze skokově zvednout hodnotu plnicího tlaku dle zatížení motoru, a bývá vybaveno displejem, na kterém řidič v kabině vidí, jestli dochází ke zvýšení plnicího tlaku nebo k provozu na standardní režim. Wastegate ventil bývá zakomponován přímo do tělesa turbodmychadla nebo v některých případech umístěn zvlášť. Jelikož ho lze ale ve většině případů řídit pomocí ECU, nemusí se jeho umístění věnovat zvláštní pozornost.



Obrázek 6 - Schéma regulace plnicího tlaku [2]

U novějších motorů opatřených turbodmychadlem je také možné se setkat s technologií VGT (Variable Geometry of Turbocharger). Jde o možnost natáčení lopatek turbodmychadla, a tím plynulou regulaci jeho otáček a tím i plnicího tlaku. Natáčení lopatek se provádí pomocí servopohonu. Při použití této technologie odpadá nutnost použití wastegate ventilu, ale ovládání plnicího tlaku se dá regulovat opět přes ECU.





Obrázek 7 - Řez wastegate ventilem [37]

#### 1.3.4. EGR (Exhaust Gas Recirculation)

EGR je zkratka pro ventil, jenž umožňuje přepustit část výfukových plynů zpět do sání motoru. Byl zaveden do automobilů zejména z emisních důvodů, dnes ho obsahují téměř všechny nové vozy. Spaliny ve spalovacím prostoru způsobí snížení teploty spalování, což vede k nižším emisím oxidů dusíku. Samozřejmě prostor, který zabírají spaliny ve spalovacím prostoru, by mohl být zaplněn palivovou směsí, což by bylo z hlediska výkonu lepší. Je pak na každém úpravci, jestli dá přednost regulaci činnosti EGR nebo jeho úplnému vyřazení na úkor zvýšení emisí.

### 1.4. Sledování parametrů motoru

Existuje spousta zařízení, pomocí nichž je možné měřit, sledovat a popřípadě zaznamenávat průběh fyzikálních veličin. Díky analýze naměřených veličin na určitém prvku vozidla (v podobě například tabulky nebo grafu) si lze ověřit, jestli daný člen funguje, jak má, popřípadě i odhalit, kdy člen nepracuje správně, což je klíčové pro to, aby bylo možné daný člen při chiptuningu používat. V následujících podkapitolách uvádím stručný přehled přístrojů, které jsem použil při úpravě motoru.



#### 1.4.1. Multimetr a osciloskop

Multimetry jsou kombinovaná zařízení, díky nimž je možné měřit elektrický odpor, proud a napětí. Jejich použití je zřejmé – pomocí nich si lze ověřit velikost napájecího napětí pro daný člen, velikost proudu, který jím během činnosti prochází nebo změřit odpor elektrického obvodu.

Pro monitorování průběhu elektrického signálu v reálném čase je možné využít osciloskopu, který na displeji, nebo přímo v počítači vykreslí (a zaznamená) časový průběh signálu. Tuto funkci má většina diagnostik již zabudovanou, takže zvláštní osciloskop většinou není potřeba.

#### 1.4.2. Datalogery

Tato skupina analytických zařízení se využívá při větších úpravách ECU motoru, zejména v automobilovém sportu. Nabízí záznam celé řady veličin, které pak lze na počítači analyzovat pomocí softwaru, který výrobce dataloggerů většinou poskytuje. Na rozdíl od klasické diagnostiky uživatelé neupozorňuje na chyby v systému, ale kontinuálně zaznamenává časový průběh požadovaných veličin. Datalogery bývají také součástí neoriginálních ECU, které jsou vyvíjené právě pro možnost rozsáhlejších úprav. Většinou si při chiptuningu ale úpravci vystačí s OBD diagnostikou, která nabízí podobné funkce jako datalogery. [25]

#### 1.4.3. OBD diagnostika

Diagnostika ECU neslouží přímo k úpravám parametrů motoru, ale přesto je to velmi užitečný nástroj, který se při chiptuningu využívá. Pomocí OBD diagnostiky lze snadno zjistit funkčnost všech systémů, kterých se chiptuning týká, což je vhodné provést před začátkem úprav (z důvodu eliminace vlivu možných závad na proces úprav ECU), během úprav (kontrola funkce) a po úpravách (některé úpravy mohou mít za důsledek chybná hlášení ECU). Diagnostiky umí standardně vypsát historii chybových hlášení, dnes jsou ovšem většinou v nabídce sofistikovaná zařízení, která umí například zobrazit časový průběh elektrického signálu (nahradí samostatný osciloskop) a tento průběh uložit pro pozdější analýzu (nahradí datalogger). [30,31]



*Obrázek 8 - OBD II konektor typu A [autor]*

## **2. LEGISLATIVA TÝKAJÍCÍ SE CHIPTUNINGU**

Chiptuning je forma tuningu, která se dostala do popředí díky technickému vývoji v elektronice řídící stále více operací v automobilech. Právo na něj uplatňuje požadavky shodné s požadavky na nové automobily a díly. Ať už je to fyzický zásah do ECU, její výměna či „jen“ přepsání a úprava dat paměti PROM, je třeba si uvědomit, že zvýšení výkonu motoru je významným zásahem do konstrukce vozidla a výrazně mění i jeho jízdní vlastnosti. Po dokončení chiptuningu by mělo dojít k ověření a posouzení úprav odborníky, minimálně přeměření emisí, v lepších úpravách i ke zkoušce na dynamometru. Nekvalifikovaný zásah do elektroniky automobilu by totiž nemusel přinést již zmíněné výhody většího výkonu, popřípadě nižší spotřeby, ale mohl by způsobit rapidní snížení životnosti motoru a nárůst složení emisí, jejichž kontrola podléhá dalším právním předpisům. Dalším negativním faktorem je ztráta záruky po provedení neschválených změn na vozidle.

### **2.1. Právní základ pro chiptuning v České republice**

Nabídka různých úprav na zvýšení výkonu motoru vozidla je v České republice rozsáhlá, ale ne každý úpravce má tuto úpravu schválenou MD ČR, a to z několika důvodů. Schválení technické způsobilosti vozidla je podmíněno souborem náročných a nákladných zkoušek, dále případným vyjádřením výrobce nebo zástupce zahraničního výrobce vozidla a povinností úpravce převzít záruku na provedené úpravy (dotčené díly a systémy vozidla). Už jen posouzení, kterých všech dílů na voze se zvýšení výkonu dotýká, je velice problematické. Technické zázemí a možnosti firem zabývajících se těmito úpravami jsou na různé úrovni, a protože se do výsledné ceny úpravy promítne nejen kvalita jednotlivých komponentů a provedených prací, ale i náročnost zkoušek, nejedná se o levnou záležitost. Největší předpoklady pro splnění výše uvedených podmínek mají tovární úpravci aut, kteří přímo spolupracují s výrobcem vozidla. Mají dobré technické zázemí a dávají plnou záruku na provedené úpravy a dotčené díly (systémy vozidla). Jako příklad lze uvést AMG upravující vozy Mercedes – Benz. Pokud dojde k zásahu do již homologovaných dílů jako například do originální ECU, je nutné získat rozhodnutí o schválení technické způsobilosti po provedené změně a ve většině případů bude probíhat v rámci přestavby silničního vozidla. Zkušebna pověřená MD ČR proto posuzuje na vozidle s upraveným motorem plnění platných předpisů pro konkrétní typ motoru a vozidla. Porovnáváno je zvýšení výkonu motoru oproti sériovému provedení vozidla, dále změna protitlaku ve výfukové soustavě, změna vnějšího hluku vozidla, změna koncentrací jednotlivých škodlivin ve výfukových plynech, v případě elektronické úpravy výkonu motoru zásahem do řídící jednotky motoru i možnost změny

elektromagnetické kompatibility, popř. dostatečná účinnost brzdové soustavy. Samozřejmě po navýšení výkonu dochází i ke zvýšenému namáhání dalších konstrukčních částí vozidla, které slouží k přenosu výkonu motoru na kola vozidla (spojka, převodovka, podvozek) a tím ke snížení životnosti těchto dílů. Z tohoto důvodu může zkušebna při schvalování technické způsobilosti úpravy výkonu motoru požadovat od úpravce předložení vyjádření výrobce vozidla nebo jeho výhradního zástupce nejen k provedeným úpravám, ale i k platnosti záruk na vozidlo a jeho konstrukční části a systémy. Není vyloučeno, že výrobce vozidla nebo zkušebna na základě zjištěných skutečností podmíní své doporučení dalšími úpravami a omezeními (např. úpravy podvozkových skupin, brzdového nebo výfukového systému atp.).

Český právní základ se plně odkazuje na mezinárodní prameny, jimiž jsou předpisy EHK/OSN, směrnice, nařízení a rozhodnutí EHS/ES. Vnitrostátní úprava stojí na dvou pilířích v podobě Zákona č. 56/2001 Sb. o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích a vyhlášky Ministerstva dopravy č. 341/2014 Sb. o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích [9]. Tyto zákony se týkají především zájmu ochrany zdraví (vlastního i ostatních účastníků), majetku a životního prostředí. Proto není možno provozovat na pozemních komunikacích jakékoliv motorové vozidlo s jakýmkoliv díly. V národních právních pramenech lze nalézt regulaci jen omezeného možných zásahů do motorového vozidla, jsou to zpravidla nejdůležitější a nejfrekventovanější zásahy (př. osvětlení vozidla), ostatní zásahy lze kvalifikovat kategorií dílů montovaných na vozidlo. Pokud je potřeba přesných technických údajů, je nutné je hledat v předpisech EHK/OSN a EHS/ES, kterými se musí řídit i všichni výrobci automobilů, kteří ve státech Evropské unie vozidla vyrábějí nebo je do ní dováží či provozují. Právní úprava nabízí i systém kontroly a případného sankcionování jako následku případného porušení právních norem, které je hodnoceno jako přestupek. Řidič denně čelí možnosti namátkové kontroly prováděné v rámci dohledu ve věcech bezpečnosti a plynulosti provozu na pozemních komunikacích. Namátková kontrola ovšem nemá reálnou možnost odhalit neschválené úpravy v ECU. Systém kontroly je doplněn periodickou kontrolou na STK, kde je posuzován technický stav vozidla a produkce emisí. To je jediný reálný způsob, jak neschválenou úpravu na vozidle odhalit, a to ve formě zvýšených hodnot emisí nebo odhalením přídavné jednotky, jako například tzv. „powerboxu“.

### **Zákon č. 56/2001 Sb. O podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích**

Tento zákon definuje, že se smí provozovat pouze vozidla technicky způsobilá k provozu na pozemních komunikacích. Udává, že technický stav vozidla na území České republiky má

pravomoc kontrolovat Policie ČR. Ve čtvrté části tohoto zákona, hlava I., § 37 se píše: „*Silniční vozidlo je technicky nezpůsobilé k provozu na pozemních komunikacích, pokud byly na vozidle provedeny neschválené změny anebo zásahy do identifikátorů vozidla.*“ [11] Jasně tedy říká, že pokud si úpravce nenechá schválit úpravu ECU a vše, co je s ní spojené, nesmí takové vozidlo nadále provozovat na pozemních komunikacích.

**Vyhláška č. 341/2014 Sb.** O schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu na pozemních komunikacích

V příloze č. 12 této vyhlášky je ve 12. bodě psáno, že výbavou, která musí mít schválenou technickou způsobilost, jsou přídatná zařízení motorů vozidel – zařízení pro úpravu parametrů motoru [12], což se evidentně ECU, popř. powerboxu týká.

**Vyhláška č. 301/2000 Sb.** O schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích

V druhé části vyhlášky **301/2001 Sb.** v § 4 se lze dočíst, že technická způsobilost systému vozidla nebo samostatného technického celku se prokazuje osvědčením o homologaci této části, která se řídí směrnicemi ES. Žádost o schválení toho systému (technického celku) se předkládá ministerstvu přímo nebo prostřednictvím oprávněné zkušebny [13]. Vzor této žádosti je uveden v příloze č. 1.

**Vyhláška č. 302/2001 Sb.** O technických prohlídkách a měření emisí vozidel

V této vyhlášce se lze dočíst, co všechno se kontroluje při pravidelných technických prohlídkách vozu a při měření emisí. V § 1 se píše, že pracovník stanice STK má u zážehových motorů s řízeným emisním systémem mimo jiné kontrolovat také předstih zážehu, jehož hodnota se často při chiptuningu mění a také má provést čtení paměti závad pomocí diagnostického zařízení (u té problém být nemusí, pokud je chiptuning proveden správně, případně lze paměť závad vymazat ještě před STK). § 2 se týká vznětových agregátů s řízeným emisním systémem, kde se také kontroluje paměť závad pomocí diagnostiky a úhel předvstříku, který se často při úpravách mění. Také by se měla provádět kontrola vstříkovačů a vstříkovacích trysek.[14]

**Vyhláška č. 343/2014 Sb.** O registraci vozidel

Zde se jedná především o rozsah údajů, které se zapisují do registru silničních vozidel. V § 14 se lze dočíst, jaké všechny parametry motoru se do registru zapisují. Z těch parametrů, které se liší před a po chiptuningem, je to výkon motoru a stupeň plnění emisní normy [15]. Pokud se podaří provést chiptuning v takových mezích, aby došlo jen k takovému zvýšení

emisí vozidla, aby se vozidlo nepřesunulo do emisní skupiny s vyššími emisemi, nemusí se úpravce změna stupně plnění emisních norem týkat.

### Kontrola neoprávněných úprav motorů vozidel

V instrukcích pro STK č. 2/2012 Ministerstva dopravy ČR se píše o metodice kontrol neoprávněných úprav motorů vozidel. Přestože naše legislativa jasně přikazuje po provedení úprav motoru, tedy i chiptuningu, provedení schválení technické způsobilosti upraveného systému, technické kontroly STK nemají většinou velkou šanci tyto úpravy sami odhalit. Prakticky jediným nástrojem pro odhalení neschválených úprav v ECU jsou měření emisí nebo odhalení powerboxu či jiných přídavných jednotek měnících parametry vstupující/vystupující z/do ECU. Jakákoli neschválená úprava, kterou na STK objeví, se hodnotí písmenem B, tedy vážná závada. Dle těchto instrukcí se nepovolené úpravy motoru dělí do těchto skupin:

- hardwarové
- softwarové - přeprogramování původních řídicích jednotek, výměna originální řídicí jednotky za jinou, použití přídavných korekčních zařízení

Při kontrole hardwaru se podle instrukcí MD prohlédne motorový prostor, provedení sání a výfuku motoru, zda zde nebyla provedena zjevná dodatečná modifikace. U přeplňovaných motorů se zkontroluje vizuálně turbodmychadlo a jeho regulační ústrojí, zda není zjevně modifikované. Poměrně kuriózní a pro mnoho motoristů, kteří si nenechají schválit úpravy ECU, pozitivní, jsou instrukce pro odhalování softwarových úprav. Přímou se zde píše „*Tuto úpravu nelze běžně používanými prostředky, které má STK k dispozici, spolehlivě zjistit.*“ [16]

### **3. MOŽNOSTI PROVEDENÍ CHIPTUNINGU**

Existuje celá řada úprav, které se ukrývají pod pojmem chiptuning. Důležité je poznamenat, že chiptuning lze provádět pouze u vozů vybavených ECU. Dále platí, že jak šel technický pokrok kupředu a do automobilů se dostávalo stále více elektroniky, otevřely se dveře také širokému spektru parametrů, které lze na vozidle sledovat a měnit. ECU jsou stále propracovanější, takže u současných vozidel lze sledovat a měnit daleko více parametrů a hodnot než u starších vozidel, ve kterých bylo implementováno mnohem méně elektroniky a snímačů.

#### **3.1. Výměna chipu (EPROM) a jeho programování**

Fyzická výměna a přeprogramování chipu je jednou z možností chiptuningu, přestože dnes převládá spíše flash-tuning. V tomto případě se z vozu nejprve vyjme ECU a ta se musí rozebrat pro získání přístupu k samotnému chipu. Chip bývá připájen na základní desce, proto je dobré si rozmyslet, jak často se bude z ECU vyndávat. Při častější manipulaci je vhodné připájet na základní desku patici, do které se chip pouze zacvakne, čímž se sníží riziko ulomení pinů, kterými je chip se základní deskou propojen. Programování vyjmutého chipu se pak provádí v externím zařízení, které se připojí k počítači se specializovaným softwarem.

Prakticky jsou dvě možnosti provedení. Buď si uživatel může sám nakonfigurovat svůj chip pomocí specializovaného softwaru a programátoru, nebo si lze již přeprogramovaný chip přímo koupit na stránkách některého z úpravců. Obě možnosti s sebou nesou rizika. Při vlastní úpravě dat může nastat potíže s rozpoznáním některých oblastí dat v chipu (kapitola 5.1) a také uživatel nese plnou zodpovědnost za úpravy, které vymyslí. Při pouhé výměně sériového chipu za „výkonnější“ zase kupuje „černou skříňku“ a musí důvěřovat výrobcí bez možnosti kontroly nad úpravami chipu.

Velice zajímavým způsobem úpravy dat na chipu je využití emulátoru. Emulátor je zařízení, které se připojí k ECU a počítači a zprostředkuje mezi nimi komunikaci v reálném čase, tzn. možnost programovat chip, který se nemusí vyjímat z ECU, během chodu motoru. Jedinou komplikací může být vyvedení kabeláže z prostoru, kde je ECU uložena do kabiny řidiče, kde se s daty pomocí specializovaného softwaru na notebooku pracuje. Po dokončení úprav se dají změny jednoduše uložit na chip a tím je úprava dokonána.[2]

### 3.2. Přídavné jednotky

Obecně se jedná o přídavné moduly, které se instalují do kabeláže ECU. Tyto moduly mění některé veličiny, se kterými ECU pracuje, a tím zvyšují výkon. Výhodou je, že nedochází k zásahům do samotné řídicí jednotky, takže ani ke ztrátě záruky. Další výhodou může být jednoduchost takovéto úpravy a možnost kdykoli přídavný modul vyjmout a jezdit opět na sériové nastavení.

Nejčastější variantou je tzv. powerbox (někdy také speedbox, racing box). Powerboxy jsou mezi tunery velice rozšířené, zejména pro výhody uvedené výše a také pro jejich relativně nízkou cenu. Nevýhodou je fakt, že powerboxy dokáží upravovat pouze jednu až dvě veličiny. Nejčastěji se využívá faktu, že u dieselových motorů dochází ke spalování s přebytkem vzduchu, a tak se powerbox snaží zvýšit množství paliva dopravovaného do válce. Tímto způsobem dojde k navýšení výkonu, nicméně motormanagement je velice složitý systém závisející na spoustě parametrů, které musí být vzájemně sladěny, čehož se pravý chiptuning snaží dosáhnout. Pokud se pozmění pouze jedna nebo dvě veličiny, stále je tu řada dalších, i když třeba méně významných veličin, které nebudou plně synchronizovány s novými upravenými hodnotami. Existuje samozřejmě celá řada takovýchto přídavných systémů, které se liší podle značky vozu i rozsahu možných úprav.[26]

### 3.3. NOS (Nitro Oxid System)

Velice specifickou úpravou k dosažení vyššího výkonu motoru je použití systému NOS. Ve své práci se nebudu zabývat jeho instalací, ale zmiňuji ho proto, že i při instalaci NOS systému je potřeba provést úpravy v řídicí jednotce vozidla.

NOS systém je sestava zařízení, umožňující vstříkování oxidu dusného do sacího traktu motoru. Vlastností  $N_2O$  je rozpad při 296 °C na kyslík a dusík. Vstříknutím do spalovacího prostoru při kompresním zdvihu tak vznikne směs bohatá na kyslík, která navíc nasávaný vzduch zchladí, čímž se do spalovacího prostoru dostane větší množství palivové směsi. Sériové řídicí jednotky v sobě samozřejmě nemají konfiguraci pro využití NOS systému, proto je opět věcí chiptuningů, aby se její nastavení upravilo.

Jednou z možností je nainstalovat NOS systém a nechat ECU, aby sama na základě nižší teploty v sání a přebytku kyslíku ve výfukovém prostoru provedla korekci vstříkovaného paliva. Poté je vhodné alespoň zjistit stav systému pomocí diagnostiky, neboť může docházet k přehřívání motoru, jeho klepání a spoustě dalším komplikacím.



Druhou, sofistikovanější možností je zakoupit NOS systém, který obsahuje samostatnou řídicí jednotku. Ta zabezpečuje jak dávkování oxidu dusného, tak i přídavného paliva skrze většinou společnou trysku. Nemusí se tedy měnit palivový systém vozidla, což bývá u první možnosti běžné. Také uživatel dostane zvláštní software, pomocí kterého si může nakonfigurovat přídavnou NOS řídicí jednotku podle svých představ. Mezi modifikovatelné parametry patří například množství přídavného paliva nebo podmínky, za jakých se má nitro automaticky vstříkovat do systému.

V případě použití neoriginální, upravitelné řídicí jednotky je možnost, že v sobě taková ECU má přímo integrovanou funkci pro řízení NOS. Potom je možné upravovat a vytvářet palivové mapy pro režim jízdy bez NOS nebo s ním, dále také upravovat regulaci předstihu vstříku (zapalování) v závislosti na jízdním režimu apod.[2, 28]

### **3.4. Výměna ECU**

Tato forma úpravy patří k těm náročnějším, jak technicky, tak finančně (cena se pohybuje mezi 50 000 a 100 000 Kč). Na trhu je mnoho výrobců nabízejících neoriginální, plně programovatelné řídicí jednotky. K nim samozřejmě dodávají všemožnou kabeláž, redukce, adaptéry a samozřejmě specializovaný software, ve kterém se dá upravovat kompletně celý motormanagement. Velkou výhodou těchto systémů je jejich plná programovatelnost a také fakt, že si uživatel nemusí dělat starosti s různými bezpečnostními prvky, kterými jsou sériové ECU vybaveny právě proto, aby zabránily neoprávněným zásahům. Nevýhoda tkví ve složitosti implementace nového systému, protože některé snímače, akční členy či celé systémy ve vozidle nemusí být s novou ECU kompatibilní, a tak je potom potřeba vyměnit i je za podporované verze. Jak jsem již psal u předchozích bodů, tyto systémy bývají vybavené možností programování motormanagementu pro provoz v NOS režimu, mají v sobě zabudované dataloggery, nástroje pro analýzu naměřených dat a umožňují uživatelsky přívětivou a bohatou práci s daty.[29]

### **3.5. „Flash – tuning“**

Tento druh úprav dat v řídicí jednotce se dnes dostává čím dál více do popředí díky svým výhodám. Jednou z nich je fakt, že odpadá nutnost ECU vymontovat z vozu, rozebrat ji a vyjmout z ní chip s PROM pamětí, ale stačí připojit notebook či jiné zařízení s diagnostickým softwarem přímo k OBD portu ve vozidle, který komunikaci zprostředkuje. Nástup této technologie úprav umožňuje především použití flash – EPROM paměti, která se dá vymazat a

přepsat elektronickou cestou. Také firma, kterou jsem při chiptuningu vozu VW CC oslovil, použila tuto cestu, tedy úpravu dat řídicí jednotky pomocí „flashování“.

## 4. ÚPRAVA A PRÁCE S DATY

### 4.1. Specializovaný software

Zatímco procesor umí vyhodnocovat pouze binární kód, paměť řídicí jednotky je sestavena v hexadecimální, šestnáctkové soustavě. Tedy pokud uživatel získá přístup k chipu bez specializovaného softwaru, například vyjmutím a připojením přes externí programátor k PC, obdrží směsici surových dat v šestnáctkové soustavě. Tímto způsobem jsou jednotlivá datová pole v paměťovém modulu adresována. Je také výrobním tajemstvím, jakým systémem jsou jednotlivé parametry jednotlivých systémů uloženy v této směsici dat. Jsou proto v zásadě dvě cesty, kterými se dá PROM paměť rozkódovat.

První možností je pustit se do rozpoznávání oblastí dat svépomocí technikou zvanou „reverse engineering“. Tato metoda je založena na postupném vystopování jednotlivých dat a odhalení systému jejich ukládání a uspořádání na základě dostupných informací o vstupech a výstupech ECU. Další komplikací může být fakt, že některé hodnoty nemusí nutně znamenat reálnou hodnotu fyzikální veličiny (např. dobu vstříku v sekundách), ale pouze index, podle kterého se ta pravá hodnota vypočte. V tomto případě uživatel ovšem musí znát algoritmus, podle kterého se vypočítává, což může být dalším tajemstvím výrobce, které může zabránit v úspěšném provedení chiptuningu. Tato metoda je tedy velmi náročná a zdlouhavá.

Druhou možností je pořízení specializovaného softwaru, jenž zná uspořádání oblastí relevantních dat v paměti řídicí jednotky a je schopen je převést do decimálního tvaru, ve kterém jsme zvyklí pracovat my lidé. Tyto softwary (záleží na úrovni programu, jeho určení a v neposlední řadě také ceně) samozřejmě neumí „pouhé“ vystopování dat, jejich zobrazení v kategoriích v decimálním tvaru, úpravu a následný zápis ve tvaru šestnáctkovém, ale také jejich pokročilejší zobrazení a editaci. Kromě zobrazení dat v tabulce mohou tyto programy podporovat také zobrazení dat ve 2D a 3D grafech (tzv. mapy). V případě, že software umožňuje editaci dat u nastartovaného motoru, uvítá uživatel funkci trasování dat, kterou tyto programy bývají vybaveny. Při trasování dat dojde ke zvýraznění dat, odpovídajících aktuálnímu stavu chodu motoru (např. okamžité otáčky a jim odpovídající doba vstříku paliva).

### 4.2. Checksum kontrola

Protože výrobci primárně nechtějí, aby docházelo k úpravám jejich řídicích jednotek bez jejich vědomí (snad kromě oficiálních továrních úpravců), opatřují řídicí jednotky takzvaným checksum přepočtem. Ten si dle daného algoritmu (opět know-how výrobce) vybere několik

kontrolních hodnot z PROM paměti, provede matematický výpočet a zkontroluje výsledek. Pokud tedy dojde ke změně některé z hodnot, checksum výpočet nevyjde podle referenční hodnoty a řídicí jednotka na to patřičně zareaguje hlášením poruchy. Také je to kontrola integrity dat, aby ECU měla kontrolu, že nedojde při použití dat z paměti k poruše řízení motoru.

Z tohoto důvodu je opět výhodnější použití specializovaného softwaru, který zná algoritmus checksum přepočítání i umístění dat, která jsou pro tento výpočet referenční, a dokáže po úpravách kontrolní součet upravit tak, aby vyšel a řídicí jednotka nehlásila narušení integrity dat.

### **4.3. Data**

Jak jsem uvedl v předchozích kapitolách, při chiptuningu dochází k úpravě dat v paměti ECU. Tato data se vztahují ke vstupním parametrům přicházejícím ze snímačů. V dnešní době, kdy jsou automobily vybaveny stále se zvětšujícím počtem elektroniky, je vstupních veličin opravdu mnoho, což je pro chiptuning výhodou. Dále se budu zabývat těmi nejdůležitějšími z hlediska chiptuningu a navyšování výkonu motoru.

Mezi vstupní parametry, které se při úpravách řídicí jednotky nejvíce využívají, patří tlak v sacím traktu (ať už podtlak u atmosférických nebo přetlak u přeplňovaných agregátů), teplota a množství nasávaného vzduchu, tlak paliva, stechiometrický poměr lambda, poloha škrticí klapky nebo plynového pedálu, přítomnost detonačního spalování, teplota výfukových plynů apod.

Důležitými výstupními parametry jsou potom množství vstříkovaného paliva, předstih vstříku (nebo zapálení směsi u zážehových motorů), regulace plnicího tlaku u přeplňovaných motorů aj.

Tato data jsou uložena v dvoj- nebo trojrozměrných datových polích, odkud je lze analyzovat a upravovat ve formě tabulky, 2D nebo 3D grafu a to buď přepsáním dané hodnoty v tabulce, nebo interaktivní úpravou mapy. Je vždy dobré všechna data před úpravou zálohovat. Nejen proto, aby se dalo vrátit k sériovému nastavení, když úpravy budou neúspěšné, ale také k možnosti navrátit původní data například před pravidelnou technickou a emisní prohlídkou. Různé mapy je možné vytvářet buď nové, nebo použít sériové a zaměřit se na úpravu dat v konkrétní oblasti.

#### 4.4. Palivové mapy

Správné složení palivové směsi je klíčové pro správný chod motoru. Musí se zajistit vhodný poměr paliva ke vzduchu, a to ve všech jízdních režimech, které mohou nastat. Dieselové motory dokáží pracovat s relativně chudou směsí, což dává prostor pro obohacení této směsi palivem do jisté míry. Pokud je tato míra přesažena, nedosáhne se nárůstu výkonu, nýbrž vyšší kouřivosti, problémů se zapálením směsi, propalování pístů a dalších problémů. Množství vstřikovaného paliva je dáno zejména dobou vstřiku a, jak je již uvedeno v kapitole o akčních členech, průtokem vstřikovací trysky, tlakem v palivové soustavě a dobou otevírání a zavírání trysky (ta navíc závisí na konstrukci trysky a aktuálním palubním napětí). Pro výkyvy palubního napětí se pak užívá dalších korekcí doby otevření trysky, aby bylo do válce vpraveno vždy potřebné množství paliva. V případě, že dochází k rozsáhlejším úpravám a vstřikovače musí být nahrazeny vstřikovači s vyšším průtokem, musí dojít k úpravě vstřikovacích časů ve všech mapách a také ke změně charakteristiky otevírání trysek. Pro úpravy je nejvýhodnější vyjít z již existujících a fungujících palivových map pro dané vozidlo a ty dále upravovat.

Velice často se provádí úpravy v palivové mapě zobrazující délku vstřiku v závislosti na otáčkách motoru a aktuálním zatížení motoru. Zatížení motoru se odečítá například z hodnoty polohy plynového pedálu, u elektronických plynových pedálů z hodnoty polohy škrticí klapky (0 – 100 %) nebo ze snímače množství nasávaného vzduchu (MAF snímač). Délka vstřiku bývá uvedena v msec nebo %, potom je ale potřeba znát základní délku vstřiku, ze které se pomocí procent aktuální hodnota vypočítává. Palivová mapa může být jednotná pro všechny režimy jízdy nebo jich může být sestaveno více, například pro plné zatížení motoru, částečné a pro jízdu s uzavřenou škrticí klapkou. Potom je potřeba provést úpravy ve všech palivových mapách zvlášť.

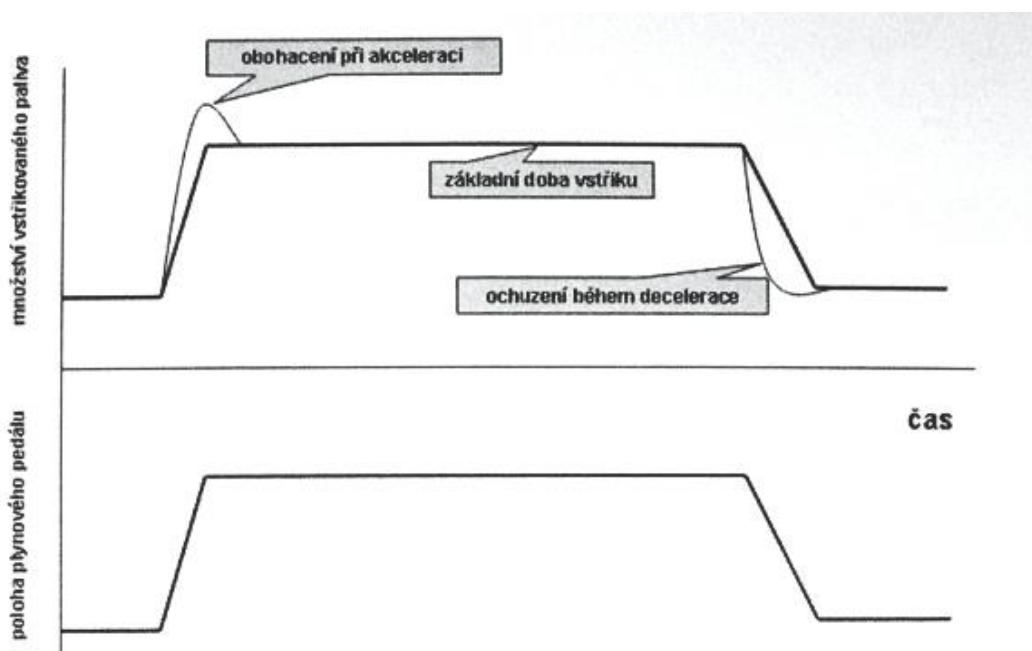
Délka vstřiku je také závislá na bohatosti směsi. Ta se zjišťuje pomocí lambda sondy umístěné ve výfukovém potrubí, která předává informace o množství kyslíku ve výfukových plynech. Využívá se zejména u zážehových motorů, ale dnes se přidávají širokopásmové lambda sondy i do motorů vznětových, které pracují s hodnotou lambda od 0,7 až do 4, což značí velmi chudou směs, se kterou ale vznětové motory pracují. Sériově bývají automobily nastaveny na chudší směs z důvodu ekonomiky provozu, spotřeby a emisí. Také zde má úpravce prostor pro zvýšení bohatosti směsi, což vede ke zvýšení výkonu. Pokud úpravce vytváří nové palivové mapy, je dobré začít s ideálním stechiometrickým poměrem nebo se sériovými daty součinitele lambda a postupně zvyšovat bohatost směsi. Pro tvorbu palivové

mapy pro režim plného zatížení motoru je dobré pracovat s algoritmem „open loop“, který ignoruje informace z lambda sondy, a tak lze pracovat s libovolně bohatou palivovou směsí. Pro ostatní jízdní režimy se využívá „closed loop“, pro který jsou v datovém poli zadány referenční hodnoty součinitele lambda, a řídicí jednotka upravuje palivovou směs, aby se těchto hodnot ve výfukovém potrubí dosáhlo. Pokročilejší softwarové systémy dokáží v jedné palivové mapě kombinovat oblasti spadající pod „closed loop“ s oblastmi „open loop“.

#### 4.4.1. Korekce

Délka vstřiku paliva závisí i na spoustě dalších hodnot, a proto se zavádějí tzv. korekce délky vstřiku paliva, které upravují základní palivové mapy dle aktuálních podmínek.

Jednou z užitečných korekcí je úprava množství paliva při náhlé akceleraci či deceleraci. Při akceleraci dojde k náhlému poklesu bohatosti směsi, což se může projevit jako výkonová „díra“. Proto se na určitý okamžik, jehož délka je nepřímo úměrná otáčkám motoru, zvýší množství paliva vstřikovaného do válce. U decelerace je postup opačný. Následující schéma vystihuje závislost množství paliva na čase při náhlé změně zatížení motoru a vliv korekce.



Obrázek 9- Korekce množství vstřikovaného paliva při akceleraci/deceleraci [2]

Jedním z přechodových stavů, kdy je zapotřebí korekce, je start motoru. Motor je studený a je tedy potřeba bohatší směs, než se jeho teplota dostane na určitou hladinu.

Bohatost směsi značně závisí také na vnějších podmínkách. Palivové mapy jsou vytvářeny pro tzv. ideální podmínky, které jsou uvedeny v normách a udávají referenční teplotu,

tlak a relativní vlhkost vzduchu. Pro aktuální podmínky je potřeba provést korekci, protože množství kyslíku ve vzduchu je nepřímo úměrné nadmořské výšce i teplotě vzduchu. Korekce se většinou provádí pomocí korekčního součinitele, který udává kolikrát více či méně se má dostat do válce paliva než je hodnota v základní palivové mapě.[2]

#### **4.5. Mapy regulace plnicího tlaku**

Pro účely zvyšování výkonu vozidla je žádoucí, aby se naplnil válec motoru co největším množstvím homogenní palivové směsi. Pro navýšení množství vzduchu je potřeba zvýšit tlak v sání, který zajišťuje u přeplňovaných motorů turbodmychadlo. S navýšením množství vzduchu bude třeba navýšit i množství paliva, což se synchronizuje za současného sledování součinitele lambda do palivových map. V případě zvyšování plnicího tlaku jsou úpravy omezeny dvěma hranicemi. Jednou je maximální plnicí tlak, jaký může stávající turbodmychadlo dát, jinak je nutno jej vyměnit za výkonnější. Druhou je samotná životnost motoru, protože po těchto úpravách se zvyšují tlaky ve spalovací komoře a klikovém ústrojí a také tepelné namáhání, což vede ke snížení životnosti motoru.

Ovládání plnicího tlaku turbodmychadla se děje přes ovládání wastegate ventilu nebo přes variabilní geometrii lopatek (VGT), jejichž mechanismus jsem již popsal v kapitole *1.3 Akční členy*.

U motorů s turbodmychadly je žádoucí odstranění nebo alespoň zmírnění tzv. turbo efektu. Ten nastane při prudší akceleraci, kdy dojde k prodlevě plnicího tlaku, kterou způsobuje doba potřebná k roztočení hmot turbodmychadla.

Jednou z možností eliminace tohoto jevu je ALS (Anti Lag System). Tento systém zajišťuje dodávku palivové směsi do válce i poté, co dá jezdec nohu z plynu a zapálí ji až po otevření výfukového ventilu. Tím dojde k expanzi ve výfukovém prostoru, což udrží turbodmychadlo roztočené a připravené okamžitě dodávat potřebný plnicí tlak při potřebě akcelerace. Používá se zejména u závodních vozidel u zážehových motorů, u vznětových by jeho dodatečná instalace byla velmi komplikovaná.

Dalším systémem, používaným ve větším rozsahu i u vznětových motorů je BOV (Blow off Valve). Po sundání nohy z plynu se v sacím potrubí hromadí tlak, který vytváří dotáčející se turbodmychadlo. To je tímto tlakem zbrzdováno, což je nežádoucí, a proto tento upouštěcí „blow off“ ventil upustí tlak ze sání a tím se turbodmychadlo může dále volně otáčet.

Udržení turbodmychadla v chodu je možné také pomocí elektromotoru, který turbodmychadlu uděluje točivý moment, aby jeho otáčky neklesaly pod určitou mez. Například automobilky Audi, BMW nebo Volvo využívají systému dvou turbodmychadel, z nichž menší je poháněno elektromotorem a stará se právě o eliminaci turbo efektu. Také zde je značný prostor pro úpravy charakteristik v ECU.[34]

Po úpravách map plnicích tlaků je vždy dobré provést jízdu v plném zatížení a pomocí diagnostiky sledovat alespoň teplotu chladicí kapaliny, oleje motoru, chladicího média turbodmychadla a plnicího vzduchu, protože vyšší plnicí tlak zvyšuje tepelné namáhání motoru. Pokud úpravce mapu plnicího tlaku vytváří novou a nemá k dispozici referenční sériové hodnoty, je dobré začít s minimální hodnotou plnicího tlaku a tu postupně navyšovat.



## **5. PROVEDENÍ CHIPTUNINGU NA VOZE VOLKSWAGEN CC 2.0 TDI**

Náš vůz Volkswagen CC jsme si nechali upravit u pražské firmy CAMP Performace. Technik automobil prvotně odvezl do válcové zkušebny, aby bylo možné změřit výkon a krouticí moment. Nejprve tedy změřil výkon před úpravami, poté vyjmul řídicí jednotku, kterou následně připojil k notebooku, provedl na ní úpravy, vložil ji zpět do vozu a opět změřil výkon a krouticí moment. Bohužel se mi nepodařilo zjistit konkrétní podrobnosti o úpravách, jaké byly provedeny, protože se jedná o knowhow této firmy. Bylo mi pouze sděleno, že došlo hlavně k prodloužení doby vstříku paliva do válce. Po všech úpravách jsme obdrželi výsledný graf závislosti krouticího momentu na otáčkách motoru před i po úpravách, který je v příloze číslo 2.

## 6. ZMĚNY SIL A TLAKU V MOTORU

V této kapitole se budu zjednodušeně analyticky zabývat silami v klikovém ústrojí před i po úpravách a průměrným tlakem ve spalovacím prostoru, který je vyvolává. Bohužel mám k dispozici pouze informace o krouticím momentu na kolech před i po úpravě v závislosti na otáčkách (od úpravce) a základní rozměry klikového ústrojí a bloku motoru (od výrobce). Proto mohu provést jen některé základní výpočty, které ale postačí pro utvoření představy, jak moc se namáhání jednotlivých dílů změnilo.

### 6.1. Výpočet průměrného tlaku ve válci

Energie uvolněná při spalování se přenáší klikovým mechanismem motoru, dále převodovým ústrojím, přes nápravy až na kola. Během přenosu výkonu dochází ke ztrátám, které je třeba při výpočtech zohlednit. Bohužel v době testování výkonu našeho automobilu jsem ještě nebyl rozhodnutý, že jej použiji jako téma pro bakalářskou práci, a tak jsem nepožádal zkušebnu o uvedení účinnosti převodového ústrojí. Ta se jinak ověří tím způsobem, že se po dosažení maximálních měřených otáček na válcích vyšlápne spojka a kola vozidla se nechají volně doběhnout k nulovým otáčkám. Tím se pod grafem výkonu motoru vytvoří graf ztrátového výkonu. Protože tedy přesnou hodnotu účinnosti převodového ústrojí nemám, použiji průměrnou hodnotu u dnešních automobilů pro zařazený rychlostní stupeň a to 92 %. Celkový převodový poměr je před měřením zadáván do systému válcové zkušebny a otáčky válců se tak přepočítávají na otáčky motoru. Testovaný automobil má stálý převod  $i_0 = 3,68$  a převod na třetí rychlostní stupeň (na ten probíhalo měření na válcové zkušebně výkonu)  $i_3 = 1,32$ . Celkový převod se tedy vypočítá jako jejich součin.

$$i_c = i_0 \cdot i_3$$

v mém případě

$$i_c = 3,68 \cdot 1,32 = 4,86$$

Převod je vyšší než jedna (do pomala), dochází tedy cestou od motoru ke kolům ke zvýšení krouticího momentu a snížení otáček. Krouticí moment na klikové hřídeli  $M_{klik.hř.}$  je také degradován účinností přenosu převodovým ústrojím. Zpětně se z momentu na kolech vypočítá pomocí následujícího vztahu:

$$M_{klik.hř.} = \frac{M_{kola}}{\eta \cdot i_c}$$

v mém případě tedy

$$M_{klik.hř.} = \frac{438,32}{0,92 \cdot 4,86} = 98,03 \text{ Nm}$$

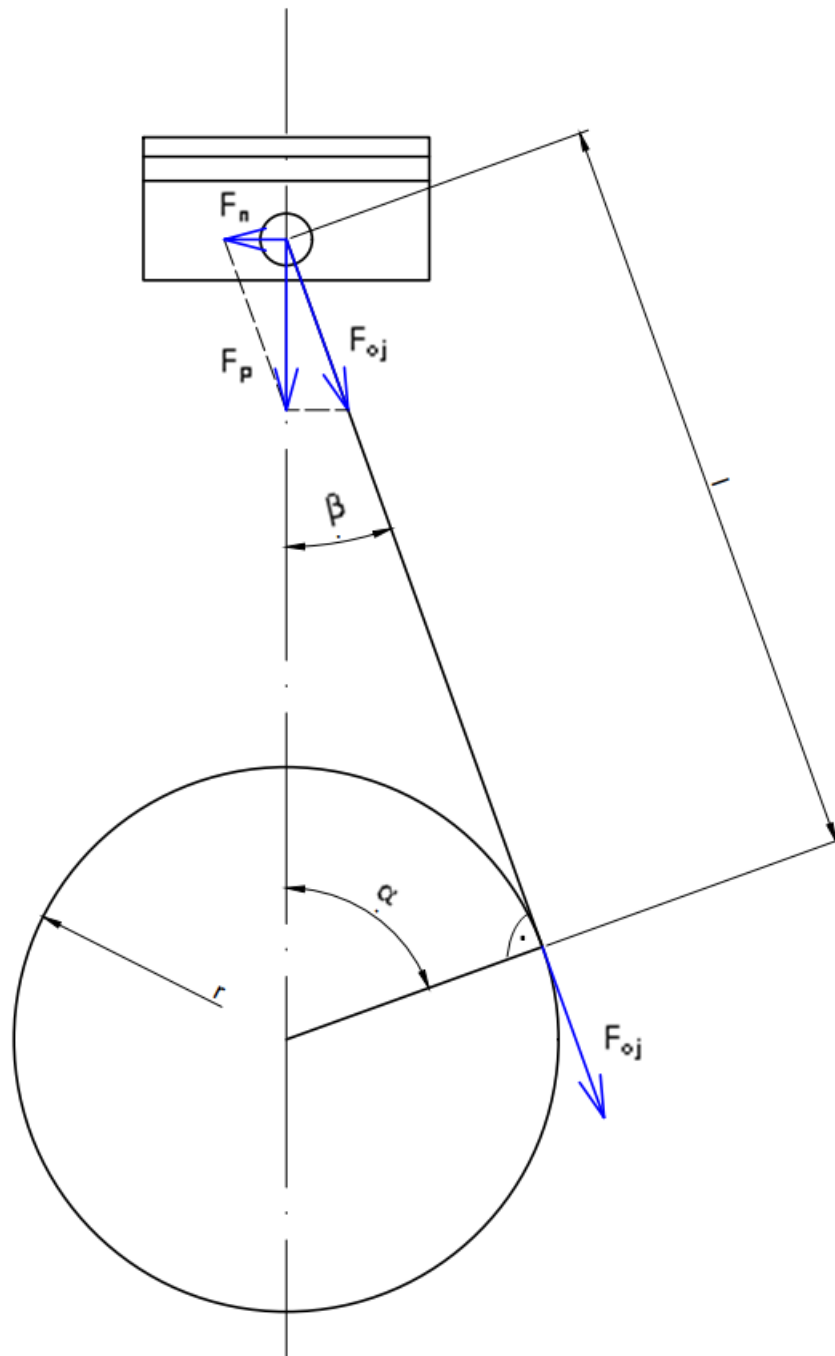
Protože počítám průměrný tlak ve válci, který chci porovnávat před a po úpravách, budu uvažovat polohu pístu takovou, kdy síla  $F_{oj}$ , jejíž nositelka leží v podélné ose ojnice, působí na maximálním rameni a vytváří krouticí moment na klikové hřídeli a její složka  $F_r$ , namáhající ojnicí čep, je nulová. Taková situace nastane tehdy, kdy jsou na sebe kolmé podélná osa ojnice a rameno kliky klikové hřídele. Výpočet úhlu natočení klikové hřídele pro tuto specifickou situaci je následující:

$$\alpha = \arctg\left(\frac{l}{r}\right)$$

v mém případě je délka ojnice  $l = 144 \text{ mm}$  a rameno kliky  $r = \frac{zdvih}{2} = 46,4 \text{ mm}$ .

$$\alpha = \arctg\left(\frac{144}{46,4}\right) = 72,14^\circ$$

Při rozboru sil vycházím z následujícího schématu:



Obrázek 10 - Schéma přenosu sil v motoru [autor]

kde  $\beta$  značí úhel mezi osou pístního a ojničního čepu a podélnou osou ojnice,  $F_n$  je radiální síla působící na pístní čep,  $F_p$  je síla působící od tlaku plynů kolmo na plochu pístu,  $F_{oj}$  je složka síly  $F_p$  působící v ose ojnice kolmo na rameno klinky klikové hřídele. V případě, kdy by na sebe nebyly kolmé podélná osa ojnice a rameno klinky klikové hřídele, působila by v ojničním čepu ještě tečná síla  $F_t$  a na ní kolmá síla  $F_r$ , jež by zatěžovala ojniční ložisko.

Maximální moment tedy působí, když je

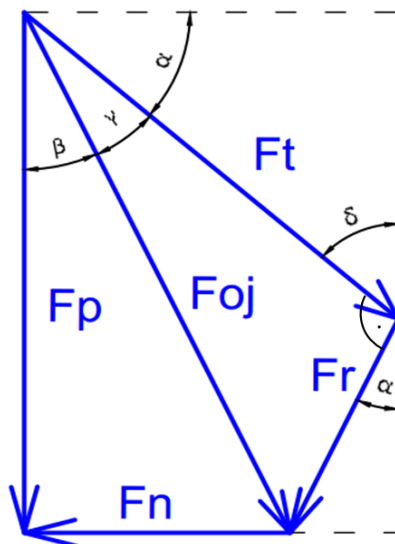
$$F_t = F_{oj} = \frac{M_{klik.hř.}}{2r}$$

v mém případě

$$F_t = F_{oj} = \frac{98,03}{2 \cdot 46,4} = 1,06 \text{ kN}$$

Počítám průměrný tlak v jednom válci, a proto moment na rameni kliky dělím dvěma (kromě délky ramene), protože uvažovaný vůz má čtyřválcový motor, který je charakteristický tím, že za jedno otočení klikové hřídele o 360° dojde k expanzi právě u dvou válců.

Obecně by se ojnicní síla vypočítala ze vztahu odvozeného z následujícího silového obrazce, charakterizujícího silové působení podle schématu na obrázku č. 10.



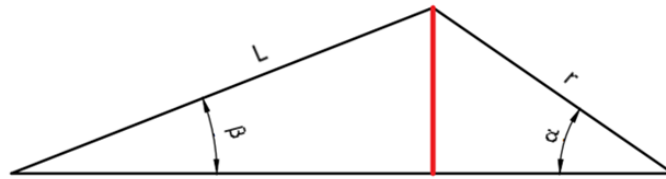
Obrázek 11 - Silový obrazec [autor]

$$F_{oj} = \frac{F_t}{\cos(\gamma)} = \frac{F_t}{\cos(90^\circ - \alpha - \beta)} = \frac{F_t}{\sin(\alpha + \beta)}$$

kde  $F_{oj}$  značí sílu působící v podélné ose ojnice. Dále výpočet síly kolmé na plochu pístu  $F_p$ :

$$F_p = F_{oj} \cdot \cos(\beta)$$

Dále je vhodné vyjádřit úhel  $\beta$  pomocí úhlu  $\alpha$  následujícím způsobem



Obrázek 12 - Znázornění úhlů alfa a beta [autor]

$$l \cdot \sin(\beta) = r \cdot \sin(\alpha)$$

$$\sin(\beta) = \frac{r}{l} \cdot \sin(\alpha)$$

$$\sin(\beta) = \lambda \cdot \sin(\alpha)$$

$$\cos^2(\beta) = 1 - \sin^2(\beta)$$

$$\cos(\beta) = \pm \sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2(\alpha)}$$

Zde  $\lambda$  značí ojnicní poměr  $\frac{r}{l}$ . Jelikož je funkce *cosinus* záporná pro sudé násobky úhlu z intervalu  $(90^\circ; 270^\circ)$ , kterých úhel  $\beta$  nemůže v tomto případě nikdy nabýt, uvažuji pouze kladné znaménko u odmocniny.

$$F_p = F_{oj} \cdot \cos(\beta) = F_{oj} \cdot \sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2(\alpha)}$$

kde  $F_p$  je síla vyvozená expanzí plynu ve válci a působí kolmo na plochu pístu.

v mém případě tedy

$$F_p = 1,06 \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{46,4}{144}\right)^2 \sin^2(72,14^\circ)} = 1,01 \text{ kN}$$

A výsledný průměrný tlak ve válci  $p_{av}$  vyjádřím

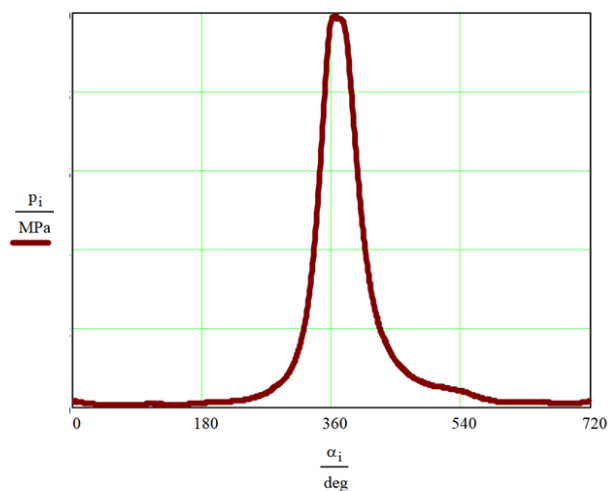
$$p_{av} = \frac{F_p}{S_{pístu}} = \frac{F_p}{\frac{\pi D^2}{4}}$$

kde v mém případě je průměr pístu  $D = 82,5 \text{ mm}$

$$p_{av} = \frac{1,01}{\frac{\pi \cdot 0,0825^2}{4}} = 188,94 \text{ kPa}$$

## 6.2. Vyhodnocení

Stejným postupem by se vypočítal průměrný tlak ve válci před úpravami s tím rozdílem, že by se za  $M_{kola}$  dosadila maximální hodnota krouticího momentu na kolech před úpravami, která činila 380 Nm. Průměrný tlak potom vychází 163,23 kPa, to znamená, že došlo při jistých zjednodušeních k 16% nárůstu průměrného tlaku ve válci a tím i značně vyššímu namáhání částí klikového a převodového ústrojí. Tyto součásti jsou samozřejmě již od výroby předimenzovány, takže by daný nárůst zatížení měly bezpečně zvládnout, nicméně bude docházet k jejich rychlejšímu opotřebení a únavě a zkrátí se tím jejich celková životnost. Proto, abych mohl s jistotou říci, že díly nárůst tlaku vydrží, bylo by třeba je podrobit ještě analýze metodou konečných prvků. Navíc jsem porovnal pouze průměrné hodnoty tlaku ve válci, ale reálný průběh tlaku ve válci spalovacího motoru naznačuje obrázek číslo 13, kde je patrné, že maximální hodnota tlaku ve válci (při expanzi) značně převyšuje hodnotu tlaku při sání, kompresi i výfuku a tvoří ráz, který způsobuje ještě vyšší namáhání součástí.



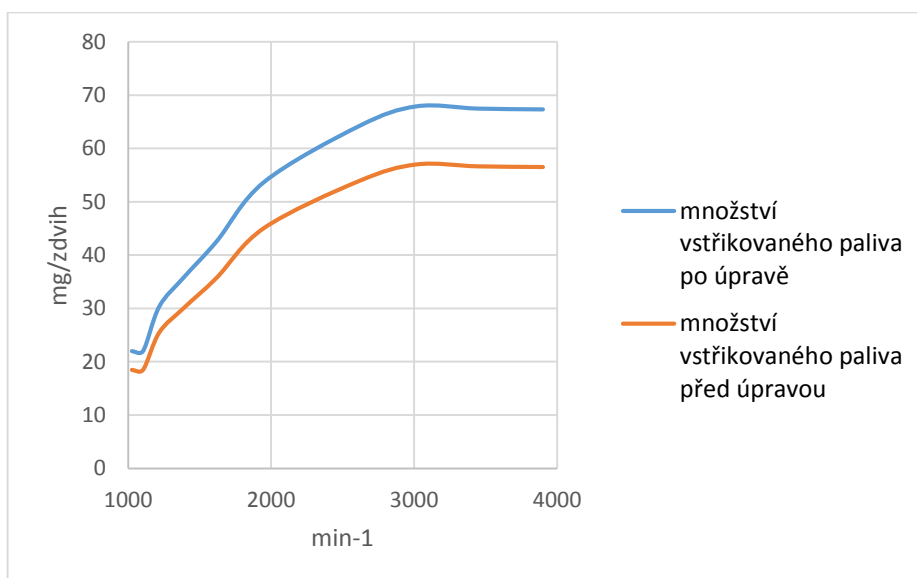
Obrázek 13- Skutečný průběh tlaku ve válci v závislosti na úhlu natočení klikové hřídele [8]

### 6.3. Úprava délky vstřiku paliva

Jak je již zmíněno v předchozích kapitolách pojednávajících o možnostech chiptuningu, jednou z možností, jak zvýšit výkon motoru, je prodloužit dobu vstřiku paliva do válce. Obecný vztah pro výpočet dávky paliva  $Q$  je následující

$$Q = \Delta p \cdot D \cdot \rho \cdot t$$

kde dávka paliva  $Q$  je hmotnost paliva vstřikovaného za jeden pracovní zdvih pístu,  $\Delta p$  je tlakový spád mezi palivovou soustavou a tlakem vzduchu ve válci,  $D$  je průměr vstřikovací trysky,  $\rho$  značí hustotu paliva a  $t$  je doba otevření vstřikovače. Podle vyjádření technika nedošlo v nastavení ECU našeho automobilu ke změnám plnicího tlaku ani k výměně trysek, a proto jedinou proměnnou vystupující v tomto vztahu, která mohla být změněna, je doba otevření vstřikovací trysky vstřikovače. Pro účel této práce použiji zjednodušení, a to že nárůst tlaku ve válci je přímo úměrný nárůstu doby otevření vstřikovací trysky. Průběh závislosti množství vstřikovaného paliva na otáčkách motoru je na obrázku číslo 14. Křivku znázorňující množství vstřikovaného paliva po úpravě jsem získal měřením pomocí VAG diagnostiky (obrázek 15), křivku znázorňující množství vstřikovaného paliva před úpravami jsem dopočítal tak, že jsem odečetl 16% z množství paliva po úpravách (protože došlo k právě 16% zvýšení doby vstřiku a předpokládám lineární závislost a také to, že se žádný další parametr neměnil).



Obrázek 14- Množství vstřikovaného paliva na otáčkách motoru [autor]





*Obrázek 15 - SuperVAG diagnostika [autor]*

## 7. ZÁVĚR

V dnešní době, kdy elektronické systémy zažívají veliký rozmach, se dostává do popředí také chiptuning v oblasti výkonových úprav automobilů. Využívá se ho nejen v motosportu, ale je dostupný také k relativně levným a účinným úpravám sériových automobilů. Přestože jsem ve svých výpočtech použil řadu zjednodušení, došel jsem k závěru, že pokud se při chipování nezachází do extrému, díly motoru a klikového ústrojí by úpravy měly snést (16% nárůst tlaku pokryjí součinitele bezpečnosti), přestože se sníží jejich životnost. Pokud by mělo dojít k razantnějším úpravám, musely by se také vyměnit tyto díly za jiné, dimenzované už na vyšší zatížení. Je velice pravděpodobné, že se toto odvětví bude i nadále vyvíjet a možnosti úprav (nejen) řídicí jednotky motoru budou stále rozsáhlejší a přesnější.

Legislativa je v naší republice sice ještě o krok pozadu, ale časem jistě vzniknou zákony, které, dle mého názoru, budou regulovat, ne zakazovat, zásahy do řídicí elektroniky automobilů. Vyřadí se tím z trhu úpravci, kteří provádí vylepšení výkonu motoru nekvalitně a povrchně a zůstanou legitimní tuningové firmy s ověřeným knowhow.

Já osobně si myslím, že kvalitní chiptuning je dobrá volba pro zlepšení jízdních vlastností a snížení spotřeby u zaběhnutých vozů. Každý motorista by ale měl zvážit, u jaké firmy si takovou úpravu nechá udělat, preferoval bych tovární výrobce značky svého automobilu.

Tato práce byla pro mne velkým přínosem, protože jsem si díky ní vypůjčil v autoservisu profesionální diagnostiku a naučil se s ní pracovat. Dále po zpracování dat a jejich převedení do tabulek a grafů jsem si ověřil průběhy jednotlivých veličin a to u konkrétního vozidla. Dále mě překvapilo, jak nepřipravená je naše legislativa, co se týče úprav řídicí jednotky motoru. Výpočty na konci práce jsou sice zjednodušené, ale díky nim jsem získal představu o tom, jak se změní velikosti sil a tlaky uvnitř motoru, pokud dojde k prodloužení doby vstříku paliva.

## 8. ZDROJE

1. ŽDÁNSKÝ, Bronislav a Zdeněk JAN. *Výkladový automobilový slovník*. 4., aktualiz. vyd. Brno: Computer Press, 2011. Auto-moto-profi (Computer Press). ISBN 978-80-251-3725-3.
2. RŮŽIČKA, Bronislav. *Jak na chiptuning*. Brno: Computer Press, 2008. ISBN 978-80-251-2096-5.
3. JILEK, Petr a Jan POKORNÝ. *Úvod do spalovacích motorů*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2013, 202 s. ISBN 978-80-7395-743-8.
4. RAUSCHER, Jaroslav. *Spalovací motory: Studijní opory*. Brno. Učební text. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství.
5. JENČÍK, Josef, Jaromír VOLF a kolektiv. *Technická měření*. Praha, 2003. ČVUT.
6. BĚLOHLAV, Michal. *Chiptuning motorů vozidel koncernu VW a jeho vliv na emise*. Pardubice, 2010. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Doprvní fakulta Jana Pernera. Vedoucí práce Ing. Jaromír Folvarčný.
7. MISTR, Vojtěch. *Vliv chiptuningu na parametry vozidla VW Golf 3. generace 1,9 TDi*. Pardubice, 2010. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Doprvní fakulta Jana Pernera.
8. PARCHANSKI, Martin, Ing.. *Pětiválcový řadový vznětový motor*. Brno, 2010. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.
9. HANUS, Jaroslav. *Právní aspekty provozu vozidel na pozemních komunikacích*. Brno, 2007. Právnícká fakulta Masarykovy univerzity. Vedoucí práce JUDr. Jana Jurníková, PhD.
10. *AutoExpert*. Praha: Vogel Publishing, 2005, (prosinec). ISSN 1211-2380
11. ČESKO. Zákon č. 56/2001 Sb., o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích a o změně zákona č. 168/1999 Sb., o pojištění odpovědnosti za škodu způsobenou provozem vozidla a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o pojištění odpovědnosti z provozu vozidla), ve znění zákona č. 307/1999 Sb.. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2016 [cit. 14. 12. 2016]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-56>
12. ČESKO. Vyhláška č. 341/2014 Sb., o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2016 [cit. 14. 12. 2016]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2014-341>

13. ČESKO. Zákon č. 301/2000 Sb., o matrikách, jménu a příjmení a o změně některých souvisejících zákonů. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2016 [cit. 14. 12. 2016]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-301>
14. ČESKO. Vyhláška č. 302/2001 Sb., Ministerstva dopravy a spojů o technických prohlídkách a měření emisí vozidel. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2016 [cit. 14. 12. 2016]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-302>
15. ČESKO. Vyhláška č. 343/2014 Sb., o registraci vozidel. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2016 [cit. 14. 12. 2016]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2014-343>
16. ČESKO. *Metodika Ministerstva dopravy: Kontrola neoprávněných úprav motorů vozidel*. In: . Praha, 2012, 5/2012/STK/6.1. Dostupné také z: <https://www.mdcz.cz/Dokumenty/Silnicni-doprava/STK/Metodiky-pro-provedeni-technickyh-prohlidek-vozid>
17. USA. *SAE J1979: E/E Diagnostic Test Modes*. In: . Washington, D.C., ročník 2002, 40 CFR 86.1806-05(h)(1)(ii).
18. USA. *SAE J1978: OBD II Scan Tool Equivalent to ISO/DIS 15031-4*. In: . Washington, D.C., ročník 2002, 40 CFR 86.1806-05(h)(1)(vi).
19. USA. *SAE J1962: Diagnostic Connector Equivalent to ISO/DIS 15031*. In: . Washington, D.C., ročník 2002, 40 CFR 86.1806-05(h)(1)(iv).
20. USA. *SAE J2012: Diagnostic Trouble Code Definitions*. In: . Washington, D.C., ročník 2002, 40 CFR 86.1806-04(h)(1)(iii).
21. USA. *SAE J2178-2: Surface Vehicle Recommended practice*. In: . Warrendale, Pennsylvania, ročník 1999.
22. USA. *SAE J2284-3: High-Speed CAN (HSC) for Vehicle Applications at 500 KBPS*. In: . Washington, D.C., ročník 2016.
23. ŠVÝCARSKO. *ISO 9141-2:1994: Road vehicles — Diagnostic systems — Part 2: CARB requirements for interchange of digital information*. In: . Ženeva, ročník 1994.
24. *Chiptuning Blog – vše o chiptuningu: Vše o chiptuningu – zvyšování výkonu motoru* [online]. [cit. 2016-12-14]. Dostupné z: <http://www.chiptuningblog.cz/tag/princip/>
25. *TechnoMotive* [online]. 1998 [cit. 2016-12-14]. Dostupné z: <http://www.technomotive.com/prod/datalog/datalogger.htm>

26. *PowerTEC: Proč nepoužíváme Powerboxy* [online]. [cit. 2016-12-14].  
Dostupné z: <http://www.chiptuning.cz/clanek/seznam-clanku/chiptuning/proc-nepouzivame-powerboxy>
27. *Hondata: Technical Information Duty Cycle* [online]. Collumbia St. [cit. 2016-12-14].  
Dostupné z: <https://www.hondata.com/tech-duty-cycle>
28. *Lexani racing: NITRO v otázkách a odpovědích* [online]. Praha, 2005 [cit. 2016-12-14]. Dostupné z: <http://www.lexani.cz/nitro.htm>
29. *AEM: Programmable Engine Management Systems* [online]. [cit. 2016-12-14].  
Dostupné z: <http://aempower.com/?q=products/programmable-engine-management-systems>
30. On-Board Diagnostics. *DieselNet* [online]. 2007 [cit. 2017-03-27]. Dostupné z: <https://www.dieselnets.com/standards/us/obd.php>
31. *OBD-II* [online]. B&B Electronics, 2011 [cit. 2016-12-14].  
Dostupné z: <http://www.obdii.com/background.html>
32. BERAN, Martin. *Datové sběrnice CAN* [online]. VUT Brno [cit. 2016-12-14].  
Dostupné z: <http://www.iae.fme.vutbr.cz/userfiles/beran/files/Datov%C3%A1%20sb%C4%9Brnice%20CAN.pdf>
33. *OBD ISO 15031* [online]. Haar [cit. 2016-12-14].  
Dostupné z: <http://automotive.softing.com/en/standards/protocols/obd-iso-15031.html>
34. *Quora: How is zero turbo lag achievable in diesel engines?* [online]. 2015 [cit. 2016-12-14]. Dostupné z: <https://www.quora.com/How-is-zero-turbo-lag-achievable-in-diesel-engine>
35. SuperVag Diagnostic Tools. *HR Carsoft s.r.o.* [online]. 2016 [cit. 2017-01-21].  
Dostupné z: <http://supervag.com/wp-content/uploads/2016/01/Protokoly-KWP1281KWP2000-a-UDS-v-praxi-Martin-Hala.pdf>
36. ECU. *Pearltrees* [online]. 2014 [cit. 2017-01-21].  
Dostupné z: <http://www.pearltrees.com/2166207/ecu/id10702480>
37. Wastegate. *Z32 wiki* [online]. [cit. 2017-01-21].  
Dostupné z: <https://z32.wikispaces.com/wastegate>

## 9. PŘÍLOHY

Příloha č. 1 [12]

Příloha č. 3 k vyhlášce č. 301/2001 Sb.

Vzor osvědčení o schválení technické způsobilosti typu

### MINISTERSTVO DOPRAVY A SPOJŮ ČESKÉ REPUBLIKY

Č. j.:

V Praze dne

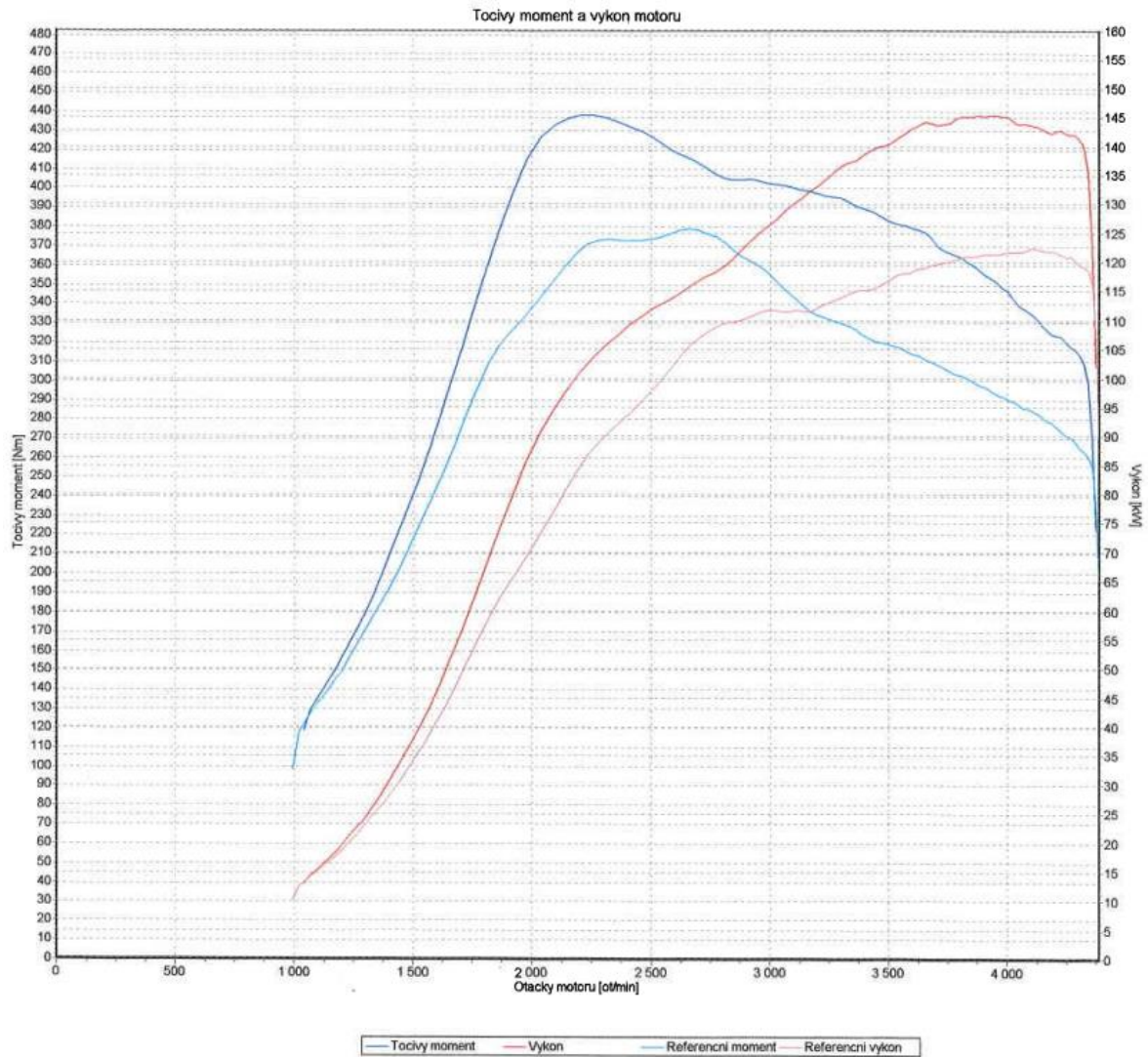


## OSVĚDČENÍ

### O SCHVÁLENÍ TECHNICKÉ ZPŮSOBILOSTI TYPU

Ministerstvo dopravy a spojů České republiky podle ustanovení § 19 zákona č. 56/2001 Sb., o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích a o změně zákona č. 168/1999 Sb., o pojištění odpovědnosti za škodu způsobenou provozem vozidla a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o pojištění odpovědnosti z provozu vozidla), ve znění zákona č. 307/1999 Sb. a prováděcích předpisů o schvalování technické způsobilosti a technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích **vydává osvědčení o schválení technické způsobilosti typu**

Příloha č. 2



Maximální točivý moment 438,32 Nm při 2260 ot/min, Maximální výkon 145,4kW při 3954 ot/min