



Zemědělská
fakulta
Faculty
of Agriculture

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky

Bakalářská práce

Měření výkonu motoru vybraných osobních automobilů na
válcové zkušebně

Autor práce: Jan Jirka, DiS.

Vedoucí práce: Ing. Radim Kuneš

České Budějovice

2021

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem autorem této kvalifikační práce a že jsem ji vypracoval pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Českých Budějovicích dne

.....
Podpis

Abstrakt

Cílem uvedené bakalářské práce bylo stanovit výkonové parametry motoru u vybraných osobních automobilů před a po provedení softwarové úpravy motoru tzv. chiptuning. Pro pokus byly vybrány tři osobní automobily (Škoda Octavia, Kia Ceed GT-line a Škoda Superb), u kterých se výkonové parametry motoru stanovily pomocí dynamometrů. U Škody Octavie bylo změřeno 94 kW a 301 Nm. Od továrních hodnot se dosáhlo zvýšení výkonu o 45 % a točivého momentu o 43 %. Při měření Kia Ceed GT-line byl stanoven výkon na 135,3 kW a 261 Nm. Zde byl zaznamenán nárůst výkonu motoru o 31 % a točivého momentu o 8 %. V případě Škody Superb byl naměřen výkon 162,6 kW a 445,4 Nm. U tohoto vozidla došlo taktéž ke zvýšení výkonu o 15 % a točivého momentu o 11,5 %. Závěrem lze říct, že hodnoty výkonu a točivého momentu se po provedení chiptuningu zvýšily.

Klíčová slova: Řídící jednotka motoru; palivová mapa; úprava výkonu motoru

Abstract

The aim of this bachelor thesis was to determine engine performance parameters for selected passenger cars before and after the implementation of the software modification of the engine called chiptuning. Three passenger cars were selected for the experiment (Škoda Octavia, Kia Ceed GT-line and Škoda Superb), for which engine performance parameters were determined using dynamometers. At Škoda Octavia 94 kW and 301 Nm were measured. From factory values, power and torque increased by 45% and 43% respectively. When measuring the Kia Ceed GT-line, the power was set at 135,3 kW and 261 Nm. There was an increase of 31% in engine power and 8% in torque. In the case of Škoda Superb, the power was measured at 162,6 kW and 445,4 Nm. This vehicle also had a 15% increase in power and 11,5% in torque. In conclusion, the power and torque values increased after the chiptuning.

Keywords: Engine control unit; fuel map; engine power adjustment

Poděkování

Děkuji vedoucímu práce Ing. Radimu Kunešovi za jeho cenné rady a připomínky.

Obsah

Úvod.....	8
1 Výkon spalovacích motorů	9
1.1 Fyzikální vlivy působící na výkon spalovacích motorů.....	9
1.1.1 Vliv teploty spalovaného vzduchu.....	9
1.1.2 Vliv tlaku spalovaného vzduchu.....	9
1.1.3 Vliv vlhkosti spalovaného vzduchu.....	9
2 Druhy výkonu motoru.....	10
2.1 Indikovaný výkon.....	10
2.2 Efektivní výkon.....	11
2.3 Ztrátový výkon.....	12
2.4 Jmenovitý výkon.....	13
2.5 Naměřený výkon.....	13
2.6 Redukovaný výkon.....	13
2.7 Maximální výkon.....	13
3 Točivý moment.....	14
4 Charakteristika spalovacích motorů.....	16
4.1 Otáčková charakteristika.....	16
4.1.1 Vnější otáčková charakteristika.....	16
4.1.2 Částečná charakteristika.....	17
4.1.3 Zatěžovací charakteristika.....	18
4.1.4 Úplná charakteristika.....	19
5 Způsoby měření výkonu u spalovacích motorů.....	20
5.1 Normativní požadavky.....	20
5.2 Metody měření a jejich rozdělení.....	21
5.3 Systémy zatěžování motoru při měření jeho výkonu.....	21
5.3.1 Dynamická metoda.....	21

5.3.2	Statická metoda.....	22
6	Úprava výkonu.....	23
6.1	Chiptuning.....	24
7	Zařízení pro měření výkonu motoru	25
7.1	Dynamometry.....	25
7.2	Elektrické dynamometry	30
7.2.1	Stejnoseměrné.....	30
7.2.2	Asynchronní.....	30
7.2.3	Synchronní	30
7.2.4	Vířivé	30
7.3	Válcové zkušebny	34
7.3.1	Požadavky na válcové zkušebny.....	34
7.3.2	Dělení válcových zkušeben	34
7.3.3	Základní funkce výkonového dynamometru	34
7.3.4	Princip simulace silnice na válcové zkušebně	35
7.3.5	Duoválcové dynamometry	35
7.3.6	Monoválcové uspořádání	37
7.3.7	Bezválcové dynamometry.....	38
7.4	Charakteristické znaky válcových zkušeben k přesnému zajištění výkonových parametrů	38
8	Cíl práce.....	39
9	Metodika měření	40
9.1	Škoda Octavia I.....	40
9.2	Kia Ceed GT-line	41
9.3	Škoda Superb	42
9.4	Příprava vozidel na měření.....	43
9.5	Příprava zkušebny a upevnění vozidla	43

9.6	Metodika statického měření a měření ztrátového výkonu	46
9.7	Metodika dynamického měření	46
9.8	Dynamometry použité při měření	47
9.8.1	Válcový dynamometr na VOŠ, SPŠ automobilní a technická	47
9.8.2	Válcový dynamometr Korpet s.r.o.	49
9.8.3	Válcový dynamometr DieselPower s.r.o.	50
10	Výsledky a diskuse	52
	Závěr	56
	Seznam použitých zdrojů	57
	Seznam obrázků	60
	Seznam tabulek	62
	Seznam použitých zkratk	63
	Přílohy	64

Úvod

Ode dne, kdy byl představen první spalovací motor, až po současnost uběhlo mnoho let a v průběhu času se motory modernizují a vyvíjejí. To je příčinou neustále se zvyšujících požadavků, co se týče jak výkonu, tak i ekologické stránky, proto se z měření výkonu motoru stal vědní obor. Za pomoci tohoto odvětví je možné porovnávat motory mezi sebou v celém spektru jejich vlastností. V historii se nekladly tak velké požadavky na přesnost měření, jako je tomu dnes. Bohužel výrobci vozidel museli přistoupit na tzv. down-sizing, jelikož Evropská unie klade vysoké nároky na emisní normy. Z tohoto důvodu musela být optimalizována účinnost samotného motoru, jeho spotřeba paliva i výkon. Z těchto důvodů bylo nutné zvýšit přesnost měření výkonu motoru, které odpovídají dnešním moderním postupům, jež jsou používány při výrobě současných motorů. V literární rešerši budou uvedeny jednotlivé druhy výkonu motoru, jeho otáčkové charakteristiky, normativní prvky a také typy dynamometrů. V praktické části bude zkoumán „fenomén“ posledních let, tzv. chiptuning. Na dynamometrech bude ověřováno, jak moc jsou tyto úpravy motorů efektivní. Na závěr této práce se provede diskuse nad naměřenými výsledky a zhodnotí se efektivnost úprav.

1 Výkon spalovacích motorů

„Výkon spalovacího motoru“ je v problematice spalovacích motorů zásadním pojmem charakteristiky motoru. Dle jeho velikosti jsme schopni určit jeho konkrétní využití. Výkon sám o sobě je skalární veličinou, která se obecně definuje jako práce za čas. Na velikosti výkonu se podílí celá řada faktorů. Mezi základní patří: druhy paliva, aktuální vlastnosti vzduchu a konstrukce motoru (VRASTYÁK, 2013; ČUPERA, 2012; MATAJZS, 2011).

1.1 Fyzikální vlivy působící na výkon spalovacích motorů

1.1.1 Vliv teploty spalovaného vzduchu

Důležitým vlivem všech spalovacích motorů je „plnicí účinnost“. Tento faktor podléhá teplotě nasávaného vzduchu, jelikož s měnící se teplotou nasávaného vzduchu se taktéž mění jeho hustota. Čím nižší je teplota nasávaného vzduchu, tím vyšší je jeho hustota, z toho vyplývá nerovnoměrné mísení směsi, což může způsobovat zhoršení kvality emisí. Na druhou stranu, když se zvyšuje teplota nasávaného vzduchu, tak se snižuje hustota, a to vede ke snížení plnicí účinnosti, což vede ke snížení výkonu motoru. Za rovnovážný stav považujeme hodnotu mezi těmito teplotními stavy (VRASTYÁK, 2013; JAN a kol., 2016).

1.1.2 Vliv tlaku spalovaného vzduchu

Výkon motoru přímo úměrně ovlivňuje tlak spalovaného vzduchu. Tohoto jevu využívají přeplňované motory. U přeplňovaných motorů při změně tlaku nasávaného vzduchu dokážeme měnit množství nasáté směsi a s rostoucím množstvím zásadně ovlivníme výkon motoru (VRASTYÁK, 2013; JAN a kol., 2016; MATAJZS, 2011).

1.1.3 Vliv vlhkosti spalovaného vzduchu

Dalším faktorem je vliv vlhkosti, který může negativně ovlivnit výkon spalovacího motoru. Pokud je po značnou dobu nasáván vzduch o vysoké vlhkosti, může docházet ke korozi, zejména ve spalovacím a výfukovém systému. Další problém spočívá v přebytečné vlhkosti, která způsobuje snížení podílu kyslíku ve směsi. Za možnou výhodu lze považovat chlazení spalovacího prostoru nebo redukování produktů, které vznikly nedokonalým spalováním (VRASTYÁK, 2013; JAN a kol., 2016; MATAJZS, 2011).

2 Druhy výkonu motoru

Výkon motoru je jedním z nejdůležitějších aspektů motoru. U spalovacího motoru neuvažujeme pouze o jednom druhu výkonu, ale vzhledem ke škále parametrů máme výkonů hned několik (VLK, 2001).

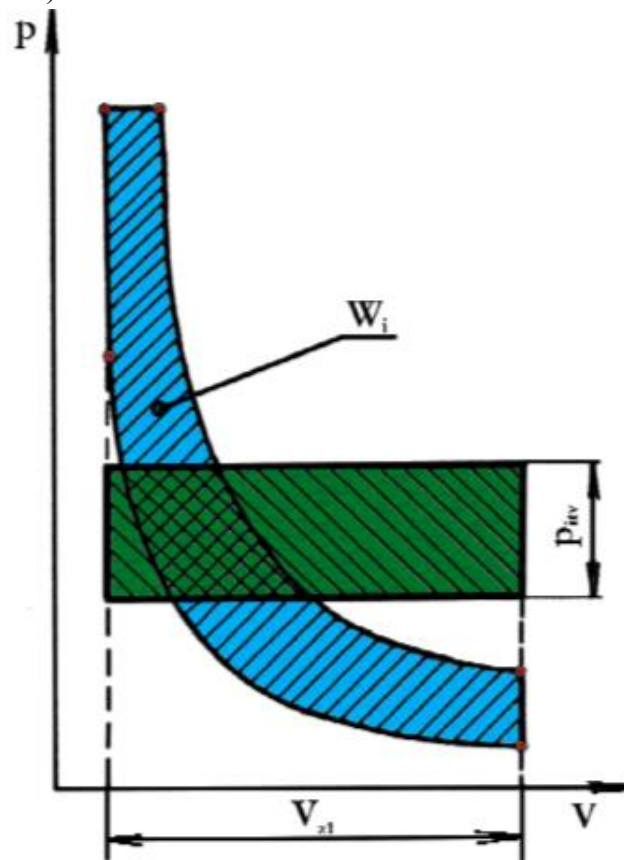
Obecný výkon je dán vztahem:

$$P = \frac{W}{t} \text{ [W]} \quad (1)$$

kde: W je práce [J] a t je čas [s].

2.1 Indikovaný výkon

Indikovaný výkon je takový, u nějž neuvádíme ztráty a získáváme jej z pracovního oběhu uvnitř válce motoru. Jeho velikost je úměrná součtu ploch indikátorových diagramů všech válců motoru. Díky indikátorovému diagramu oběhu spalovacího motoru a z jeho plochy získané indikované práce, jsme schopni určit indikovaný výkon spalovacího motoru (HLAVŇA a kol., 2000).



Obrázek 1: Indikovaná práce v P-V diagramu
(HLAVŇA a kol., 2000; JAN a kol., 2016)

Na obrázku 1 je vidět vztah a průběh práce plynů ve válci motoru, naznačený v indikátorovém diagramu. Na grafu jasně vidíme kladnou a zápornou práci v průběhu celého oběhu, které ve výsledku dávají indikovanou práci W_i . V grafu je tato práce znázorněna modrou barvou. To samé lze vyjádřit součinem středního indikovaného tlaku P_{it} a zdvihového objemu V_{zl} , v grafu je toto znázorněno zelenou barvou (HLAVŇA a kol., 2000).

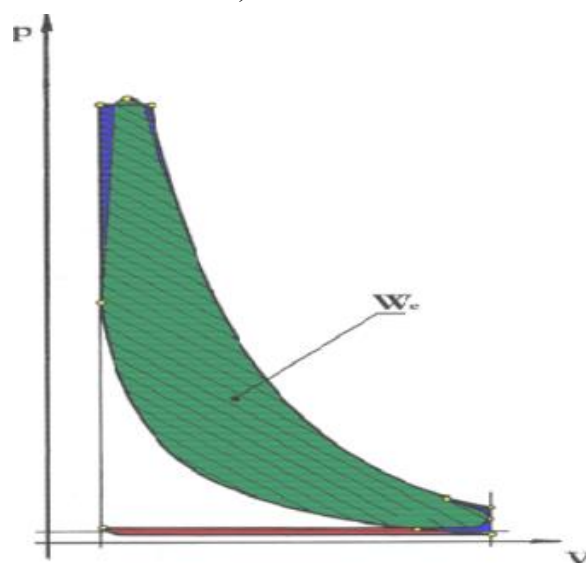
Indikovaný výkon je vyjádřen pomocí vzorce:

$$P_i = \frac{W_i}{t} [\text{W}] \quad (2)$$

kde: W_i je indikovaná práce [J] a t je čas [s]

2.2 Efektivní výkon

Efektivní výkon, jinak užitečný výkon, je takový výkon, který může motor využít prostřednictvím klikové hřídele. Jeho velikost je zmenšená oproti výkonu indikovanému, z důvodu ztráty způsobené třením pohyblivých částí motoru, dále o ztráty následkem pohonu pomocných zařízení motoru, o hydraulické ztráty a o ztráty způsobené výměnou náplně válců. Pakliže označíme celkový ztrátový výkon P_x , bude následně rozdíl indikovaného výkonu P_i a celkového ztrátového výkonu P_x roven efektivnímu výkonu na klikové hřídeli (HLAVŇA a kol., 2000).



Obrázek 2: P-V diagram s vynesemím efektivní práce (HLAVŇA a kol., 2000; JAN a kol., 2016)

V P-V diagramu na obrázku 2 je znázorněn vztah mezi efektivní pracovní dobou (zelená barva) a prací potřebnou na výměnu náplně válce (červená barva). Modrá barva znázorňuje odchylky skutečného oběhu od výpočtového (HLAVŇA a kol., 2000; JAN a kol., 2016).

2.3 Ztrátový výkon

V souvislosti s tímto výkonem mluvíme o odporech proti pohybu součástí spalovacího motoru, ale také o příkonech pomocných zařízení motoru, důležitých pro jeho činnost a funkci jako například:

- Elektrická zařízení
- Rozvodový mechanismus
- Mazací systém
- Vývodový hřídel
- Zařízení přeplňování
- Klimatizace

Tyto ztráty jsou ve většině případů vyjádřeny pomocí mechanické účinnosti, která je poměrem efektivního a indikovaného výkonu.

Ztrátový výkon je dán vztahem:

$$\eta_m = \frac{P_e}{P_i} = \frac{p_e}{p_i} = \frac{\eta_e}{\eta_i} \quad (3)$$

kde: P_i je indikovaný výkon (kW), P_e je efektivní výkon (kW), p_e je střední efektivní tlak (MPa), p_i je střední indikovaný tlak (MPa), η_e je efektivní účinnost a η_i je indikovaná účinnost

Hodnoty mechanické účinnosti pro vznětové motory se pohybují $\eta_m = 0,70 - 0,87$ a pro zážehové motory se pohybují $\eta_m = 0,75-0,92$. U vznětových motorů jsou mechanické ztráty vyšší, protože mají vyšší spalovací tlaky (ČERNOHOUS, 2013; RAMPÁČEK, 2012).

2.4 Jmenovitý výkon

Jmenovitý výkon je takový výkon, ke kterému se nám výrobce zavazuje na štítku motoru. Dále je to průměrný čistý výkon daný pro typický motor, pro model motoru měřený dle standartu ISO 1585. Motory, které se vyrábějí v sérii, se mohou od této hodnoty odlišovat. Reálný výkon motoru, který je nainstalovaný v daném stroji, se bude lišit dle okolních podmínek a jeho provozní rychlosti (GARDENTECH, 2021).

2.5 Naměřený výkon

Zde se mluví o výkonu, který jsme naměřili na klikovém hřídeli motoru v určitých podmínkách. Je nutné nezaměňovat tento výkon se ztrátovým, který se označuje také P_z , zde v tomto případě přirozeně zařadíme do výpočtu ztráty výkonu, které jsou na převodovém ústrojí automobilu a jeho valivé odpory (HLAVŇA a kol., 2000; VÁVRA, 2019).

2.6 Redukovaný výkon

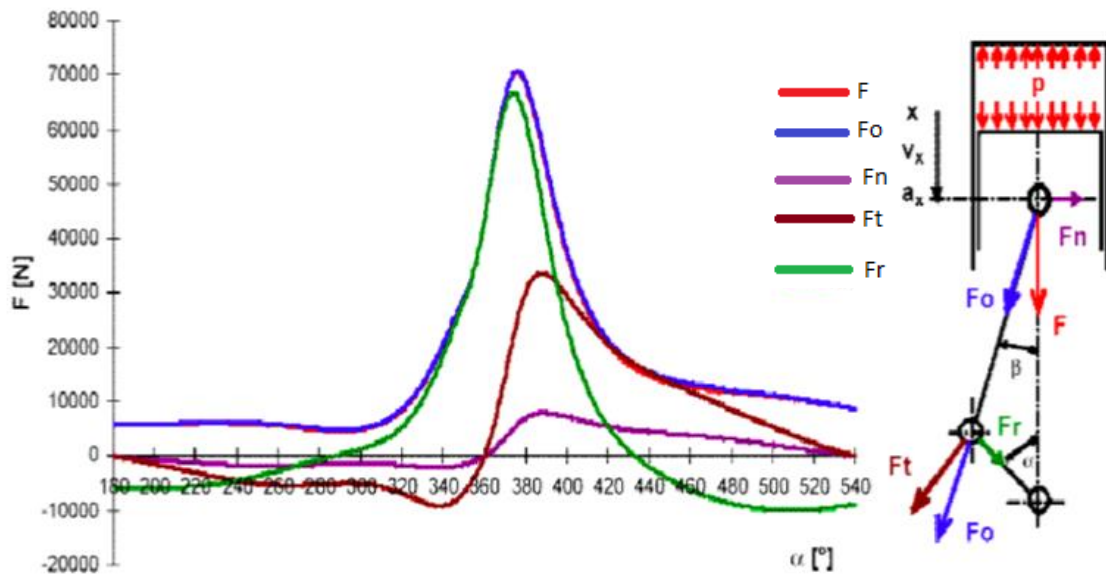
Redukovaný výkon, jinak přepočtený výkon, je takový výkon, který se získává přepočtením naměřeného efektivního výkonu v určitých podmínkách na podmínky jmenovité. Tyto podmínky mají svoji normu. Redukovaného výkonu lze dosáhnout použitím korekčního činitele, kterým se výsledné hodnoty násobí. Tento korekční součinitel má také svoji normu (HLAVŇA a kol., 2000; VÁVRA, 2019).

2.7 Maximální výkon

Maximální výkon motoru je takový výkon, kterého lze za daných podmínek s motorem dosáhnout na základě jeho konstrukce a udržet jej bez vedlejších vlivů, jako je mechanické a tepelné opotřebení. Musí ovšem platit, že motor před tím i potom bude trvale zatížen dle podmínek pro jmenovitý výkon motoru (HLAVŇA a kol., 2000; BLATA a kol., 2019).

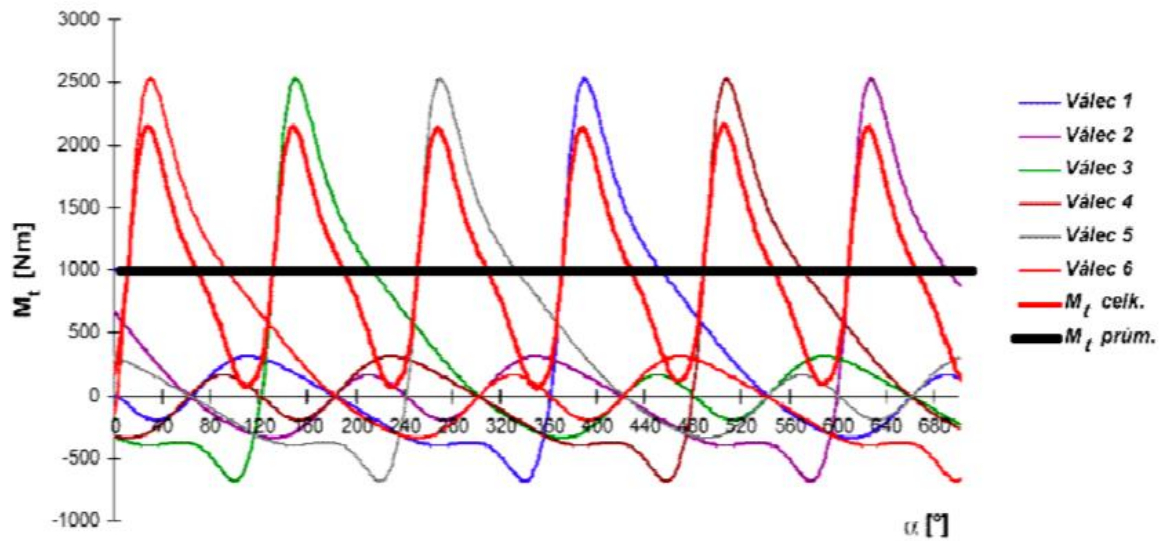
3 Točivý moment

Točivý (krouticí) moment motoru M_t je definován jako moment vyvozený motorem na hnací 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 (HLAVŇA a kol., 2000).



Obrázek 3: Velikost sil v klikovém ústrojí během pracovního cyklu, vznik točivého momentu od síly F_t na rameni r (HLAVŇA a kol., 2000)

Z obrázku 3 lze vyčíst, že velikost točivého momentu M_t a síly F_t se mění napříč celým pracovním cyklem. Měří se úhel natočení kliky a velikost síly F .



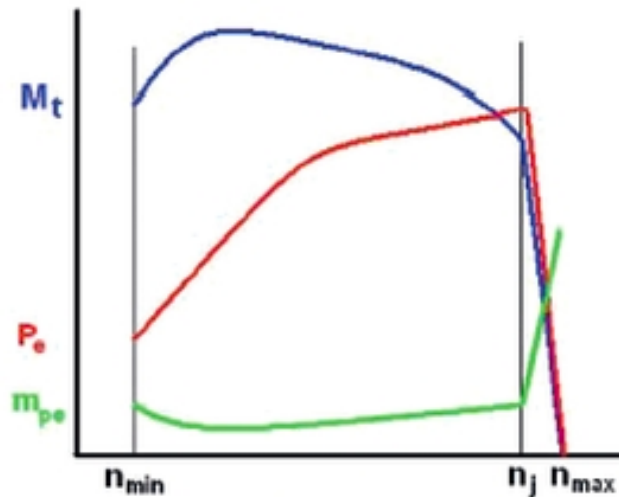
Obrázek 4: Průběh točivého momentu jednotlivých válců motoru, celková hodnota a průměrná hodnota točivého momentu motoru (HLAVŇA a kol., 2000)

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.

Z obrázku 4 zaznamenávajícího průběh točivého momentu jednotlivých válců jsou patrné značné rozdíly hodnot točivých momentů jednotlivých válců v průběhu pracovního cyklu (HLAVŇA a kol., 2000).

4 Charakteristika spalovacích motorů

Z důvodu potřeby zkoumat, prověřovat kritéria spalovacích motorů byly zavedeny tzv. charakteristiky spalovacích motorů. Nejčastěji jsou představovány v podobě grafů. Nejvíce se zde pracuje s proměnnými výkon P_e , točivý moment M_k , střední efektivní tlak P_e , otáčky n , měrná spotřeba paliva m_{pe} , hodinová spotřeba paliva M_p atd., jak můžeme vidět na obrázku 5 (VÁVRA, 2019).



Obrázek 5: Příklad otáčkové charakteristiky motoru (VÁVRA, 2019)

4.1 Otáčková charakteristika

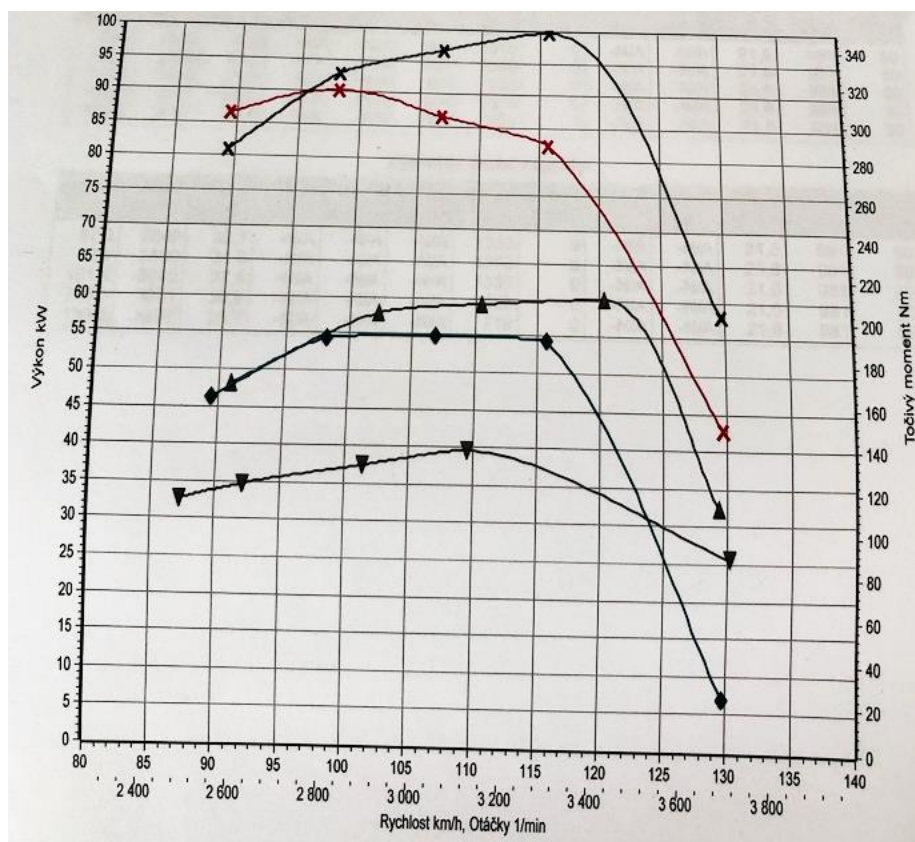
Jedná se o nejvíce používanou charakteristiku v automobilismu (obrázek 5). V minulosti byla také označovaná jako rychlostní. Zde se uvádí vzájemné vztahy výkonu motoru na jeho otáčkách při neměnném nastavení pedálů akcelérátoru, který řídí výkon motoru (VÁVRA, 2019; ČUPERA, 2016).

4.1.1 Vnější otáčková charakteristika

Podstatou této charakteristiky je správné nastavení pedálu plynu na maximální hodnotu v celém rozsahu otáček. Na základě množství dodávaného paliva rozlišujeme tuto charakteristiku na:

- Na hranici kouřivosti – tuto charakteristiku používají vývojáři při vývoji vstřikovacích systémů, charakteristika udává mezní dávku paliva, která je na hranici kouřivosti v jednotlivých otáčkách.

- Provozní – je to charakteristika, která je nastavena na určité provozní podmínky motoru jako je spotřeba, hlučnost atd (HLAVŇA a kol., 2000; VÁVRA, 2019).



Obrázek 6: Vnější otáčková charakteristika motoru Škoda Octavia 2.0 TDI 110 Kw (AUTOR)

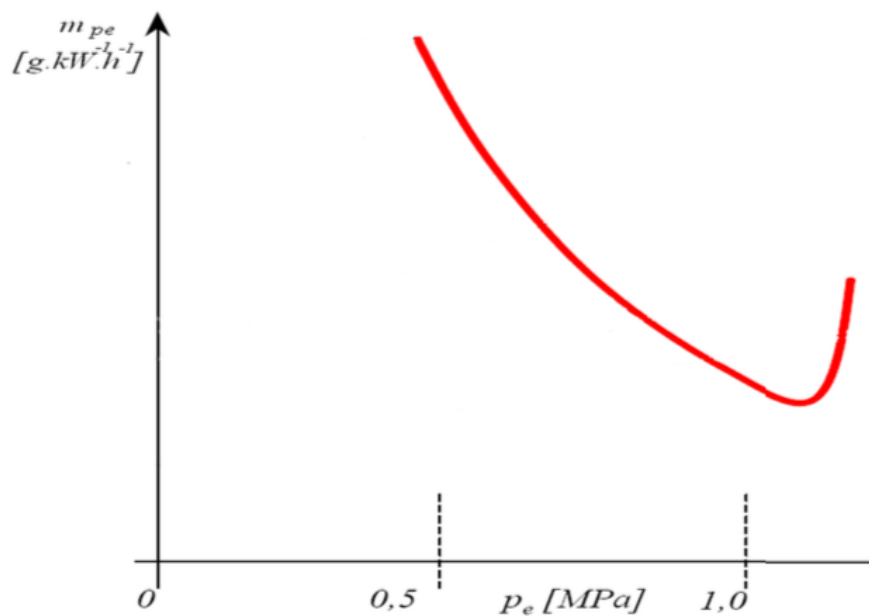
Na obrázku číslo 6 vidíme vnější otáčkovou charakteristiku stanovenou pro Škodu Octavii třetí generace s motorem 2.0 TDI. Na obrázku jsou vidět závislosti rychlosti na výkonu a otáček motoru na točivém momentu.

4.1.2 Částečná charakteristika

Podobá se průběhem vnější provozní charakteristice, ale odlišuje se velikostí nastavení pedálu plynu regulujícího výkon motoru. Částečná charakteristika platí i pro stálou polohu pedálu plynu regulující výkon motoru v celém otáčkovém rozsahu, ale její hodnota je nižší než maximální (VRASTYÁK, 2013; ČUPERA, 2012; JAN a kol., 2016).

4.1.3 Zatěžovací charakteristika

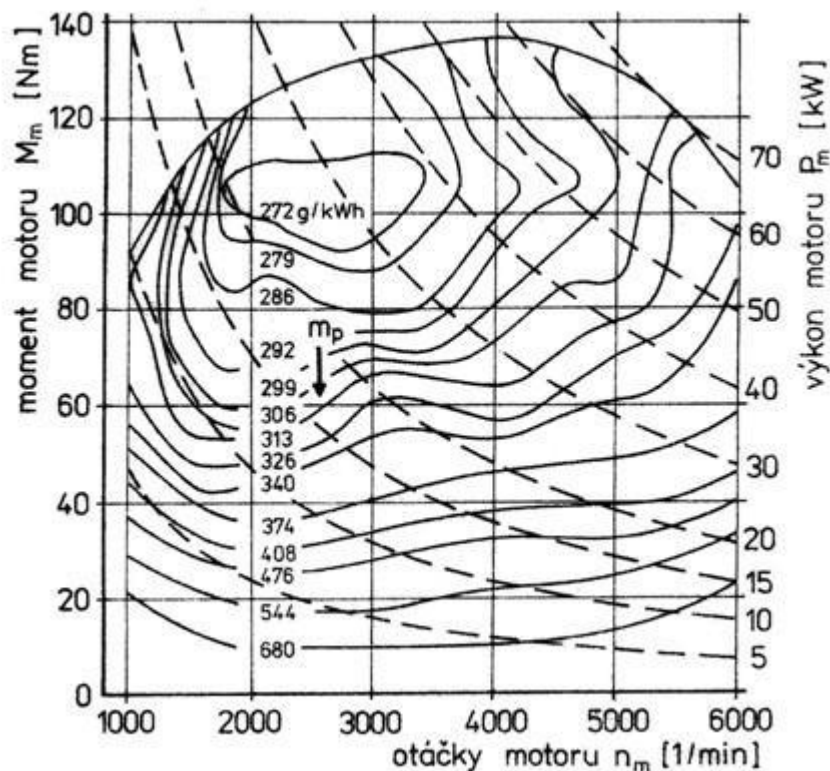
Zatěžovací charakteristiky se zjišťují při zkušebním provozu spalovacích motorů, přičemž se udržují stálé otáčky, ale mění se zátěžový moment s minimálními hodnoty na maximální, pomocí změny pedálu plynu regulující výkon motoru. Sleduje se ve většině případů spotřeba, popřípadě další veličiny. Slouží k posuzování stacionárních motorů, motorů kolejových vozidel a jako podklad pro stavbu úplné charakteristiky motoru. Příklad je uveden na obrázku 7 (HLAVŇA a kol., 2000; VÁVRA, 2019).



Obrázek 7: Zátěžová charakteristika motoru (HLAVŇA a kol., 2000; VRASTYÁK, 2013)

4.1.4 Úplná charakteristika

Na celkové posuzování spalovacích motorů z hlediska výkonu, točivého momentu, spotřeby, teplot atd. se v praxi používá úplná charakteristika (obrázek 8). V jednom grafu zobrazuje několik závislostí současně pomocí průsečíkových diagramů. Tuto charakteristiku nelze získat měřením ani výpočtem přímo, je sestavená ze ztrátové nebo otáčkové charakteristiky. Jako další záznam o motoru je jeho spotřeba paliva. Pro výpočet se používá měrná spotřeba vyznačena v úplné charakteristice motoru. (ČUPERA, 2003; Heřmanová, 2017).



Obrázek 8: Úplná charakteristika spalovacího motoru (ČUPERA, 2003)

Na obrázku 8 vidíme úplnou charakteristiku spalovacího motoru. Z obrázku můžeme vyčíst, kdy daný motor bude nejefektivnější, co se týče měrné spotřeby paliva (m_p). Náš motor bude nejefektivnější při $3\,000\text{ ot}\cdot\text{min}^{-1}$, 100 Nm a cca 60 kW . Za těchto podmínek je měrná spotřeba paliva nejmenší.

5 Způsoby měření výkonu u spalovacích motorů

5.1 Normativní požadavky

Pro získání charakteristiky motoru se měření nejčastěji provádí na válcových a motorových zkušebnách. Metodika pro měření spalovacích motorů podléhá daným standardům. To zajišťují národní a mezinárodní normy. Norma ČSN 30 2008 platí pro automobilové spalovací motory, které nemají přeplňování, ale i pro ty, co jsou vybavené mechanickým kompresorem (zážehové, vznětové, více palivové, plynové) a udává metody zkoušení na válcových zkušebnách, kde se určují charakteristiky motorů.

- Při plné dávce paliva
- Při částečné dávce paliva
- Při chodu na volnoběh

ISO 1585 je mezinárodní forma, která stanovuje metody pro testování spalovacích motorů určené pro osobní vozidla. Tato norma platí při zhodnocování výkonnosti motoru a následné prezentaci výkonnostní křivky a spotřeby paliva při plném zatížení. Dále platí pro stanovení čistého výkonu motoru. Týká se to spalovacích motorů s vnitřním spalováním, který je určen pro osobní vozidla a jiná motorová vozidla, včetně motocyklů, mopedů a zemědělských traktorů, normálně využívaná na komunikaci a jsou obsažená v jedné z těchto kategorií:

- Pístové spalovací motory, s výjimkou motoru s volnými písty
- Rotační pístové motory

Tyto motory mohou být jak atmosférické, tak přeplňované, ať už pomocí turbodmychadla, nebo kompresoru (ISO 1585, 2006; ČSN 30, 2008; MIKULÁŠEK, 2014).

5.2 Metody měření a jejich rozdělení

U moderních automobilů se v současné době stále zvyšují požadavky na motory v obecném měřítku, proto se metody pro měření jejich výkonu neustále vyvíjejí a zlepšují. Následně se vyvinuly jednotlivé metody měření výkonu pro získání požadovaných veličin.

a) Dynamická metoda

- Motor je nainstalován ve vozidle
 - Měření úhlového zrychlení setrvačných hmot válcové zkušebny
 - Měření úhlového zrychlení klikového hřídele – volná akcelerace

b) Statická metoda

- Motor je upevněn na zkušebním zařízení
 - Měření výkonu na klikovém hřídeli
- Motor je namontován ve vozidle
 - Měření na obvodu hnacích kol (TRPÍK, 2009)

5.3 Systémy zatěžování motoru při měření jeho výkonu

5.3.1 Dynamická metoda

Při použití této metody měření je možno vykreslovat křivky výkonu a točivého momentu, které závisejí na otáčkách motoru (obrázek 9). Při tomto typu měření systém brzdy udává odpor otáčejícím se součastem motoru. Moment setrvačnosti je přesně stanoven výrobcem, dále je k této zkoušce nutno zadat co nejpřesnější moment setrvačnosti měřeného motoru, ale bohužel tato hodnota je velice často neznámá. Naštěstí jsme schopni tuto hodnotu určit tzv. doběhovou zkouškou nebo měřením ztrát v převodovém ústrojí (ČUPERA, 2012; RAMPÁČEK, 2012).



Obrázek 9: Graf otáčkové charakteristiky během dynamické zkoušky (CHIPTUNING, 2017)

Na obrázku 9 vidíme graf po měření výkonu dynamickou metodou. Modrou barvou je znázorněn výkon motoru, červeně je znázorněn točivý moment a zelenou barvou je vyznačen ztrátový výkon. V obrázku jsou dva typy čar: plná a čárkovaná. Plná nám značí změřený výkon a točivý moment po SW úpravě motoru a čárkovaná nám ukazuje původní hodnoty motoru před SW úpravou motoru.

5.3.2 Statická metoda

Tato metoda měření výkonu je založena na principu zjištění velikosti síly, která působí při brzdění válce na určitém rameni. Při tomto měření se určují hodnoty výkonu motoru a momentu v předem stanovených bodech. Motor udržujeme v konstantních otáčkách během měření, k tomu nám pomáhá elektromotor brzdy, která vytváří potřebný brzdny účinek. Výhoda této metody spočívá v přesnosti oproti dynamickému měření, další velkou výhodou je, že při měření můžeme mezi sebou porovnat obě metody a ověřit hodnotu mechanické setrvačnosti uvedenou při dynamickém měření (ČUPERA, 2012; RAMPÁČEK, 2012).

6 Úprava výkonu

Účelem tuningu motoru je v první řadě zvýšení parametru výkonu, kterého můžeme dosáhnout pouze dvěma způsoby. Jedním způsobem je, že zvýšíme účinnost motoru. Druhý, více užívaný způsob je, že do motoru za určitý čas přivedeme více vzduchu a paliva a při jeho spalování se uvolní více energie. Oba způsoby jsou si velmi blízké a dost často se ovlivňují.

První způsob je atraktivní. Měl by dovolit zvýšit výkon motoru bez toho, aniž by byla ovlivněna spotřeba paliva v negativním směru. Tímto způsobem málo kdo upravuje motor z důvodu složitosti jeho přestavby. Většina úpravců využije druhý zmíněný způsob úpravy výkonu motoru, tj. přivést do motoru více vzduchu a paliva za určitý čas. Nyní se nabízí otázka, jak dodat motoru více paliva a vzduchu.

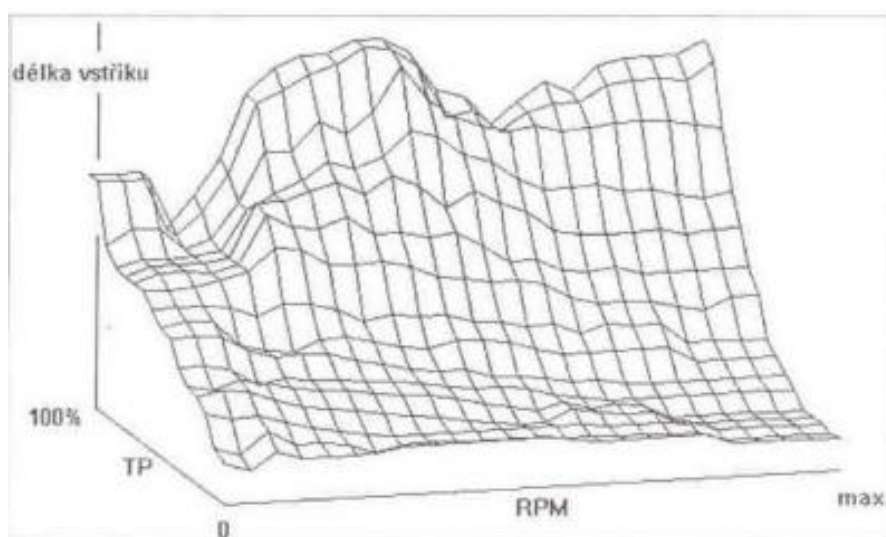
Zde jsou způsoby:

- Přeplnit motor kompresorem nebo turbodmyčadlem
- Změna časování na ventilech
- Snížit odpor v sání a výfuku
- Změna vrtání
- Zvýšení zdvihového objemu
- Zmenšení tření
- Zvýšení kompresního poměru
- Zvýšení otáček motoru

Veškeré tyto změny na motoru jsou náročné a je nezbytné tyto úpravy vhodně kombinovat, abychom dosáhli požadovaného účinku. Motor je ve své podstatě technicky náročný a každá součást v motoru je závislá na jiné, aby vše fungovalo, tak jak má, proto není možné změnit objem motoru bez toho, aniž by nebylo upraveno časování rozvodů nebo sání pro příjem většího objemu vzduchu. Nakonec je potřeba vše zakončit úpravou softwaru řídicí jednotky (ŘJ) motoru, čímž se dostáváme k pojmu chiptuning (STÝBLO, 2009).

6.1 Chiptuning

Tato softwarová úprava řídicí jednotky motoru je velice prostá. V automobilu je nainstalovaný počítač rovněž ŘJ motoru, která řídí motor, vyhodnocuje údaje z čidel umístěných na součástech motoru (množství nasávaného vzduchu, poloha akcelerátoru, otáčky motoru, tlak v sání, kyslíkové sondy atd.). V počítači se nachází paměťový čip. V paměti tohoto čipu jsou uloženy všechny hodnoty, které k naměřeným vstupním veličinám přiřadí veličiny výstupní (dávka paliva, předstih, nastavení lopatek dmychadla). Tyto hodnoty se jinak nazývají jako motorové mapy, viz obrázek 10. Tento čip je daným úpravcem buďto nahrazen za čip, který se dá programovat, nebo u novějších vozidel už jsou tyto čipy programovatelné z výroby. Následně se do jejich paměti nakopírují pozměněná data, tj. nové palivové mapy (STÝBLO, 2009).



Obrázek 10: Základní palivová mapa (VALDMAN, 2012)

Na obrázku 10 vidíme základní palivovou mapu, která zobrazuje závislost mezi polohou akcelerátoru (TP) a délkou vstříku paliva pro různé otáčky motoru (RPM).

Jiný zdroj uvádí, že chiptuning je optimalizace software v ŘJ motoru a její nastavení. Úpravou lze docílit navýšení výkonu až o 35 % a točivého momentu až o 40 %. Pokud jde o spotřebu paliva, zde dochází ke snížení až o 15 %, ovšem pro každý motor máme různé nastavení ŘJ, takže se čísla budou lišit.

Mezi hlavní výhody chování vozu po úpravě ŘJ patří pružnější chod motoru, vyšší reakce na plynový pedál při akceleraci, točivý moment od nižších otáček. Dále zvýšená bezpečnost při předjíždění, zvýšený komfort při jízdě, nemusí se tak častěji přerazovat (AUTOCHIP, 2019; BITPOWER, 2016).

7 Zařízení pro měření výkonu motoru

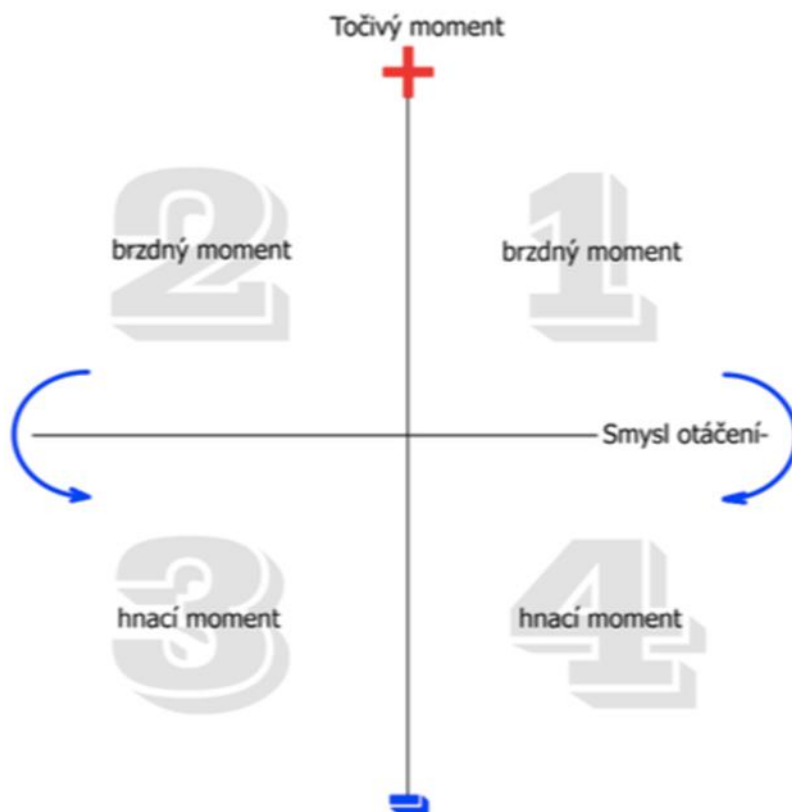
7.1 Dynamometry

Mechanický výkon je taková veličina, která se nedá přímo měřit. Stavuje se na základě veličin při rotačním pohybu a odečtem hodnot na klikovém hřídeli při měření na motorovém dynamometru nebo na kole, pokud se měření realizuje na válcovém dynamometru. Pohybující se součásti přenášejí výkon, který se určí ze vztahu:

$$P = M \cdot \omega \text{ [W]} \quad (4)$$

Kde: M [Nm] je točivý moment a ω [$\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$] je úhlová rychlost

Výkon můžeme zjistit měřením točivého momentu a otáček. Při měření točivého momentu se využívá deformačních členů. Moment síly namáhá měřicí člen, který převádí napětí na deformaci a výsledná hodnota je převedena na sílu. Pro určení síly je nutné zároveň měřit otáčky klikové hřídele. K měření výkonu jsou určeny speciální stroje (dynamometry). Tato zařízení vytváří stejnou výši momentu, jakou generuje spalovací motor, pouze má opačný smysl působení. Silové působení momentu dělí dynamometry na dva základní typy, a to ty, které pouze brzdí, a ty, které mohou i pohánět. Volba daného typu záleží jak na ekonomické stránce, tak i na schopnostech změny pracovního kvadrantu, jelikož všechny typy nedokážou pracovat ve všech kvadrantech současně viz obrázek 10 (ČUPERA, 2012; VLK, 2001; MATAJZS, 2011).

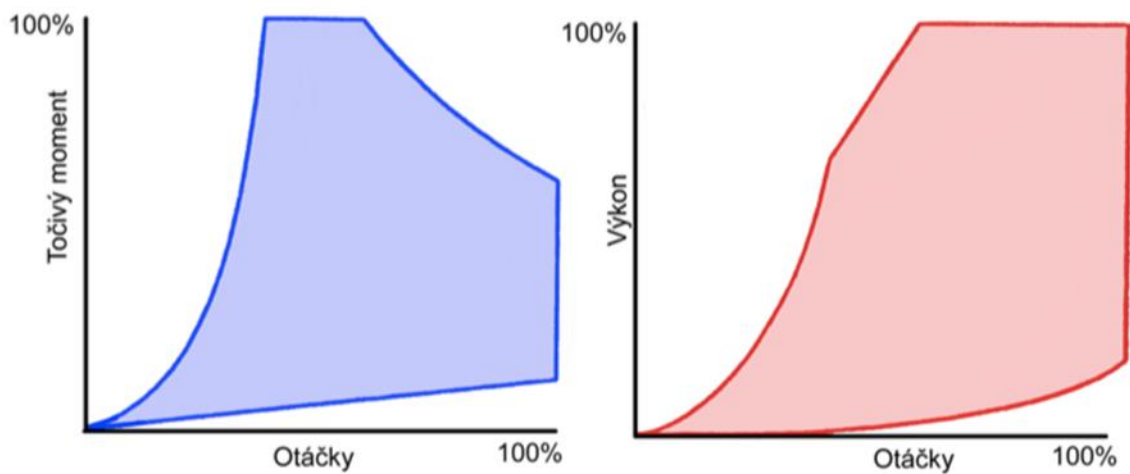


Obrázek 11: Kvadranty dynamometru (ČUPERA, 2012)

Tabulka 1: Pracovní kvadranty pro jednotlivé typy dynamometrů (ČUPERA, 2012)

Typ dynamometru	Pracovní kvadrant
Hydraulický (hydrokinetický)	1 nebo 2
Hydrostatický	1, 2, 3, 4
Elektrický stejnosměrný	1, 2, 3, 4
Elektrický asynchronní	1, 2, 3, 4
Vířivý	1 nebo 2
Třecí	1 nebo 2
Vzduchový	1 nebo 2

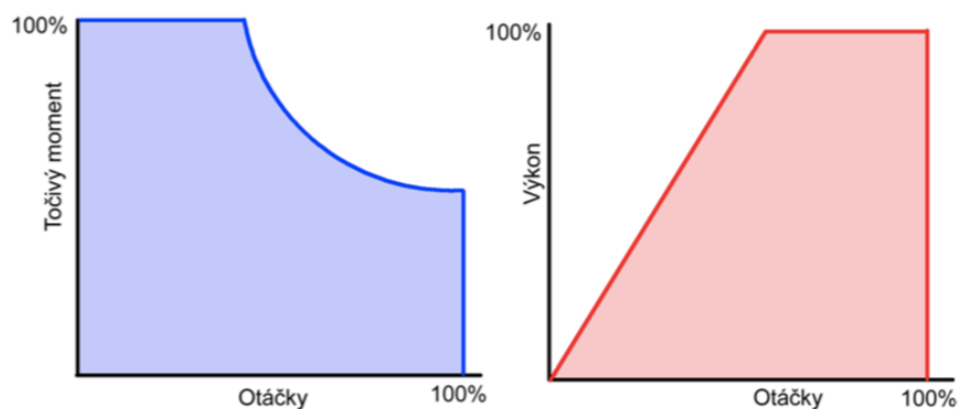
Dalším rozlišovacím znakem mezi dynamometry je momentová a výkonnostní charakteristika (obrázek 12, 13). Ty se liší např. u hydraulických a elektrických dynamometrů, jakožto nejrozšířenějších na trhu (ČUPERA, 2012).



Obrázek 12: Momentová a výkonnostní charakteristika hydraulického dynamometru (ČUPERA, 2012)

Křivka charakteristiky má limity, které jsou v případě hydraulického dynamometru způsobeny:

- Růst momentu s kvadrátem rychlosti
- Konstrukční limit stroje
- Maximální limitovaný výkon chlazením
- Maximálně přípustné otáčky
- Minimální moment způsobený nutným minimem průtoku vody (ČUPERA, 2012)



Obrázek 13: Momentová a výkonnostní charakteristika elektrického dynamometru (ČUPERA, 2012)

Limity pro elektrické dynamometry jsou dány:

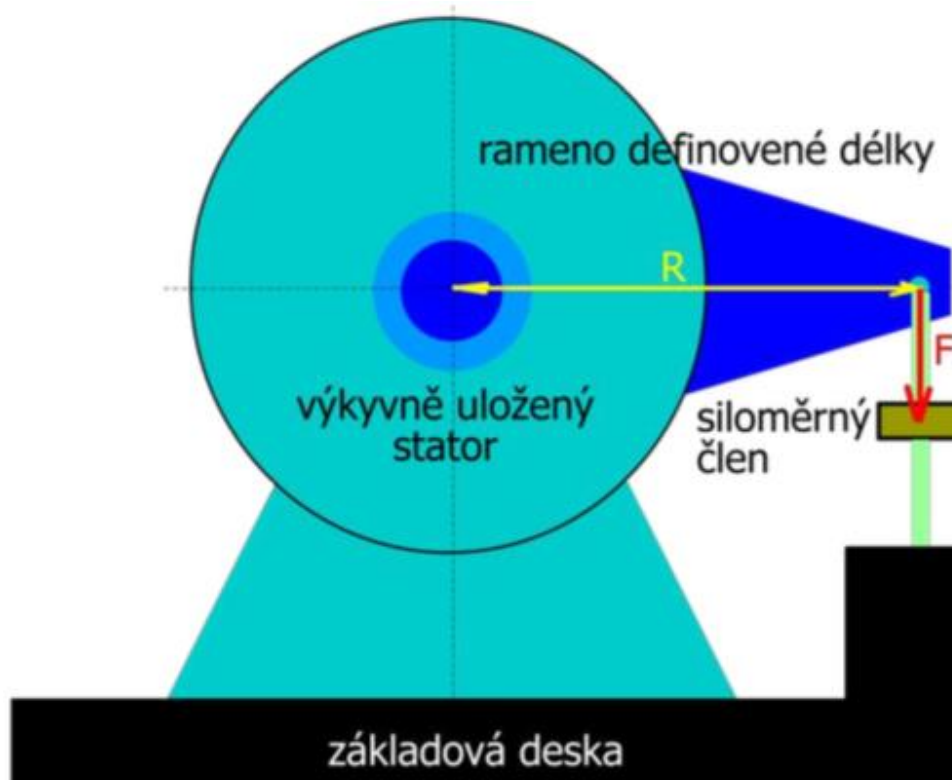
- Maximální hodnotu buzení
- Maximální hodnotu výkonu dynamometru
- Maximální otáčky

Při znalosti M a P charakteristiky se můžeme rozhodnout, kterou optimální variantu dynamometru necháme nainstalovat, Většinou je instalace zadána specializované firmě.

Principy měření jsou dva:

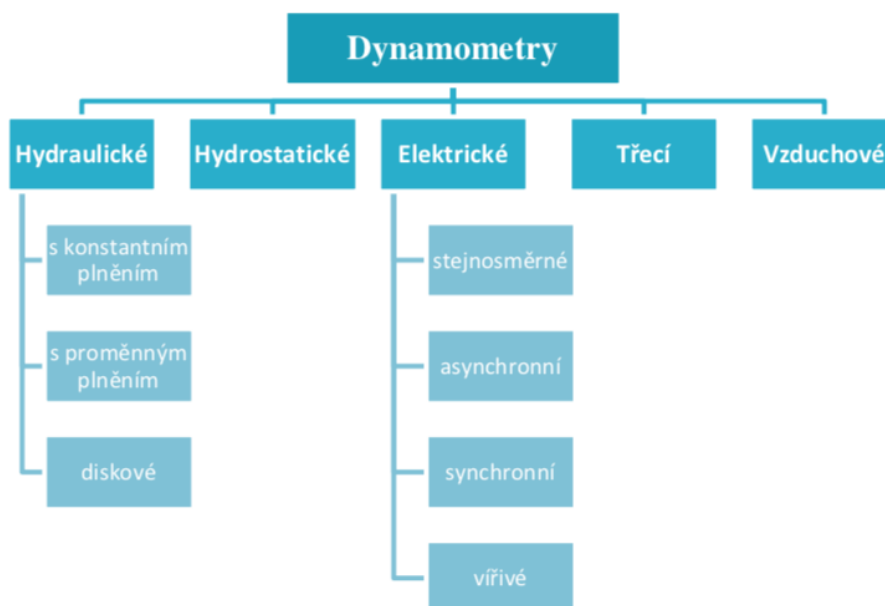
- Reakční – moment je měřen na rameni, které je spojeno s dynamometrem.
Tento způsob se používá nejčastěji z důvodu nižší ceny.
- Tenzometrickou přírubou – měřící člen je vložen mezi dynamometry a měřený motor

Vysvětlení principu měření síly (obrázek 14) je možné promítnout na podobnou aplikaci – uložení motoru v karosérii vozidla. Spalovací motor generuje točivý moment, který je přes klikovou hřídel a transmisi přenášen na kola vozidla (ČUPERA, 2012; VLK, 2001).



Obrázek 14: Princip měření na dynamometru (ČUPERA, 2012; JAN a kol., 2016)

Ovšem stejný moment je zachytáván uložením motoru, pouze s opačným smyslem. U dynamometru se v místě uložení, jehož rameno je známé délky od osy, nachází siloměrný prvek (ČUPERA, 2012; VLK, 2001).



Obrázek 15: Rozdělení dynamometrů (ČUPERA, 2012)

7.2 Elektrické dynamometry

7.2.1 Stejnoseměrné

Tyto dynamometry si můžeme představit jako dynamo, které je uloženo kyvně. Obvykle je řízení dynamometru řešeno prostřednictvím tyristorového měniče za střídavého proudu. Moment stejnosměrného dynamometru je regulován proudem kotvy a magnetickým tokem, tedy i budicím proudem. Mezi výhody tohoto typu dynamometru patří jednoduchá regulace, lze jím také motor nastartovat a protáčet. Je levnější variantou asynchronních dynamometrů, navíc v režimu brždění dokáže energii rekuperovat a lze jí vracet zpět do sítě. Za nevýhodu se považuje poměrně vysoký moment setrvačnosti, který bývá problematický z hlediska torzních vibrací. Dále ho limitují maximální otáčky a poměrně drahá údržba motorů (ČUPERA, 2012).

7.2.2 Asynchronní

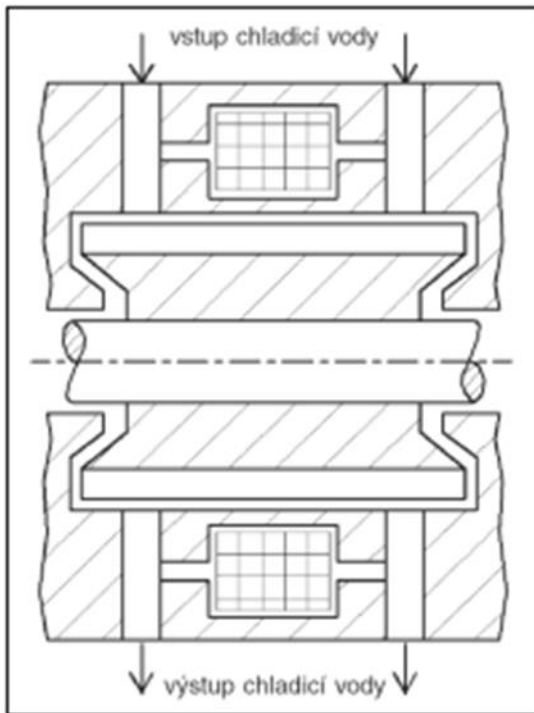
Ve své podstatě jsou tyto dynamometry střídavé pohony s kotvou na krátko. Regulátor je ve většině případů schopný pracovat ve všech kvadrantech. Frekvenční měnič reguluje otáčky a momentová regulace se provádí tranzistorovými regulátory. Ve většině případů se regulace provádí tzv. vektorovým řízením, které má určité „chytré“ schopnosti, které se navíc zpřesní zpětnou vazbou o skutečnou hodnotu otáček (ČUPERA, 2012; VLK, 2001).

7.2.3 Synchronní

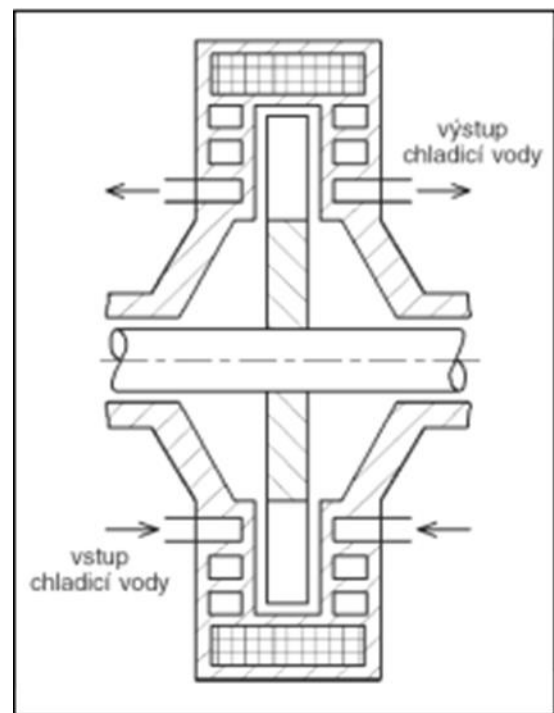
Toto řešení dynamometrů se začalo využívat až v posledních letech, z důvodu procesorového řízení. Za použití těchto typů dynamometrů lze měřit vysoce dynamické jevy, neboť změny momentu dosáhneme ve velice krátkém čase (1 ms). Rychlost otáčení je omezena mechanickými schopnostmi stroje (VLK, 2001).

7.2.4 Vířivé

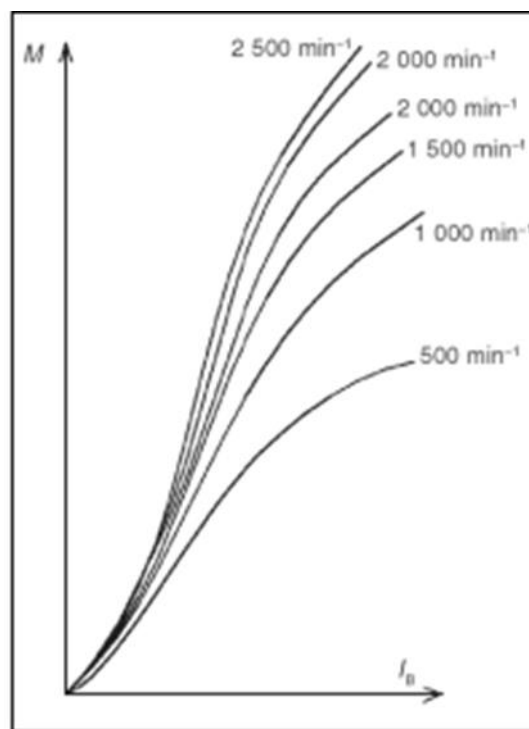
Tento typ je nejrozsáhlejší díky jednoduché konstrukci a dostačujícím vlastnostem. Vířivá motorová brzda je elektricky se otáčející stroj, který se využívá pro zatěžovací zkoušky pohonných jednotek. Otáčkový rozsah je poměrně vysoký, na trhu jsou brzdy pro otáčky až do $20\,000\text{ ot}\cdot\text{min}^{-1}$. Maximální brzdné výkony se pohybují kolem $3\,000\text{ kW}$. Když zvážíme vlastnosti vířivé motorové brzdy, tak nejčastější použití je pro zkušební zatěžování spalovacích motorů a pro brždění válců při zkouškách motorových vozidel. V současnosti bývají tyto brzdy součástí automatizovaných zkušeben a měřicích pracovišť (VLK, 2005; MATAJZS, 2011).



Obrázek 18: Konstrukční řešení vířivé brzdy s radiální vzduchovou mezerou (NOVÁK, 2020)



Obrázek 17: Konstrukční řešení vířivé brzdy s axiální vzduchovou mezerou (NOVÁK, 2020)

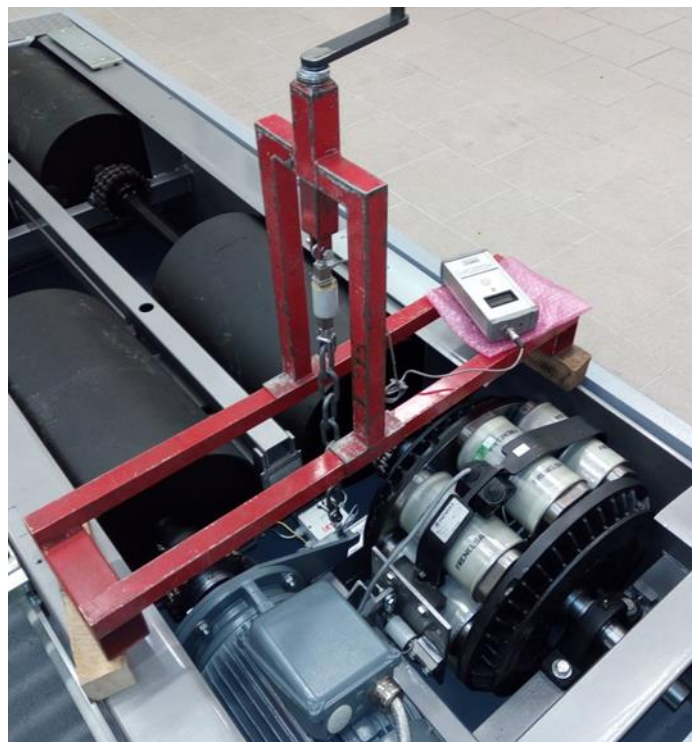


Obrázek 16: Závislost brzdného momentu vířivé brzdy na budicím proudu (NOVÁK, 2020)

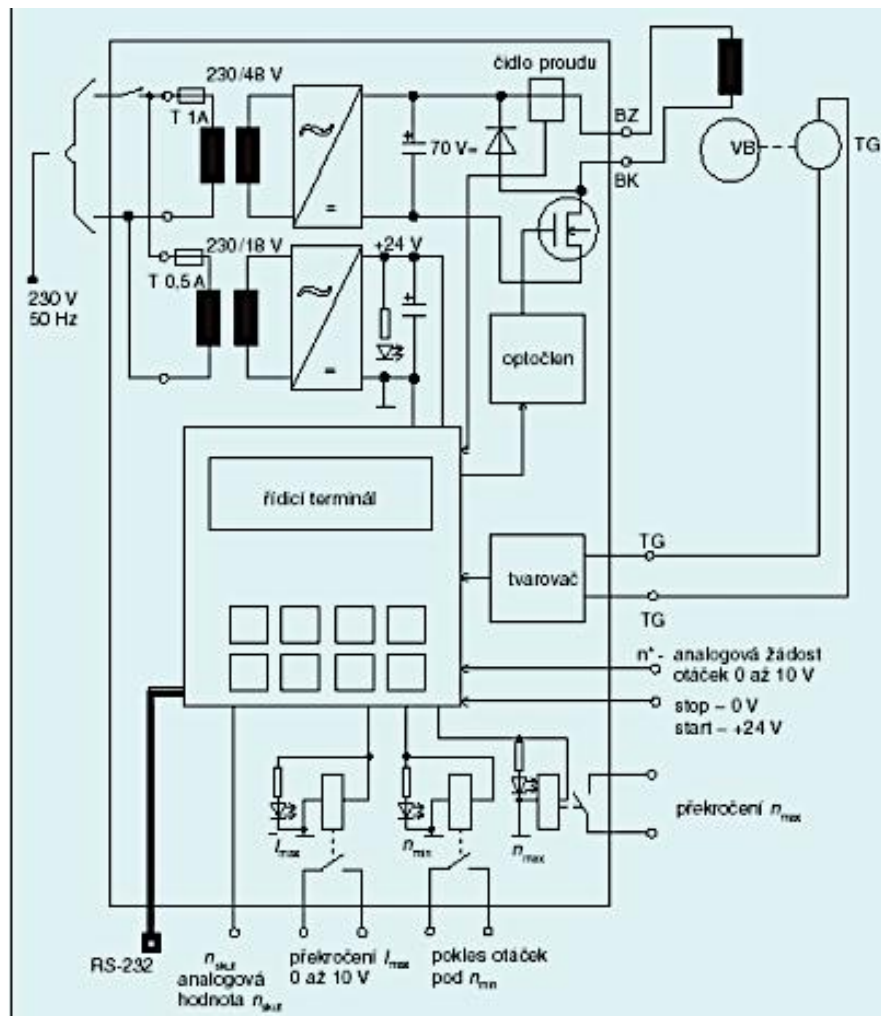
Vířivá motorová brzda využívá vířivé proudy uzavřené nakrátko v tělese magnetického obvodu pro vytvoření brzdných účinků. Rotor je vyroben z oceli a má tvar

ozubeného kola. Na statoru je budicí cívka, kterou protéká stejnosměrný proud, jenž budí v magnetickém obvodu magnetický tok. Rotor se otáčí v magnetickém poli statoru a vlivem střídání zubu a mezery rotoru se mění magnetický odpor, a tím i magnetický tok. Změna magnetického toku způsobuje indukování napětí v magnetickém obvodu, v důsledku čehož začnou obvodem protékat vířivé proudy. Působením vířivých proudů se vytvoří brzdny moment, přičemž velikost tohoto momentu je říditelná změnou proudu v budicí cívce. Energie vířivých proudů je daná energií, která je dodána zkoušenou pohonnou jednotkou, a mění se v tělese magnetického obvodu vířivé motorové brzdy na teplo. K odvodu odpadního tepla musí být brzda vybavena účinným chladicím systémem (VLK, 2005; MATAJZS, 2011).

Po elektrické stránce lze vířivou brzdou považovat za synchronní stroj s počtem pólů rovným počtu zubů rotoru a s nekonečným počtem fází. Kotva toho fiktivního synchronního stroje je spojena nakrátko. Frekvence vířivých proudů je dána součinem mechanické úhlové rychlosti rotoru a počtu zubů. Při nulové mechanické rychlosti rotoru nedochází ke změně magnetické vodivosti, ke vzniku vířivých proudů, a tudíž ani k vytvoření momentu (VLK, 2005).



Obrázek 19: Kalibrace vířivé brzdy před prvním spuštěním (AUTOR)



Obrázek 20: Blokové schéma regulátoru otáček vířivého dynamometru (NOVÁK, 2020)

Na obrázku 19 vidíme kompletní schéma regulátoru otáček vířivého dynamometru.

7.3 Válcové zkušebny

7.3.1 Požadavky na válcové zkušebny

Na válcové zkušebny výkonu se kladou dva určité požadavky.

- Legislativní požadavky
 - Nejčastěji se používají pro testy při zkoušení emisních parametrů, které jsou součástí homologací. Dále se používají pro zkoušení bezpečnosti vozidel. (ČUPERA, 2012; VLK, 2001)
- Technické požadavky
 - Ojediněle se používají pro měření vibrací, hluku nebo spolehlivosti. Zpravidla se používají pro zkoušení motorů a schopnosti přenosu na vozovku (ČUPERA, 2012; VLK, 2001).

7.3.2 Dělení válcových zkušeben

V současnosti existuje celá řada válcových dynamometrů dle využití, např. měření emisí, náběh a kumulace vzdálenosti vozidel, elektromagnetické testy, testy na konci linky, měření výkon a tuning. Další základný dělení je dle druhu vozidla – motocykly, osobní automobily, nákladní automobily, traktory. Moderní dynamometry používané pro vývoj mají ve většině případů jeden válec na kolo a kolo vozidla se umísťuje na vrcholek role. Starším konstrukčním řešením jsou dva válce na kolo a kolem vozidla se najíždí mezi tyto válce – toto řešení je levnější a jednodušší, nicméně vzhledem k požadavkům na přesnost a přísným limitům se pro vývoj nových vozidel už nepoužívá. Pouze jako testovací dynamometr na konci linky, pro měření výkonu motoru bez nutnosti demontáže, nebo pro výkonový tuning ve specializovaných firmách pro zvyšování výkonu osobních vozidel (JAN a kol., 2016).

7.3.3 Základní funkce výkonového dynamometru

- Tractive force control/Force constant: **Konstantní síla** – v tomto nastavení drží dynamometr nastavenou sílu a už se nehledí na rychlost nebo jiné parametry.
- Speed control/Velocity constant: **Konstantní rychlost** – při tomto nastaveném režimu drží dynamometr stálou rychlost nehledě na sílu nebo jiné parametry. Při pokusu zrychlení vozidla v tomto režimu, dynamometr působí

opačnou silou, aby udržel nastavenou rychlost. Tento režim měření se využívá zejména při statickém měření výkonu.

- Road load simulation: **Simulace silnice** – dynamometr simuluje silnici dle nastavených hodnot (JAN a kol., 2016)

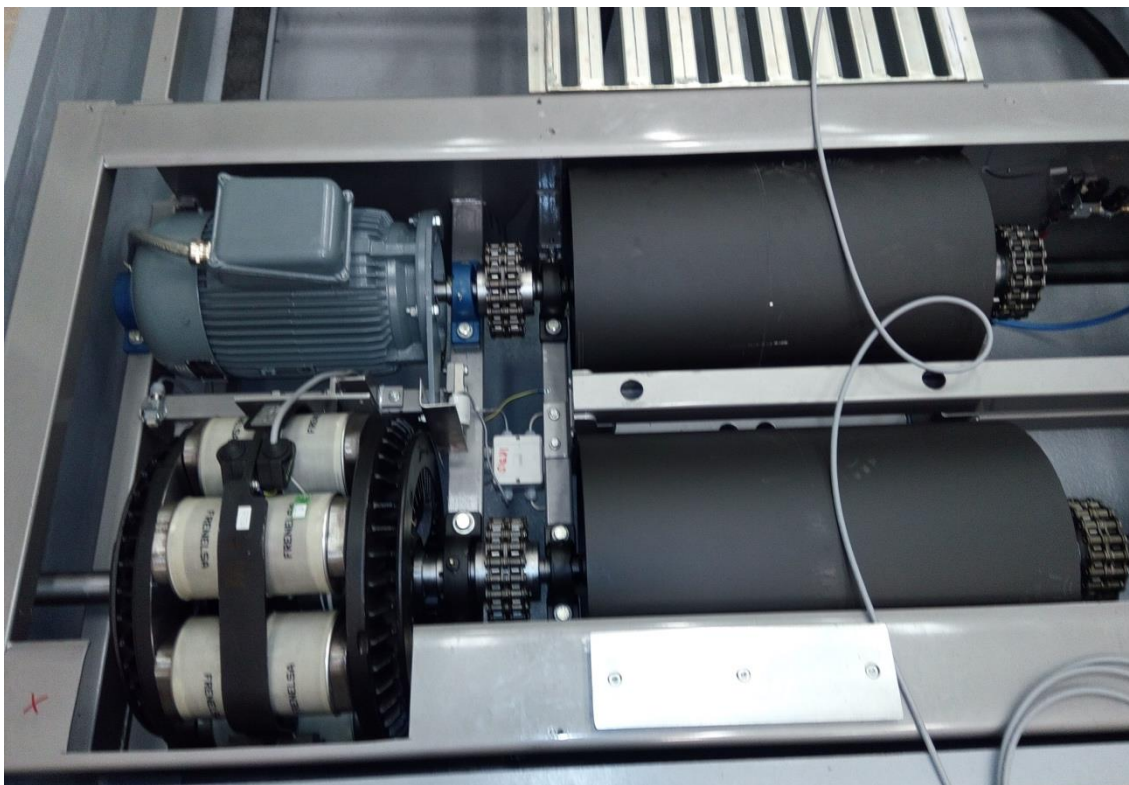
7.3.4 Princip simulace silnice na válcové zkušebně

Při měření na válcovém dynamometru nepůsobí na vozidlo stejné síly jako v reálném provozu na vozovce. Například odpor vzduchu, který udává aerodynamický tvar vozidla, nehraje v tomto případě žádnou roli, namísto toho se všechny působící síly na vozidlo v reálném provozu simulují na válcovém dynamometru přes pneumatiky. Odpor vzduchu se se zvyšující rychlostí na dynamometru projevuje jako zvyšující se brzdící síla kola vozidla. Cílem je, aby vozidlo zrychlovalo a zpomalovalo jako na silnici. Nejprve musíme znát parametry „chování“ vozidla na reálné vozovce. K těm se dostaneme tak, že vozidlo postavíme na ideální rovnou silnici za stavu bezvětří a rozjedeme se na danou rychlost, dále se vyřadí na neutrál a postupně se měří v krátkých intervalech, za jak dlouho zpomalí v daném intervalu. Zpomalení např. $100-90 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, $90-80 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, $80-70 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, $70-60 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ apod. Zpomalování z vyšších rychlostí, hlavně z důvodu odporu vzduchu, trvá kratší čas. Tyto parametry se pak společně se setrvačnou hmotností zadají do dynamometru a pro reálné chování se po uchycení vozidla provede tzv. adaptační běh, během kterého dynamometr automaticky zkouší s vozidlem zpomalovat a mění parametry do doby, než zpomaluje v rychlostních intervalech jako na silnici. Takto získané parametry pak platí pro daný typ vozidla. Změnou nastavení simulované setrvačné hmotnosti lze například simulovat schopnost vozidla zrychlit, pokud je plně naloženo, nastavením tzv. gradientu, pak simulovat jízdu do kopce či z kopce aj. Existují dynamometry pro klimatické komory, kde lze plynule měnit teplotu v daném rozmezí např. -40 až $50 \text{ }^\circ\text{C}$, nebo pro tlakové testovací komory a porovnávat pak spotřebu za různé teploty a tlaků a simulovat např. jízdu ve vysokých nadmořských výškách (JAN a kol., 2016).

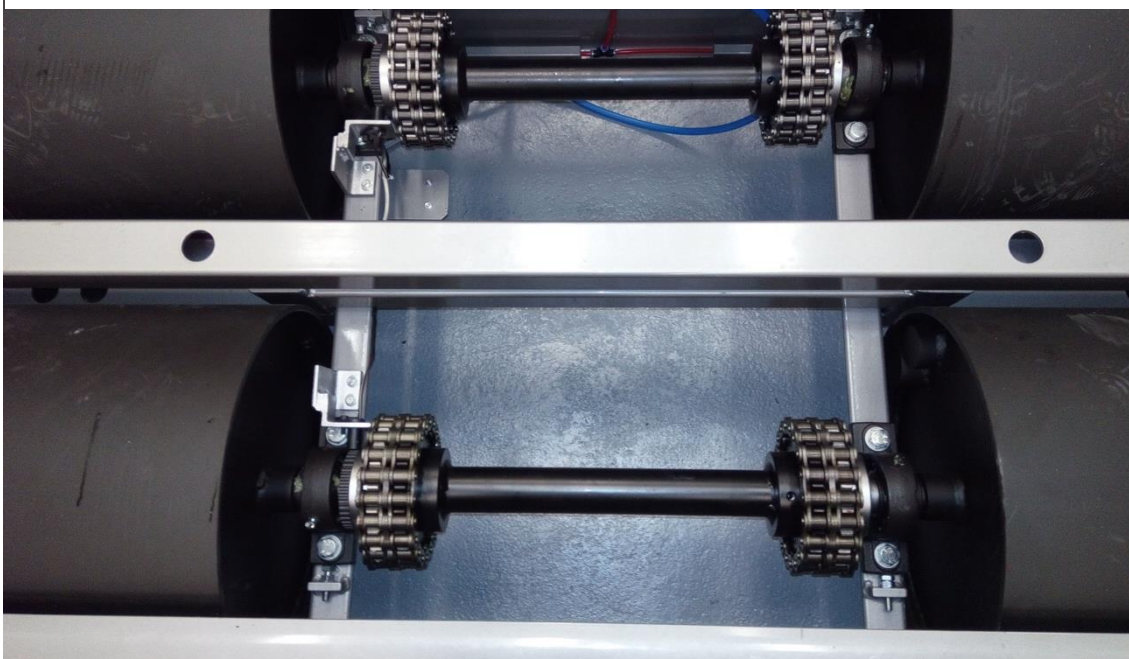
7.3.5 Duoválcové dynamometry

Přenos síly z kola je tvořen párovými válci. Tento typ je spíše využíván dynamometry, které se považují za jednodušší zkušební zařízení než monoválcové uspořádání. Válce mohou být spojeny řetězem nebo řemenem, z důvodu přenositelné síly, lze se setkat i

s jedním brzděným válcem a druhým opěrným, ovšem za cenu maximální přenositelné síly (ČUPERA, 2005; JAN a kol., 2016).



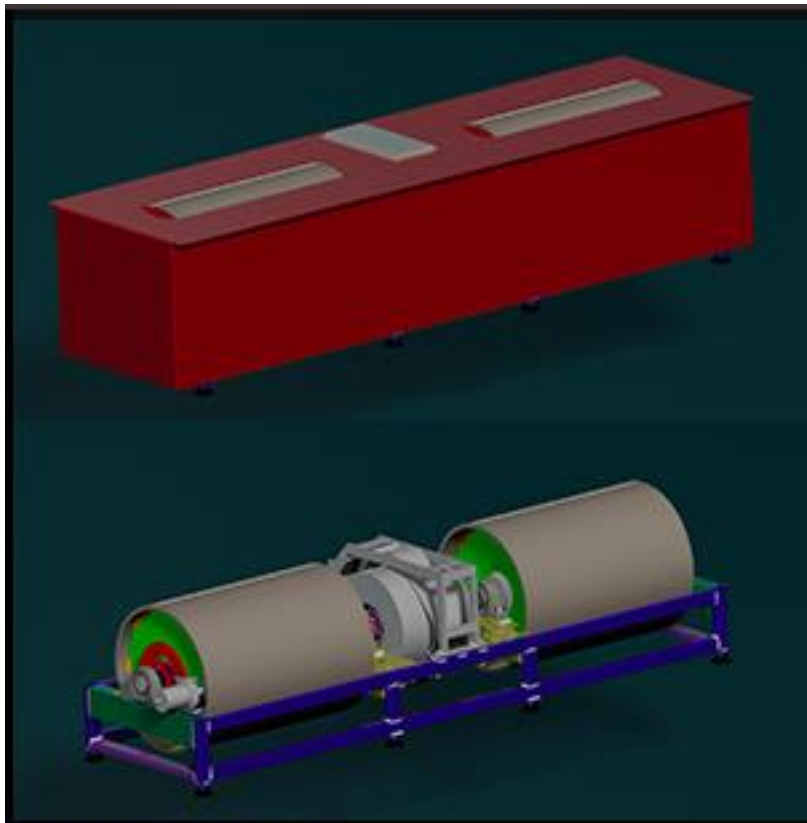
Obrázek 22: Duoválcové uspořádání 2 (AUTOR)



Obrázek 21: Duoválcové uspořádání – spojení řetězem (AUTOR)

7.3.6 Monoválcové uspořádání

Toto řešení se více přibližuje skutečnému stavu pneumatiky na reálné vozovce, jelikož velké monoválce mají mírnější zakřivení povrchu, na rozdíl od dvojí deformace u párových válců. Monoválcové uspořádání je ve své podstatě lepším řešením, ale má svoje konstrukční problémy, a to takové, že nelze vytvořit zkušebnu s menším rozvorem, než je průměr válce. Další problém spočívá ve válcích, které jsou hmotnější a pokud se nejedná o dynamometr s aktivním pohonem, tak se hůře simulují setrvačné účinky (ČUPERÁ, 2005; JAN a kol., 2016).



Obrázek 23: Monoválcové uspořádání (TPOWERDYNO, 2018)

7.3.7 Bezválcové dynamometry

Bezválcové dynamometry jsou charakteristické tím, že se u jejich konstrukce odstraní problematický uzel (kolo-válec), u kterého je nutné monitorovat prokluz. Tato koncepce vychází z toho, že je potřeba demontovat kolo a montáž vlastní brzdy na náboj kola (ČUPERA, 2005; JAN a kol., 2016).



Obrázek 24: Bezválcová koncepce dynamometru (ČUPERA 2012; JAN a kol., 2016)

7.4 Charakteristické znaky válcových zkušeben k přesnému zajištění výkonových parametrů

1. Velký průměr válců – vzhledem k potlačení negativních jevů deformace pneumatiky a přiblížení stavu jízdy po vozovce, průměr válce by měl být výrazně větší než průměr hnacího kola
2. Nezávislé válce pro každé kolo – válce bez pevných mechanických vazeb, nezávisle i mezi nápravami pro zkoušení pohonů 4x4 s přesným nastavením rozvoru
3. Dynamometrický pohon pro každý válec – pro další typy testů např. brzd, rozdělení hnací síly prostřednictvím aktivních diferenciálů atp.
4. Skluzové rolny – každé kolo je vybaveno nezávislou rolnou měřící skutečné otáčky kola vozidla a následně se vyhodnocuje skluz při brzdění a akceleraci
5. Řízení pomocí PC – systém by měl být modulární koncepce (sledování emisí, signálů řídicí jednotky (ŘJ), CAN-BUS atd.) (JAN a kol., 2016)

8 Cíl práce

Cílem bakalářské práce s názvem „Měření výkonu motoru vybraných osobních automobilů na válcové zkušebně“ je stanovit výkon motoru vybraných osobních automobilů, na kterých byl proveden tzv. chiptuning. Bude se měřit výkon před softwarovým zvýšením výkonu a po něm. Následně se bude porovnávat efektivnost těchto zásahů.

Struktura bakalářské práce se dělí na dílčí části:

- Nastudování problematiky a porozumění danému problému, vypracování literární rešerše zabývající se problematikou stanovení výkonu motoru
- Stanovení metodiky, vybrání osobních vozidel a vhodného zařízení pro měření výkonu
- Provedení měření a sběr dat
- Diskuse a vyhodnocení výsledků z naměřených dat
- Na závěr zhodnotit dosažení stanovených cílů práce

9 Metodika měření

V této kapitole představím vozidla a dynamometry, které jsem využil pro svá měření výkonu.

9.1 Škoda Octavia I

Jedná se o Škodu Octavii první generace z roku 2004. V tomto roce už se jedná o tzv. facelift. Vůz disponuje náhonem na přední nápravu s manuální převodovkou, která disponuje pěti rychlostními stupni.

Motor s kódem ALH je vznětový s rotačním čerpadlem a přepřňovaný turbodmychadlem. Jedná se o řadový čtyřválec s přímým vstřikováním paliva uložený podélně s osou vozidla. Motor je převzatý od firmy Audi. Objem je 1 896 cm³, výkon motoru je 66 kW a točivý moment 210 Nm. Při měření byly použity zimní pneumatiky Michelin Alpin 5 v rozměru 205/55/R16 91 H. Na automobilu byla provedená úprava softwaru, tzv. chiptuning, s předpokládaným výkonem cca 90 kW. Pro zvýšení výkonu u tohoto vozidla stačí upravit řídicí jednotku motoru a přeprogramovat její uložené palivové mapy. Tyto palivové mapy si každý úpravce výkonu vytváří sám, nebo jsou tzv. universální, pro daný typ motoru. U tohoto vozidla bylo měření provedeno až po SW úpravě výkonu, jelikož pro měření před úpravou nebyl k dispozici dynamometr. Měření bylo provedeno na dynamometru VOŠ, SPŠ, automobilní a technické.



Obrázek 25: Měřené vozidlo Škoda Octavia (AUTOR)

9.2 Kia Ceed GT-line

Jako další vozidlo pro měření jsem zvolil nejnovější model Kia Ceed SW. Vůz má pohon na přední nápravu, společně se šestistupňovou manuální převodovkou.

Motor s kódem G4LD je zážehový a přeplňovaný turbodmychadlem. Zde se jedná o čtyřválcový motor s přímým vstřikem benzínu. Motor má objem 1 353 cm³, výkon motoru je 103 kW a točivý moment 242 Nm. Při měření byly použity letní pneumatiky Michelin Primacy 3 v rozměru 225/45/17 91 W. Na automobilu byla provedena softwarová úprava ŘJ motoru a měření před a po SW úpravě výkonu u firmy Korpet s.r.o. V tomto případě není úprava softwaru tak jednoduchá, jako v předchozím případě. Zde se musí upravit jak hodnoty v ŘJ motoru, tak např. i v ŘJ elektronického stabilizačního programu (ESP) nebo převodovky, aby se zajistila správná funkčnost všech komponent motoru. Jelikož je toto vozidlo vybaveno filtrem pevných částic, tzv. GPF, je nutné dbát na to, aby proces spalování probíhal správně, z důvodu nechtěného zaplňování GPF.

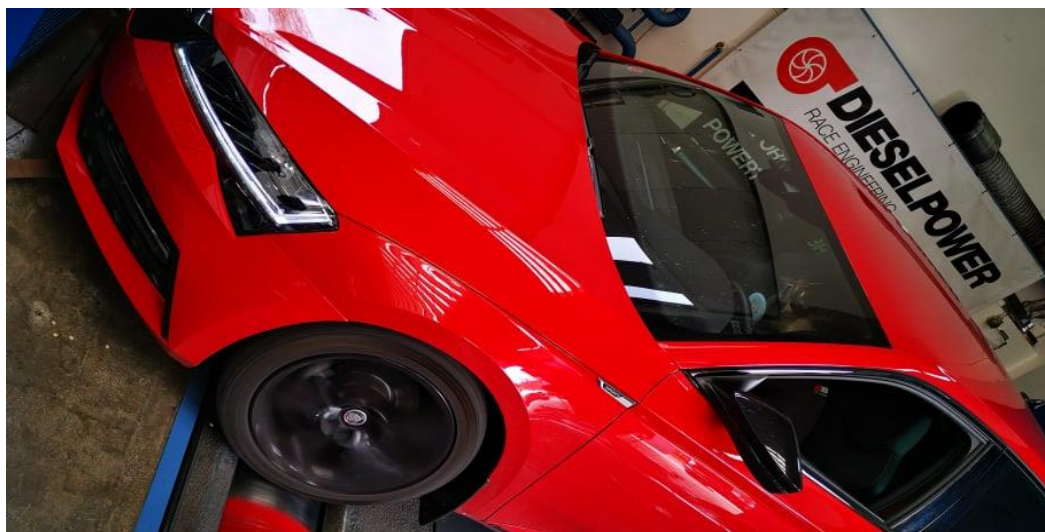


Obrázek 26: Měřené vozidlo Kia Ceed (AUTOR)

9.3 Škoda Superb

Nakonec jsem zvolil Škodu Superb třetí generace po faceliftu ve výbavě sport line. Automobil má přední hnací nápravu, společně se sedmistupňovou robotickou převodovkou typu DSG.

Motor s kódem DFHA u tohoto vozidla je taktéž převzatý od firmy Audi. Jedná se o čtyřválcový vznětový pohonný agregát přeplňovaný turbodmychadlem typu common rail. Motor u toho vozu má objem 1 968 cm³, disponuje výkonem 140 kW a točivým momentem 400 Nm. Na vozidle byly použity pneumatiky o rozměru 235/45/18 94 W od značky Continental. I zde bylo cílem zvýšit výkon. V ŘJ motoru se pozměnily palivové mapy, současně se musely pozměnit hodnoty v ŘJ převodovky, z důvodu správného řazení bez záškubů při přeřazení. Taktéž toto vozidlo je vybaveno filtrem pevných částí, tzv. DPF, i zde se musí dát pozor na správný proces spalování, aby nedocházelo k jeho zaplňování. Měření výkonu i úpravy výkonu probíhalo ve firmě DieselPower s.r.o.



Obrázek 27: Měřené vozidlo Škoda Superb (AUTOR)

9.4 Příprava vozidel na měření

Z důvodu měření Škody Octavie prováděného za zimního počasí, muselo být před měřením vozidlo pořádně umyto a osušeno. Z pneumatik bylo nutné odstranit ostré kamínky, aby nedošlo k poškození pneumatik a válců. Všeobecně se před každým měřením musí dbát na suchost a čistotu pneumatik, aby se zajistila dostatečná adheze na válcích a nedocházelo k prokluzu.

9.5 Příprava zkušebny a upevnění vozidla

Tato příprava je víceméně stejná pro všechny typy zkušeben.

Po dokončení příprav před měřením se s vozidlem najede do zkušebny a dle údajů od výrobce se nastaví rozvor zkušebny pro dané vozidlo. Následně se provede korekce k lepšímu dosednutí pneumatik na válce. Poté se nainstaluje pomocný chladicí ventilátor. Na některých brzdách ho mají mobilní, na jiných pevně zabudovaný. Dále se propojí On Board Diagnostic (OBD) modul do OBD zásuvky ve vozidle, z důvodu kontroly otáček, plnicího tlaku a dalších veličin.

Vozidlo se musí na zkušebně zajistit upínacím pásem s ráčnou na přední části vozidla za tažné oko, nebo přední nápravu viz obrázek 29 a 30. Pro jistotu i v zadní části např. za zadní kola, pokud se nejedná o vozidlo se systémem pohonu všech kol (AWD), nebo za tažné zařízení.



Obrázek 28: Umístění náporového ventilátoru (AUTOR)



Obrázek 30: Zafixování za tažné oko (AUTOR)

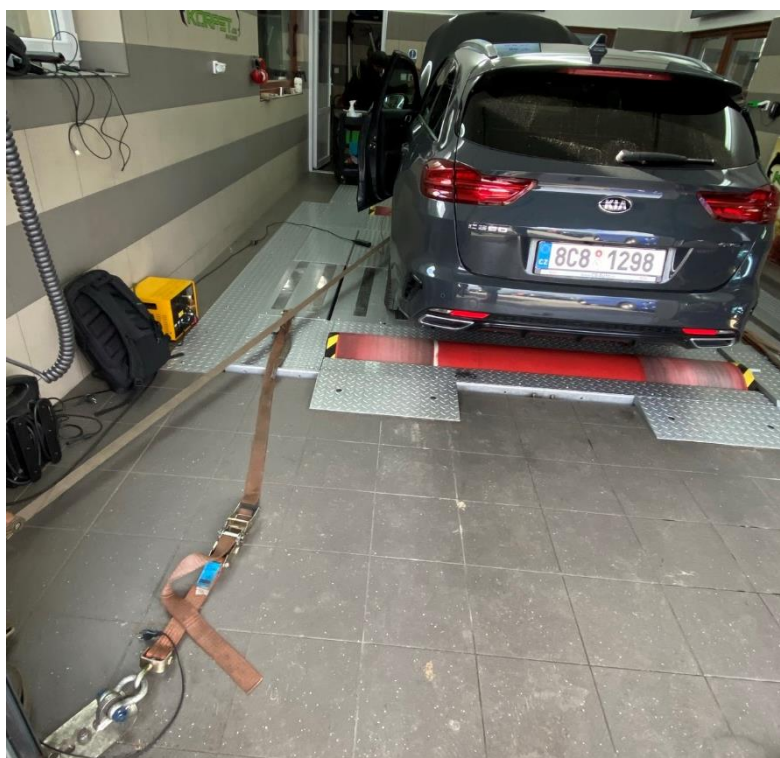


Obrázek 29: Zafixování za přední nápravu (AUTOR)

V zadní části byly upínací pásy s ráčnou uchyceny buďto za zadní kola, nebo za tažné oko umístěné pod zadním nárazníkem. Následně by měl být nainstalován odsávací systém k odvodu výfukových plynů, pokud měření probíhá v uzavřené dílně viz obrázek 32.



Obrázek 32: Fixace zadní části vozidla (AUTOR)



Obrázek 31: Upevnění zadní části vozidla (AUTOR)

9.6 Metodika statického měření a měření ztrátového výkonu

Tato metoda se využila při měření výkonu Škody Octavie. Při tomto měření jsme použili počítačový program dynamometru, který se jmenuje výkon na kolech. Při využití této aplikace si technik, v tomto případě autor práce, zvolí měřící body a následně si reguluje brzdny odpor brzdy k získání požadovaného výsledku, což je graf, kde software brzdy dopočítá stanovený výkon na kolech. Zprvu jsem chtěl použít program automatika, kde software stanovuje měřící body automaticky, ale z neznámého důvodu nefungovala regulace brzdného odporu. V průběhu měření jsem se potýkal jen s jedním problémem, a to takovým, že se ve vysokém zatížení uvolnilo vedení intercooleru, a proto jsme byli nuceni měření pozastavit a provést potřebné opravy. Nakonec jsem docílil požadovaného výsledku. Následně jsem začal měřit ztrátový výkon. Při měření ztrátového výkonu je důležité si poznamenat otáčky z předešlého měření výkonu na kolech, ve kterých jsme si stanovili body měření. Následně za použití dynamometru začneme vozidlo, které má zařazený neutrální, roztáčet do otáček, které jsme si poznamenali. Poté software vypočítá ztrátový výkon a dopočítá výkon na motoru. Oba typy testů jsem prováděl v režimu v-konst, což je nastavení v definovaném bodě rychlosti pohybu válců a v případě statického měření výkonu odpovídá rychlost jistým otáčkám motoru. U statického měření bychom měli respektovat shodně zařazený převodový stupeň. U ztrátového měření výkonu však volíme neutrální kvůli možnému defektu spojky, i přes to, že to neodpovídá postupům, a v závěru to výrazně neovlivňuje míru pasivních ztrát.

9.7 Metodika dynamického měření

V případě měření vozidel Kia Ceed a Škoda Superb bylo využito dynamického měření. Tento typ měření není tak složitý a časově náročný, jako v případě statického měření. I motor je oproti statické zkoušce méně zatěžován jak tepelně, tak i mechanicky. U těchto dynamometrů jsou již od výrobce přesně stanoveny momenty setrvačnosti. Co ovšem nevíme, je moment setrvačnosti motoru, který nejsme schopni přesně určit. Přesto se tato hodnota se musí zadat do programu brzdy co nejpřesněji. Tuto hodnotu jsme přesně určili za pomoci doběhové zkoušky. Další metoda pro určení je měření ztrát v převodech. Při měření stejného motoru je důležité zadat stejnou hodnotu jako při předešlém měření, jinak by docházelo ke zkreslení výsledků. Pokud tuto hodnotu neznáme přesně, je celé měření nepřesné a zkouška je pouze pro porovnání, nebo čistě informativní. U těchto měření jsem se nepotýkal s žádnými závadami nebo defekty na vozidlech.

9.8 Dynamometry použité při měření

9.8.1 Válcový dynamometr na VOŠ, SPŠ automobilní a technická

Jedná se o vířivý válcový dynamometr k měření výkonu osobních, dodávkových a lehkých nákladních automobilů. Jde o zkušebnu s aktivním pohonem pro zkoušení výkonu vozidel o maximálním výkonu 700 kW v konfiguraci 4x4.



Obrázek 33: Válcová zkušebna na VOŠ, SPŠ automobilní a technická (AUTOR)

Propojení válcových jednotek s vířivým dynamometrem je provedeno řetězem. Každý válec je vybaven pneumaticky ovládanými brzdami, které umožňují najetí vozidla do válců a bezpečnostní brzdění. Dále je každá válcová jednotka vybavena pneumaticky ovládaným nájezdovým a středícím zařízením.

Na základním rámu jsou také uchyceny podpěry pevného a posuvného krytí dynamometru. V podlaze okolo dynamometru jsou umístěné kotvící držáky pro upevnění úvazku vozidla. Celá plocha okolo dynamometru je v rovině podlahy přikryta ocelovými plechy. Přívod vzduchu do montážní jámy je řešen dvěma ventilátory umístěnými po straně montážní jámy viz obrázek 33. Před zkoušeným vozidlem je umístěn ventilátor náporového chlazení, který je možno ovládat na dálkovém ovládaní.

Tabulka 2: Parametry dynamometru na VOŠ, SPŠ automobilní a technická (AHS, 2018)

Technické vlastnosti dynamometru ELP 700 D ALLRAD HS	
Max. přípustné přejezdné zatížení (kg)	4 000
Zkušební šířka min/max (mm)	750/2 150
Průměr válců (mm)	452
Délka válců (mm)	700
Nejmenší velikost zkoušeného kola (v palcích)	10
Brzděný výkon válcové skupiny s 1 brzdou (kW)	700
Max. rychlost na válcovou skupinu (km·h⁻¹)	350
Max. kolový výkon na válcovou skupinu (kW)	700
Tažná síla	0-8
Připojení proudu bez aktivního ztrátového výkonu	230/50/25
Připojení proudu s aktivním ztrátovým výkonem	400/50/63
Šířka válcové skupiny s 1 brzdou (mm)	3 050
Délka válcové skupiny s 1 brzdou (mm)	1 000
Výška válcové skupiny (mm)	600

9.8.2 Válcový dynamometr Korpet s.r.o.

Zde se nachází moderní typ dvouosé válcové zkušebny, kde je možné měřit všechny typy osobních vozidel, i v konfiguraci 4x4. Z důvodu moderního konstrukčního řešení jeden válec na kolo, je možné provádět dlouhodobé testy bez rizika poškození pneumatik s garancí lepšího přenosu informací o výkonu motoru. Oproti duoválcové zkušebně je zde zajištěno lepší proudění vzduchu pod vozidlem, díky vyšší pozici vozidla. Zadní sada válců je elektricky ovládaná z důvodu přizpůsobení rozvoru daného vozidla.



Obrázek 34: Válcový dynamometr Korpet Racing (AUTOR)

Na základní šasi jsou přimontovány podpěry pevného a posuvného krytí dynamometru. V podlaze kolem dynamometru jsou upevněny kotvicí držáky pro uchycení úvazku vozidla. Celý dynamometr je mírně nad rovinou podlahy přikryt ocelovými plechy. Přívod vzduchu do montážní jámy dynamometru je řešen jedním ventilátorem viz obrázek 34. Před zkoušeným vozidlem je umístěn náporový ventilátor (KORPET, 2014).

9.8.3 Válcový dynamometr DieselPower s.r.o.

V této firmě disponují válcovým dynamometrem, který dokáže změřit dieselová i benzínová vozidla s jednou hnanou nápravou, s pohonem všech kol, i s elektronickým rozdělováním krouticího momentu (systém Haldex). Základní komponentou této zkušebny je dynamická vyváženost, tzn. válce jsou opracované strojově jak zvenku, tak i zevnitř, aby se dosáhlo vysoké vyváženosti. Pro rychlostní zkoušky je vyváženost zcela zásadní. Všechny válce dynamometru mají speciální povrch, který snižuje problémy s prokluzem kol na minimum. Zkušebna je osazena kvalitními retardéry značky TELMA.



Obrázek 35: Válcový dynamometr DieselPower (LEON(5F), 2016)

Celý dynamometr je vysoko nad rovinou podlahy, z důvodu dostatečného proudění vzduchu. Rám dynamometru je pokryt ocelovými plechy. Zadní sada válců je posuvná, kvůli změně rozvoru vozidla. Před vozidlem je taktéž umístěn ventilátor náporového chlazení viz. obrázek 35 (VÁLCOVÁ ZKUŠEBNA, 2016).

Tabulka 3: Parametry dynamometru DieselPower (VÁLCOVÁ ZKUŠEBNA, 2016)

Základní parametry válcové zkušebny výkonu DieselPower	
Rozvor (cm)	220-325
Pohon kol vozu	přední, zadní i 4x4 (FWD/RWD/AWD)
Počet válců	8
Zdroj zátěže	2x elektromagnetický retardér s vířivými proudy, 2x příprava na retardér
Max. změřitelný výkon (dynamická zkouška)	neomezeno
Max. změřitelný výkon (statická zkouška) (HP)	650

10 Výsledky a diskuse

Ze statického měření výkonu u Škody Octavie jsem získal výstupní data a výkonovou křivku výkonu motoru na kolech. Zde se měřil výkon až po zásahu do ŘJ motoru.

Z měření ztrátového výkonu jsem získal hodnotu ztrátového výkonu a hodnotu výkonu motoru, který dopočítal software brzdy z dostupných naměřených hodnot. Brzda, která bylo použita pro toto měření je umístěna na školní praxi na VOŠ, SPŠ automobilní a technická.

Tabulka 4: Hodnoty statického a ztrátového měření výkonu Škoda Octavia (AUTOR)

Rychlost (km·h ⁻¹)	Otáčky motoru (ot·min ⁻¹)	Výkon kola (kW)	Výkon ztrát (kW)	Výkon motoru (kW)	Tažná síla (N)	Kroutící moment (Nm)	Teplota vzduchu (°C)	Tlak vzduchu (hPa)
72	2 068	50,6	3,4	54	2 530	249	14,2	971
88,1	2 522	73,9	5,6	79,5	3 020	301	14,8	971
106	3 005	79,8	8,7	88,5	2 710	281	15,1	971
121,9	3 458	78,6	9,6	88,1	2 320	243	15,2	971
138,3	3 918	73	20,2	94,6	1 900	227	15,6	971
146,3	4 136	72,3	21,9	95,5	1 780	217	15,3	972

V tabulce 4 jsou poznamenané naměřené hodnoty, které jsem získal při statickém měření a následném měření ztrátového výkonu. Je zde také již zmiňovaný dopočítaný výkon na motoru. Uvedl jsem mj. i hodnoty jako otáčky, rychlost nebo kroutící moment.

V příloze 1 můžeme vidět výkonnostní křivku stanovenou softwarem dynamometru. Naměřil se tedy maximální výkon 72 kW při 3 005 ot·min⁻¹ a maximální točivý moment 301 Nm při 2 522 ot·min⁻¹. Maximální výkon motoru se dopočítal na 94 kW. Při měření ztrátového výkonu bylo zjištěno, že se v převodech a převodovém ústrojí ztrácí 21 kW.

Z dynamické zkoušky měření výkonu u Kia Ceed jsem taktéž získal výstupní data a výkonovou křivku výkonu motoru na kolech. Pro toto měření byla využita brzda ve firmě Korpet racing.

U tohoto měření se neměřil ztrátový výkon, pouze se stanovil výkon na kolech za pomocí dynamometru.

Tabulka 5: Hodnoty dynamického měření Kia Ceed (AUTOR)

	Max. výkon (kW)	Max. točivý moment (Nm)	Teplota okolí (°C)	Teplota sání (°C)	Tlak vzduchu (hPa)	Tlak sání (hPa)
Před SW úpravou výkonu	103	242	15	27	1 029	1 000
Po SW úpravě výkonu	135,3	261,27	15	27	1 029	1 000

V tabulce 5 jsou všechny hodnoty, které jsem získal při dynamickém měření vozidla Kia Ceed. V tabulce vidíme hodnoty, které se naměřily před zásahem do softwaru ŘJ a hodnoty po úpravě.

V příloze 2 je přiložena výkonnostní křivka, kterou stanovila brzda. Po daných úpravách SW se na vozidle naměřilo 135,3 kW při 6 489 ot·min⁻¹ a maximální točivý moment je 261,27 Nm při 2 518 ot·min⁻¹.

U Škody Superb se taktéž využilo dynamického měření ovšem s rozdílem, že zde se stanovoval ztrátový výkon. Pro toto měření se použil dynamometr vlastní firmou DieselPower s.r.o.

Tabulka 6: Hodnoty dynamického měření Škoda Superb (AUTOR)

	Korigovaný výkon (kW)	Výkon motor (kW)	Výkon kolo (kW)	Ztrátový výkon (kW)	Točivý moment (Nm)	Teplota vzduchu (°C)	Tlak vzduchu (hPa)	Teplota oleje (°C)
Před SW úpravou výkonu	141,4	140	114,9	25,1	400	17,5	1 000,9	15
Po SW úpravě výkonu	162,6	161,2	136,1	25,1	445,4	17,5	1 000,9	15

U tohoto dynamického měření jsem naměřil hodnoty, které jsou v tabulce 6. Jsou zde hodnoty, jak před úpravou, tak i po úpravě.

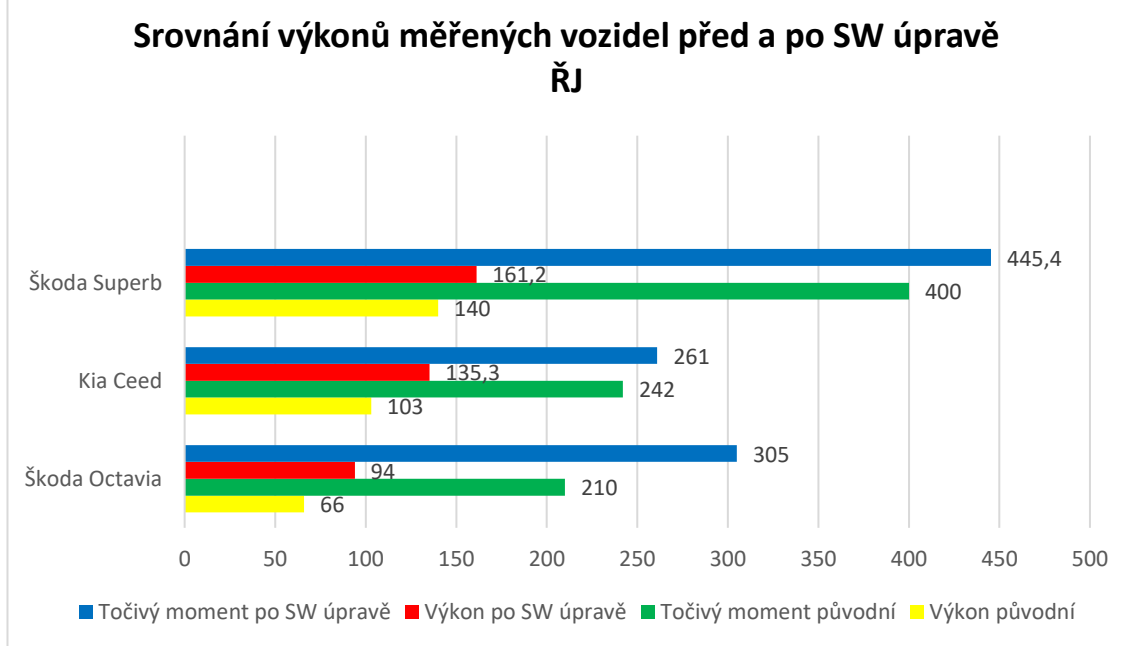
V příloze 3 je křivka výkonu, kterou stanovil dynamometr. Po úpravách SW se na vozidle naměřil maximální výkon 162,6 kW při 4 035 ot·min⁻¹. Maximální točivý moment byl stanoven na 445,4 Nm při 2 925 ot·min⁻¹. Při měření ztrátového výkonu bylo zjištěno, že se v převodech a převodovém ústrojí ztrácí 25,1 kW.

Můj stanovený cíl této práce byl změřit výkon u vybraných vozidel na válcové zkušebně, které podstoupily softwarové úpravy motoru, tzv. chiptuning. U všech měřených vozidel došlo k navýšení výkonu dle tabulky 4, 5 a 6.

Škoda Superb a Kia Ceed byly upraveny a změřeny profesionály, kteří se tím zabývají. Co se týče Škody Octavie, ta byla upravena v „domácích“ podmínkách a změřena mou osobou. U Škody Octavie se předvídal výkon po SW úpravě motoru kolem 90 kW a dle statického měření jsme naměřili hodnotu 94 kW, což je o 4,5 % více, než jsme očekávali. Tovární výkon je 66 kW, my jsme změřili 94 kW, což je navýšení výkonu o 43 % za pomoci chiptuningu. Tovární točivý moment je 210 Nm, my jsme získali hodnotu 305 Nm. Nárůst točivého momentu je o 45 %. U Škody Superb jsme zaznamenali nárůst výkonu motoru o skoro 15 % po SW úpravách ŘJ motoru. Výkon motoru se zvýšil z továrních 140 kW na 161,2 kW. U točivého momentu jsme zaznamenali zvýšení o 11,5 % z původních 400 Nm na 445,4 Nm. Kia Ceed se po SW úpravách ŘJ dostala na

hodnotu 135,3 kW a 261 Nm. Nárůst výkonu je tedy o 31 % a nárůst točivého momentu je o necelých 8 %

Graf 1: Srovnání výkonů měřených vozidel



V grafu 1 vidíme srovnání výkonu a točivého momentu před a po SW úpravách ŘJ motoru. Je vidět ztelný nárůst, jak samotného výkonu motoru, tak i točivého momentu.

(AUTOCHIP, 2019; BITPOWER, 2016) udává, že můžeme pomocí chiptuningu dosáhnout zvýšení výkonu až o 35 % a zvýšení točivého momentu až o 40 %. Tato čísla budou jiná u každého konkrétního motoru. Když se podíváme do vyhodnocení, tak pouze u Škody Octavie je navýšení u obou veličin přes 40 %. U ostatních aut můžeme pozorovat navýšení výkonu i točivého momentu do 35 %.

Závěr

Tato bakalářská práce je věnovaná obecné teorii výkonu motoru a jeho měření. Dále se zabývá softwarovými úpravami motoru, a nakonec se zabývá měřením konkrétních vozidel na válcových zkušebnách.

V první části praktické části této práce jsou podrobně popsána měřená vozidla, typy použitých dynamometrů, na kterých se měřil výkon motoru, různé metodiky měření výkonu motoru, které byly využity. Dále je zde popsáno, jak připravit vozidlo na měření výkonu a jak připravit samotnou zkušebnu výkonu, než započne samotné měření.

V druhé části praktické části této práce bylo provedeno několik měření výkonu motoru pomocí několika dynamometrů, na různých vozidlech s odlišnými motory. Zde bylo cílem naměřit u všech tří vozidel výkon před úpravou SW ŘJ motoru a po zásahu do ŘJ motoru. Cílem bylo dokázat, zdali je zvyšování výkonu, tzv. chiptuning, efektivní v praxi. Bylo změřeno, že u každého motoru se zvýšil výkon i točivý moment motoru. U Škody Octavie se zvýšil výkon motoru o enormních 43 % a točivý moment o 45 %. Při měření výkonu Kia Ceed bylo zjištěno, že se výkon motoru zvýšil o 31 % a točivý moment jen o 8 %. V případě Škody Superb byl naměřen nárůst výkonu motoru o 15 % a točivého momentu o 11 %.

Můj názor na tuto problematiku je takový, že já osobně jsem příznivcem těchto úprav výkonu motoru, jakožto člověk, který se automobily zabývá. Samozřejmě každý zásah do vozidla nese svoje úskalí a toto není výjimka. Tyto úpravy výkonu mají své plusy i minusy, avšak pokud se k věci přistupuje s rozumem, tak plusy převažují nad minusy.

Seznam použitých zdrojů

AHS Prüftechnik.de (2018). *AHS Prüftechnik*. [online] [cit. 9. 12. 2020]. Dostupné z: <https://www.xn--ahs-prftechnik-lsb.de/produkte/ahs-leistungspruefstaende/ahs-dynamik-pkw-lkw/>

Autochip.cz (2019). Co je to Chiptuning? [online] [cit. 28. 03. 2021]. Dostupné z: https://www.autochip.eu/cs_cz/chiptuning/zakladni-informace/co-je-to-chiptuning/

Bitpower.cz (2016). Co je to vlastně chiptuning? [online] [cit. 28. 03. 2021]. Dostupné z: <https://www.bitpower.cz/chiptuning/co-je-to-chiptuning/>

Blata, J. et al. (2019). Porovnání metod měření spotřeby paliva spalovacího motoru při dynamickém zatěžování. [online] *Engineering.sk* [cit. 17. 01. 2020]. Dostupné z: <https://www.engineering.sk/strojarstvo-extra/2795-porovnaní-metod-merení-spotřeby-paliva-spalovacího-motoru-při-dynamickém-zatezování>

Černohous, T. (2013). *Snižování mechanických ztrát motoru*. Bakalářská práce, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství.

ČSN 30. Motory automobilové. Zkoušky na brzdovém stanovišti. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2008, 24 s. Třídící znak 302008.

Čupera, J. Dynamometry.: Nepublikované materiály Mendelovy univerzity v Brně, 2012.

Čupera, J. (2016). Druhy měření charakteristik spalovacích motorů. [online] Ústav techniky a automobilové dopravy [cit. 28. 03. 2021]. Dostupné z: <https://web2.mendelu.cz/autozkusebna/html/charakter.htm>

Čupera, J. (2003). Vozidlová zkušebna. [online] Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v brně ústav základů techniky a automobilové dopravy [cit. 22. 01. 2020]. Dostupné z: <http://www.zkusebna.wz.cz/uplnach.htm>

DieselPower.cz (2016). Leon (5F). [online] [cit. 15. 12. 2020]. Dostupné z: <https://www.dp-race.com/shop/seat-cs/leon-cs/leon-5f-12-cs/2-0-tsi-206kw350nm-246kw492nm-sportversion-2/>

DieselPower. cz (2016). Válcová zkušebna motoru. [online] [cit. 15. 12. 2020]. Dostupné z: https://www.dp-race.com/brzda_detail/

Gardentech.cz (2021). Jmenovitý výkon motoru. [online] [cit. 28. 03. 2021].

Dostupné z: <https://www.gardentech.cz/shop/clanky/jmenovity-vykon-motoru>

Heřmanová, J. (2017). *Porovnání simulací jízdních cyklů elektro hybridního vozidla*. Bakalářská práce, České vysoké učení technické v Praze, Fakulta dopravní.

Hlavňa, V. et al (2000). *Dopravný prostriedok-jeho motor*. Žilinská univerzita. ISBN 80-7100-665-3.

Hromádko, J. (2011). *Spalovací motory: komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilních škol*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-3475.

Chiptuning.cz (2017). BMW 330i E90 200kW. [online] [cit. 11. 02. 2020]. Dostupné z: <https://www.chiptuning.cz/detail/Osobn%C3%AD%20automobil/bmw-330i-e90-200kw>

ISO 1585:2020. Road vehicles, Engine test code, Net power. International technical standard, 2020, 32 s.

JAN, Z. a Ždánský, B. (2016). *Automobily*. 8. vydání. Brno: Avid, spol. s r.o. ISBN 978-80-87143-37-7.

Korpet.cz (2014). Měření výkonu. [online] [cit. 15. 12. 2020]. Dostupné z: <https://www.korpet.cz/mereni-vykonu/>

Macek, J. (2007). *Spalovací motory I*. Praha: Nakladatelství ČVUT. ISBN 978-80-01-03618-1.

Matajsz, P. (2011). *Zařízení a pracoviště pro měření výkonu motoru*. Bakalářská práce, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství.

Mikulášek, T. (2014). *Zařízení na měření výkonu spalovacích motorů*. Bakalářská práce, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství.

Novák, J. (2002). Dynamometr na vířivé proudy a jeho regulace [online] odbornecasopisi. [cit. 17. 02. 2020] Dostupné z www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=25051

Rampáček, B. (2012). *Měření výkonu motocyklu*. Bakalářská práce, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojní.

Rauscher, J. *Spalovací Motory: Studijní opory*. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství.

Slideplayer.cz (2019). Charakteristika spalovacích motorů. [online] [cit. 16. 01. 2020]. Dostupné z: <https://slideplayer.cz/slide/2020374/>

Stýblo, S. (2009). Jak (ne)funguje chiptuning? [online] Tipcars [cit. 28. 03. 2021].
Dostupné z: <https://www.tipcars.com/magazin/aktuality/jak-ne-funguje-chiptuning.html>

TPowerdyno.cz (2018). Zařízení pro měření výkonu motoru. [online] [cit. 27. 02. 2020].
Dostupné z: <http://www.tdichip.cz/tpower-dyno>

Trpík, P. (2009). *Způsoby a metody měření výkonu pístových spalovacích motorů*.
Bakalářská práce, univerzita Pardubice, Fakulta dopravní.

Valdman, F. (2012). *Diagnostický rozbor a predikce závad u spalovacího motoru*.
Bakalářská práce, Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta strojní.

Vlk, F. (2005). *Dynamika motorových vozidel*. Brno: Vlk.
ISBN 80-239-0024-2.

Vlk, F. (2001). *Zkoušení a diagnostika motorových vozidel*. Brno: Vlk.
ISBN 80-238-6573-0.

Vrastyák, J. (2013). *Měření výkonu motoru*. Bakalářská práce. Mendelova univerzita v
Brně. Agronomická fakulta.

Seznam obrázků

Obrázek 1: Indikovaná práce v P-V diagramu (HLAVŇA a kol., 2000; JAN a kol., 2016)	10
Obrázek 2: P-V diagram s vynesemím efektivní práce (HLAVŇA a kol., 2000; JAN a kol., 2016)	11
Obrázek 3: Velikost sil v klikovém ústrojí během pracovního cyklu, vznik točivého momentu od síly F_t na rameni r (HLAVŇA a kol., 2000)	14
Obrázek 4: Průběh točivého momentu jednotlivých válců motoru, celková hodnota a průměrná hodnota točivého momentu motoru (HLAVŇA a kol., 2000)	15
Obrázek 5: Příklad otáčkové charakteristiky motoru (VÁVRA, 2019)	16
Obrázek 6: Vnější otáčková charakteristika motoru Škoda Octavia 2.0 TDI 110 Kw (AUTOR)	17
Obrázek 7: Zátěžová charakteristika motoru (HLAVŇA a kol. 2000; VRASTYÁK, 2013)	18
Obrázek 8: Úplná charakteristika spalovacího motoru (ČUPERA, 2003)	19
Obrázek 9: Graf otáčkové charakteristiky během dynamické zkoušky (CHIPTUNING, 2017)	22
Obrázek 10: Základní palivová mapa	24
Obrázek 11: Kvadranty dynamometru (ČUPERA, 2012)	26
Obrázek 12: Momentová a výkonnostní charakteristika hydraulického dynamometru (ČUPERA, 2012)	27
Obrázek 13: Momentová a výkonnostní charakteristika elektrického dynamometru (ČUPERA, 2012)	27
Obrázek 14: Princip měření na dynamometru (ČUPERA 2012; JAN a kol., 2016)	29
Obrázek 15: Rozdělení dynamometrů (ČUPERA 2012)	29
Obrázek 16: Závislost brzdného momentu vířivé brzdy na budícím proudu (NOVÁK 2020)	31
Obrázek 17: Konstrukční řešení vířivé brzdy s axiální vzduchovou mezerou (NOVÁK 2020)	31
Obrázek 18: Konstrukční řešení vířivé brzdy s radiální vzduchovou mezerou (NOVÁK 2020)	31
Obrázek 19: Kalibrace vířivé brzdy před prvním spuštěním (AUTOR)	32

Obrázek 20: Blokové schéma regulátoru otáček vířivého dynamometru (NOVÁK 2020)	33
.....	33
Obrázek 21: Duoválcové uspořádání – spojení řetězem (AUTOR)	36
Obrázek 22: Duoválcové uspořádání 2 (AUTOR)	36
Obrázek 23: Monoválcové uspořádání (TPOWERDYNO 2018).....	37
Obrázek 24: Bezválcová koncepce dynamometru (ČUPERA 2012; JAN a kol., 2016)	38
Obrázek 25: Měřené vozidlo Škoda Octavia (AUTOR).....	40
Obrázek 26: Měřené vozidlo Kia Ceed (AUTOR)	41
Obrázek 27: Měřené vozidlo Škoda Superb (AUTOR).....	42
Obrázek 28: Umístění náporového ventilátoru (AUTOR)	43
Obrázek 29: Zafixování za přední nápravu (AUTOR)	44
Obrázek 30: zafixování za tažné oko (AUTOR)	44
Obrázek 31: Upevnění zadní části vozidla (AUTOR).....	45
Obrázek 32: Fixace zadní části vozidla (AUTOR).....	45
Obrázek 33: Válcová zkušebna na VOŠ, SPŠ automobilní a technická (AUTOR)	47
Obrázek 34: Válcový dynamometr Korpet Racing (AUTOR)	49
Obrázek 35: Válcový dynamometr DieselPower (LEON(5F), 2016)	50

Seznam tabulek

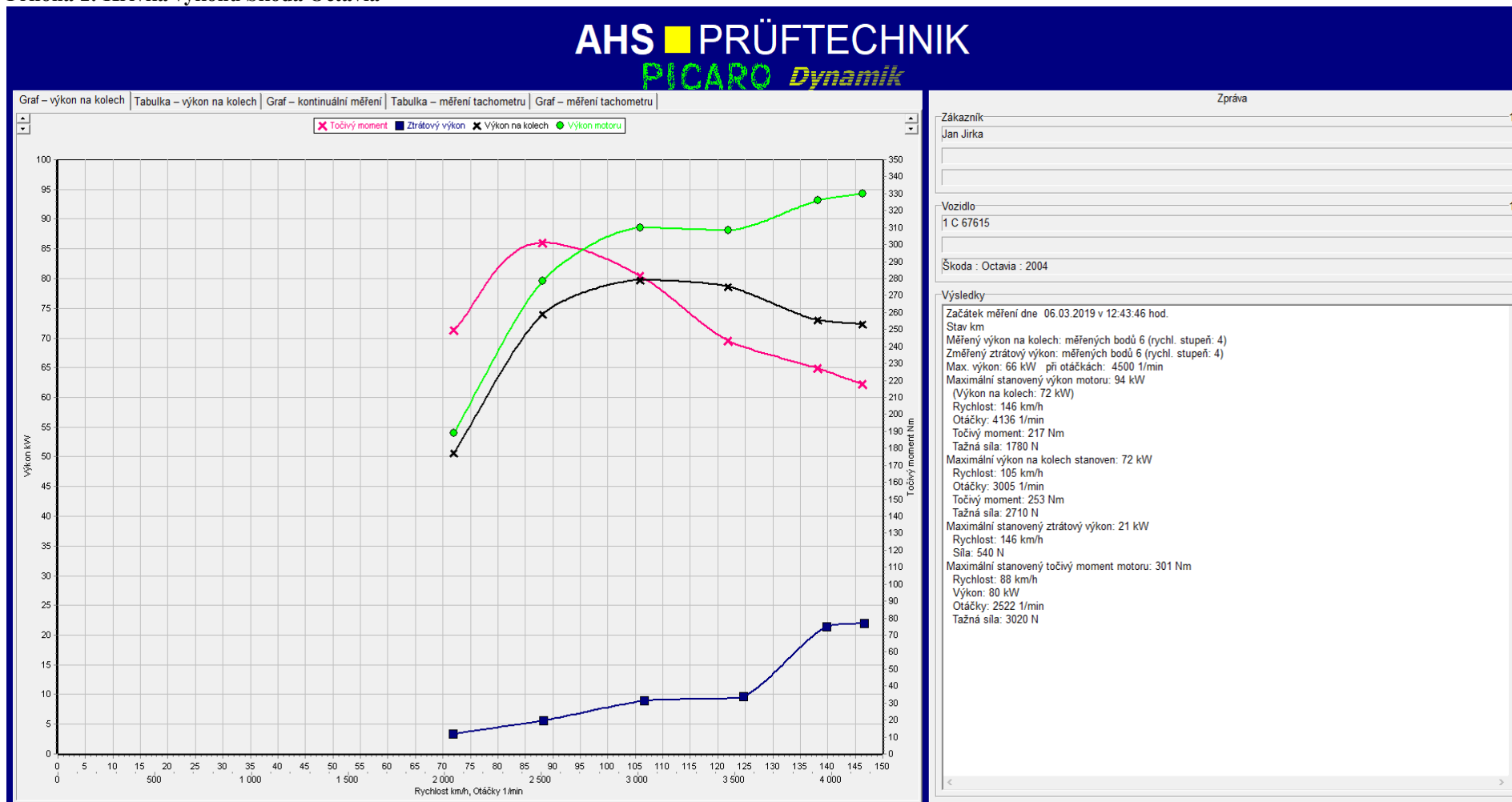
Tabulka 1: Pracovní kvadranty pro jednotlivé typy dynamometrů (ČUPERÁ, 2012)...	26
Tabulka 2: Parametry dynamometru na VOŠ, SPŠ automobilní a technická (AHS, 2018)	48
Tabulka 3: Parametry dynamometru DieselPower (VÁLCOVÁ ZKUŠEBNA, 2016)..	51
Tabulka 4: hodnoty statického a ztrátového měření výkonu Škoda Octavia (AUTOR)	52
Tabulka 5: hodnoty dynamického měření Kia Ceed (AUTOR).....	53
Tabulka 6: hodnoty dynamického měření Škoda Superb (AUTOR).....	54

Seznam použitých zkratk

AWD	Pohon všech kol
DPF	Filtr pevných částic (diesel)
DSG	Robotická dvouspojková převodovka
ESP	Elektronický stabilizační program
GPF	Filtr pevných částic (benzín)
OBD	Palubní diagnostika vozidla
ŘJ	Řídicí jednotka
SW	Software

Přílohy

Příloha 1: Křivka výkonu Škoda Octavia



Příloha 3: Křivka výkonu Kia Ceed

KORPET.cz



Moto COM Test
systém pro měření motorů

Jmeno: Kia_Ceed_1.4T_GDI_103kw_automat

Vozidlo: Kia Ceed

Datum: 5.11.2020 12:04:50

Kia Ceed
5.11.2020 12:04:50

Teplota okolí: 15°C

Tlak vzduchu: 1029

1029

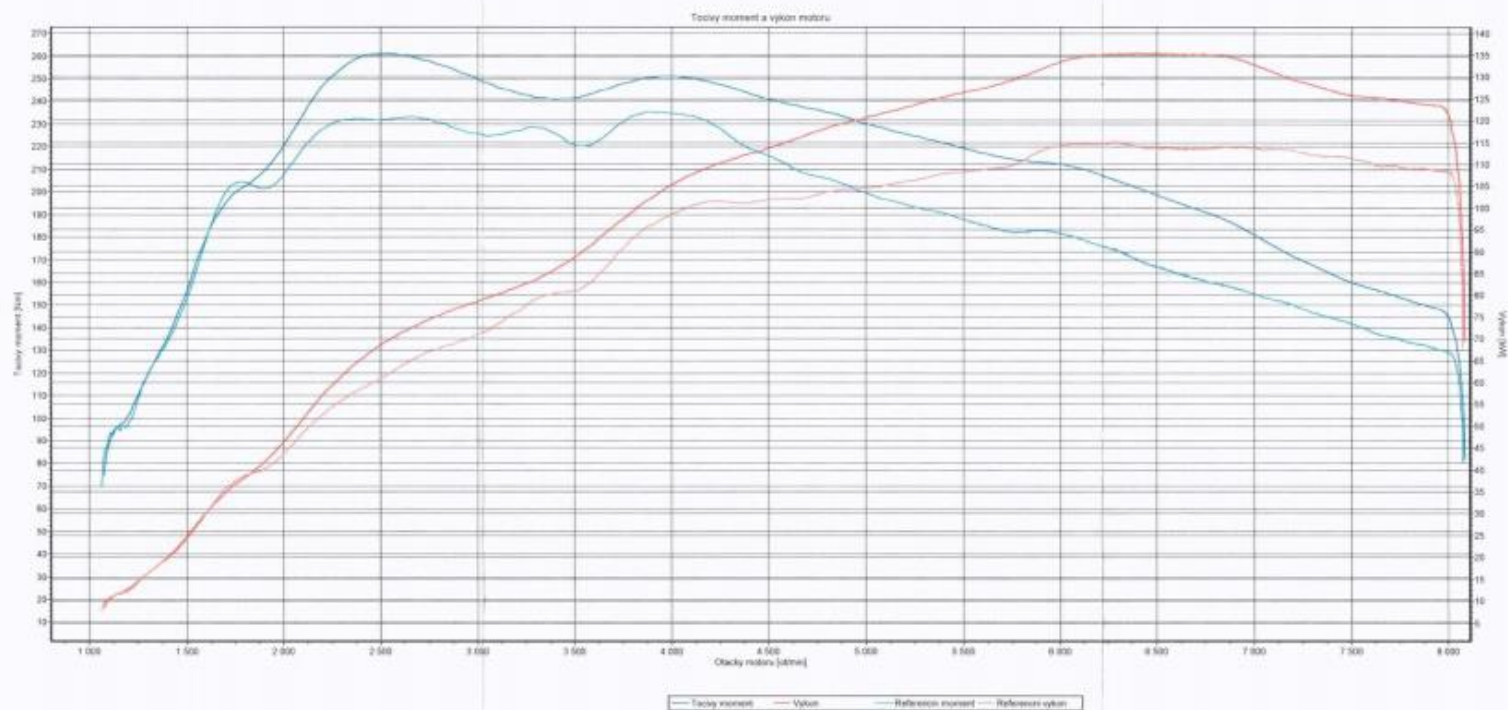
Teplota sani: 27°C

Tlak sani: 1000

1000

Tlak v pneumatice: 0

0



Maximální točivý moment 261,27 Nm při 2518 ot/min, Maximální výkon 135,3kW při 6489 ot/min, Výkon navýšen o -3,6% podle ISO

Příloha 5: Křivka výkonu Škoda Superb

