

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Zemědělská fakulta

**Posouzení vlivu magnetické rezonance na spotřebu paliva
při provozu spalovacího motoru**

Bakalářská práce

Autor práce: Karel Souček

Vedoucí práce: Ing. Václav Vávra, Ph.D.

2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Karel SOUČEK**
Osobní číslo: **Z08482**
Studijní program: **B4106 Zemědělská specializace**
Studijní obor: **Dopravní a manipulační prostředky**
Název tématu: **Posouzení vlivu magnetické rezonance na spotřebu paliva při provozu spalovacího motoru.**
Zadávací katedra: **Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky**

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

Cílem práce je na základě naměřených hodnot posoudit vliv magnetické rezonance na spotřebu paliva při provozu spalovacího motoru.

Všichni renomovaní výrobci pohonných hmot se snaží různými přísadami zušlechtit palivo tak, aby při jeho spalování docházelo k co možná největší účinnosti.

Ovšem na trhu se objevují výrobky, pracující na principu magnetické rezonance, které se připevňují na přírodní potrubí palivového systému (FuelMax, Ecobenz, apod.), nebo jsou montovány na sací potrubí (např. Air-Tec). Prodejci, či výrobci těchto systémů udávají úsporu paliva v rozmezí 10 - 30 %. U těchto systémů je využívána dodatečná úprava paliva přímo v automobilu na principu magnetické rezonance vlivem působení permanentního magnetu, nebo elektrické cívky.

Vlivem magnetické rezonance se oddělují uhlovodíkové řetězce v protékající pohonné látce. Během tohoto procesu dochází ke třídění molekulových shluků. Vzduch má následně snazší přístup k jednotlivým molekulám. Tím dochází k efektivnějšímu a snadnějšímu spalování pohonné látky a k menšímu znečišťování životního prostředí. Úspora na pohonných hmotách automobilů činí 10 až 15 % a zvýšení dojezdu až 27 %.

Zásady pro vypracování:

1. vypracovat analýzu problematiky přeměny energie paliva na energii mechanickou u spalovacích motorů,
2. vypracovat analýzu technických řešení pro zvýšení účinnosti přeměny energie paliva na energii mechanickou,
3. provést porovnávací měření spotřeby paliva konkrétního spalovacího motoru bez úprav a s použitím zařízení využívající magnetickou rezonanci,
4. na základě naměřených a zpracovaných hodnot posoudit vliv magnetické rezonance na spotřebu paliva.

Rozsah grafických prací: dle potřeby
Rozsah pracovní zprávy: 40 - 50 stran
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná


Seznam odborné literatury:

- Gondžár, A.: Automobily a spotřeba paliva : měření a hodnocení spotřeby automobilových pohonných hmot a olejů. Vyd. 9. Praha, Nakladatelství dopravy a spojů, 1990, 284 s. ISBN 80-7030-085-X;
Ferenc, B.: Spalovací motory, karburátory, vstřikování paliva a optimalizace parametrů motoru. 3. vyd. Computer Press, 2009, 384s. ISBN: 978-80-251-2545-8;
Baumruk, P.: Problematika náplně válce spalovacích motorů. Praha, Vydavatelství ČVUT, 1993, 62 s. ISBN 80-01-01009-0;
Ševčík, I.: Konstrukce vozidlových spalovacích motorů. Pardubice, Univerzita Pardubice, 2003, 172 s. ISBN 80-7194-550-1;
Bartoníček, L.: Přeplňování pístových spalovacích motorů. Liberec, Technická univerzita, 2004, 77 s. ISBN 80-7083-800-0;
Kysela, L.: Spalovací motory. Ostrava, Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2003, 97 s. ISBN 80-248-0435-2;
Vlk, F.: Vozidlové spalovací motory. Brno, František Vlk, 2003, 580 s. ISBN 80-238-8756-4;
VUT v Brně. Ústav dopravní techniky. XXVII. mezinárodní konference kateder a pracovišť spalovacích motorů českých a slovenských vysokých škol : sborník. Brno, VUT, Fakulta strojní - Ústav dopravní techniky, 1996, 236 s. ISBN 80-214-0766-2;
Beroun, S.: Základy teorie vozidel a pístových spalovacích motorů. Vyd. 2. Liberec, Technická univerzita, 2001, 117 s. ISBN 80-7083-467-6;
Matějovský, V.: Automobilová paliva. Praha, Grada Publishing, 2005, 223 s., [4] s. ISBN 80-247-0350-5;
Zehnálek, J.: Chemie, paliva, maziva. Brno, MZLU, 1998, 176 s. ISBN 80-7157-314-0.

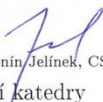
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Václav Vávra, Ph.D.**
Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky

Datum zadání bakalářské práce: **19. února 2010**

Termín odevzdání bakalářské práce: **15. dubna 2011**


prof. Ing. Miloš Soch, CSc.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDEJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentská 13
370 05 České Budějovice


doc. Ing. Antonín Jelínek, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 24. března 2010

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval na základě vlastních zjištění a materiálů uvedených v seznamu literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě, fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích dne:

Poděkování

Mé poděkování patří především mému školiteli ing. Václavu Vávrovi, Ph.D. za vedení mé práce a poskytnuté cenné rady. Mé díky patří všem, kteří mi poskytli potřebné informace, pomoc a radu při vypracování této práce. Děkuji také své rodině, která mi studium umožnila.

Obsah

1. ÚVOD	8
2. LITERÁRNÍ PŘEHLED	9
2.1 Analýza přeměny energie paliva na energii mechanickou u spalovacích motorů	9
2.1.1. Pístový spalovací motor	9
2.1.2. Pracovní oběhy motorů	10
2.1.3. Děje při pracovním oběhu	12
2.1.4. Provozní podmínky motoru	15
2.1.5. Příprava směsi	15
2.1.6. Palivová soustava zážehového motoru	17
2.1.7. Palivová soustava vznětového motoru	24
2.1.8. Emisní předpisy motorů	27
2.2 Analýza technických řešení pro zvýšení účinnosti přeměny energie paliva na energii mechanickou	30
2.2.1. Optimalizace chodu motorů	30
2.2.2. Přepřehování spalovacích motorů	30
2.2.3. Přepřehování turbodmychadlem	31
2.2.4. Mechanicky poháněná dmychadla	34
2.2.5. Dynamické plnění válce motoru	37
2.2.6. Přepřehování pomocí tlakových vln	38
2.2.7. Chlazení stlačeného vzduchu	39
2.3. Spotřeba paliva	42
2.3.1. Provozní vlivy na spotřebu paliva	42
2.3.2. Konstruktivně technická oblast racionalizace spotřeby paliva	42
2.4. Systémy úspory paliva	43
2.4.1. Systém úspory paliva Air-Tec	43
2.4.2. Systém úspory paliva SuperMAX	44
3. CÍLE PRÁCE	47
4. METODIKA MĚŘENÍ	48
4.1. Měření spotřeby paliva s využitím systému úspory paliva Air-Tec	48

4.2.	Měření spotřeby paliva s využitím systému úspory paliva SuperMax	50
5.	VÝSLEDKY MĚŘENÍ A POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ	54
5.1.	Výsledky měření spotřeby paliva s využitím systému úspory paliva Air-Tec	54
5.2.	Výsledky měření spotřeby paliva s využitím systému úspory paliva SuperMAX	64
6.	DISKUZE VÝSLEDKŮ	70
6.1	Měření spotřeby paliva s využitím systému úspory paliva Air-Tec	70
6.2	Měření spotřeby paliva s využitím systému úspory paliva SuperMax	71
7.	ZÁVĚR	73
8.	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	74
9.	PŘÍLOHY	75

Souhrn

Úvodní část této práce je věnována problematice přeměny energie paliva na energii mechanickou u spalovacích motorů. Dále je provedena analýza technických řešení pro snížení spotřeby paliva. V práci je řešena problematika spotřeby paliva při provozu spalovacího motoru a její optimalizace. Je zkoumán a posouzen vliv systémů pracujících na principu magnetické rezonance na spotřebu paliva při provozu spalovacího motoru.

Klíčová slova: Spalovací motor, energie paliva, energie mechanická, spotřeba paliva, magnetická rezonance.

Abstract

The introductory part of this work is dedicated to the conversion of fuel energy into mechanical energy by internal combustion engines. Furthermore, an analysis of technical solutions to reduce fuel consumption. The paper addressed the issue of fuel consumption during operation of the combustion engine and its optimization. It is studied and assessed the impact of systems operating on the principle of magnetic resonance in the fuel in internal combustion engine operation.

Keywords: Internal combustion engine, fuel energy, mechanical energy, fuel consumption, magnetic resonance imaging.

1. Úvod

Základní část práce spočívá ve vypracování analýzy problematiky přeměny energie paliva na energii mechanickou při provozu spalovacího motoru. Tato část pojednává o fyzikálně chemických procesech probíhajících při spalování paliva v pístových motorech a přeměně energie paliva na energii mechanickou.

V druhé části práce je zpracována analýza technických řešení pro zvýšení účinnosti přeměny energie paliva na energii mechanickou. Na jedné straně se výrobci pohonných hmot snaží různými aditivami zušlechtit palivo, na druhé straně se na trhu objevují výrobky, které dodatečně upravují palivo přímo v automobilu. Tyto výrobky pracují na principu magnetické rezonance vlivem působení permanentního magnetu, např. SuperMAX, nebo elektrické cívky např. Air-Tec. Vlivem magnetické rezonance se oddělují uhlovodíkové řetězce v protékající pohonné látce. Během tohoto procesu dochází ke tříštění molekulových shluků. Vzduch má následně snazší přístup k jednotlivým molekulám. Tím dochází k efektivnějšímu a snadnějšímu spalování pohonné látky a k menšímu znečištění životního prostředí. Snižuje se také spotřeba paliva automobilu a zvyšuje dojezdová vzdálenost. Tyto výrobky se připevňují na přírodní potrubí palivového systému - například SuperMAX, Ecobenz, nebo jsou montovány přímo na sací potrubí - například Air-Tec. Výrobci těchto systémů udávají úsporu paliva v rozmezí 10 – 30 %, snížení emisí až o 30%, nárůst výkonu a celkové vyhlazení průběhu křivky točivého momentu motoru.

2. Literární přehled

2.1 Analýza přeměny energie paliva na energii mechanickou u spalovacích motorů

2.1.1. Pístový spalovací motor

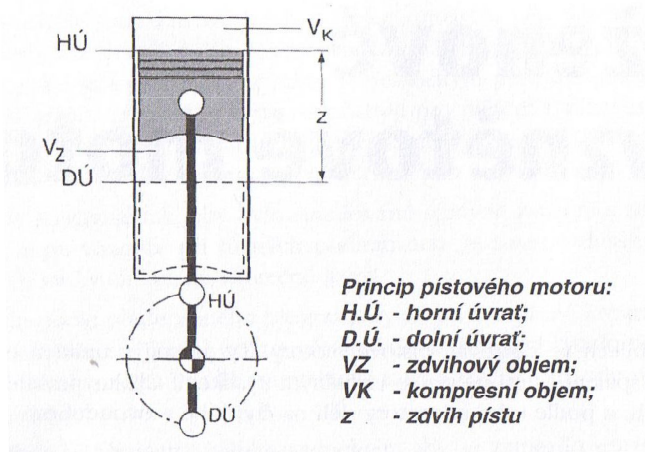
Pístový spalovací motor je nejdůležitější částí pro pohon automobilu. Využívá přeměny chemické energie, vázané v použitém palivu nejprve jeho spalováním na tepelnou energii a ta se nakonec změní klikovým mechanismem motoru na mechanickou práci. U nejrozšířenějšího druhu automobilových spalovacích motorů probíhá tato přeměna ve čtyřech fázích, během kterých se vytvoří zápalná směs paliva se spalovacím vzduchem, stlačí se na nejmenší objem a pak se zapálí. Vzniklá tepelná energie se během třetí fáze přeměňuje v motoru na mechanickou práci, potřebnou k pohonu. Jakmile je energie vyčerpána, musí se odstranit zbytky spalování, aby se mohlo přivést nové palivo a cyklus bylo možno opakovat.

Přeměna probíhá ve válcích motoru, kde je palivo spáleno a uvolněná energie vytvoří tlak na píst válce, jehož posuvem se přeměňuje tlaková energie na mechanickou. Píst je spojen s klikovou hřídelí motoru, která převádí jeho posuvný pohyb na otáčivý. Aby mohlo být po shoření paliva přivedeno do válce palivo čerstvé, jsou z válce vytlačeny zbytky hoření ve formě výfukových plynů. Palivem automobilových motorů bývá převážně automobilový benzin nebo motorová nafta. [1]

2.1.2. Pracovní oběhy motorů

V současné době je u automobilů nejrozšířenější čtyřdobý motor. Je charakterizován tím, že cyklus proběhne při čtyřech zdvících pístu motoru. Píst v součinnosti s ventilovým rozvodem zajišťuje výměnu směsi. To platí pro spalovací motory s přímočarým vratným pohybem pístu, které v automobilech převažují.

U těchto motorů se píst pohybuje mezi horní a dolní úvratí. Jejich vzdálenost se nazývá zdvihem (viz Obr. 2.1). Doba pohybu mezi úvratěmi je takt. Tlaková energie vzniklá při hoření směsi působí na horní plochu pístu. Výsledná síla, která přitom vzniká, je přenášena ojnici na klikovou hřídel. Na hřídeli takto vzniká krouticí moment. Jelikož síla působí po určité dráze mezi úvratěmi, vzniká mechanická práce a vzhledem k času mechanický výkon.



Obr. 2.1 Princip pístového motoru [1]

Čtyřtaktní proces, využívaný v osobních automobilech nejčastěji, se skládá ze čtyř zdvihů, tedy ze dvou otáček klikové hřídele. Jednotlivé takty se nazývají sání, komprese, expanze a výfuk.

Uvedený proces, nazývaný pracovním oběhem, je kruhový děj, který se periodicky opakuje a má stále shodný průběh. Lze jej popsat indikátorovým diagramem, což je závislost tlaku p na objemu V během pracovního oběhu. Průběh se stanoví měřením tlaku ve válci v závislosti na poloze pístu nebo na čase od začátku oběhu.

Kruhový děj ovšem vyžaduje obnovení počátečních tepelných, tlakových a objemových podmínek. To se u pístových motorů děje výměnou prováděnou vytlačení shořelých plynů a přivedením nové náplně. Při kruhovém ději uvedeného pracovního oběhu jsou pro mechanickou práci motoru podstatné jen tlakové změny a s nimi související změny objemové. Produkce tepla a stavové změny pracovního media, směsi paliva se vzdušným kyslíkem, musí probíhat tak, aby práce vykonaná během expanze byla větší, než práce potřebná k výměně a kompresi náplně. V oběhovém diagramu je užitečná práce W_U vyjadřována rozdílem ploch mezi osou souřadnic a průběhy.

Pro srovnání pracovních oběhů z hlediska jejich hospodárnosti bývají výpočtem stanoveny porovnávací nebo tzv. ideální oběhy pro dokonalý motor, a to za následujících předpokladů:

- Všechny rozměry jsou stejné jako u skutečného motoru.
- Ve válci je jen čistá náplň, beze zbytků z předešlého pracovního cyklu, aby se nezhoršoval spalovací proces.
- Složení směsi (poměr vzduch / palivo) je stejné jako u skutečného motoru.
- Množství paliva odpovídá nasátému vzduchu, přičemž je složení směsi takové, aby byl správný přebytek vzduchu, což je podmínkou dokonalého spálení.
- Spalování směsi má proběhnout co nejrychleji a její zapálení má nastat s vhodným předstihem.
- Mezi pracovním plynem a okolními stěnami válce nedochází k výměně tepla.
- Spalování probíhá přesně podle termodynamických zákonitostí pro daný druh motoru.
- Při sání a výfuku nevznikají ztráty prouděním.

Teoretické oběhové diagramy se u různých druhů motorů poněkud liší v závislosti na druhu paliva, způsobu přípravy směsi a jejího zapálení.

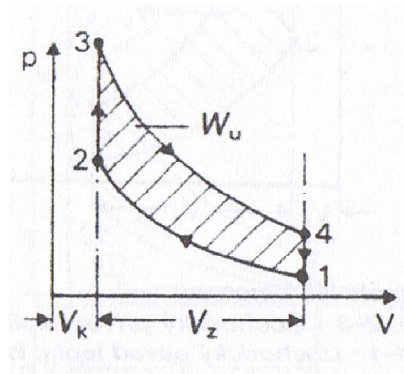
U zážehových motorů, které používají jako paliva automobilového benzínu, je směs připravena předem, ať už mimo nebo v pracovním prostoru válce. Následně je zapálena, nejčastěji elektrickým výbojem, jehož energie je přivedena z vnějšího zdroje.

U vznětových motorů, které spalují motorovou naftu, dochází ke vznícení paliva v okamžiku jeho vstříknutí do stlačeného vzduchu, stlačením ohřátého na zápalnou teplotu. Tvorba směsi tedy probíhá současně s hořením. [1]

2.1.3. Děje při pracovním oběhu

Děje při pracovním oběhu – zážehový motor (ideální motor)

Pro zážehový motor se jako porovnávací volí oběh s přívodem tepla při stálém objemu. Jeho průběh (viz Obr. 2.2).



Obr. 2.2 Porovnávací oběh zážehového motoru s přívodem tepla při stálém objemu: 1-2 – izoentropická komprese; 2-3 – izochorický přívod tepla; 3-4 – izoentropická expanze; 4-1 – izochorický odvod tepla; W_U – užitečná práce [1]

V kruhovém oběhu nastávají následující stavové změny:

1→2

adiabatické stlačování směsi bez výměny tepla s okolím;

2→3

přívod tepla Q_P při stálém objemu, tj. zážeh a hoření směsi;

3→4

adiabatické rozpínání (expanze);

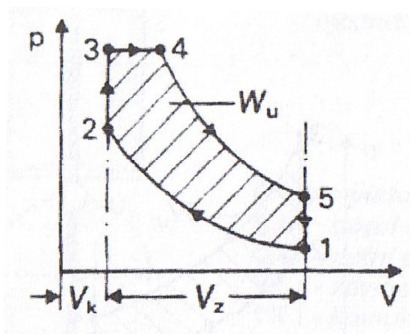
4→1

odvod tepla Q_V při stálém objemu.

Práce potřebná ke stlačení směsi z objemu $V_Z + V_K$ na V_K je dána plochou pod křivkou 1→2. Práce vykonaná při expanzi z objemu V_K na původní pracovní objem $V_Z + V_K$ pak plochou pod křivkou 3→4. Užitečná práce W_U motoru je tedy dána rozdílem ploch pod těmito křivkami.

Děje při pracovním oběhu – vznětový motor (ideální motor)

U vznětových motorů se používá smíšeného porovnávacího oběhu. Jeho průběh (viz Obr. 2.3).



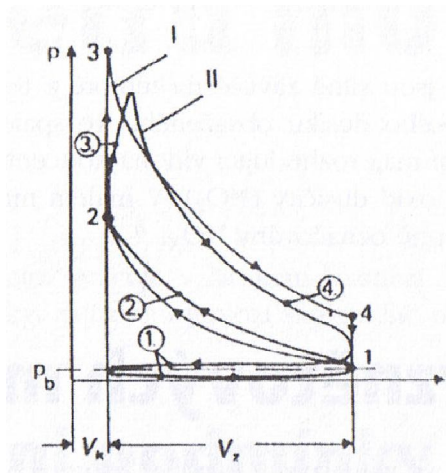
Obr. 2.3 Smíšený porovnávací oběh vznětového motoru: 1-2 – izoentropická komprese; 2-3 – izochorický přívod tepla; 3-4 – izobarický přívod tepla; 4-5 – izoentropická expanze; 5-1 - izochorický odvod tepla; W_U – užitečná práce [1]

V části 1→2 probíhá adiabatické stlačování čistého vzduchu na tlak a teplotu tak vysokou, aby přesáhla zápalný bod tekutého paliva. Palivo se po ukončení stlačování (bod 2) rozpráší do žhavého vzduchu a přitom se v něm vzněcuje. Část paliva shoří naráz při stálém objemu (přímka 2→3) a vzniklým teplem Q_{PV} se zvýší tlak z p_2 na p_3 . Zbytek spalování probíhá při stálém tlaku (přímka 3→4) a vzniklé teplo Q_{PP} vykoná práci na změnu objemu z V_3 na V_4 . Ostatní části pracovního oběhu, tj. 4→5 a 5→1 jsou obdobné jako u zážehového motoru. Stejně tak je práce při kompresi dána plochou pod křivkou 1→2, ale práce při expanzi pak plochou pod průběhy 3→4 a 4→5. Z toho je zřejmé, že termodynamická účinnost vznětového motoru je lepší (plocha W_u je větší). Proto je spotřeba vznětového motoru pro stejný výkon nižší než zážehového se stejným obsahem.

Pracovní oběh skutečného motoru

Skutečný pracovní oběh je ovlivněn složitým průběhem přívodu tepla do oběhu, vzájemnou výměnou tepla mezi náplní a stěnami pracovního prostoru válce a řadou ztrát tlakových, mechanických a průtokových. Zjištění průběhu se provádí měřením, většinou ve formě měření závislosti tlaku ve spalovacím prostoru na zdvihovém objemu válce nebo úhlu pootočení klikového hřídele. Měření se označuje jako indikace (indikování motoru a zjištěná závislost je indikátorový diagram. [3]

Zakreslí-li se do jednoho grafu ideální oběh i indikátorový diagram téhož motoru, jsou zřejmé odchylky, které vedou ke snížení výkonu reálného motoru (viz Obr. 2.4).



Obr. 2.4 Indikátorový diagram čtyřtakového zážehového motoru v porovnání s ideálním oběhem: I – ideální oběh s přívodem tepla při stálém objemu: 1-2-3-4; II – indikátorový diagram; V_z – zdvihový objem; V_k – kompresní objem; 1 – ztráty prouděním při sání a výfuku; 2 – křivka komprese je zpočátku strmější, potom plošší než entropická následkem přívodu a odvodu tepla; 3 – spalování probíhá při proměnlivém objemu; 4 – expanzní křivka je strmější následkem odvodu tepla [1]

V indikátorovém diagramu je tzv. smyčka střídavého plnění, která představuje ztráty prouděním při sání a výfuku. Vytlačování výfukových plynů z válce totiž probíhá při malém přetlaku ve válci vůči okolnímu barometrickému tlaku (u nepřepřítaných motorů). Naproti tomu nastává při nasávání čerstvé náplně ve válci vůči barometrickému tlaku podtlak. Vzniklá smyčka značí negativní práci, která snižuje mechanickou účinnost motoru. Následkem přívodu, resp. odvodu tepla, je průběh křivky stlačování zpočátku strmější a potom plošší, než by odpovídalo adiabatickému ději. Také expanzní křivka je následkem odvodu tepla strmější než adiabatický průběh. Protože není možné okamžité shoření směsi, probíhá její spalování při proměnlivém objemu. To se v diagramu zážehového motoru projeví tím, že je místo svislice křivka 2→3 šikmá a u bodu 3 je oblouk místo špičky. Omezením účinků výše uvedených vlivů je možno dosáhnout snížení ztrát různého druhu, a tak přiblížit tvar indikátorového diagramu tvaru ideálního oběhu pro daný motor. [1]

2.1.4. Provozní podmínky motoru

Automobilový spalovací motor pracuje v širokém rozmezí provozních podmínek. K nim patří především otáčky, zatížení a teplota samotného motoru i jeho okolí.

Provozní otáčky se mění od několika set při volnoběžném chodu motoru stojícího vozidla do několika tisíc při jízdě maximální rychlostí. Rovněž zatížení se mění ve velkém rozsahu. Ve volnoběžném chodu stojícího vozidla je nejmenší, protože výkon motoru se spotřebuje jen na překonání různých pasivních odporů jak motoru, tak jím poháněných částí, zejména pak alternátoru jako zdroje v palubní síti (+ dnes servořízení, klimatizace, ventilátor chlazení). Největší zatížení vzniká při rychlé jízdě maximálně naloženého vozidla a při stoupání vozovky. Většinou ale motor pracuje s průměrným zatížením. Při něm však nastávají různé přechodové stavy, jako náhlé zrychlení při předjíždění nebo decelerace při brzdění motorem. Tyto stavy se projevují na provozních parametrech.

Také změny teploty probíhají od záporných hodnot při mrazu, které mají vliv na studený start motoru, až po hodnoty blízké teplotě varu chladicí kapaliny omezující maximální výkon motoru. Vysoké teploty se objevují buď během jízdy v prostředí s velkou okolní teplotou, nebo vznikají delší rychlou jízdou s velkým zatížením, kdy již chladicí soustava nestačí odvést přebytečné teplo. Také mohou nastat v důsledku vysoké spalovací teploty při nevhodných pracovních režimech motoru nebo při snížení účinnosti chlazení. [1]

2.1.5. Příprava směsi

K nejdůležitějším funkcím patří příprava směsi. Podmínkou spolehlivého zažehnutí a správného průběhu hoření u zážehových motorů je vytvoření buď homogenní směsi palivových par se vzduchem, nebo směsi vrstvené tak, aby bohatost směsi mezi elektrodami zapalovací svíčky v okamžiku přeskočení vysokonapěťového výboje umožnila její zažehnutí. Na složení směsi je závislý nejen výkon a spotřeba motoru, ale i úroveň emisí ve výfukových plynech, rychlost hoření směsi a teplota spalování. [3]

Složení směsi

Složení směsi je určeno poměrem hmotnosti paliva a spalovacího vzduchu. Optimální hodnota je dána druhem motoru.

U zážehového motoru, spalujícího automobilový benzin, je poměr optimální, když na 1 kg hmotnosti paliva připadá 14,7 kg vzduchu. Při tomto ideálním poměru, nazývaném stechiometrický, je spalování nejúplnější, směs hoří nejrychleji a teplota spalování je nejvyšší. Pokud je ve směsi méně vzduchu, vzniká přebytek paliva, směs se nazývá bohatou. Je-li vzduchu více než 14,7 kg, dochází k přebytku vzduchu a směs je chudá.

Vznětové motory pracují s velkým přebytkem vzduchu, aby nedocházelo ke vzniku kouřivosti. Nejmenší hmotnost vzduchu připadající na 1 kg paliva nesmí být nižší než 19,3 kg. Vzhledem k mechanismu přívodu tepla, používaného u těchto motorů, není menší rychlost hoření těchto „chudých“ směsí podstatná.

Množství přiváděného paliva

Množství přiváděného paliva je závislé na požadovaném výkonu motoru. Ten je řízen pomocí akcelérátoru řidičem. Pomocí akcelérátoru se buď mění množství vzduchu nasávaného do válců motoru, nebo akcelérátor množství vzduchu přímo neovlivňuje, ale řídí množství přiváděného paliva.

Zažehnutí připravené směsi

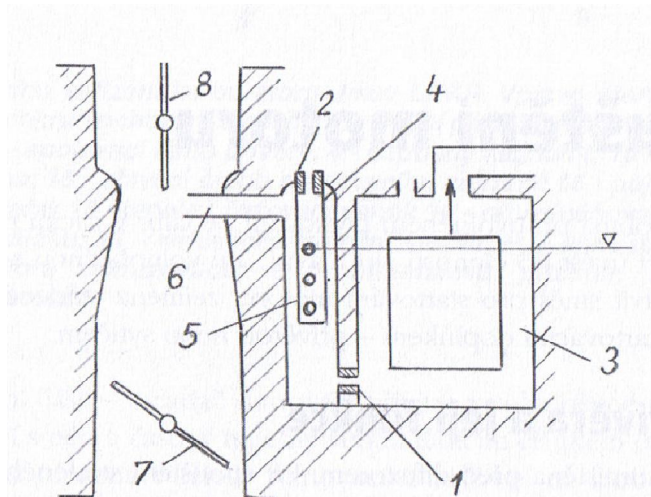
Zažehnutí připravené směsi je nedílnou součástí celého děje. Musí být provedeno s dostatečnou energií, aby se zapálená směs co nejúplněji spálila. Zážeh musí nastat ve vhodném okamžiku, aby teplo vznikalo při hoření za pokud možno stálého objemu. Rychlost hoření směsi je závislá na jejím složení. Při stejném složení je doba shoření stálá, ovšem s otáčkami motoru se rychlost pohybu pístu mění, proto se musí měnit okamžik zažehnutí. Tento „předstih“ zážehu je závislý nejen na otáčkách motoru, jeho zatížení a teplotě, ale podobně jako příprava směsi i na provozních podmínkách. Takže kromě optimalizace přípravy směsi musí být optimalizováno i její zažehnutí. [1]

2.1.6. Palivová soustava zážehového motoru

Tvorba směsi karburátorem

Karburátorů se u zážehových motorů používalo od začátku osmdesátých let minulého století téměř výhradně. Bylo využíváno spádových karburátorů, později se rozšířily i posouvačové (rovnotlaké) typy.

Princip funkce spádového karburátoru lze popsat s použitím zjednodušeného schématu. Ve schématu jsou uvedeny části hlavní soustavy, které se podílejí na tvorbě kapiček v režimech motoru, při nichž škrticí klapka není v poloze minimálního otevření (volnoběžný chod nebo brzdění motorem). Funkční schéma hlavní soustavy karburátoru (viz Obr. 2.5).



Obr. 2.5. Funkční schéma hlavní soustavy karburátoru: 1 - hlavní tryska;
2 - vzdušník korekčního vzduchu; 3 - plováková komora; 4 - emulzní šachta;
5 - emulzní trubice; 6 - rozprašovač; 7 – škrticí klapka; 8 - spouštěcí přívěra [1]

Vzduch nasávaný motorem proudí do sacího hrdla. Ve směšovací komoře, kterou tvoří difuzor se svojí náběžnou hranou a rozšiřující se částí, se do vzduchu přimísí z rozprašovače kapičky paliva. Aby se palivo dobře rozprášilo, musí vzduch dosáhnout velké rychlosti. Ta vzniká zúžením průřezu náběžnou hranou difuzoru. V něm se vytváří podtlak proti barometrickému tlaku, který působí přes větrací otvor na

hladinu paliva v plovákové komoře. Rozdílem tlaků palivo vystřikuje z rozprašovače. Natočením škrticí klapky karburátoru se mění podtlak v místě vystřikování paliva, a tím i jeho množství, přiváděné se vzduchem do motoru.

Palivo se přivádí z palivové nádrže do plovákové komory čerpadlem. Nejčastěji mechanickým, které je poháněno motorem. Hladina paliva je v plovákové komoře udržována plovákem, ovládajícím jehlový ventil uzávěru. Výška hladiny má být taková, aby při nepracujícím motoru benzin nevytékal z výstupních otvorů uvnitř difuzoru. Odvzdušněním plovákové komory je v ní zabezpečen stejný tlak na hladinu paliva, jako je na vstupu hrdla. Rozdíl mezi tlakem na hladinu paliva v plovákové komoře a podtlakem v místě jeho vstřiku rozprašovačem ovlivňuje množství paliva dodávaného do směsi, tedy i její složení.

Množství tohoto paliva je také závislé na průřezu otvoru hlavní trysky, kterou prochází do emulzní šachty. V šachtě za pomoci emulzní trubice dochází ke kompenzaci množství paliva korekčním vzduchem. Vstup vzduchu do emulzní šachty je regulován vzdušníkem, umístěným v horní části emulzní trubice. Pomocí korekčního vzduchu se v hlavní soustavě karburátoru udržuje přibližně stejné složení směsi i při rostoucí rychlosti vzduchu v difuzoru, kdy naopak stoupá podtlak v okolí rozprašovače. Množství korekčního vzduchu a s ním složení „předběžné“ směsi (emulze) je závislé na průřezu otvoru vzdušníku. Tato směs je z emulzní šachty vysávána kanálkem rozprašovače a v difuzoru vytváří se vzduchem sacího hrdla konečnou směs. [1]

Příprava směsi vstřikováním

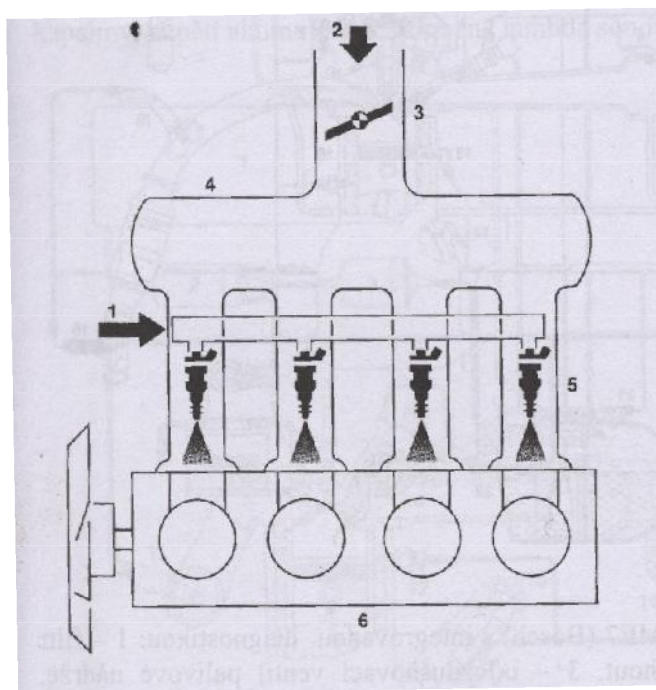
Pro přípravu směsi se používají vstřikovací systémy, jejichž výhodou je vstřikování paliva v souvislosti s požadavky na hospodárnost, výkonové schopnosti, dokonalé jízdní vlastnosti a nízký obsah škodlivých látek ve výfukových plynech. Vstřikování umožňuje přesné odměřování paliva v závislosti na provozním stavu a zatížení motoru při zohlednění okolních vlivů. Složení směsi je přitom řízeno tak, aby byl nízký podíl škodlivých látek ve výfukových plynech. Mezi nejvýznamnější výrobce vstřikovacích systémů patří firma Bosch. [5]

Rozeznáváme tři způsoby vstřikování benzínu:

- vícebodové vstřikování,
- centrální (bodové) vstřikování,
- přímé vstřikování.

Vícebodové vstřikování

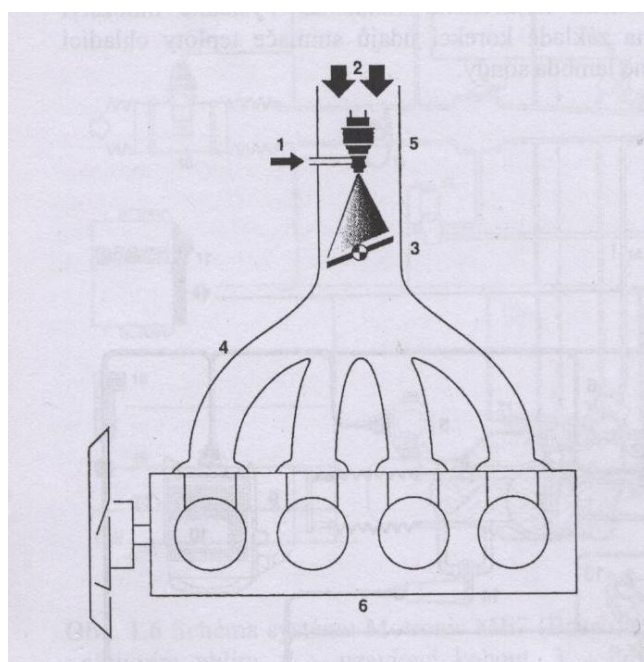
U vícebodových vstřikovacích systémů je každému válci přiřazen jeden vstřikovací ventil, který vstřikuje palivo přímo před sací ventil příslušného válce. Palivo je vstřikováno do jednotlivých větví sacího potrubí, přičemž vstřikovaný paprsek paliva je usměrněn do oblasti sacího ventilu. Tím je zabezpečeno rovnoměrné naplnění jednotlivých válců motoru palivem a odstraněna kondenzace paliva na studených stěnách sacího potrubí za nízkých teplot. Vstřikování může být kontinuální a přerušované. Způsob vícebodového vstřikování benzínu (viz Obr. 2.6).



Obr. 2.6 Vícebodové vstřikování benzínu [Bosch]: 1 – palivo; 2 – vzduch; 3 – škrticí klapka; 4 – sací potrubí; 5 – vstřikovací ventily; 6 - motor [5]

Centrální vstřikování

Centrální vstřikování je elektronicky řízený vstřikovací systém, u kterého je palivo vstřikováno přerušovaně do sacího potrubí z jednoho elektromagnetického ventilu na centrálním místě nad škrticí klapkou (viz Obr. 2.7). Centrální vstřikování je vhodné pro motory do výkonu 80 kW, mající nejvýše čtyři válce. U tohoto vstřikování se palivo vstřikuje v jednom místě sacího potrubí společného pro všechny válce motoru. Umístění elektromagnetem ovládaného vstřikovacího ventilu odpovídá umístění karburátoru. Palivový paprsek trysky je nasměrován do průtočných průřezů škrticí klapky.



Obr. 2.7 Centrální (bodové) vstřikování benzínu [Bosch]: 1 – palivo; 2 – vzduch; 3 – škrticí klapka; 4 – sací potrubí; 5 – vstřikovací ventil; 6 – motor [5]

Elektronické vstřikování benzínu může být:

- simultánní vstřikování,
- skupinové vstřikování,
- sekvenční vstřikování.

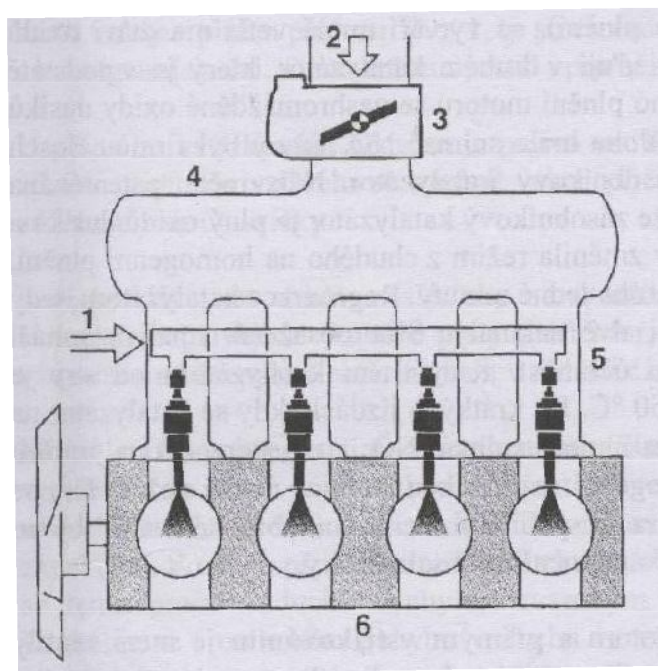
U simultánního vstřikování dochází ke vstřikování všech vstřikovacích ventilů v jeden okamžik, dvakrát za cyklus, tzn. dvakrát za otáčku vačkového hřídele popř. jednou za otáčku klikového hřídele. Okamžik vstřiku je dán pevně předem.

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

Sekvenční vstřikování umožňuje největší volnost. Vstřikovací ventily jsou ovládány nezávisle na sobě ve stejný okamžik, vztaženo na příslušný válec. Okamžik vstřiku je volně programovatelný a lze jej přizpůsobit na příslušná optimalizační kritéria.

Přímé vstřikování benzínu

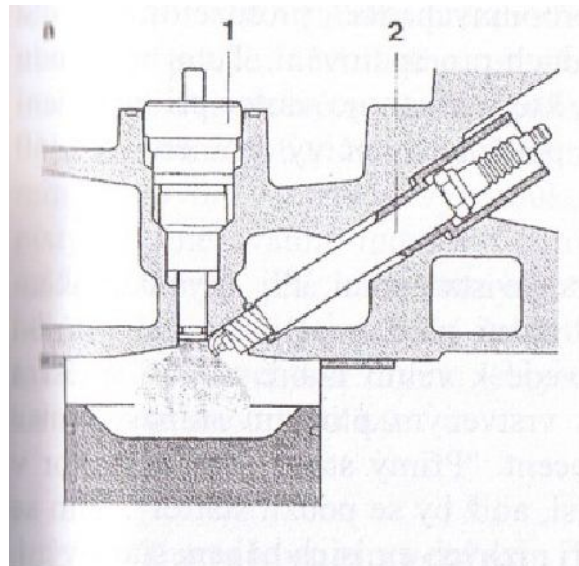
Přímé vstřikování benzínu (viz Obr. 2.8) znamená, že je benzin vstřikován přímo do spalovacího prostoru. U přímého vstřikování benzínu je palivo vstřikováno v průběhu sacího a kompresního zdvihu přímo do vzduchové náplně válce, přičemž se rozprašuje a odpařuje ještě před zážehem jiskrou svíčky. Ve spalovacím prostoru zážehového motoru s přímým vstřikováním je mezi ventily umístěna zapalovací svíčka, po straně pak vstřikovací tryska. Tou se do spalovacího prostoru vstřikuje benzin pod tlakem až 100 barů přímo do vybrání v pístu. Speciálně tvarovaný spalovací prostor vytváří spolu tvar hlavy válců a vrchní části pístu. Sací kanál může být opatřen speciální klapkou, která ho vlastně dělí na dvě části – spodní a vrchní polovinu. Účelem této klapky je vytváření vrstveného plnění. Sací kanály jsou téměř svislé, aby se dosáhlo cíleného směru proudění nasávaného vzduchu. Používají se tvarové písty (deflektor, vybrání) pro usměrnění pohybujícího se vzduchu a směsi paliva se vzduchem v oblasti částečného a plného zatížení.



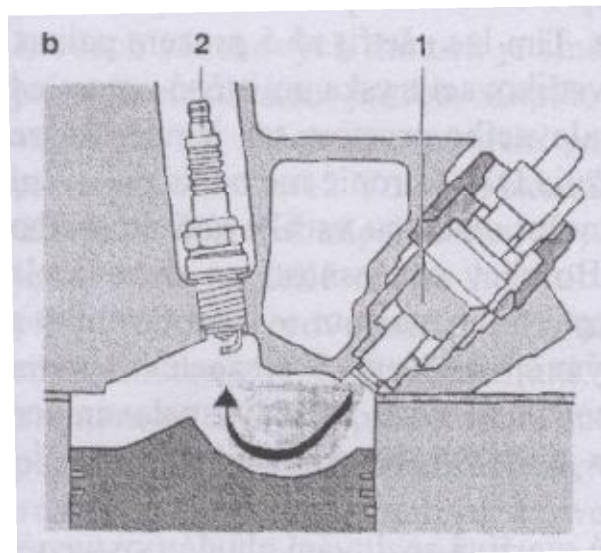
Obr. 2.8 Přímé vstřikování benzínu [Bosch]: 1- palivo; 2 – vzduch; 3 – škrticí klapka (EGAS); 4 – sací potrubí; 5 – vstřikovací ventily; 6 – motor [5]

Pro správné spalování zážehových motorů je důležitá homogenní směs paliva se vzduchem. Průběh spalování lze zlepšit, dojde-li při plnění válce k cílenému rozvrstvení paliva. Výhodou tohoto způsobu plnění je, že se v blízkosti zapalovací svíčky nachází bohatá směs, kterou lze velmi dobře zapálit, hlavní průběh spalování poté probíhá v chudé směsi. Zvláště výhodná, ale velmi náročná, je realizace tohoto způsobu prostřednictvím děleného spalovacího prostoru, kde by byla do komůrky vstřikována bohatá směs připravovaná druhým systémem přípravy směsi. Tento systém je výhodný díky velmi dobré zápalnosti směsi, i když se ve spalovacím prostoru nachází směs chudá. Zároveň lze dosáhnout velmi nízkých hodnot emisí NO_x , protože dochází ke spalování velmi chudé a bohaté směsi. Díky velké povrchové ploše spalovacího prostoru mají motory s rozděleným spalovacím prostorem, v porovnání s motory s otevřeným spalovacím prostorem, výrazně vyšší hodnoty emisí nespálených uhlovodíků. Rozvrstvení plnění spalovacího prostoru lze dosáhnout přímým vstřikem paliva do spalovacího prostoru. Zde se dosáhne v oblasti zapalovací svíčky velmi bohatá směs, při celkově chudém složení směsi ve spalovacím prostoru (podobně jako u vznětových motorů). Rozvrstvení paliva lze dosáhnout také cíleným ovlivnění pohybu směsi při jejím proudění do spalovacího prostoru. Pro přímé vstřikování benzínu se používají tři metody spalování (viz Obr. 2.9; 2.10; 2.11). [5]

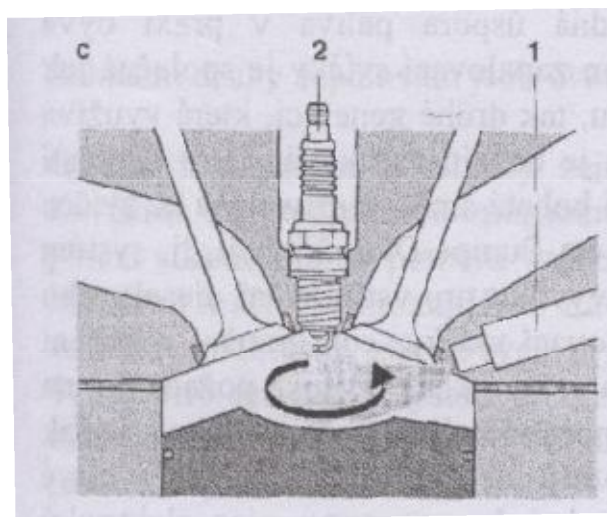
- spalování vedené paprskem,
- spalování vedené stěnou,
- spalování vedené vzduchem.



Obr. 2.9 Systém tvoření směsi přímého vstřikování benzínu (vždy podporováno vířením nebo tumble-efektem). Spalování vedené paprskem. 1 – vstřikovací ventil; 2 – zapalovací svíčka [5]



Obr. 2.10 Systém tvoření směsi přímého vstřikování benzínu (vždy podporováno vířením nebo tumble-efektem). Spalování vedené stěnou, 1 – vstřikovací ventil; 2 – zapalovací svíčka [5]



Obr. 2.11 Systém tvoření směsi přímého vstřikování benzínu (vždy podporováno vířením nebo tumble-efektem). Spalování vedené vzduchem. 1 – vstříkovací ventil; 2 – zapalovací svíčka [5]

2.1.7. Palivová soustava vznětového motoru

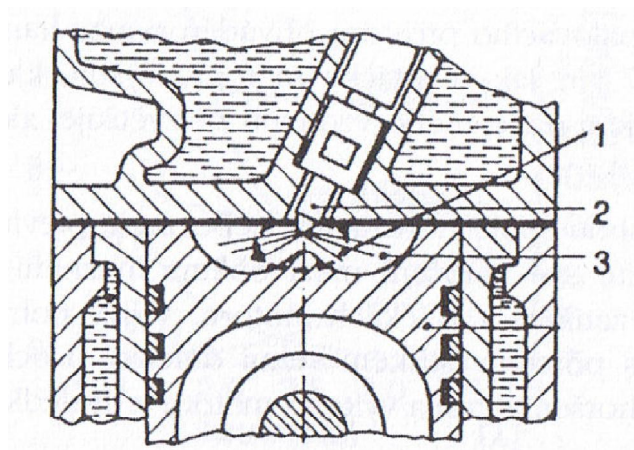
U vznětového motoru se směs paliva se vzduchem vytváří ve válci motoru. Během kompresního zdvihu se stlačuje čistý vzduch na vysoký tlak. Do stlačeného vzduchu se vstříkuje palivo. Palivo vytváří se vzduchem palivovou směs a v důsledku toho, že komprimovaný vzduch má vysokou teplotu, se směs vzněcuje a spaluje. Tvorba směsi a její spalování probíhají téměř současně. Palivo se vstříkuje před dosažením horní úvratě pístu. Konstrukce palivové soustavy a spalovacího motoru musí umožňovat tvorbu homogenní směsi. Toho lze dosáhnout různými způsoby, například rozvířením proudícího vzduchu ve válci.

Vznětové motory lze podle charakteru konstrukce palivové soustavy a spalovacího prostoru rozdělit do dvou skupin, a to na motory s přímým vstřikem paliva a motory komůrkové.

Motory s přímým vstřikem paliva

Motory s přímým vstřikem paliva mají spalovací prostor vytvořen mezi hlavou a pístem. Konstrukčně se toho obvykle dosahuje vhodným vybráním pístu. Palivo se

vstřikuje vysokými vstřikovacími tlaky, čímž se docílí jemné rozprášení paliva. K dosažení rovnoměrného promísení vzduchu a vstřikovaného paliva se používá zpravidla víceotvorových trysek. Vhodným provedením vybrání pístu dochází k radiálnímu pohybu vzduchu a úpravou sacího potrubí, například spirálovitou, dochází k rotačnímu pohybu proudícího vzduchu kolem osy válce. Takto rozvířený nasávaný vzduch potom vytváří s palivem homogenní směs. Přímé vstřikování motorové nafty (viz Obr. 2.12).[2]



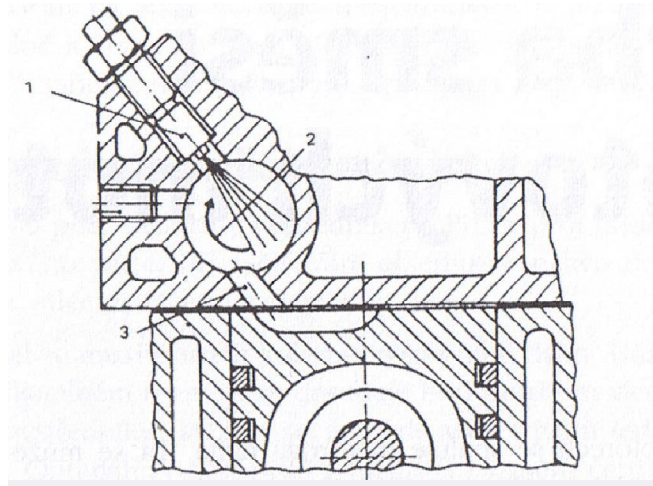
Obr. 2.12 Přímé vstřikování nafty, rozdělení paliva v celém spalovacím prostoru:

1 - vzduchový vír; 2 - vstřikovací tryska; 3 - spalovací prostor; [1]

Motory s nepřímým vstřikem – komůrkové vznětové motory

Motory s nepřímým vstřikem – komůrkové vznětové motory, mají spalovací prostor tvořen buď mezi hlavou motoru a pístem, nebo ve spalovací komůrce. V současné době se nejčastěji používá konstrukce tzv. vírové komůrky. Palivo se do komůrky vstřikuje jediným palivovým paprskem. Propojovací kanál mezi hlavním spalovacím prostorem a komůrkou je vzhledem ke komůrce uspořádán tangenciálně, což zajišťuje rotační rozvíření vzduchu. Vstřikované palivo se vzněcuje v komůrce, odkud se hoření rozšíří do hlavního spalovacího prostoru. Expandováním žhavých plynů z komůrky do hlavního spalovacího prostoru a zpět dochází k dokonalému promísení paliva se vzduchem. Pro usnadnění spouštění motoru slouží elektrická

žhavicí svíčka, která zabezpečuje vyhřívání spalovacího prostoru. Vírové komůrky se používají u rychloběžných vznětových motorů pro osobní automobily. Měrná spotřeba paliva je u komůrkových motorů poněkud vyšší než u motorů s přímým vstřikem. Komůrkové motory však mají nižší kouřivost a pracují tišeji. Nepřímé vstřikování motorové nafty do vírové komůrky (viz Obr. 2.13). [2]



Obr. 2.13 Nepřímé vstřikování motorové nafty do vírové komůrky: 1- čepová vstřikovací tryska; 2-směr otáčení víru v komůrce; 3-spojovací kanál [1]

Systémy vstřikování paliva

Systémy vstřikování paliva u vznětových motorů je možno rozdělit podle použitého vysokotlakého vstřikovacího čerpadla. Vstřikovací čerpadla vznětových motorů jsou výhradně pístová a je možno je podle základních charakteristických rysů konstrukce rozdělit na:

1. Čerpadla se samostatnou vstřikovací jednotkou pro každý válec motoru. Za samostatnou jednotku je považována dvojice píst a válec.
2. Čerpadla s jednou vstřikovací jednotkou společnou pro všechny válce motoru. Jedná se o čerpadla rotační s axiálním pohybem pístu nebo s dvěma radiálně se pohybujícími písty a rozdělovačem.
3. Čerpadlo s akumulátorem (Common Rail).

Podle uspořádání a umístění vstřikovacích jednotek je možno rozdělit čerpadla se samostatnou vstřikovací jednotkou pro každý válec motoru na:

1. Čerpadla bloková (řadová), kdy vstřikovací jednotky jsou soustředěny do jednoho bloku, a pohyb pístků je ovládán vlastním vačkovým hřídelem čerpadla.
2. Čerpadla s cizím pohonem, kdy jednotlivé vstřikovací jednotky jsou umístěny pro každý válec samostatně v bloku motoru a poháněny od vačkového hřídele motoru. Jedná se o motory s rozvodem OHV.
3. Sdružené vstřikovací jednotky, kdy vstřikovací jednotka je sdružena do jednoho konstrukčního celku se vstřikovačem a umístěna v hlavě válce motoru. Ve většině případů je pohyb vstřikovacího pístku jednotky odvozen od vačky motoru s rozvodem OHC.

Podle způsobu řízení počátku, případně konce dodávky paliva a velikosti vstřikované dávky do válce motoru, je možno systémy vstřikování paliva rozdělit na:

1. Řízení dodávky paliva čerpadlem pomocí regulační hrany nebo objímky pístku vstřikovací jednotky. Všechna vstřikovací čerpadla jsou vybavena omezovacím, případně výkonnostním regulátorem, který je buď mechanický, s přímou mechanickou vazbou na otáčky klikového hřídele, nebo je u elektronicky řízených vstřikovacích čerpadel nahrazován řídicí jednotkou, která ovládá čerpadlo přes akční člen.
2. Řízení dodávky paliva elektromagnetickým ventilem umístěným na čerpadle.
3. Řízení dodávky paliva elektronicky řízeným vstřikovačem pomocí rychlých elektromagnetických ventilů. Jsou používána převážně u čerpadel s cizím pohonem, u sdružených vstřikovačů a u systému s tlakovým zásobníkem (Common Rail). [3]

2.1.8. Emisní předpisy motorů

Kdyby bylo spalování dokonalé, sestávaly by výfukové plyny pouze z oxidu uhličitého (CO_2) a vody v plynném stavu (H_2O), které nejsou zdraví škodlivé. Avšak spalování v motorech není dokonalé, takže mimo CO_2 a H_2O obsahují výfukové plyny určité množství oxidu uhelnatého (CO), oxidů dusíku (sloučenin kyslíku a dusíku ze spalovaného vzduchu označovaných NO_x), nespálených uhlovodíků (HC), oxidů síry a

dalších složek. Mnohé z těchto komponent jsou považovány za zdraví škodlivé, a proto je úroveň jejich emisí stanovena mezinárodními normami, označenými jako limity CO, HC a NO_x.

Tyto předpisy byly zavedeny od roku 1970, kdy byly stanoveny hodnoty pro CO a HC na základě tehdejší technické úrovně spalovacích motorů a jejich příslušenství. S dalším rozvojem techniky a růstem počtu automobilů jsou požadavky neustále zpřísnovány. To nutí výrobce automobilů hledat cesty, jak zabezpečit splnění předpisů za přijatelných ekonomických podmínek takovým způsobem, aby nedocházelo k nepřijatelnému zhoršení jak během stanoveného proběhu vozidla, tak i v předpokládaných provozních podmínkách.

Emise zmíněných škodlivin nejsou jedinými parametry, které jsou předmětem předpisů. Řada zemí vydala doporučení na spotřebu paliva. I v nich docházelo ke zpřísnování limitů. Snaha snížit spotřebu souvisí také s požadavkem na omezení úrovně emisí oxidu uhličitého (CO₂). Ten je nejdůležitějším z tzv. skleníkových plynů, které mohou mít vliv na klimatické změny. Protože CO₂ je neodstranitelným produktem spalování uhlovodíků, je jedinou cestou snížení spotřeby paliva.

Splnění požadavků emisních limitů se ověřuje před homologací příslušného typu vozidla a potom v různých intervalech během jeho výroby. Úroveň emisí vozidel během jejich životnosti je rovněž sledována v rámci pravidelných technických kontrol. Emise zážehového motoru se měří čtyřsložkovým analyzátozem (CO, HC, CO₂ a O₂), u vznětových měřičem kouřivosti. Měření se provádějí na stojícím vozidle, bez zatěžování motoru. [1]

Emise zážehových motorů

Oxid uhelnatý (CO) vzniká, když pro nedostatek kyslíku nedochází k úplnému shoření paliva, tj. k přeměně na CO₂ a H₂O. Velikost emisí CO je tedy zcela závislá na složení směsi, které je dáno poměrem vzduchu a paliva. I při přebytku vzduchu vzniká ve výfukových plynech koncentrace CO, pokud je složení směsi ve spalovacím prostoru nehomogenní, nebo její složení cyklus od cyklu kolísá.

Volné uhlovodíky, sloučeniny C_mH_n, tj. parafiny, olefiny a aromáty se objevují ve výfukových plynech také při nedostatku vzduchu, kdy dochází k neúplnému nebo částečnému spalování paliva. Dalšími příčinami může být vynechání zážehu, zhasnutí zapálené směsi v důsledku její nízké teploty, zejména v blízkosti chladnějších stěn

válce, nebo vlivem nedostatečné energie elektrického výboje při zážehu. Případně i nerovnoměrného rozložení směsi ve válci.

Emise oxidů dusíku (NO_x) jsou silně závislé na teplotě a tlaku ve spalovacím prostoru a vznikají oxidací atmosférického dusíku obsaženého ve spalovacím vzduchu. Maximální teplota a doba jejího působení mají rozhodující vliv na koncentraci oxidu dusnatého (NO), který se rychle okysličuje na oxid dusičitý (NO₂). V malém množství vzniká i oxid dusný (N₂O). Tyto oxidy jsou souhrnně označovány NO_x.

Emise vznětových motorů

Emise zmíněných složek jsou ve výfukových plynech zážehových motorů obsaženy v mnohem větší míře než u vznětových motorů. Vznětové motory pracují s přebytkem vzduchu, takže podíl oxidu uhelnatého je u nich až o řád nižší. Tvorba oxidů dusíku je závislá na teplotě, tlaku, době hoření a koncentraci kyslíku při spalování. Diesely mají emise NO_x řádově vyšší (cca 10x – 20x) než zážehové motory (vysoké tlaky ve spalovacím prostoru).

Ve větší míře jsou ale ve výfukových plynech zastoupeny aldehydy. Nepatří přímo k jedovatým látkám, ale způsobují nepříjemný zápach výfukových plynů. Vzhledem k tomu, že v motorové naftě je přípustný vyšší obsah síry než v automobilovém benzínu, je ve výfukových plynech vznětových motorů i vyšší koncentrace oxidu siřičitého.

Pevné částice a saze

Problémem výfukových plynů vznětových motorů je tvorba pevných částic a sazí. Když dokonale neshoří třeba jen malý podíl paliva, saze zbarví výfukové plyny do tmava. Příčinou tvoření sazí bývá krakování nafty během spalování. Krakování je štěpení velkých molekul paliva. Dochází k němu při vysoké teplotě a velkém tlaku za nedostatku kyslíku. Spalování vstříknutého paliva začíná totiž na povrchu jeho kapiček tam, kde mají teplo a kyslík k palivu přístup nejdříve. Zatímco vnější obal kapiček paliva shoří, uvnitř je kyslíku nedostatek. Pokud se silným prouděním vzduchu nepodaří dostat uhlík dostatečně do styku s kyslíkem, palivo už neshoří, ale formou sazí zbarvuje výfukové plyny do tmava. [1]

2.2 Analýza technických řešení pro zvýšení účinnosti přeměny energie paliva na energii mechanickou

2.2.1. Optimalizace chodu motorů

Předmětem optimalizace chodu motorů jsou taková opatření, která při všech provozních stavech snižují odchylky průběhu indikátorového diagramu od ideálního tvaru a přitom zajišťují splnění limitů emisí výfukových plynů. V některých případech je třeba volit kompromis mezi jízdními vlastnostmi, spotřebou a emisemi. Dalšími činiteli jsou teplota motoru a přechodové režimy.

Souhrn opatření pro omezení uvedených vlivů tvoří soustavu řízení chodu motoru. Provedení a složitost takové soustavy závisí na stupni přísnosti požadavků na parametry motoru. Funkce soustavy mají zajistit provoz motoru ve všech režimech, které se u vozidla vyskytují.[1]

2.2.2. Přepřňování spalovacích motorů

Přepřňování spalovacích motorů je jedna z nejpoužívanějších metod sloužící ke zvyšování výkonových parametrů spalovacích motorů. V minulosti byla největší motivací vedoucí k používání přepřňování spalovacích motorů snaha zvýšit výkon spalovacích motorů, zejména se tento způsob používal u vznětových motorů, kde výkon připadající na jeden kilogram je podstatně menší, než u benzinových motorů. V současné době je hlavní motivací snižování spotřeby paliva, a tedy i produkce oxidu uhličitého, které je dosaženo zmenšením zdvihového objemu motoru při zachování stejných výkonových parametrů, tzv. downsizing. Motor o menším zdvihovém objemu má menší ztráty třením, menší hmotnost, menší moment setrvačnosti motoru atd. než motor o větším zdvihovém objemu. To se projeví nižší spotřebou paliva. Stejně výkonové parametry jako u motoru o větším zdvihovém objemu jsou dosaženy právě přepřňováním.

Kromě přepřňování, které zvyšuje hodnotu středního efektivního tlaku působící na píst, lze výkonu motoru zvýšit zvětšením objemu motoru nebo zvýšením otáček motoru. Zvětšení zdvihového objemu motoru ať již zvyšováním objemu válce, nebo zvyšováním počtu válců, je spojeno s nárůstem zastavěného objemu a hmotnosti motoru i jeho příslušenství. Zvyšování otáček negativně ovlivňuje životnost, využívá se tedy

převážně při ladění motorů závodních automobilů a motocyklů, u kterých není požadována vysoká životnost, např. motory vozů formule 1 byly schopné dosahovat až 20 000 otáček za minutu, ale životnost byla pouze jeden nebo dva závody.

Způsoby přeplňování spalovacích motorů

Přeplňování spalovacích motorů je možné podle způsobu, jakým je docíleno přeplnění motoru rozdělit na:

- přeplňování turbodmychadlem,
- přeplňování mechanicky poháněným dmychadlem,
- dynamické plnění válce motoru,
- přeplňování tlakovzdušným výměníkem.

Dále je možné přeplňování spalovacích motorů rozdělit podle velikosti plnicího tlaku na:

- Nízkotlaké, kde je součinitel stlačení plnicího vzduchu do 1,5. Zde je možné dosáhnout zvýšení efektivního výkonu až o 30%.
- Středotlaké, kde se součinitel stlačení plnicího vzduchu pohybuje od 1,6-2. Možné je dosáhnout 50% zvýšení efektivního výkonu.
- Vysokotlaké, kde se součinitel stlačení plnicího vzduchu pohybuje od 2,1-3,5. Zde je možné zvýšit efektivní výkon až o 100%.
- Zvláště vysokotlaké, kde se součinitel stlačení plnicího vzduchu pohybuje od 3,6-6. Tímto způsobem je možné zvýšit efektivní výkon až o 400%. [3]

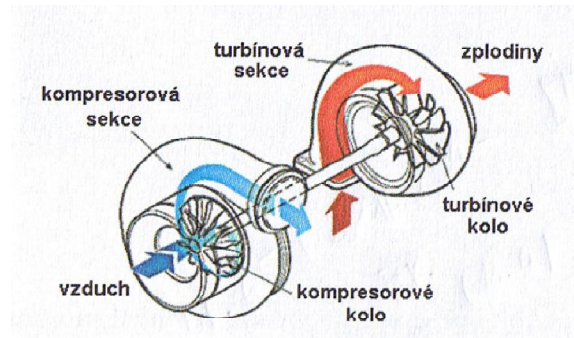
2.2.3. Přeplňování turbodmychadlem

V současné době představuje přeplňování spalovacích motorů pomocí turbodmychadla nejčastější způsob přeplňování. V porovnání s mechanicky poháněnými dmychadly mají turbodmychadly přeplňované motory dvě základní přednosti:

- Nižší měrnou efektivní spotřebu paliva, a tedy i větší ekonomičnost provozu,
- Jednodušší konstrukci a menší zástavbové rozměry.

Výfukové plyny opouštějící spalovací prostor vstupují do turbinové sekce, kde dynamickými účinky proudícího plynu roztáčí lopatky turbíny. Na stejné hřídeli jako

je turbína, jsou umístěny i lopatky kompresoru, které se tedy také otáčejí, a tím pumpují vzduch do spalovacího prostoru. Princip činnosti turbodmyhadla (viz Obr. 2.14).

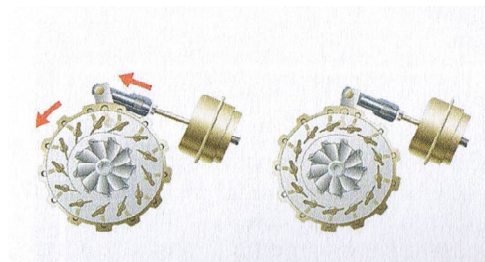


Obr. 2.14 Princip činnosti turbodmyhadla [3]

Regulace turbodmyhadla v podstatě probíhá sama, s rostoucím zatížením roste i průtok spalin, a tím i množství stlačeného vzduchu v sání motoru. Problém představuje nastavení vhodných parametrů turbodmyhadla. Z pohledu nízké měrné spotřeby paliva je vhodné, aby motor pracoval při nižších otáčkách, tudíž je nutné, aby turbodmyhadlo při těchto otáčkách dodávalo optimum vzduchu. Při plném zatížení motoru by však množství spalin produkované motorem bylo příliš velké a v průtočných průřezích turbíny navržené pro částečné zatížení by docházelo ke škrcení. Proto je turbína přemostěna obtokovým potrubím, které je uzavíráno obtokovým ventilem. Při nárůstu výkonu motoru vzrůstá množství a energie výfukových plynů. Zvyšují se otáčky turbodmyhadla a roste tlak za dmyhadlem. Při dosažení určité úrovně tohoto tlaku je membrána v komoře obtokového ventilu stlačena a otevře se průtok spalin do výfukového potrubí za turbínou turbodmyhadla.

V dnešní době nejpoužívanější způsob regulace pracovního režimu turbíny turbodmyhadla, představuje natáčení lopatek rozváděcího ústrojí turbíny. Toto řešení umožňuje co nejlepší využití energie výfukových plynů a dosažení rychlého nárůstu točivého momentu motoru při jeho akceleraci.

Princip práce, (viz Obr. 2.15), je poměrně jednoduchý. Při nízkých otáčkách vodicí klapky zúží vstupní průřez, takže se vynutí zrychlení proudu výfukových plynů, a tím i zvýšení otáček turbínového kola (Obr. 2.15 vlevo). Tak se dosáhne požadovaného přeplňovacího tlaku už při nízkých otáčkách, aniž by došlo k propadu výkonu. Při vyšších otáčkách se vstupní průřez zvětší, takže se turbínové kolo neotáčí tak rychle a přeplňovací tlak není tak velký (Obr. 2.15 vpravo).

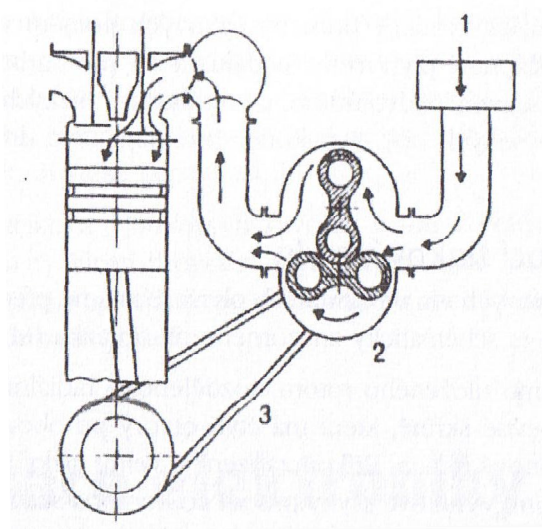


Obr. 2.15 Princip činnosti turbodmychadla s natáčením vodicích lopatek

Poslední používanou možností regulace pracovního režimu turbíny turbodmychadla je změna šířky rozváděcího kola turbíny. Tento způsob je zdánlivě nejjednodušším způsobem změny geometrie turbíny. Náročnost vyplývá z jeho principu. Celé rozváděcí kolo s lopatkami je nutno rovnoměrně po celém obvodu axiálně posouvat v turbínové skříni při teplotách až 800°C, a přitom lopatky zasouvat do prstence v druhé stěně, která má vytvořené otvory s profilem zasouvaných lopatek. Z hlediska parametrů jde o originální řešení, protože proti ostatním způsobům regulace zde protéká celý hmotnostní tok turbínou při optimálním úhlu náběhu proudu do oběžného kola, a turbína tak má stále vysokou vnitřní účinnost. Zvětšení ztrát je způsobeno pouze zvýšenými třecími ztrátami ve statoru a náhlým rozšířením v rotoru turbíny. [3]

2.2.4. Mechanicky poháněná dmychadla

U mechanicky poháněných dmychadel (v některých literaturách jsou označovány jako kompresory) je výkon sloužící k jejich pohonu odebírán z klikové hřídele spalovacího motoru, což představuje jejich hlavní nevýhodu oproti turbodmychadlům, které využívají nevyužitou energii odcházejících výfukových plynů. Hlavní výhodou mechanicky poháněných dmychadel představuje rychlá odezva na změnu polohy plynového pedálu. U těchto dmychadel se nevyskytuje tzv. turbo efekt (opožděný nárůst točivého momentu, způsobený prodlevou nárůstu tlaku v sání) charakteristický pro turbodmychadla. Princip mechanického přeplňování (viz obr. 2.16).



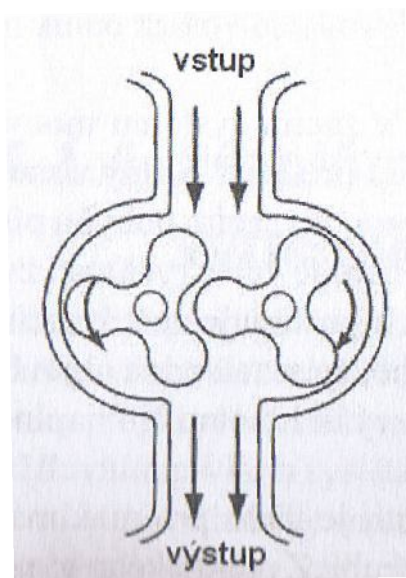
Obr.2.16 Princip mechanického přeplňování: 1-vzduchový filtr sání; 2-mechanické dmychadlo; 3-pohon dmychadla od klikové hřídele motoru. [1]

Nejčastěji bylo používáno dmychadlo Rootsovo, lopatkové nebo šroubové. V současné době jsou u zážehových benzinových motorů používána dmychadla šroubová a spirální dmychadlo „G“. Použití těchto dmychadel je výrazně nižší než turbodmychadel.

Pohon dmychadel od klikového hřídele motoru je zajišťován ozubenými koly, ozubenými řemeny a u malých dmychadel i klínovými řemeny. U dmychadel s vysokými pracovními otáčkami je nutno rotor dmychadla chránit proti náhlým změnám otáček klikového hřídele motoru prokluzovými spojkami.

Nejpoužívanějším zubovým kompresorem je Rootsovo dmychadlo. Patří do skupiny kompresorů s vnější kompresí. Ke stlačení nedochází v pracovním prostoru, ale až za ním. Dmychadlo má dva rotory, počet zubů na rotoru je různý, v současné době je

nejpoužívanější profil rotoru tvořen dvěma nebo třemi zuby. Základní princip činnosti Rootsova dmyhadla (viz obr. 2.17).

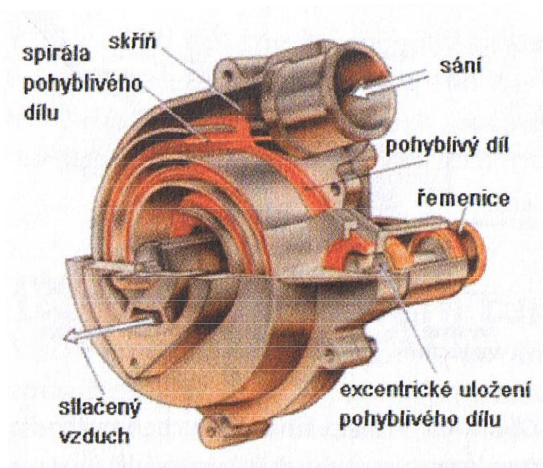


Obr.2.17 Rootsovo dmyhadlo [3]

Lysholmovo dmyhadlo je podobné šroubovému Rootsovu dmyhadlu, ale rotory jsou mnohem více zakroucené a mají konický úkos. Z toho vyplývá, že tyto šroubové kompresory mají vnitřní stlačení vzduchu, což je činí efektivnějšími pro vysokotlaké přeplňování. Bouhužel nevýhodou interního kompresního poměru jsou vyšší ztráty při běhu naprázdno. Rootsovo dmyhadlo může být vybaveno obtokem s jednoduchou škrticí klapkou pro částečná zatížení, a jedinou zátěží pak bude mechanický pohyb ozubených kol a lopatek. Oproti tomu Lysholmovo dmyhadlo bude stlačovat vzduch, dokud je poháněno, dokonce i když obtokový ventil umožní jeho recirkulaci. Jediný způsob eliminace ztrát Lysholmova dmyhadla při ustálené jízdě je odpojit jeho pohon spojkou.

G dmyhadlo (viz Obr. 2.18) je mechanicky poháněné spirální dmyhadlo, jehož název je odvozen od tvaru funkční části. Ve dvoudílné skříni dmyhadla jsou na každé straně dvě spirálovité přepážky. Uvnitř této nepohyblivé skříně je výtlačný díl dmyhadla, jenž má rovněž na obou stranách po dvou spirálovitých přepážkách zapadajících do mezer mezi přepážkami skříně. Výtlačný díl vykonává krouživý pohyb, ale neotáčí se. Mezi pevnými a pohybujícími se přepážkami na obou stranách vznikají čtyři pracovní komory plynule „putující“ ke středu dmyhadla. Výtlačný díl je uložen

na výstředném čepu hřídele poháněného dvojitým klínovým řemenem od klikového hřídele motoru. Aby se neotáčel, je uložen ještě na jednom výstředníkovém hřídeli, jenž je s hlavním spřažen rovněž klínovým řemenem s převodovým poměrem 1:1, takže celá pohyblivá soustava tvoří paralelogram. Vzduch se nasává na vnější straně skříně a vytlačuje u jejího středu přes jazýčkové ventily.



Obr. 2.18 G dmychadlo [3]

Proti dnes nejrozšířenějším konstrukcím má G dmychadlo řadu předností. Především není namáháno vysokými teplotami jako výfukové turbodmychadlo. Opracování jeho činných částí nemusí být tak přesné jako u Rootsova dmychadla, a je tedy i levnější, neboť jeho relativní rychlosti jsou malé, takže mohla být použita nemazaná těsnění z bronzu s teflonovým povlakem. Další předností je, že díky pracovnímu principu vznikají na sací straně jen malé pulzace, nezvyšující hladinu hluku motoru. Dmychadlo je využito pouze pro dosažení vysokého točivého momentu a výkonu motoru. Při částečných zatíženích motoru je výstup dmychadla propojen se vstupem, čímž výrazně poklesne odběr výkonu od klikového hřídele motoru a vzduch vstupuje do motoru obtokovým ventilem. [3]

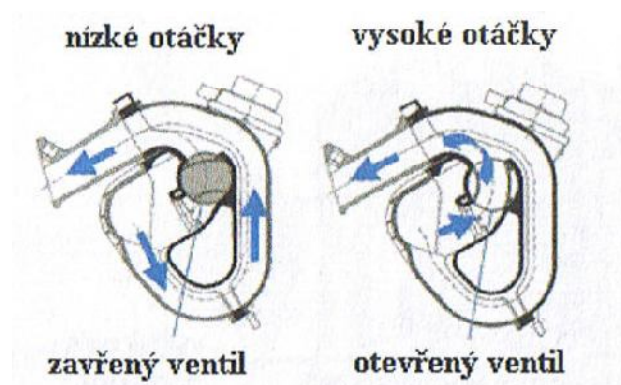
Kombinace mechanického dmychadla s turbodmychadlem

Nevýhodou použití turbodmychadel k přeplňování spalovacích motorů, zejména těch malých, je nízký točivý moment a nízký výkon v nižších otáčkách, kdy malé množství výfukových plynů nedokáže pořádně roztočit turbínu dmychadla. Odstranění této nevýhody je možné dosáhnout kombinací mechanického dmychadla s turbodmychadlem. Při nízkých otáčkách, kdy ještě nepracuje turbodmychadlo, dodává

do motoru stlačený vzduch mechanické dmychadlo, které se při vyšších otáčkách elektromagnetickou spojkou odpojuje, aby zbytečně neodebíralo výkon z klikového hřídele, přeplňování motoru v tuto chvíli již obstarává turbodmychadlo. [3]

2.2.5. Dynamické plnění válce motoru

Dynamické plnění válce motoru je vyvoláváno rezonančními jevy v sacím systému motoru. Zvýšené hmotnostní naplnění válce motoru čerstvou náplní zabezpečují přetlakové vlny v sacím potrubí motoru, které mohou být vyvolány podtlakovou vlnou vybuzenou při sacím pohybu pístu ve válci motoru. Vlna se šíří do sacího potrubí proti proudu vstupující náplně válce rychlostí zvuku. Na volném konci potrubí se tato vlna odrazí jako vlna přetlaková a postupuje zpět k sacímu ventilu. Vhodnou volbou délky sacího potrubí je možno dosáhnout toho, že se tato vlna objeví na vstupu do válce motoru ve vhodný časový okamžik tak, aby mohla zvýšit hmotnostní naplnění válce čerstvou směsí. Jelikož je rychlost šíření podtlakové a přetlakové vlny konstantní, je třeba pro maximální využití takto způsobeného přeplnění mít proměnlivou délku sacího potrubí. Z praktického využití je rozšířena většinou pouze dvoustupňová změna délky sacího potrubí. Dlouhá sací potrubí jsou optimální pro nízké otáčky motoru, krátká pro vysoké. Příklad dvoustupňové změny délky sacího potrubí (viz Obr. 2.19).

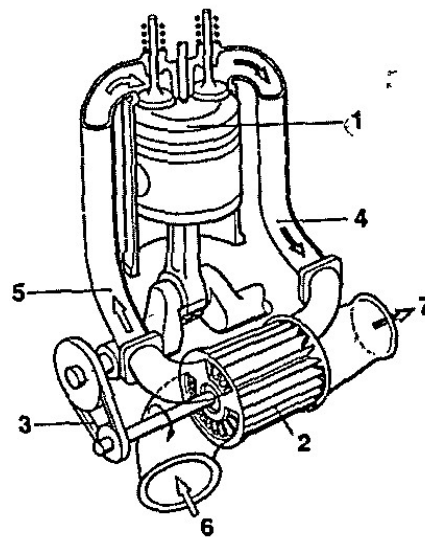


Obr. 2.19 Dvoustupňové rezonanční sací potrubí [3]

Dvoustupňová změna délky sacího potrubí je vhodná pro čtyřválcové motory. U šestiválcových motorů je možné pro vybudění tlakové vlny využít válec, který v pořadí sání předchází válci, který má být v důsledku rezonančního jevu doplněn. V tomto případě je nutné válce motoru rozdělit do dvou skupin tak, aby sání následovalo vždy po předchozím válci. Při nejobvyklejším pořadí zapalování, a tedy i pořadí sání jednotlivých válců řadového šestiválcového motoru 1-5-3-6-2-4, vybudí podtlaková vlna prvního válce při pohybu v rezonančním potrubí vlnu přetlakovou, která doplní část vzduchu do válce třetího, pátý válec vybudí tlakovou vlnu pro šestý válec, třetí pro druhý, šestý pro čtvrtý a druhý pro první válec. Podle tohoto rozdělení jsou příslušné válce propojeny společným rezonančním zásobníkem. Obdobně to platí i pro další možnost nastavení pořadí zapalování řadového motoru 1-4-2-6-3-5 a motoru vidlicového 1-4-2-5-3-6. [3]

2.2.6. Přepřňování pomocí tlakových vln

Přepřňování pomocí tlakových vln ve sloupcích plynů je známé především z přepřňovacího zařízení Complex (viz Obr. 2.20).



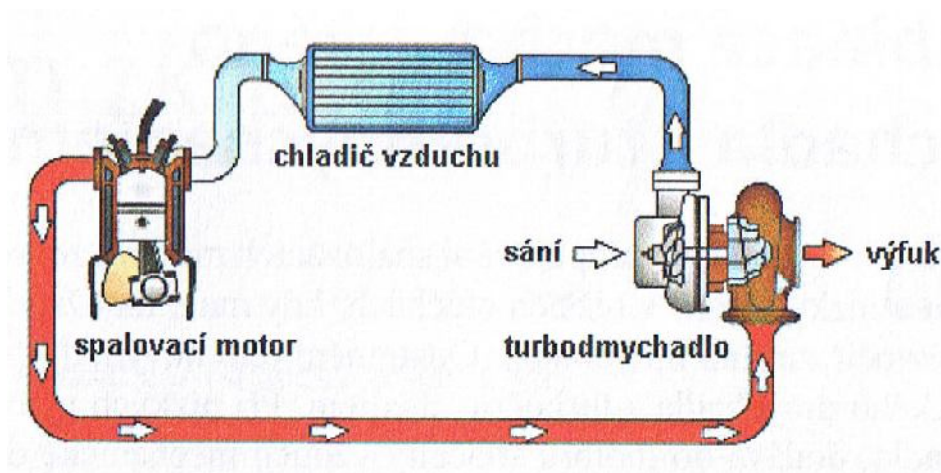
Obr. 2.20 Dmychadlo s tlakovými vlnami: 1 - motor; 2 - rotor s komůrkovým válcem; 3 - řemenový náhon; 4 – vysoký tlak výfukových plynů; 5 - přetlakový nasávaný vzduch; 6 - nasávaný vzduch s barometrickým tlakem; 7 - nízký tlak výfukových plynů [1]

Zařízení se skládá z letmo uloženého rotoru, rozděleného radiálními dělicími stěnami na mnoho komůrek, a z pevné skříně, která má čtyři otvory po obou stranách. Rotor je poháněn motorem přes klínový řemen. Příkon zařízení je velmi nízký a slouží jen k překonání mechanických ztrát třením. Výfukové plyny proudí do komor a stlačují čerstvou náplň, která se v nich nachází. Jakmile se při otáčení rotoru komory dostanou před plnicí otvor, plyny náplň vytlačí. Výfukové plyny vstupující do komor vybudí tlakovou vlnu, která se pohybuje rychlostí zvuku směrem ke druhému konci komor. Otáčky rotoru musí být takové, aby komora dosáhla plnicího otvoru právě tehdy, když tam dorazí tlaková vlna. Na otevřeném konci komory se tlaková vlna odrazí a vrací se zpět k výfukovému potrubí jako podtlaková atd. Když výfukové plyny naplní komory asi do tří čtvrtin, komory se uzavřou na výfukové straně a krátce na to i na plnicí. Tím se zabrání, aby se výfukové plyny dostaly do plnicího potrubí. Jakmile se komora pootočí k výfukovému otvoru, výfukové plyny expandují a proudí do výfukového potrubí. V komoře vznikne podtlak, takže z nasávací strany, která se mezitím otevřela, do ní vtéká čerstvá náplň.

Otevírací časy nasávacích a výfukových otvorů, a tím i otáčky motoru, jsou sladěné s rychlostí šíření vln a rychlostí proudění plynů. Plnicí tlak má v závislosti na otáčkách plochý průběh, takže motor má příznivou momentovou charakteristiku. Zařízení reaguje při zrychlování lépe než turbodmychadlo. [1]

2.2.7. Chlazení stlačeného vzduchu

Hmotnostní naplnění válce čerstvou směsí nebo vzduchem přímo ovlivňuje výkon motoru. Při stlačování vzduchu dochází k zahřátí vzduchu, který má větší objem než studenější vzduch. U vyšších stupňů přeplňování je proto vhodné použít chlazení stlačeného vzduchu. Použití mezichladiče stlačeného vzduchu je obvyklé u přeplňovacích systémů se součinitelem stlačení plnicího vzduchu větším než 1,5. Při uvedeném stlačení dosahuje ohřátí vzduchu v kompresoru již 43-50 K a poměrné zvýšení hustoty dosahuje jen hodnot kolem 1,3 podle účinnosti kompresoru. Zapojení mezichladiče stlačeného vzduchu do sacího ústrojí spalovacího motoru (viz Obr. 2.21).



Obr. 2.21 Přepřívání s mezichladičem stlačeného vzduchu [3]

Výše ochlazení plicního vzduchu při použití chladiče vzduchu je závislá na:

- velikosti chladiče, tj. na velikosti teplosměnné plochy,
- druhu chladicího média, jímž u stacionárních a lodních motorů bývá voda a u železničních a vozidlových motorů voda nebo vzduch,
- vstupní teplotě chladicího média,
- poměru hmotnostního toku chlazeného vzduchu a chladicího média,
- druhu a účinnosti chladiče.

Chlazení plicního vzduchu se u přepřívovaného motoru projevuje takto:

- zvýší se hustota plicního vzduchu při nepatrném snížení tlaku ztrátou v chladiči,
- při stejné dávce paliva se sníží teplotní a tlaková hladina celého tepelného oběhu přepřívovaného motoru, a tím i maximální spalovací tlaky a teploty,

- sníží se tepelné a částečně i mechanické namáhání motoru, a tím je z pevnostního hlediska možné zvýšení výkonu motoru,
- v důsledku snížení teplotní hladiny oběhu motoru a proplachu chlazeným vzduchem se sníží teploty výfukových plynů,
- výkon přeplňovaného motoru je méně závislý na teplotě okolí, jejíž vliv na teplotu plnicího vzduchu se částečně sníží. U motorů bez chlazení plnicího vzduchu se sníží výkon motoru asi o 1% při zvýšení teploty v sání dmyhadla asi o 3 K,
- podle výše chlazení plnicího vzduchu se sníží měrná spotřeba paliva o 3-5% při jmenovitém výkonu motoru,
- při téže spotřebě paliva se chlazením dosáhne zvýšení výkonu motoru asi o 5-6%,
- zvýšení jmenovitého výkonu přeplňovaného motoru chlazením činí asi 10-35%.

Při zavádění chlazení plnicího vzduchu u přeplňovaného motoru je nutné zvážit i ekonomická hlediska, ze kterých vychází, že chlazení plnicího vzduchu je obvykle výhodné až při snížení teploty chlazením plnicího vzduchu minimálně o 20%. Chlazení plnicího vzduchu je nejjednodušší a nejúčinnější cestou ke zlepšení parametrů motorů vznětových i zážehových. [3]

2.3. Spotřeba paliva

2.3.1. Provozní vlivy na spotřebu paliva

Spotřebu paliva ovlivňují rozměry vozidla, hmotnost, aerodynamické řešení karoserie, palivová soustava, typ motoru, typy převodovky a další. To jsou základní vlivy. V provozu vozidla k tomu přibývá ještě celá řada vlivů počínajících výhřevností a hustotou právě spotřebovávané náplně paliva. Hustota benzínu se může měnit až o 7% a energie v objemové jednotce ještě více, podle obsahu kyslíku. Využití energie ovlivňuje i skutečné oktanové číslo právě spalované náplně paliva, takže v součtu může být kolísání téměř o 10%. To je extrém, ale rozdíly do 5% nejsou výjimečné. Spotřebu ovlivňují dále venkovní teploty a počasí, použití klimatizace, stav silnic, cestovní rychlost, styl jízdy a další. Pochopitelně, značný vliv může mít stav vozidla, seřízení motoru, souběh kol a tlak v pneumatikách.[4]

2.3.2. Konstrukčně technická oblast racionalizace spotřeby paliva

Základní technické faktory ovlivňující celkovou spotřebu paliva automobilu jsou:

- vlastní hmotnost automobilu,
- výkon motoru,
- účinnost motoru,
- účinnost převodů,
- valivé odpory,
- aerodynamické odpory.

Zdokonalování technické charakteristiky automobilů za účelem racionalizace spotřeby pohonných hmot lze definovat do následujících oblastí konstrukce automobilu:

- snižování vlastní hmotnosti automobilu,
- vývoj a výroba bezpečných, spolehlivých a hospodárných motorů s důrazem na zlepšování účinnosti motoru,
- zlepšování účinnosti převodu točivého momentu zkvalitňováním podmínek spolupráce mezi motorem a převodným ústrojím,
- snižování valivých odporů,

- snižování aerodynamických odporů,
- širší uplatnění elektroniky v celém rozsahu konstrukce automobilu,
- zlepšování účinnosti pomocných a ostatních zařízení automobilu. [2]

2.4. Systémy úspory paliva

Na trhu se ovšem také objevují výrobky, pracující na principu magnetické rezonance, které se připevňují na přívodní potrubí palivového systému (FuelMax, SuperMax, Ecobenz, apod.), nebo jsou montovány na sací potrubí (např. Air-Tec). U těchto systémů je využívána dodatečná úprava paliva přímo v automobilu na principu magnetické rezonance vlivem působení permanentního magnetu, nebo je využívána úprava molekulární struktury vzduchu pomocí přesně definovaných elektromagnetických rezonančních kmitů prostřednictvím elektrické cívky. Výrobci těchto systémů udávají úsporu paliva v rozmezí 5 – 30%.

2.4.1. Systém úspory paliva Air-Tec

Popis a princip činnosti systému Air-Tec

Firma Air-Tec-Systems z Wemdingu prodává již delší dobu systém úspory paliva Air-Tec vyvinutý majitelem firmy Walterem Wagnerem. Metoda systému Air-Tec vychází z výzkumů Felixe Blocha (americký fyzik švýcarského původu), který v roce 1952 obdržel Nobelovu cenu za objev nukleární magnetické rezonance (NMR).

Prostřednictvím elektrické cívky instalované na potrubí nasávaného vzduchu nebo hadici plnicího vzduchu jsou vyvolávány přesně definované elektromagnetické rezonanční kmity, které mění molekulární strukturu vzduchu tak, že proces spalování probíhá mnohem intenzivněji. Důsledkem toho je úplné spálení směsi, jež zabrání ukládání škodlivých usazenin a snižuje emise částic sazí i nespálených uhlovodíků ve výfukových plynech. Navíc se výrazně zlepšuje energetická účinnost spalování a je tak dosaženo nižší spotřeby paliva.

Montáž a umístění systému Air-Tec

Montáž zařízení Air-Tec je velmi jednoduchá. Může jím být vybaven každý spalovací motor. Na sací hadici nebo trubku je umístěna elektrická cívka, aniž by přitom byl měněn originální systém sání výrobce vozidla. Po namontování elektronického

modulu na chráněném místě ve vozidle je elektrická cívka napájena proudem. Systém Air-Tec nevyžaduje žádnou údržbu a může být například v případě prodeje vozidla demontován a použit v jiném vozidle. Nezasahuje do palubní elektroniky a managementu motoru. Příklad umístění systému Air-Tec na vozidle (viz Obr. 2.22). [6]



Obr.2.22 Umístění systému Air-Tec na vozidle [6]

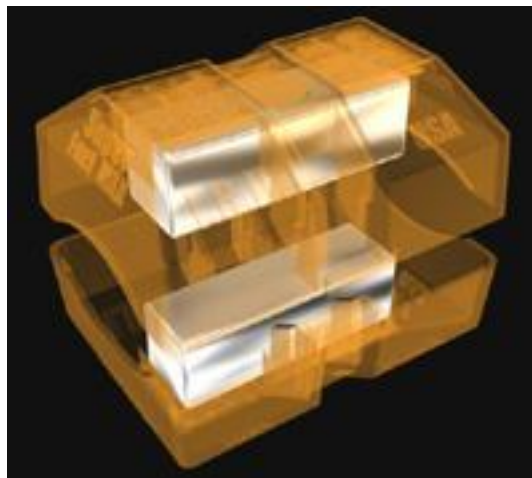
2.4.2. Systém úspory paliva SuperMAX

Popis a princip činnosti systému SuperMAX

Činnost jednotky zajišťují dva frekvenční rezonátory umístěné vně přívodního palivového potrubí. Při průchodu paliva silnou frekvenční rezonancí dochází k procesu oddělování uhlovodíkových shluků, což má za následek snadnější přístup kyslíku k jednotlivým molekulám. Testy prováděné na motorech s takto upraveným palivem prokázaly, že výskyt jednotlivých nespálených částí (emisí) po instalaci SuperMAXu se díky dokonalejšímu spalování snížil až o 30%. Zkouškou na brzdých válcích byl zároveň zjištěn nárůst výkonu a celkové vyhlazení průběhu křivky točivého momentu motoru. Tyto skutečnosti mají za následek klidnější a rovnoměrnější chod motoru, který ke své činnosti při zachování stejných parametrů potřebuje méně pohonných látek.

Jednotka SuperMax se skládá ze dvou identických polovin. V každé z nich je umístěn magnetický frekvenční rezonátor (viz. Obr. 2.23). V okamžiku přiložení obou polovin proti sobě na přívodním palivovém potrubí dochází k vytvoření laděné rezonanční komory. Silné magnetické pole vytvořené neodymovými supravodiči začne oddělovat uhlovodíkové řetězce v protékající pohonné látce. Dochází tak k procesu tříštění molekulových shluků a vzduch má snadnější přístup k jednotlivým molekulám.

To má za následek dokonalejší spalování pohonné látky, nárůst výkonu motoru a následné snížení spotřeby paliva. [7]



Obr.2.23 SuperMAX [7]

Montáž a umístění systému SuperMAX

- nejdříve vyhledáme přívodní palivové potrubí vedoucí z nádrže do motoru. U motorů se vstřikovací jednotkou vedou souběžně potrubí dvě. Druhé potrubí slouží jako zpětné a vrací nespotřebované palivo zpět do nádrže. Dotekem zjistíme, že při chodu motoru je přívodní palivové potrubí chladnější.
- odpojíme kladný pól autobaterie, abychom zabránili případnému ovlivnění některého senzoru v motoru. Pokud automobil nemá řídicí počítačovou jednotku, baterii neodpojujeme.
- obě poloviny jednotky SuperMax vyrovnáme proti sobě a provlečeme dodávanou instalační pásku otvory pouze na jedné straně. To nám umožní snadno instalovat SuperMax na potrubí.
- při nasazení na potrubí je důležité, aby jednotka byla umístěna co nejbližší u spalovacího prostoru motoru. Avšak z hlediska činnosti jednotky se nedoporučuje její montáž méně než 20 cm od alternátoru nebo jiného zdroje elektromagnetické energie. Pokud je to možné, nasadíme SuperMax na kovovou část přívodního potrubí. Je-li přívodní palivové potrubí v provedení s ocelovým opředěním, je nutné tuto část potrubí vyměnit za potrubí plastové, gumové nebo kovové.

- instalační pásku protáhneme zbylými otvory na boku jednotky, utáhneme a přebytečnou pásku odstříhneme. Ještě jednou zkontrolujeme umístění obou polovin proti sobě ve vertikální i horizontální rovině. Tím je instalace hotová.

3. Cíle práce

Cílem práce je na základě naměřených hodnot posoudit vliv magnetické rezonance na spotřebu paliva při provozu spalovacího motoru. Princip měření spočívá v měření spotřeby paliva při provozu spalovacího motoru bez použití přídavných systémů úspory paliva a v měření spotřeby paliva při provozu spalovacího motoru za použití přídavných systémů úspory paliva (Air-Tec, SuperMAX). Z naměřených a zpracovaných výsledků je posouzen vliv magnetické rezonance na spotřebu paliva při provozu spalovacího motoru.

4. Metodika měření

4.1. Měření spotřeby paliva s využitím systému úspory paliva Air-Tec

Systém úspory paliva Air-Tec byl testován za provozu osobního automobilu na veřejné komunikaci. Pro měření byla vybrána trasa, na které bylo stanoveno šest kontrolních bodů měření. Před prvním bodem, začátkem měření, byla ponechána dostatečná vzdálenost pro rozjezd vozu a ustálení konstantní rychlosti. Zařízení bylo nainstalováno do osobního vozu značky Volkswagen Golf. Tempomat vozu byl nastaven na konstantní rychlost $80 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ při zařazeném pátém rychlostním stupni. Pro dodržení stejných podmínek bylo měření provedeno pouze při jízdě v jednom směru. Takto byla zvolená trasa projeta a v každém kontrolním bodě byla z palubního počítače odečtena hodnota aktuální spotřeby [l/100 km]. Ta byla následně zaznamenána. Měření bylo provedeno celkem šestkrát. Třikrát se zapnutým systémem úspory paliva Air-Tec a třikrát bez něho. Jízdy měření probíhaly střídavě, první bez zapnutého systému úspory paliva, druhá se zapnutým systémem atd. Tyto páry jízd byly následně porovnávány. Výsledky byly zaznamenány do tabulky měření, byla vypočtena průměrná spotřeba [l/100 km] s použitím systému úspory paliva Air-Tec a bez něho.

Parametry měření:

Testované vozidlo: Volkswagen Golf

Motor: 1.4 TSI

Provozní teplota: 90°C

Rok výroby: 2009

Palivo: Benzin Natural95

Obchodní název: Eurosuper

Hustota paliva: $720 - 775 \text{ kg/m}^3$ při 15°C

Teplota vznícení: $>300^{\circ}\text{C}$ [9]

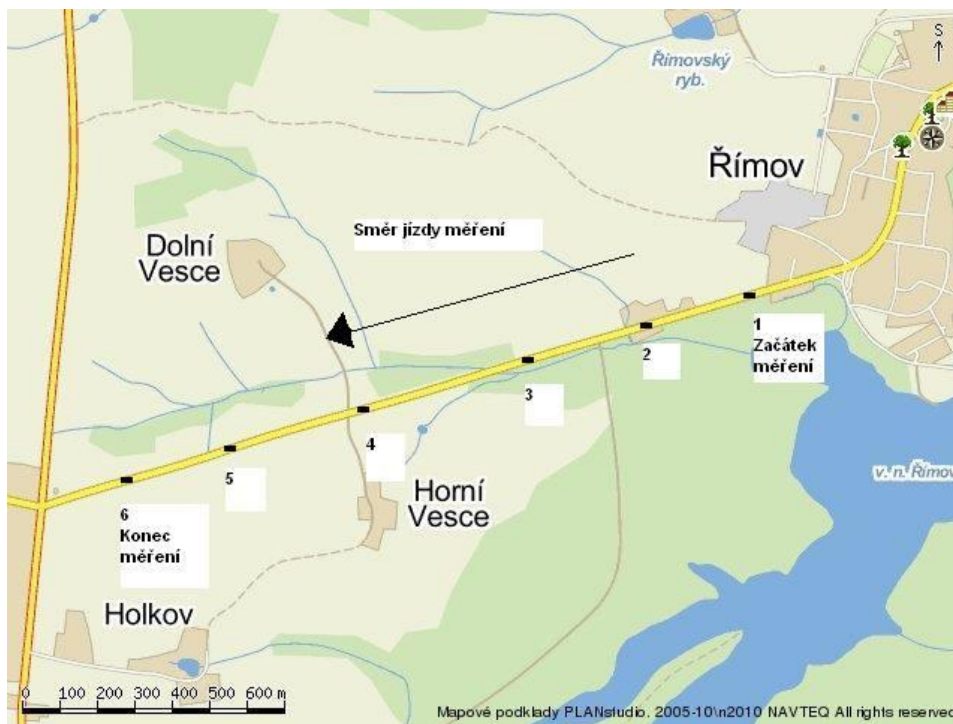
Měřeno: Při zařazeném 5. rychlostním stupni

Nastavení tempomatu: na konstantní rychlost 80 km/h

Systém úspory paliva: Air-Tec ATS – 12 AS

Zvolená trasa: Římov – Holkov

Mapka trasy:



Obr. 4.1 Mapka trasy měření s začátkem měření, kontrolními body a koncem měření [8]

Délka trasy: změřeno palubním počítačem testovaného vozu – 2600 m, rozděleno na šest kontrolních bodů

Popis trasy: kontrolní bod: 1-2 rovina – vzdálenost 500 m

2-3 stoupání – vzdálenost 400 m

3-4 prudké stoupání – vzdálenost 500 m

4-5 mírné stoupání – vzdálenost 600 m

5-6 rovina – vzdálenost 600 m

Čas zahájení měření: 20:00

Pozn. Čas měření byl vybrán ve večerních hodinách, aby na měření neměla vliv hustota provozu a byla dodržována konstantní rychlost 80 km/h nastavená na tempomatu vozidla.

Teplota vzduchu: 19 °C – zjištěno z palubního počítače vozu.

Tlak vzduchu 1021,4 hPa – zjištěno z domácí meteorostanice SENCOR SWS 60.

4.2. Měření spotřeby paliva s využitím systému úspory paliva SuperMax

Pro porovnání spotřeby paliva spalovacího motoru s využitím systému úspory paliva SuperMAX bylo použito měření otáčkové charakteristiky motoru na motorové brzdě. Na základě hodnot naměřených na motorové brzdě byla vytvořena otáčková charakteristika měřeného motoru traktoru Zetor 6211. Před zahájením měření byly zkontrolovány a uvedeny do chodu potřebné přístroje pro měření (stopky, měřič spotřeby paliva, motorová brzda, otáčkoměr). Motor byl uveden do chodu, zahřán na provozní teplotu a připraven k měření. Po zapnutí vývodového hřídele traktoru a spuštění motorové brzdy, která byla během provozu dostatečně chlazena, bylo přistoupeno k brzdění. Pomalu se zvyšoval krouticí moment brzdy a zároveň byly odečítány potřebné naměřené hodnoty ze všech měřících přístrojů. Doba jednoho měření při brzdění byla stanovena na 20 sekund. Odečtené hodnoty byly zaznamenány a následně zpracovány v tabulkách jednotlivých měření a použity ke grafickému znázornění otáčkové charakteristiky měřeného motoru s použitím přípravku SuperMAX a bez jeho použití.

Přístroje použité při měření:

Měřič spotřeby paliva DN6 TYP 8500.06

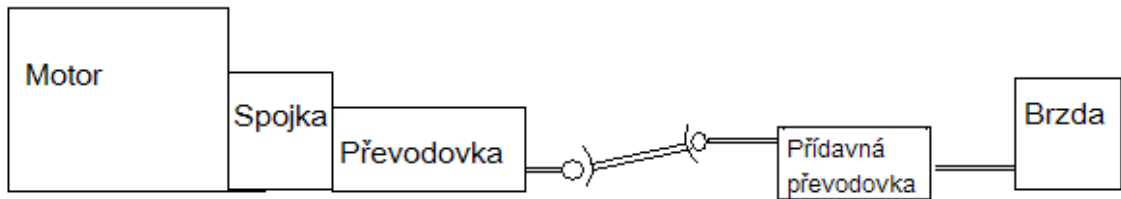
Motorová brzda: Dynamometr VD110/6

Princip činnosti motorové brzdy: Otáčí-li se rotor v nabuzeném statoru, vznikají pulzace magnetického toku, které indukují v povrchové vrstvě vířivé proudy. Momenty vyvolané těmito proudy brzdí.

Otáčkoměr: TESTO 475

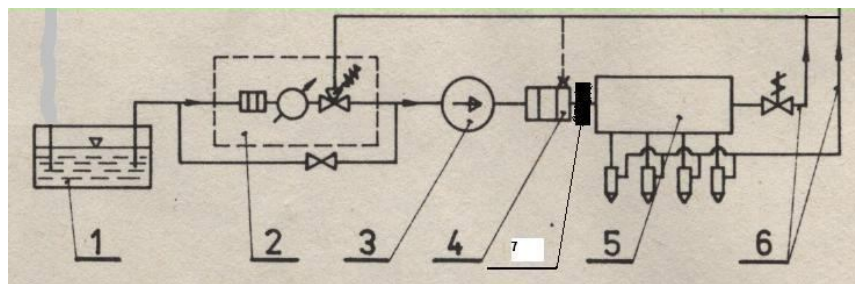
Stopky: Olympia 60 lap

Schématický náčrt měření:



Obr. 4.2 Schéma měření na motorové brzdě

Schéma zapojení měřiče spotřeby paliva a systému úspory paliva SuperMAX:



Obr. 4.3 Schéma zapojení měřiče spotřeby paliva a umístění systému úspory spotřeby paliva SuperMax při měření. [10]

- 1 – Nádrž
- 2 – Měřič spotřeby paliva
- 3 – Podávací čerpadlo
- 4 – Filtr
- 5 – Vstřikovací čerpadlo
- 6 – Vratné potrubí
- 7 – Systém úspory paliva SuperMAX

Zadané hodnoty:

Převodový poměr brzdy: $i = 0,723$

Účinnost: $\eta_m = 0,9$

Čas jednotlivých měření: $t = 20 \text{ s}$

Palivo: Motorová nafta

Hustota paliva: $\rho = 0,825 \text{ g.cm}^{-3}$ při 15°C

Bod vzplanutí $>55^\circ\text{C}$

Teplota vznícení: $\geq 200^\circ\text{C}$ [9]

Měřené hodnoty:

Objem spotřebovaného paliva: V_p [cm^3]

Krouticí moment na brzdě : M_{KB} [kpm] \rightarrow převedeno na M_{KB} [Nm]

$$\text{dle vztahu: } M_{KB} [\text{Nm}] = M_{KB} [\text{kpm}] \cdot 9,81$$

Otáčky brzdy: n_B [s^{-1}]

Použité vzorce a vztahy:

Otáčky motoru: $n_M = i \cdot n_B$ [s^{-1}];

kde: i = převodový poměr brzdy, $i = 0,723$

$$n_B = \text{otáčky brzdy} [\text{s}^{-1}]$$

Výkon na brzdě: $P_B = M_{KB} [\text{Nm}] \cdot 2\pi n_B$; $P_B = P_e \cdot \eta_m^2 = P_e \cdot 0,81$ [W];

kde: M_{KB} = Krouticí moment na brzdě [Nm]

$$n_B = \text{otáčky brzdy} [\text{s}^{-1}]$$

$$P_e = \text{výkon motoru} [\text{W}]$$

$$\eta_m = \text{účinnost, } \eta_m = 0,9$$

Výkon motoru: $P_e = \frac{P_B}{\eta_m^2}$ [W];

kde: P_B = výkon na brzdě [W]

$$\eta_m = \text{účinnost, } \eta_m = 0,9$$

Krouticí moment motoru: $M_{KM} = \frac{P_e}{2\pi n_M}$ [Nm];

kde: P_e = výkon motoru [W]

$$\eta_m = \text{účinnost, } \eta_m = 0,9$$

Hodinová spotřeba paliva: $M_p = \frac{V_p}{t} \cdot \rho \cdot 3,6$ [kg.h⁻¹];

kde: V_p = objem spotřebovaného paliva [cm³]

t = čas jednotlivého měření [s]

ρ = hustota daného paliva [g.cm⁻³], $\rho = 0,825$ g.cm⁻³

Měrná spotřeba paliva: $m_{pe} = \frac{M_p}{P_e}$ [g.kWh⁻¹];

kde: M_p = Hodinová spotřeba paliva [g.h⁻¹]

P_e = Výkon motoru [kW]

5. Výsledky měření a porovnání výsledků

5.1. Výsledky měření spotřeby paliva s využitím systému úspory paliva Air-Tec

Tabulka 5.1 Výsledky měření bez použití systému úspory paliva Air-Tec

MĚŘENÍ BEZ SYSTÉMU AIR - TEC		
STAVOVIŠTĚ	AKTUÁLNÍ SPOTŘEBA [l/100km]	VZDÁLENOST [m]
	Měření číslo 1	
1	5	0
2	6,7	500
3	11,2	900
4	11,4	1400
5	9,9	2000
6	7,3	2600
Průměrná spotřeba	8,583333333	
	Měření číslo 2	
1	5,1	0
2	6,4	500
3	11,2	900
4	11,1	1400
5	10,2	2000
6	7,5	2600
Průměrná spotřeba	8,583333333	
	Měření číslo 3	
1	4,8	0
2	6,4	500
3	11,1	900
4	11,1	1400
5	10,1	2000
6	7,5	2600
Průměrná spotřeba	8,5	
Celková průměrná spotřeba	8,555555556	

V tabulce 5.1 jsou zaznamenány výsledky provedených měření aktuální spotřeby [l/100 km] bez použití systému úspory paliva Air-Tec. Aktuální spotřeba je uvedena v jednotlivých kontrolních bodech měření, dále je uvedena vzdálenost kontrolních bodů od prvního kontrolního bodu měření. Tabulka je doplněna o průměrnou spotřebu

z každého ze tří provedených měření a o celkovou průměrnou spotřebu ze všech měření bez použití systému Air-Tec.

Tabulka 5.2 Výsledky měření s použitím systému úspory paliva Air-Tec

MĚŘENÍ SE SYSTÉMEM AIR - TEC		
STAVOVIŠTĚ	AKTUÁLNÍ SPOTŘEBA [l/100km]	VZDÁLENOST [m]
	Měření číslo 1	
1	5	0
2	5,6	500
3	11,2	900
4	11,3	1400
5	9,9	2000
6	7,2	2600
Průměrná spotřeba	8,36666667	
	Měření číslo 2	
1	4,2	0
2	6	500
3	11,1	900
4	11,1	1400
5	9,8	2000
6	7,4	2600
Průměrná spotřeba	8,26666667	
	Měření číslo 3	
1	4,6	0
2	6,1	500
3	11	900
4	11,1	1400
5	9,5	2000
6	7,1	2600
Průměrná spotřeba	8,23333333	
Celková průměrná spotřeba	8,28888889	

V tabulce 5.2 jsou uvedeny výsledky měření aktuální spotřeby [l/100km] s použitím systému úspory paliva Air-Tec. Aktuální spotřeba je uvedena v jednotlivých kontrolních bodech měření, dále je uvedena vzdálenost kontrolních bodů od prvního kontrolního bodu měření. Tabulka je doplněna o průměrnou spotřebu z každého ze tří provedených měření a o celkovou průměrnou spotřebu ze všech měření s použitím systému Air-Tec.

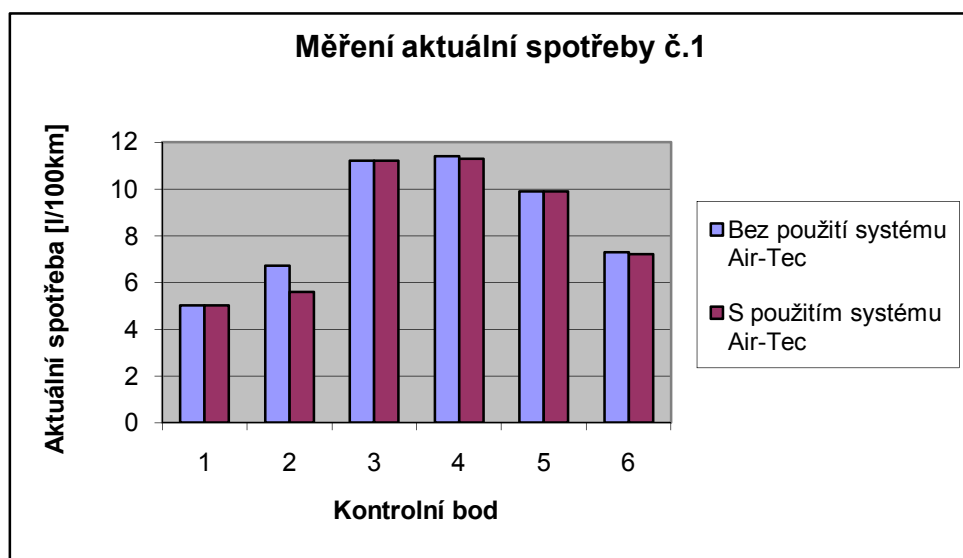
Tabulka 5.3 Porovnání aktuální spotřeby č. 1

Kontrolní bod	Aktuální spotřeba bez systému úspory paliva Air-Tec [l/100 km]	Aktuální spotřeba se systémem úspory paliva Air-Tec [l/100 km]	Rozdíl spotřeby paliva [l/100 km]	Rozdíl spotřeby paliva [%]
1	5	5	0	0
2	6,7	5,6	1,1	16,4
3	11,2	11,2	0	0
4	11,4	11,3	0,1	0,9
5	9,9	9,9	0	0
6	7,3	7,2	0,1	1,4

V tabulce 5.3 jsou uvedeny hodnoty aktuální spotřeby paliva naměřené při měření č. 1, bez použití a s použitím systému úspory paliva Air-Tec v jednotlivých kontrolních bodech měření. V tabulce je uveden rozdíl hodnot aktuálních spotřeb paliva v každém jednotlivém kontrolním bodě. V kontrolním bodě č. 1 jsou obě naměřené hodnoty shodné. Při jízdě do kontrolního bodu č. 2 však trasa měření přechází do pozvolného stoupání a proto hodnota spotřeby v kontrolním bodě č. 2 lehce stoupá jak při měření bez systému úspory Air-Tec tak i se zapojeným zařízením. V kontrolním bodě č. 2 je také patrný poměrně velký rozdíl hodnot okamžité spotřeby. Při jízdě se zapojeným systémem úspory paliva Air-tec je v kontrolním bodě č. 2 dosaženo o 16,4% nižší hodnoty okamžité spotřeby paliva, než při jízdě bez zapojení systému, což činí rozdíl o 1,1 l/100 km. V kontrolním bodě č. 3 jsou hodnoty aktuální spotřeby měření s a bez zapojení systému stejné. Oproti kontrolnímu bodu č. 2 zde došlo k téměř dvojnásobnému zvýšení hodnoty aktuální spotřeby paliva, neboť bod č. 3 leží v prudkém stoupání. V kontrolním bodě č. 4 je hodnota aktuální spotřeby stejně vysoká, neboť i tento kontrolní bod leží v prudkém stoupání. Rozdíl hodnot aktuálních spotřeb paliva je zde zcela nepatrný - 0,9% ve prospěch jízdy se zapojeným systémem Air-Tec, což činí 0,11/100 km. V kontrolním bodě č. 5 hodnota obou aktuálních spotřeb měřená s a bez zapojení systému Air-Tec poklesla na shodných 9,9 /100 km, což je následek

toho, že měřená trasa přechází z prudkého stoupání do mírného. V kontrolním bodě č. 6 spotřeba nadále klesá, neboť měřená trasa přešla do roviny. Rozdíl aktuálních spotřeb, měřených bez použití a s použitím systému Air-Tec je zcela nepatrný. Rozdíl představuje 1,4% ve prospěch měření s použitím systému Air-Tec, což představuje úsporu paliva 0,1 l/100km. Pro přehlednost a porovnání jsou naměřené údaje vyneseny do grafu 5.1.

Graf 5.1 Porovnání aktuální spotřeby č. 1



V grafu 5.1 jsou vyneseny a porovnány hodnoty aktuální spotřeby v jednotlivých kontrolních bodech měření bez a s použitím systému Air-Tec v měření č. 1.

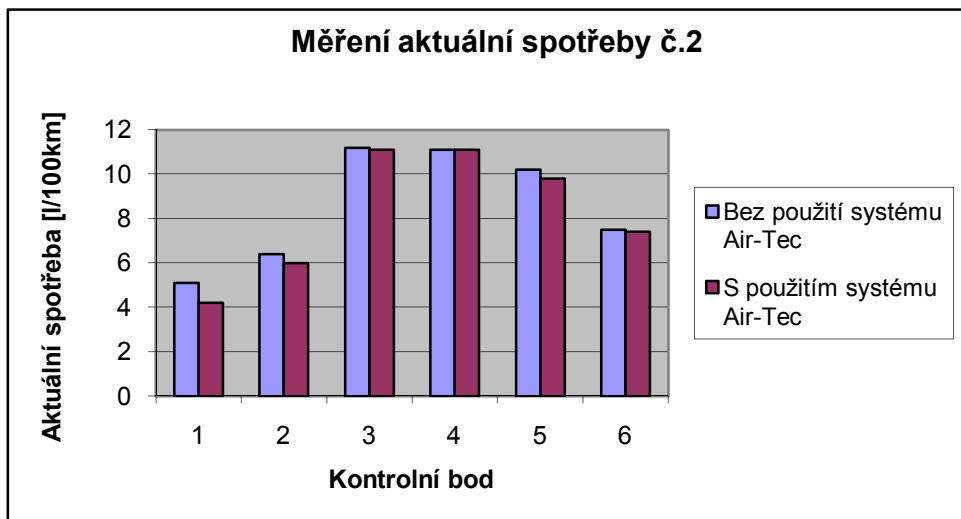
Tabulka 5.4 Porovnání aktuální spotřeby č. 2

Kontrolní bod	Aktuální spotřeba bez systému úspory paliva Air-Tec [l/100 km]	Aktuální spotřeba se systémem úspory paliva Air-Tec [l/100 km]	Rozdíl spotřeby paliva [l/100 km]	Rozdíl spotřeby paliva [%]
1	5,1	4,2	0,9	17,6
2	6,4	6	0,4	6,3
3	11,2	11,1	0,1	0,9
4	11,1	11,1	0	0
5	10,2	9,8	0,4	3,9
6	7,5	7,4	0,1	1,3

V tabulce 5.4 jsou uvedeny hodnoty aktuální spotřeby paliva naměřené při měření č. 2, bez použití a s použitím systému úspory paliva Air-Tec v jednotlivých kontrolních bodech měření. V tabulce je uveden rozdíl hodnot aktuálních spotřeb paliva v každém jednotlivém kontrolním bodě. V kontrolním bodě č. 1 je naměřená aktuální spotřeba nejnižší ze všech naměřených spotřeb v tomto měření. Je tomu tak proto, že se kontrolní bod č. 1 nachází na rovném úseku měřené trasy. Rozdíl hodnot spotřeb naměřených v kontrolním bodě jedna je největší a představuje 17,6 %, tj. 0,9 l/100 km úspory paliva, ve prospěch měření s použitím systému Air-Tec. Spotřeba v kontrolním bodě č. 2 pomalu narůstá, neboť měřená trasa přechází do stoupání. Rozdíl hodnot spotřeb je menší než v kontrolním bodě č. 1 a činí 6,3 %, tj. 0,4l/100km, ve prospěch systému Air-Tec. V kontrolních bodech měření č. 3 a č. 4 spotřeba opět prudce stoupá, neboť jde trasa měření v těchto kontrolních bodech do prudkého stoupání. Rozdíl hodnot spotřeb při měření se systémem Air-Tec a bez něho je minimální. V bodě č. 3 představuje 0,9% ve prospěch měření s Air-Tec, což představuje úsporu paliva 0,1l/100 km. V bodě. 5 se hodnota spotřeb snižuje, prudké stoupání přechází do mírného. Rozdíl spotřeb představuje 3,9% pro systém Air-Tec a úspora paliva 0,4l/100km. V kontrolním bodě č. 6 hodnota aktuálních spotřeb nadále klesá, ale zmenšuje se i rozdíl spotřeb při měření s Air-Tec a bez něho. Rozdíl představuje

1,3 procenta ve prospěch Air-Tec a úspora na palivu 0,1 l/100km. Pro přehlednost jsou naměřené údaje vyneseny do grafu 5.2.

Graf 5.2 Porovnání aktuální spotřeby č. 2



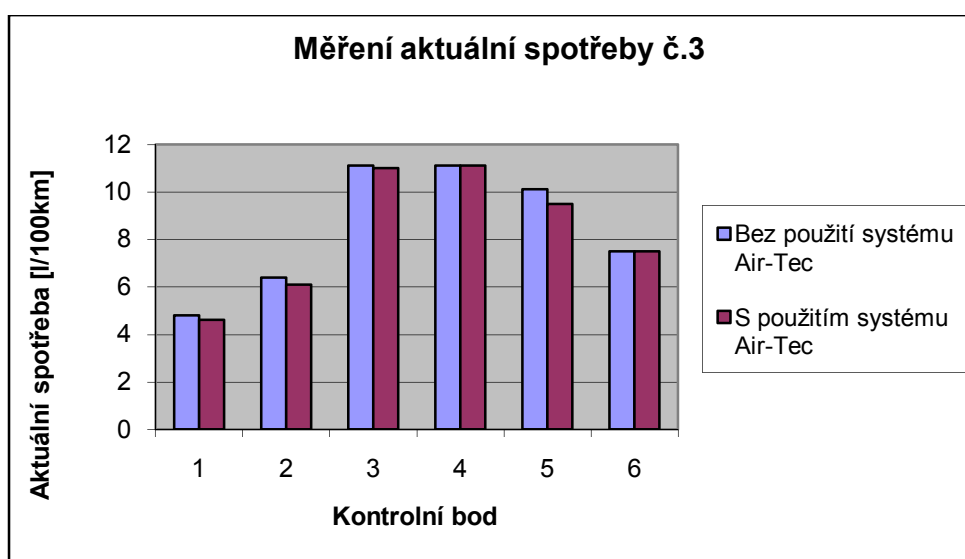
V grafu 5.2 jsou vyneseny a porovnány hodnoty aktuální spotřeby v jednotlivých kontrolních bodech měření bez a s použitím systému Air-Tec v měření č. 2.

Tabulka 5.5 Porovnání aktuální spotřeby č. 3

Kontrolní bod	Aktuální spotřeba bez systému úspory paliva Air-Tec [l/100 km]	Aktuální spotřeba se systémem úspory paliva Air-Tec [l/100 km]	Rozdíl spotřeby paliva [l/100 km]	Rozdíl spotřeby paliva [%]
1	4,8	4,6	0,2	4,2
2	6,4	6,1	0,3	4,7
3	11,1	11	0,1	0,9
4	11,1	11,1	0	0
5	10,1	9,5	0,6	5,9
6	7,5	7,5	0	0

V tabulce 5.5 jsou uvedeny hodnoty aktuální spotřeby paliva naměřené při měření č. 3, bez použití a s použitím systému úspory paliva Air-Tec v jednotlivých kontrolních bodech měření. V tabulce je uveden rozdíl hodnot aktuálních spotřeb paliva v každém jednotlivém kontrolním bodě. V kontrolním bodě č. 1 je aktuální spotřeba opět nejnižší, hodnota rozdílu mezi spotřebami činí 4,2 % ve prospěch měření se systémem Air-Tec což je 0,2l/100km. V kontrolním bodě č. 2 aktuální spotřeba lehce stoupá, což je dáno mírným stoupáním měřené trasy. Rozdíl hodnot aktuálních spotřeb představuje 4,7% ve prospěch měření se zapojeným systémem úspory Air-Tec, tj. 0,3l/100km. V kontrolních bodech č. 3 a č. 4 spotřeba prudce vzrůstá, neboť oba tyto kontrolní body leží v prudkém stoupání měřené trasy. Hodnoty rozdílů aktuální spotřeby jsou velmi malé. V kontrolním bodě č. 3 představuje hodnota rozdílu 0,9 % ve prospěch měření s Air-Tec, tj. 0,1l/100km. V kontrolním bodě č. 4 je pak rozdíl nulový, obě hodnoty spotřeby byly shodné. V kontrolním bodě č. 5 hodnota spotřeby mírně klesá, neboť měřená trasa přechází z prudkého do mírného stoupání. Rozdíl hodnot naměřených aktuálních spotřeb s použitím a bez použití systému Air-Tec představuje 5,9% ve prospěch měření s Air-Tec a úspora paliva představuje 0,6l/100km. V kontrolním bodě č. 6 obě hodnoty spotřeby klesly na 7,5 l/100km, což je dáno rovinou trasy. Hodnota rozdílu spotřeb je tedy nulová. Pro přehlednost jsou naměřené údaje vyneseny do grafu 5.3.

Graf 5.3 Porovnání aktuální spotřeby č. 3



V grafu 5.3 jsou vyneseny a porovnány hodnoty aktuální spotřeby v jednotlivých kontrolních bodech měření bez a s použitím systému Air-Tec v měření č. 3.

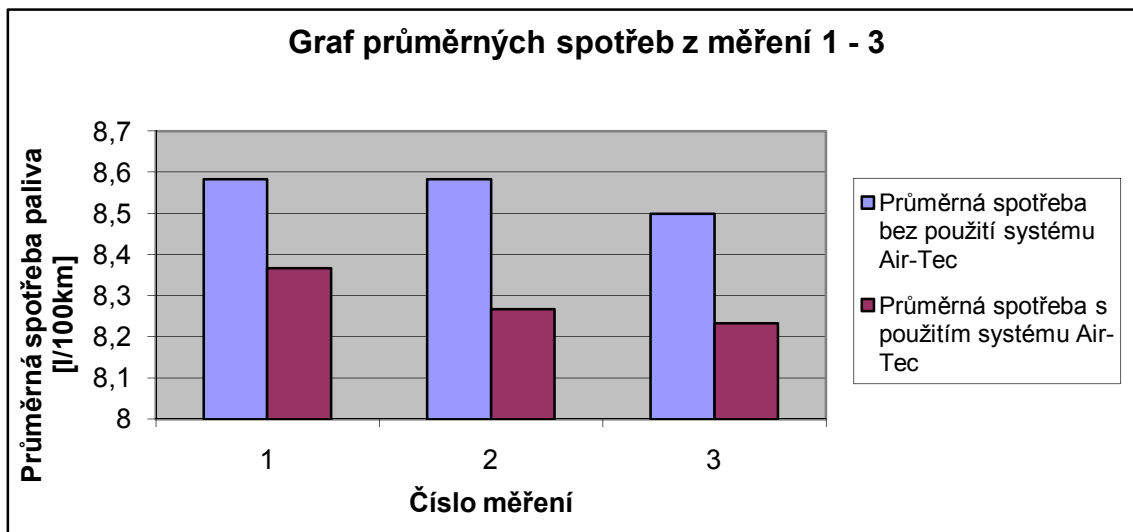
Tabulka 5.6 Tabulka porovnání průměrných spotřeb z měření 1-3 s použitím a bez použití systému úspory Air-Tec

Měření č.	Průměrná spotřeba bez systému úspory Air-Tec [l/100 km]	Průměrná spotřeba se systémem úspory Air-Tec [l/100 km]	Rozdíl spotřeby paliva [l/100 km]	Rozdíl spotřeby paliva [%]
1	8,583	8,367	0,216	2,5
2	8,583	8,267	0,316	3,7
3	8,5	8,233	0,267	3,1

V tabulce 5.6 jsou uvedeny hodnoty průměrné spotřeby paliva z měření 1-3, bez použití a při použití systému úspory paliva Air-Tec. Dále je v tabulce uvedena hodnota rozdílu těchto spotřeb paliva v [l/100 km] a hodnota rozdílu spotřeby paliva v [%]. V měření č.1 byla vypočtena hodnota průměrné spotřeby bez použití systému úspory paliva Air-Tec 8,583 l/100km, hodnota průměrné spotřeby s použitím systému Air-tec představovala 8,367l/100km. Z těchto údajů je patrné snížení hodnoty průměrné spotřeby s použitím systému Air-Tec o 2,5%, což představuje 0,216 l/100km. V měření č.2 byla vypočtena hodnota průměrné spotřeby bez použití systému úspory paliva Air-Tec 8,583 l/100km, hodnota průměrné spotřeby s použitím systému Air-tec činila 8,267l/100km. Z těchto údajů je patrné snížení hodnoty průměrné spotřeby s použitím systému Air-Tec o 3,7%, což představuje 0,316 l/100km. V měření č.3 byla vypočtena hodnota průměrné spotřeby bez použití systému úspory paliva Air-Tec 8,5 l/100km, hodnota průměrné spotřeby s použitím systému Air-tec představovala 8,233l/100km. Z těchto údajů je patrné snížení hodnoty průměrné spotřeby s použitím systému Air-Tec o 3,7%, což představuje 0,316 l/100km. Hodnoty průměrné spotřeby bez použití systému Air-Tec byly poměrně stálé, zatím co hodnoty průměrné spotřeby s použitím systému

Air-Tec postupně klesaly. Hodnoty průměrných spotřeb z měření 1 – 3 jsou pro přehlednost vyneseny do grafu 5.4.

Graf 5.4 Porovnání průměrných spotřeb paliva z měření 1-3



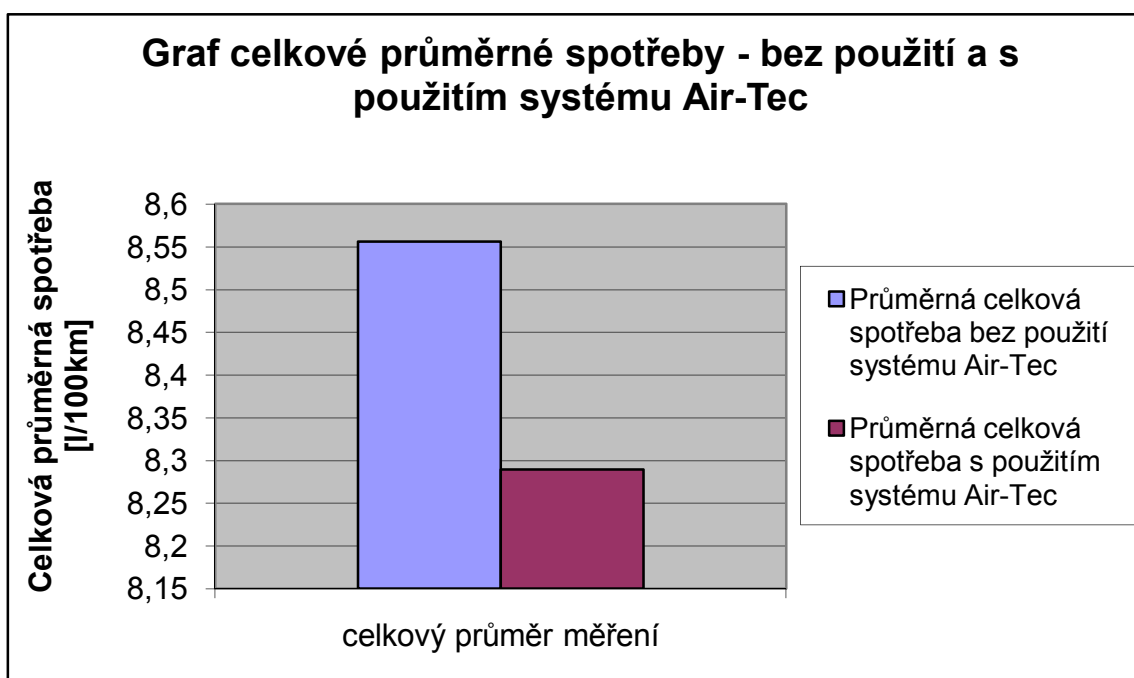
V grafu 5.4 jsou vyneseny a porovnány hodnoty průměrné spotřeby paliva, bez použití systému úspory paliva a s použitím systému úspory paliva Air-Tec, z měření 1-3.

Tabulka 5.7 Tabulka porovnání hodnot celkové průměrné spotřeby – s použitím a bez použití systému Air-Tec

	Průměrná celková spotřeba bez systému úspory paliva Air-Tec [l/100 km]	Průměrná celková spotřeba se systémem úspory paliva Air-Tec [l/100 km]	Rozdíl spotřeby [l/100 km]	Rozdíl spotřeby [%]
Průměrná celková spotřeba [l/100 km]	8,556	8,289	0,267	3,1

V tabulce 5.7 je uvedena hodnota celkové průměrné spotřeby paliva ze všech měření bez systému úspory paliva Air-Tec a hodnota celkové průměrné spotřeby paliva ze všech měření se systémem úspory paliva Air-Tec a rozdíl hodnot těchto spotřeb paliva. Hodnota celkové průměrné spotřeby paliva při měření bez použití systému úspory paliva Air-Tec představuje 8,556 l/100 km. Hodnota celkové průměrné spotřeby paliva při měření s použitím systému úspory paliva Air-Tec představuje 8,289 l/100km. Rozdíl těchto dvou hodnot naměřených spotřeb činí 3,1% ve prospěch měření s použitím systému úspory paliva Air-Tec, což představuje úsporu paliva 0,267l/100km. Hodnoty obou spotřeb byly pro přehlednost porovnání vyneseny do grafu 5.5.

Graf 5.5 Porovnání celkové průměrné spotřeby bez použití a s použitím systému úspory paliva Air-Tec



V grafu 5.5 je vynesena celková průměrná spotřeba z měření bez systému úspory paliva Air-Tec a z měření se systémem úspory paliva Air-Tec.

5.2 Výsledky měření spotřeby paliva s využitím systému úspory paliva SuperMAX

Porovnání spotřeby paliva s použitím systému úspory paliva SuperMAX a bez použití systému úspory paliva SuperMAX bylo provedeno při měření otáčkové charakteristiky motoru traktoru. Jednotlivé výsledky otáčkové charakteristiky jsou uvedeny v příloze, viz kapitola 9. Byla porovnána průměrná hodinová spotřeba v jednotlivých rozsazích výkonu a výsledky byly zaznamenány do tabulek.

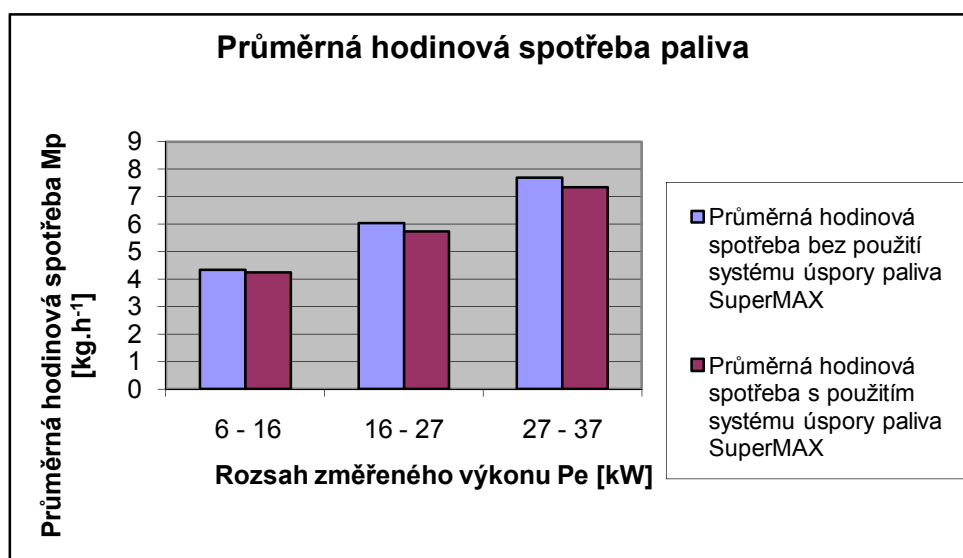
Tabulka č. 5.8 Porovnání průměrných hodnot hodinové spotřeby M_p

Rozsah změřeného výkonu P_e [kW]	Průměrná hodinová spotřeba bez použití přípravku Super Max [kg.h ⁻¹]	Průměrná hodinová spotřeba s použitím přípravku Super Max [kg.h ⁻¹]	Rozdíl spotřeby paliva [kg.h ⁻¹]	Rozdíl spotřeby paliva [%]
6 - 16	4.34	4.24	0,1	2,3
16 - 27	6.05	5.73	0,32	5,29
27 - 37	7.69	7.35	0,34	4,42

V tabulce 5.8 jsou uvedeny hodnoty průměrné hodinové spotřeby paliva v stanovených rozsazích výkonu motoru bez použití a s použitím systému úspory paliva SuperMAX. Dále je v tabulce uvedena hodnota rozdílu těchto spotřeb paliva v kg.h⁻¹ a hodnota tohoto rozdílu v %. V rozsahu výkonu motoru 6 – 16 kW představovala hodnota průměrné hodinové spotřeby bez použití přípravku SuperMax 4,34 kg.h⁻¹ a hodnota průměrné hodinové spotřeby s použitím přípravku SuperMax 4,24 kg.h⁻¹. Hodnota rozdílu těchto hodinových spotřeb představuje 0,1 kg.h⁻¹, ve prospěch použití přípravku SuperMAX, což představuje rozdíl spotřeby o 2,3 %. V rozsahu výkonu motoru 16 – 27 kW představovala hodnota průměrné hodinové spotřeby bez použití přípravku SuperMax 6,05 kg.h⁻¹ a hodnota průměrné hodinové spotřeby s použitím přípravku SuperMax 5,73 kg.h⁻¹. Hodnota rozdílu těchto hodinových spotřeb představuje 0,32 kg.h⁻¹, ve prospěch použití přípravku SuperMAX, což představuje rozdíl spotřeby o 5,29 %. V rozsahu výkonu motoru 27 – 37 kW představovala hodnota

průměrné hodinové spotřeby bez použití přípravku SuperMax $7,69 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$ a hodnota průměrné hodinové spotřeby s použitím přípravku SuperMax $7,35 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$. Hodnota rozdílu těchto hodinových spotřeb představuje $0,34 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$, ve prospěch použití přípravku SuperMAX, což představuje rozdíl spotřeby o 4,42 %. Hodnoty průměrných hodinových spotřeb jsou pro přehlednost vyneseny do grafu 5.6.

Graf č. 5.6 Porovnání průměrných hodnot hodinové spotřeby



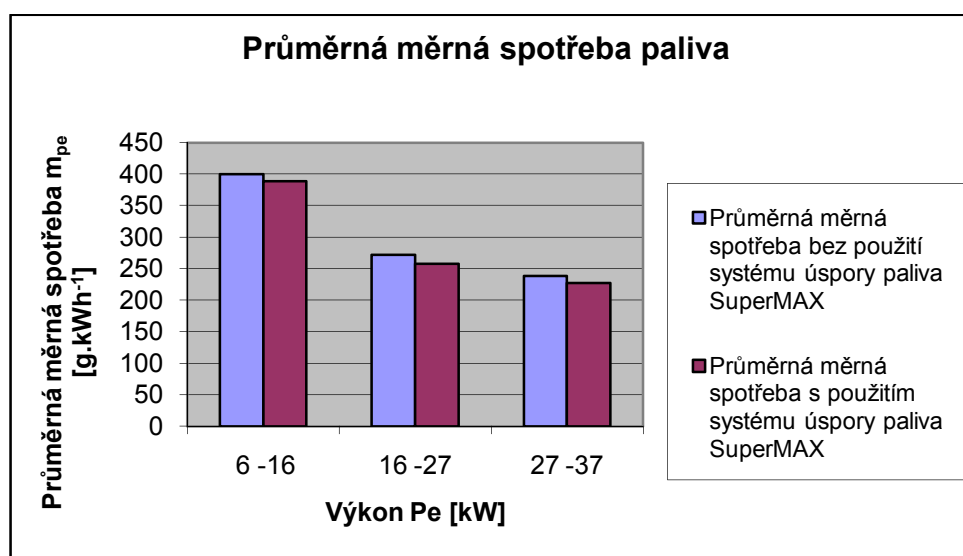
V grafu 5.6 jsou vyneseny a porovnány hodnoty průměrné hodinové spotřeby paliva bez použití a s použitím systému úspory paliva SuperMAX.

Tabulka č. 5.9 Porovnání průměrných hodnot měrné spotřeby m_{pe}

Rozsah změřeného výkonu P_e [kW]	Průměrná měrná spotřeba bez použití přípravku Super Max [g.kWh⁻¹]	Průměrná měrná spotřeba s použitím přípravku Super Max [g.kWh⁻¹]	Rozdíl spotřeby paliva [g.kWh⁻¹]	Rozdíl spotřeby paliva [%]
6 - 16	399,73	388,57	11,16	2,79
16 - 27	272,1	257,93	14,17	5,2
27 - 37	238,74	227,19	11,55	4,84

V tabulce 5.9 jsou uvedeny hodnoty průměrné měrné spotřeby paliva v jednotlivých rozsazích výkonu motoru bez použití a s použitím systému úspory paliva SuperMAX. Dále je v tabulce uvedena hodnota rozdílu těchto spotřeb paliva v g.kWh⁻¹ a hodnota tohoto rozdílu v %. V rozsahu výkonu motoru 6 – 16 kW představovala hodnota průměrné měrné spotřeby paliva bez použití přípravku SuperMax 399,73 g.kWh⁻¹ a hodnota průměrné hodinové spotřeby s použitím přípravku SuperMax 388,57 g.kWh⁻¹. Hodnota rozdílu těchto měrných spotřeb představuje 11,16 g.kWh⁻¹, ve prospěch použití přípravku SuperMAX, což představuje rozdíl spotřeby o 2,79 %. V rozsahu výkonu motoru 16 – 27 kW představovala hodnota průměrné měrné spotřeby bez použití přípravku SuperMax 272,1 g.kWh⁻¹ a hodnota průměrné měrné spotřeby s použitím přípravku SuperMax 257,93 g.kWh⁻¹. Hodnota rozdílu těchto měrných spotřeb představuje 14,17 g.kWh⁻¹, ve prospěch použití přípravku SuperMAX, což představuje rozdíl spotřeby o 5,2 %. V rozsahu výkonu motoru 27 – 37 kW představovala hodnota průměrné měrné spotřeby bez použití přípravku SuperMax 238,74 g.kWh⁻¹ a hodnota průměrné měrné spotřeby s použitím přípravku SuperMax 227,19 g.kWh⁻¹. Hodnota rozdílu těchto měrných spotřeb představuje 11,55 g.kWh⁻¹, ve prospěch použití přípravku SuperMAX, což představuje rozdíl spotřeby o 4,84 %. Hodnoty průměrných měrných spotřeb jsou pro přehlednost vyneseny do grafu 5.7.

Graf č. 5.7 Porovnání průměrných hodnot měrné spotřeby



V grafu 5.7 jsou vyneseny a porovnány hodnoty průměrné měrné spotřeby paliva bez použití a s použitím systému úspory paliva SuperMAX.

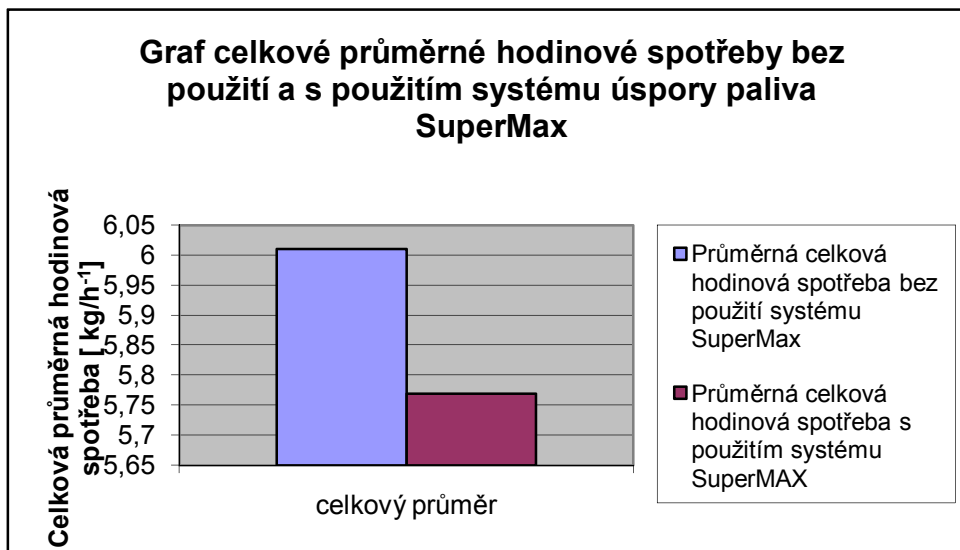
Tabulka č. 5.10 Porovnání celkové průměrné hodinové spotřeby M_p

Celková průměrná hodinová spotřeba paliva bez použití systému SuperMAX [kg.h ⁻¹]	Celková průměrná hodinová spotřeba paliva s použitím systému SuperMAX [kg.h ⁻¹]	Rozdíl celkové průměrné hodinové spotřeby paliva [kg.h ⁻¹]	Rozdíl celkové průměrné hodinové spotřeby paliva [%]
6.01	5.77	0,24	3,99

V tabulce 5.10 je uvedena hodnota celkové průměrné hodinové spotřeby paliva bez použití a s použitím systému úspory paliva SuperMAX. Dále je v tabulce uvedena hodnota rozdílu této spotřeby paliva v kg.h⁻¹ a hodnota tohoto rozdílu v %. Hodnota celkové průměrné hodinové spotřeby paliva bez použití systému SuperMAX představuje 6,01 kg.h⁻¹. Hodnota celkové průměrné hodinové spotřeby s použitím systému SuperMAX představuje 5,77 kg.h⁻¹. Hodnota rozdílu těchto spotřeb představuje 3,99% ve prospěch použití systému úspory paliva SuperMAX, což představuje úsporu

hodinové spotřeby paliva $0,24 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$. Hodnoty obou spotřeb byly pro přehlednost porovnání vyneseny do grafu 5.8.

Graf č. 5.8 Porovnání celkové průměrné hodinové spotřeby



V grafu 5.8 jsou vyneseny a porovnány hodnoty celkové průměrné hodinové spotřeby paliva bez použití a s použitím systému úspory paliva SuperMAX.

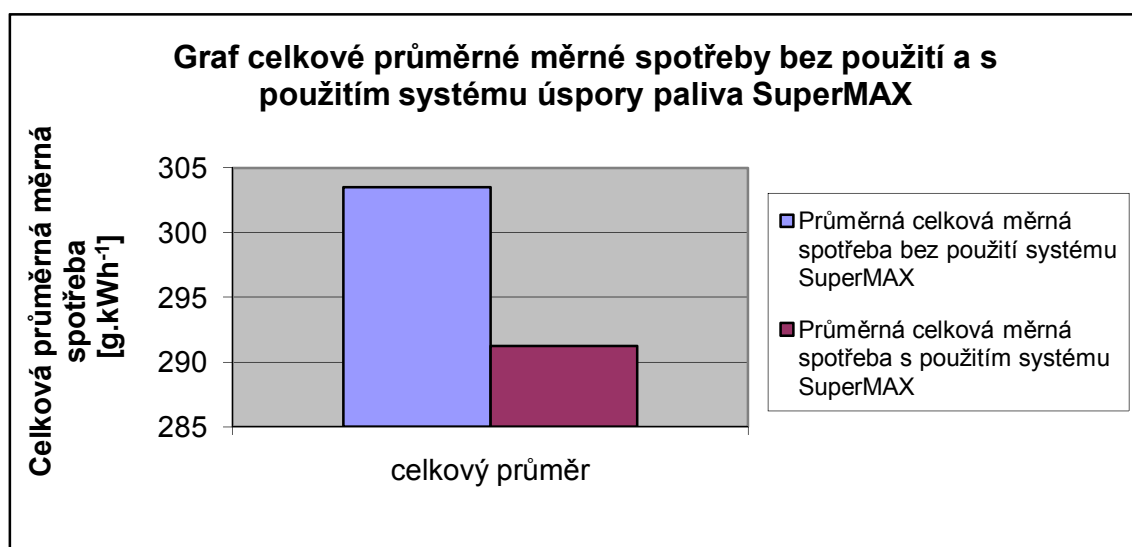
Tabulka č. 5.11 Porovnání celkové průměrné měrné spotřeby M_{pe}

Celková průměrná měrná spotřeba paliva bez použití systému SuperMAX [g.kWh⁻¹]	Celková průměrná měrná spotřeba paliva s použitím systému SuperMAX [g.kWh⁻¹]	Rozdíl celkové průměrné měrné spotřeby paliva [g.kWh⁻¹]	Rozdíl celkové průměrné měrné spotřeby paliva [%]
303.52	291.23	12,29	4,05

V tabulce 5.11 je uvedena hodnota celkové průměrné měrné spotřeby paliva bez použití a s použitím systému úspory paliva SuperMAX. Dále je v tabulce uvedena hodnota rozdílu této spotřeby paliva v $\text{g}\cdot\text{kWh}^{-1}$ a hodnota tohoto rozdílu v %. Hodnota celkové průměrné měrné spotřeby paliva bez použití systému SuperMAX představuje

303,52 g.kWh⁻¹. Hodnota celkové průměrné měrné spotřeby s použitím systému SuperMAX představuje 291,23 g.kWh⁻¹. Hodnota rozdílu těchto spotřeb představuje 4,05% ve prospěch použití systému úspory paliva SuperMAX, což představuje snížení měrné spotřeby paliva 12,29 g.kWh⁻¹. Hodnoty obou spotřeb byly pro přehlednost porovnání vyneseny do grafu 5.9.

Graf č. 5.9 Porovnání celkové průměrné měrné spotřeby



V grafu 5.9 jsou vyneseny a porovnány hodnoty celkové průměrné měrné spotřeby paliva bez použití a s použitím systému úspory paliva SuperMAX.

6. Diskuze výsledků

6.1 Měření spotřeby paliva s využitím systému úspory paliva Air-Tec

Vliv systému úspory paliva Air-Tec na spotřebu paliva spalovacího motoru byl zjišťován měřením spotřeby paliva na zvolené trase. Z průměrných výsledků měření bylo zjištěno snížení celkové průměrné spotřeby paliva o 3,1% při provozu spalovacího motoru při zapojení systému úspory paliva Air-Tec, oproti provozu spalovacího motoru bez zapojení systému úspory paliva Air-Tec. Výrobce systému úspory paliva Air-Tec udává snížení spotřeby paliva až o sedm procent. Vzhledem k pořizovací ceně tohoto systému (14 000Kč) není naměřené snížení příliš podstatné, neboť doba návratnosti investice a následné úspory paliva je značně dlouhá viz příklad.

Příklad návratnosti investice do systému úspory paliva Air – Tec:

Byly vybrány tyto parametry:

Běžný osobní automobil:

Průměrná spotřeba bez použití systému Air-Tec : 7 l / 100

Průměrná spotřeba s použitím systému Air-Tec : 6,783l/100km
(snížení o 3,1%)

Průměrná cena paliva: 33Kč .l⁻¹

Tabulka 6.1 Návratnost systému úspory paliva Air-Tec:

Počet najetých kilometrů za jeden rok [km]	Celková spotřeba paliva bez použití systému Air-Tec za jeden rok [l]	Celková spotřeba paliva s použitím systému Air-Tec za jeden rok [l]	Celková cena paliva bez použití systému Air-Tec za jeden rok [Kč]	Celková cena paliva s použitím systému Air-Tec za jeden rok [Kč]	Roční rozdíl spotřeby paliva v litrech [l]	Roční rozdíl celkové ceny v [Kč]	Doba splacení pořízení systému Air-Tec [let]
2000	140	135,66	4620	4476,78	4,34	143,22	97,75
5000	350	339,15	11550	11191,95	10,85	358,05	39,1
10000	700	678,3	23100	22383,9	21,7	716,1	19,5
20000	1400	1356,6	46200	44767,8	43,4	1432,2	9,78
25000	1750	1695,75	57750	55959,8	54,25	1790,2	7,82
35000	2450	2374,05	80850	78343,65	75,95	2506,35	5,59
50000	3500	3391,5	115500	111919,5	108,5	3580,5	3,63

Z tabulky 6.1 je patrné, že řidiči, který najede do 20000 km za rok, se investice nevyplatí, neboť mnohdy přesáhne délkou své splatnosti i dobu používání vozu. Použití systému úspory paliva Air-Tec by mělo, z ekonomického hlediska smysl pro uživatele, kteří najedou 50000km ročně a výš, tzn. například pro autodopravce, dopravní podniky a služební vozy firem.

6.2 Měření spotřeby paliva s využitím systému úspory paliva SuperMax

Pro posouzení vlivu systému úspory paliva SuperMAX na spotřebu paliva při provozu spalovacího motoru bylo použito měření otáčkové charakteristiky motoru. Z porovnání výsledků měření se zapojením a bez zapojení systému úspory paliva SuperMAX bylo zjištěno snížení průměrné hodinové spotřeby paliva o 3,99% a průměrné měrné spotřeby paliva o 4,05 % při provozu spalovacího motoru při zapojení systému úspory paliva SuperMAX, oproti provozu motoru bez zapojení systému úspory paliva SuperMAX. Výrobce systému úspory paliva SuperMAX udává snížení spotřeby paliva o 10 – 15%. Odvolává se však také na styl jízdy a technický stav vozidla, ve

kterém je systém úspory SuperMax zapojen. Mezi snížením spotřeby udávané výrobcem a spotřebou naměřenou je poměrně velký rozdíl, ale i tak je snížení spotřeby paliva při provozu se zapojeným systémem úspory paliva SuperMAX prokazatelné. Vzhledem k pořizovací ceně tohoto systému, která činí 1990Kč, je návratnost investice do pořízení tohoto systému úspory paliva rychlejší než u systému úspory paliva AirTEC.

Příklad návratnosti investice do systému úspory paliva SuperMAX:

Byly vybrány tyto parametry:

Průměrná cena paliva: 33 Kč.l⁻¹

Hodinová spotřeba paliva bez použití přípravku SuperMAX: 5 l.h⁻¹

Hodinová spotřeba paliva s použitím přípravku SuperMAX: 4,8 l.h⁻¹ (snížení o 3,99%)

Hodinová úspora paliva s použitím přípravku SuperMAX činí 0,2 l.h⁻¹ , což představuje úsporu 6,6 Kč.h⁻¹.

Pořizovací cena přípravku: 1990 Kč

Doba návratnosti investice do pořízení přípravku SuperMax je tedy 301,5 hodin provozu v daném zatížení motoru.

7. Závěr

Cílem bakalářské práce bylo posoudit vliv magnetické rezonance na spotřebu spalovacího motoru. Pro posouzení tohoto vlivu byly vybrány dva systémy úspory paliv od dvou různých výrobců a bylo provedeno měření spotřeby paliva se zapojením těchto výrobků při měření a bez jejich zapojení. Následné hodnoty z měření byly zaznamenány a porovnány.

Z výsledků měření vyplývá, že magnetická rezonance má vliv na spotřebu paliva spalovacího motoru, ale zdaleka ne v takové míře, jak je uváděno výrobcí a prodejci systémů úspory paliva. V případě systému úspory paliva Air-Tec je pořizovací cena tohoto systému vysoká a návratnost a plynoucí výhody z jeho užívání jsou v řádech let. Tento systém úspory paliva se vyplatí používat v dopravních prostředcích s velkým ročním пробěhem kilometrů nebo v dopravních podnicích při velké frekvenci provozu dopravních prostředků. V případě systému úspory paliva SuperMax je jeho pořizovací cena nižší než u systému Air-Tec a tak návratnost investice do jeho pořízení bude kratší než v případě systému úspory paliva Air-Tec.

8. Seznam použité literatury

- [1] Ferenc, B.: Spalovací motory, karburátory, vstřikování paliva. 1.vyd. Computer Press, 2004, 388s. ISBN: 80-251-0207-6.
- [2] Gondžár, A. :Automobily a spotřeba paliva : měření a hodnocení spotřeby automobilových pohonných hmot a olejů. Vyd. 9. Praha, Nakladatelství dopravy a spojů, 1990, 284 s. ISBN 80-7030-085-X.
- [3] Hromádka, J.: Spalovací motory. 1. vyd. Praha, Grada Publishing, 2011, 296s. ISBN 978-80-247-3475-0.
- [4] Matějovský, V.: Automobilová paliva. Praha, Grada Publishing,2005, 223s., [4] s ISBN 80-247-0350-5.
- [5] Vlk, F.: Automobilová elektronika 3 : systémy řízení motoru a převodů. Brno, František Vlk, 2006, 355 s. ISBN 80-239-7.
- [6] Firemní literatura Air-Tec-Systems.
- [7] Firemní literatura Tank Plus, s.r.o..
- [8] Mapy.cz [online]. [cit. 2011-03-20].
Dostupný z WWW: <<http://www.mapy.cz>>.
- [9] OMV v Česku [online].[cit. 2011-03-21].
Dostupný z <<http://www.omv.cz/portal/01/cz/private>>.
- [10] Firemní literatura ZVS – Adamovské strojírny, k. p. Adamov; Měřič spotřeby paliva DN6, Typ 8500.06.

9. Přílohy

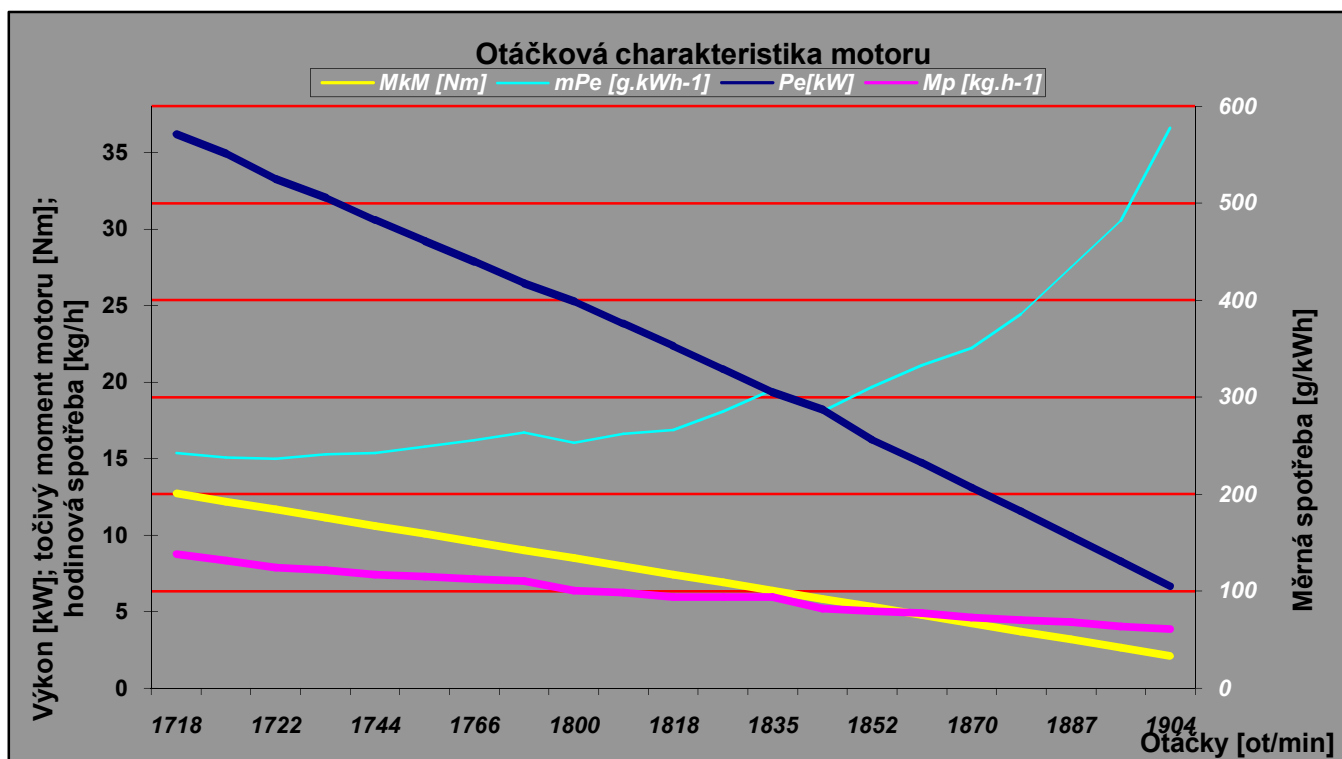
Výsledky měření spotřeby paliva s využitím systému úspory paliva SuperMAX

Výsledky měření č. 1 – bez použití systému úspory paliva SuperMAX

Č. měření	M _{kB} [kpm]	M _{kB} [Nm]	n _B [s ⁻¹]	V _p [cm ³]	t [s]	P _B [W]	P _e [W]	P _e [kW]	M _p [kg.h ⁻¹]	M _p [g.h ⁻¹]	M _{kM} [Nm]	M _{kM} / 10	m _{Pe} [g.kWh ⁻¹]	m _{Pe} / 10	n _M [s ⁻¹]	n _M [min ⁻¹]
1	2	19,62	43,9	26	20	5411,821	6681,26	6,68126	3,861	3861	33,502382	3,3502382	577,8850095	57,78850095	31,7397	1904,382
2	2,5	24,525	43,7	27	20	6733,957	8313,527	8,313527	4,0095	4009,5	41,877978	4,1877978	482,2862888	48,22862888	31,5951	1895,706
3	3	29,43	43,5	29	20	8043,765	9930,574	9,930574	4,3065	4306,5	50,253573	5,0253573	433,6607165	43,36607165	31,4505	1887,03
4	3,5	34,335	43,4	30	20	9362,819	11559,04	11,55904	4,455	4455	58,629169	5,8629169	385,41275	38,541275	31,3782	1882,692
5	4	39,24	43,1	31	20	10626,4	13119,01	13,11901	4,6035	4603,5	67,004764	6,7004764	350,902958	35,0902958	31,1613	1869,678
6	4,5	44,145	43	33	20	11926,96	14724,64	14,72464	4,9005	4900,5	75,38036	7,538036	332,8093871	33,28093871	31,089	1865,34
7	5	49,05	42,7	34	20	13159,72	16246,57	16,24657	5,049	5049	83,755955	8,3755955	310,7732535	31,07732535	30,8721	1852,326
8	5,5	53,955	43,5	35	20	14746,9	18206,05	18,20605	5,1975	5197,5	92,131551	9,2131551	285,4819764	28,54819764	31,4505	1887,03
9	6	58,86	42,3	40	20	15643,74	19313,25	19,31325	5,94	5940	100,50715	10,050715	307,5607918	30,75607918	30,5829	1834,974
10	6,5	63,765	42,1	40	20	16867,25	20823,77	20,82377	5,94	5940	108,88274	10,888274	285,2509738	28,52509738	30,4383	1826,298
11	7	68,67	41,9	40	20	18078,44	22319,06	22,31906	5,94	5940	117,25834	11,725834	266,1402283	26,61402283	30,2937	1817,622
12	7,5	73,575	41,7	42	20	19277,3	23799,14	23,79914	6,237	6237	125,63393	12,563393	262,0683467	26,20683467	30,1491	1808,946
13	8	78,48	41,5	43	20	20463,83	25263,99	25,26399	6,3855	6385,5	134,00953	13,400953	252,7510501	25,27510501	30,0045	1800,27
14	8,5	83,385	40,9	47	20	21428,47	26454,9	26,4549	6,9795	6979,5	142,38512	14,238512	263,8263815	26,38263815	29,5707	1774,242
15	9	88,29	40,7	48	20	22578,02	27874,09	27,87409	7,128	7128	150,76072	15,076072	255,721307	25,5721307	29,4261	1765,566
16	9,5	93,195	40,4	49	20	23656,68	29205,78	29,20578	7,2765	7276,5	159,13631	15,913631	249,145878	24,9145878	29,2092	1752,552
17	10	98,1	40,2	50	20	24778,5	30590,73	30,59073	7,425	7425	167,51191	16,751191	242,7205503	24,27205503	29,0646	1743,876
18	10,5	103,005	40,1	52	20	25952,7	32040,37	32,04037	7,722	7722	175,88751	17,588751	241,0084495	24,10084495	28,9923	1739,538
19	11	107,91	39,7	53	20	26917,34	33231,28	33,23128	7,8705	7870,5	184,2631	18,42631	236,8401211	23,68401211	28,7031	1722,186
20	11,5	112,815	39,9	56	20	28282,62	34916,81	34,91681	8,316	8316	192,6387	19,26387	238,1660686	23,81660686	28,8477	1730,862
21	12	117,72	39,6	59	20	29290,4	36160,99	36,16099	8,7615	8761,5	201,01429	20,101429	242,2914988	24,22914988	28,6308	1717,848

V tabulce jsou zaznamenány naměřené a vypočtené hodnoty z měření č. 1 bez použití systému úspory paliva SuperMAX.

Graf otáčkové charakteristiky motoru z měření č.1 – bez použití systému úspory paliva SuperMAX



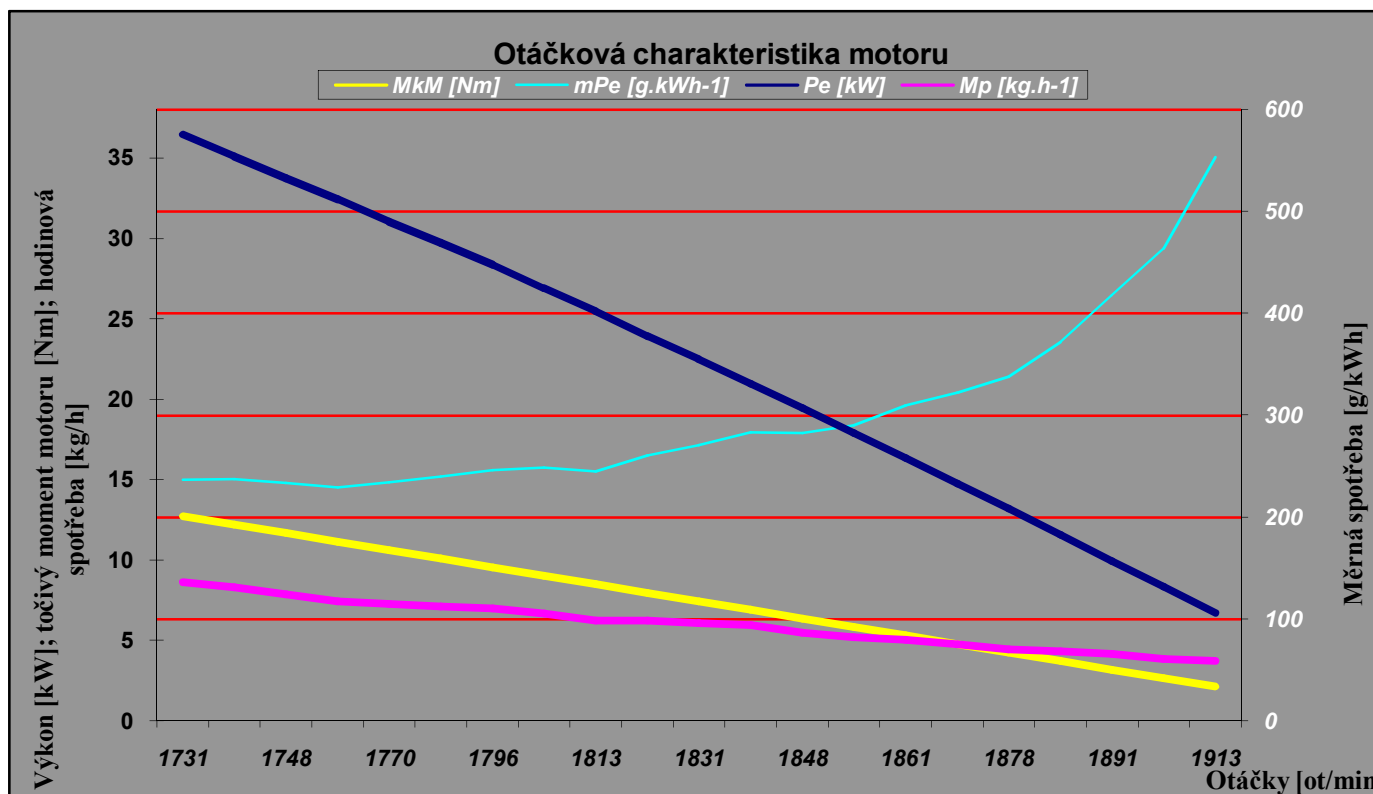
V grafu je vynesena otáčková charakteristika motoru z měření č. 1 – bez použití systému úspory SuperMAX. V grafu je vynesen výkon motoru P_e [kW], krouticí moment motoru M_{kM} [Nm], hodinová spotřeba paliva M_p [kg.h⁻¹], měrná spotřeba paliva M_{pe} [g.kWh⁻¹] v závislosti na otáčkách motoru.

Výsledky měření č. 2 – bez použití systému úspory paliva SuperMAX

Č. měření	M _{kB} [kpm]	M _{kB} [Nm]	n _B [s ⁻¹]	V _p [cm ³]	t [s]	P _B [W]	P _e [W]	P _e [kW]	M _p [kg.h ⁻¹]	M _p [g.h ⁻¹]	M _{kM} [Nm]	M _{kM} / 10	m _{pe} [g.kWh ⁻¹]	m _{pe} / 10	n _M [s ⁻¹]	n _M [min ⁻¹]
1	2	19,62	44,1	25	20	5436,476	6711,699	6,711699	3,7125	3712,5	33,502382	3,3502382	553,138669	55,3138669	31,8843	1913,058
2	2,5	24,525	43,8	26	20	6749,366	8332,551	8,332551	3,861	3861	41,877978	4,1877978	463,3635053	46,33635053	31,6674	1900,044
3	3	29,43	43,6	28	20	8062,257	9953,403	9,953403	4,158	4158	50,253573	5,0253573	417,7465618	41,77465618	31,5228	1891,368
4	3,5	34,335	43,5	29	20	9384,393	11585,67	11,58567	4,3065	4306,5	58,629169	5,8629169	371,7091856	37,17091856	31,4505	1887,03
5	4	39,24	43,3	30	20	10675,71	13179,89	13,17989	4,455	4455	67,004764	6,7004764	338,0149927	33,80149927	31,3059	1878,354
6	4,5	44,145	43,1	32	20	11954,7	14758,89	14,75889	4,752	4752	75,38036	7,538036	321,975474	32,1975474	31,1613	1869,678
7	5	49,05	42,9	34	20	13221,36	16322,67	16,32267	5,049	5049	83,755955	8,3755955	309,3244272	30,93244272	31,0167	1861,002
8	5,5	53,955	42,8	35	20	14509,6	17913,08	17,91308	5,1975	5197,5	92,131551	9,2131551	290,1510741	29,01510741	30,9444	1856,664
9	6	58,86	42,6	37	20	15754,69	19450,23	19,45023	5,4945	5494,5	100,50715	10,050715	282,4902555	28,24902555	30,7998	1847,988
10	6,5	63,765	42,4	40	20	16987,45	20972,16	20,97216	5,94	5940	108,88274	10,888274	283,2326886	28,32326886	30,6552	1839,312
11	7	68,67	42,2	41	20	18207,88	22478,86	22,47886	6,0885	6088,5	117,25834	11,725834	270,8544421	27,08544421	30,5106	1830,636
12	7,5	73,575	41,9	42	20	19369,76	23913,28	23,91328	6,237	6237	125,63393	12,563393	260,8174238	26,08174238	30,2937	1817,622
13	8	78,48	41,8	42	20	20611,76	25446,62	25,44662	6,237	6237	134,00953	13,400953	245,1013021	24,51013021	30,2214	1813,284
14	8,5	83,385	41,6	45	20	21795,21	26907,67	26,90767	6,6825	6682,5	142,38512	14,238512	248,3492508	24,83492508	30,0768	1804,608
15	9	88,29	41,4	47	20	22966,34	28353,5	28,3535	6,9795	6979,5	150,76072	15,076072	246,1600685	24,61600685	29,9322	1795,932
16	9,5	93,195	41,1	48	20	24066,58	29711,82	29,71182	7,128	7128	159,13631	15,913631	239,904507	23,9904507	29,7153	1782,918
17	10	98,1	40,8	49	20	25148,32	31047,31	31,04731	7,2765	7276,5	167,51191	16,751191	234,3681078	23,43681078	29,4984	1769,904
18	10,5	103,005	40,6	50	20	26276,3	32439,88	32,43988	7,425	7425	175,88751	17,588751	228,8849665	22,88849665	29,3538	1761,228
19	11	107,91	40,3	53	20	27324,15	33733,51	33,73351	7,8705	7870,5	184,2631	18,42631	233,3139655	23,33139655	29,1369	1748,214
20	11,5	112,815	40,1	56	20	28424,39	35091,83	35,09183	8,316	8316	192,6387	19,26387	236,9782079	23,69782079	28,9923	1739,538
21	12	117,72	39,9	58	20	29512,3	36434,93	36,43493	8,613	8613	201,01429	20,101429	236,3939996	23,63939996	28,8477	1730,862

V tabulce jsou zaznamenány naměřené a vypočtené hodnoty z měření č.2 bez použití systému úspory paliva SuperMAX.

Graf otáčkové charakteristiky motoru z měření č.2 – bez použití systému úspory paliva SuperMAX



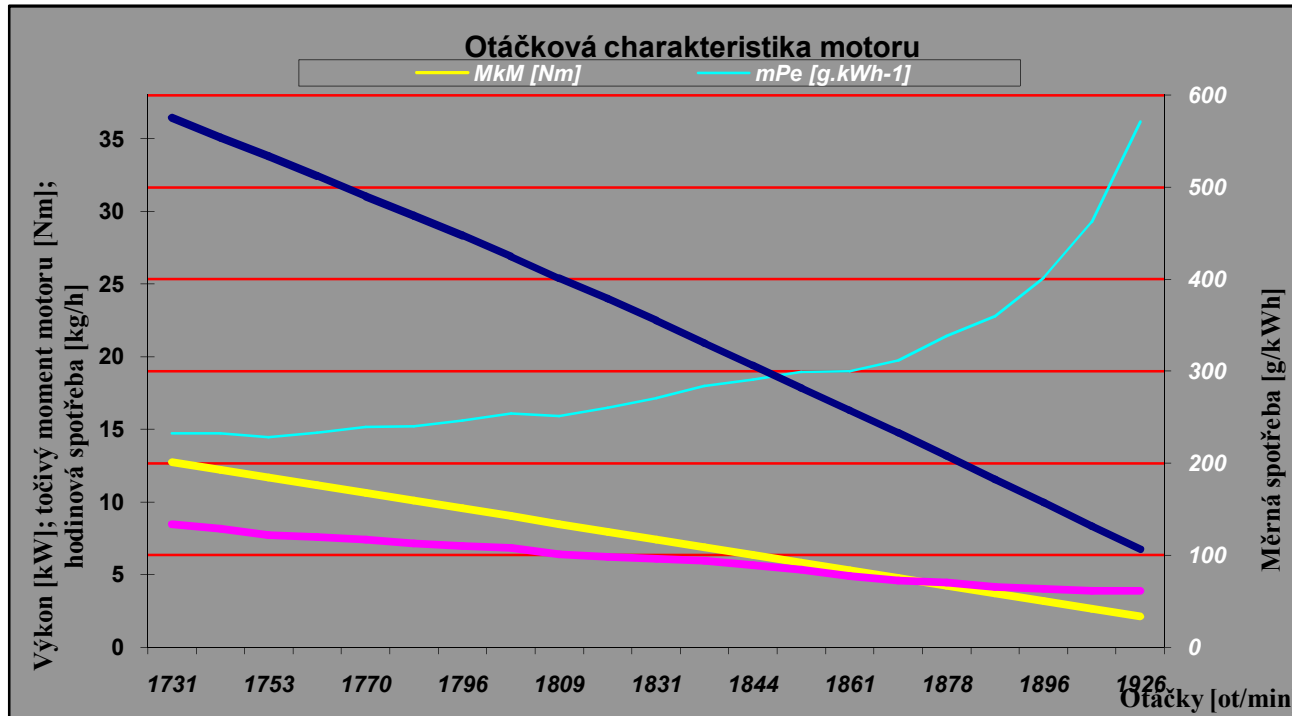
V grafu je vynesena otáčková charakteristika motoru z měření č. 2 – bez použití systému úspory SuperMAX. V grafu je vynesen výkon motoru P_e [kW], krouticí moment motoru M_{kM} [Nm], hodinová spotřeba paliva M_p [kg.h⁻¹], měrná spotřeba paliva M_{pe} [g.kWh⁻¹] v závislosti na otáčkách motoru.

Výsledky měření č. 3 – bez použití systému úspory paliva SuperMAX

Č. měření	M _{kB} [kpm]	M _{kB} [Nm]	n _B [s ⁻¹]	V _p [cm ³]	t [s]	P _B [W]	P _e [W]	P _e [kW]	M _p [kg·h ⁻¹]	M _p [g·h ⁻¹]	M _{kM} [Nm]	M _{kM} / 10	m _{pe} [g·kWh ⁻¹]	m _{pe} / 10	n _M [s ⁻¹]	n _M [min ⁻¹]
1	2	19,62	44,4	26	20	5473,459	6757,356	6,757356	3,861	3861	33,502382	3,3502382	571,3772954	57,13772954	32,1012	1926,072
2	2,5	24,525	43,9	26	20	6764,776	8351,575	8,351575	3,861	3861	41,877978	4,1877978	462,3080076	46,23080076	31,7397	1904,382
3	3	29,43	43,7	27	20	8080,748	9976,232	9,976232	4,0095	4009,5	50,253573	5,0253573	401,9052407	40,19052407	31,5951	1895,706
4	3,5	34,335	43,4	28	20	9362,819	11559,04	11,55904	4,158	4158	58,629169	5,8629169	359,7185667	35,97185667	31,3782	1882,692
5	4	39,24	43,3	30	20	10675,71	13179,89	13,17989	4,455	4455	67,004764	6,7004764	338,0149927	33,80149927	31,3059	1878,354
6	4,5	44,145	43,1	31	20	11954,7	14758,89	14,75889	4,6035	4603,5	75,38036	7,538036	311,9137404	31,19137404	31,1613	1869,678
7	5	49,05	42,9	33	20	13221,36	16322,67	16,32267	4,9005	4900,5	83,755955	8,3755955	300,2266499	30,02266499	31,0167	1861,002
8	5,5	53,955	42,7	36	20	14475,7	17871,23	17,87123	5,346	5346	92,131551	9,2131551	299,1400301	29,91400301	30,8721	1852,326
9	6	58,86	42,5	38	20	15717,7	19404,57	19,40457	5,643	5643	100,50715	10,050715	290,8077746	29,08077746	30,7275	1843,65
10	6,5	63,765	42,3	40	20	16947,38	20922,69	20,92269	5,94	5940	108,88274	10,888274	283,9022694	28,39022694	30,5829	1834,974
11	7	68,67	42,2	41	20	18207,88	22478,86	22,47886	6,0885	6088,5	117,25834	11,725834	270,8544421	27,08544421	30,5106	1830,636
12	7,5	73,575	42	42	20	19415,99	23970,35	23,97035	6,237	6237	125,63393	12,563393	260,1964299	26,01964299	30,366	1821,96
13	8	78,48	41,7	43	20	20562,45	25385,74	25,38574	6,3855	6385,5	134,00953	13,400953	251,5388149	25,15388149	30,1491	1808,946
14	8,5	83,385	41,6	46	20	21795,21	26907,67	26,90767	6,831	6831	142,38512	14,238512	253,8681231	25,38681231	30,0768	1804,608
15	9	88,29	41,4	47	20	22966,34	28353,5	28,3535	6,9795	6979,5	150,76072	15,076072	246,1600685	24,61600685	29,9322	1795,932
16	9,5	93,195	41,1	48	20	24066,58	29711,82	29,71182	7,128	7128	159,13631	15,913631	239,904507	23,9904507	29,7153	1782,918
17	10	98,1	40,8	50	20	25148,32	31047,31	31,04731	7,425	7425	167,51191	16,751191	239,1511304	23,91511304	29,4984	1769,904
18	10,5	103,005	40,6	51	20	26276,3	32439,88	32,43988	7,5735	7573,5	175,88751	17,588751	233,4626658	23,34626658	29,3538	1761,228
19	11	107,91	40,4	52	20	27391,95	33817,22	33,81722	7,722	7722	184,2631	18,42631	228,3452018	22,83452018	29,2092	1752,552
20	11,5	112,815	40,1	55	20	28424,39	35091,83	35,09183	8,1675	8167,5	192,6387	19,26387	232,7464542	23,27464542	28,9923	1739,538
21	12	117,72	39,9	57	20	29512,3	36434,93	36,43493	8,4645	8464,5	201,01429	20,101429	232,318241	23,2318241	28,8477	1730,862

V tabulce jsou zaznamenány naměřené a vypočtené hodnoty z měření č.3 bez použití systému úspory paliva SuperMAX.

Graf otáčkové charakteristiky motoru z měření č. 3 – bez použití systému úspory paliva SuperMAX



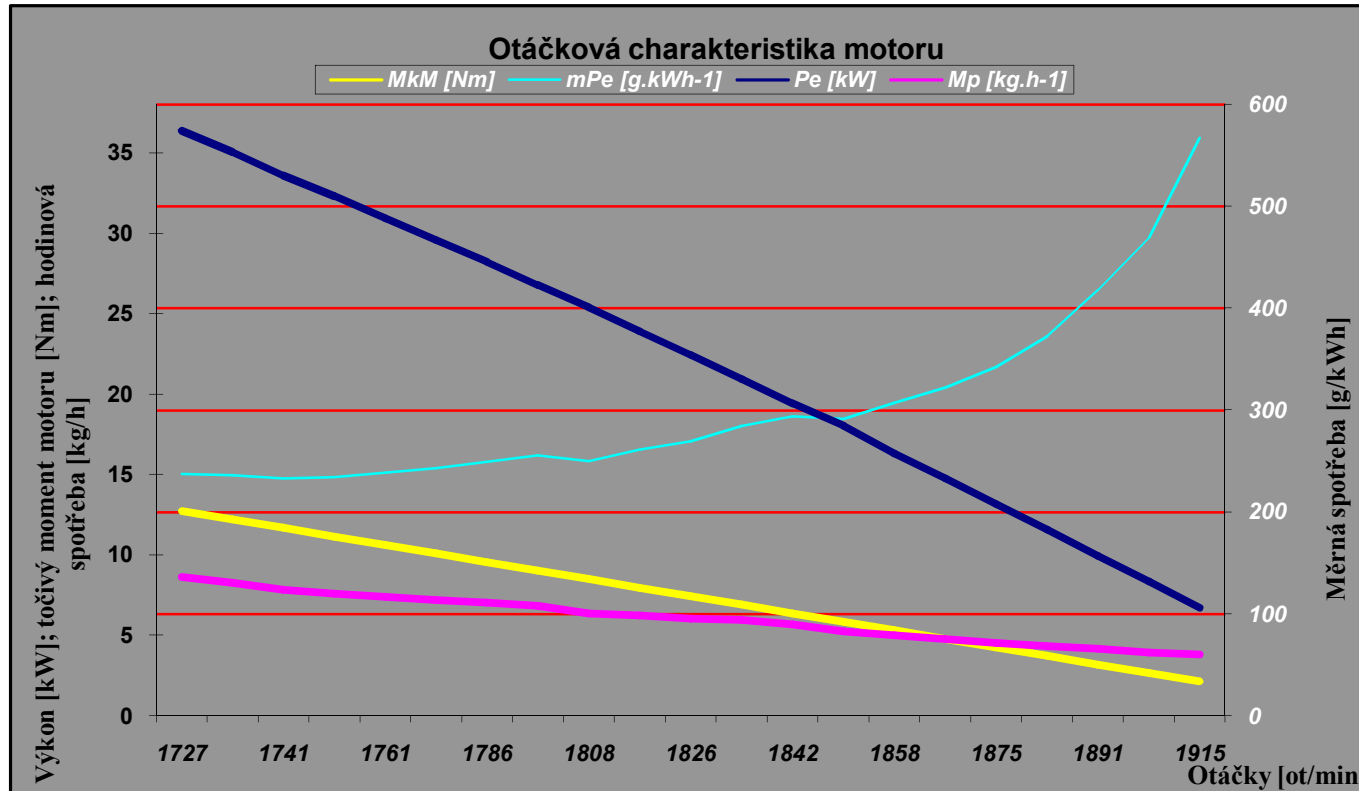
V grafu je vynesena otáčková charakteristika motoru z měření č. 3 – bez použití systému úspory SuperMAX. V grafu je vyneseny výkon motoru P_e [kW], kroučící moment motoru M_{kM} [Nm], hodinová spotřeba paliva M_p [kg.h⁻¹], měrná spotřeba paliva M_{Pe} [g.kWh⁻¹] v závislosti na otáčkách motoru.

Průměrné výsledky měření (1 - 3) – bez použití systému úspory paliva SuperMAX

Č. měření	M _{kB} [kpm]	M _{kB} [Nm]	n _B [s ⁻¹]	V _p [cm ³]	t [s]	P _B [W]	P _e [W]	P _e [kW]	M _p [kg.h ⁻¹]	M _p [g.h ⁻¹]	M _{kM} [Nm]	M _{kM} / 10	m _{pe} [g.kWh ⁻¹]	m _{pe} / 10	n _M [s ⁻¹]	n _M [min ⁻¹]
1	2	19,62	44,13333	25,66667	20	5440,585	6716,772	6,716772	3,8115	3811,5	33,5023821	3,35023821	567,4601143	56,74601143	31,9084	1914,504
2	2,5	24,525	43,8	26,33333	20	6749,366	8332,551	8,332551	3,9105	3910,5	41,8779776	4,18779776	469,3040631	46,93040631	31,6674	1900,044
3	3	29,43	43,6	28	20	8062,257	9953,403	9,953403	4,158	4158	50,2535731	5,02535731	417,7465618	41,77465618	31,5228	1891,368
4	3,5	34,335	43,43333	29	20	9370,011	11567,91	11,56791	4,3065	4306,5	58,6291686	5,86291686	372,2797292	37,22797292	31,4023	1884,138
5	4	39,24	43,23333	30,33333	20	10659,27	13159,6	13,1596	4,5045	4504,5	67,0047641	6,70047641	342,2977321	34,22977321	31,2577	1875,462
6	4,5	44,145	43,06667	32	20	11945,45	14747,47	14,74747	4,752	4752	75,3803596	7,53803596	322,224681	32,2224681	31,1372	1868,232
7	5	49,05	42,83333	33,66667	20	13200,82	16297,3	16,2973	4,9995	4999,5	83,7559551	8,37559551	306,7685535	30,67685535	30,9685	1858,11
8	5,5	53,955	43	35,33333	20	14577,4	17996,79	17,99679	5,247	5247	92,1315506	9,21315506	291,552025	29,1552025	31,089	1865,34
9	6	58,86	42,46667	38,33333	20	15705,37	19389,35	19,38935	5,6925	5692,5	100,507146	10,0507146	293,5889859	29,35889859	30,7034	1842,204
10	6,5	63,765	42,26667	40	20	16934,03	20906,21	20,90621	5,94	5940	108,882742	10,8882742	284,1261671	28,41261671	30,5588	1833,528
11	7	68,67	42,1	40,66667	20	18164,73	22425,6	22,4256	6,039	6039	117,258337	11,7258337	269,2905026	26,92905026	30,4383	1826,298
12	7,5	73,575	41,86667	42	20	19354,35	23894,26	23,89426	6,237	6237	125,633933	12,5633933	261,0250809	26,10250809	30,2696	1816,176
13	8	78,48	41,66667	42,66667	20	20546,02	25365,45	25,36545	6,336	6336	134,009528	13,4009528	249,7885727	24,97885727	30,125	1807,5
14	8,5	83,385	41,36667	46	20	21672,96	26756,75	26,75675	6,831	6831	142,385124	14,2385124	255,3000947	25,53000947	29,9081	1794,486
15	9	88,29	41,16667	47,33333	20	22836,9	28193,7	28,1937	7,029	7029	150,760719	15,0760719	249,3110192	24,93110192	29,7635	1785,81
16	9,5	93,195	40,86667	48,33333	20	23929,94	29543,14	29,54314	7,1775	7177,5	159,136315	15,9136315	242,9497875	24,29497875	29,5466	1772,796
17	10	98,1	40,6	49,66667	20	25025,05	30895,12	30,89512	7,3755	7375,5	167,51191	16,751191	238,72702	23,872702	29,3538	1761,228
18	10,5	103,005	40,43333	51	20	26168,43	32306,71	32,30671	7,5735	7573,5	175,887506	17,5887506	234,4250016	23,44250016	29,2333	1753,998
19	11	107,91	40,13333	52,66667	20	27211,14	33594	33,594	7,821	7821	184,263101	18,4263101	232,8094001	23,28094001	29,0164	1740,984
20	11,5	112,815	40,03333	55,66667	20	28377,13	35033,49	35,03349	8,2665	8266,5	192,638697	19,2638697	235,9599091	23,59599091	28,9441	1736,646
21	12	117,72	39,8	58	20	29438,33	36343,62	36,34362	8,613	8613	201,014292	20,1014292	236,9879544	23,69879544	28,7754	1726,524

V tabulce jsou zaznamenány průměrné naměřené a vypočtené hodnoty z měření 1-3 bez použití systému úspory paliva SuperMAX

Graf otáčkové charakteristiky motoru z průměru měření 1-3 bez použití systému úspory paliva SuperMAX



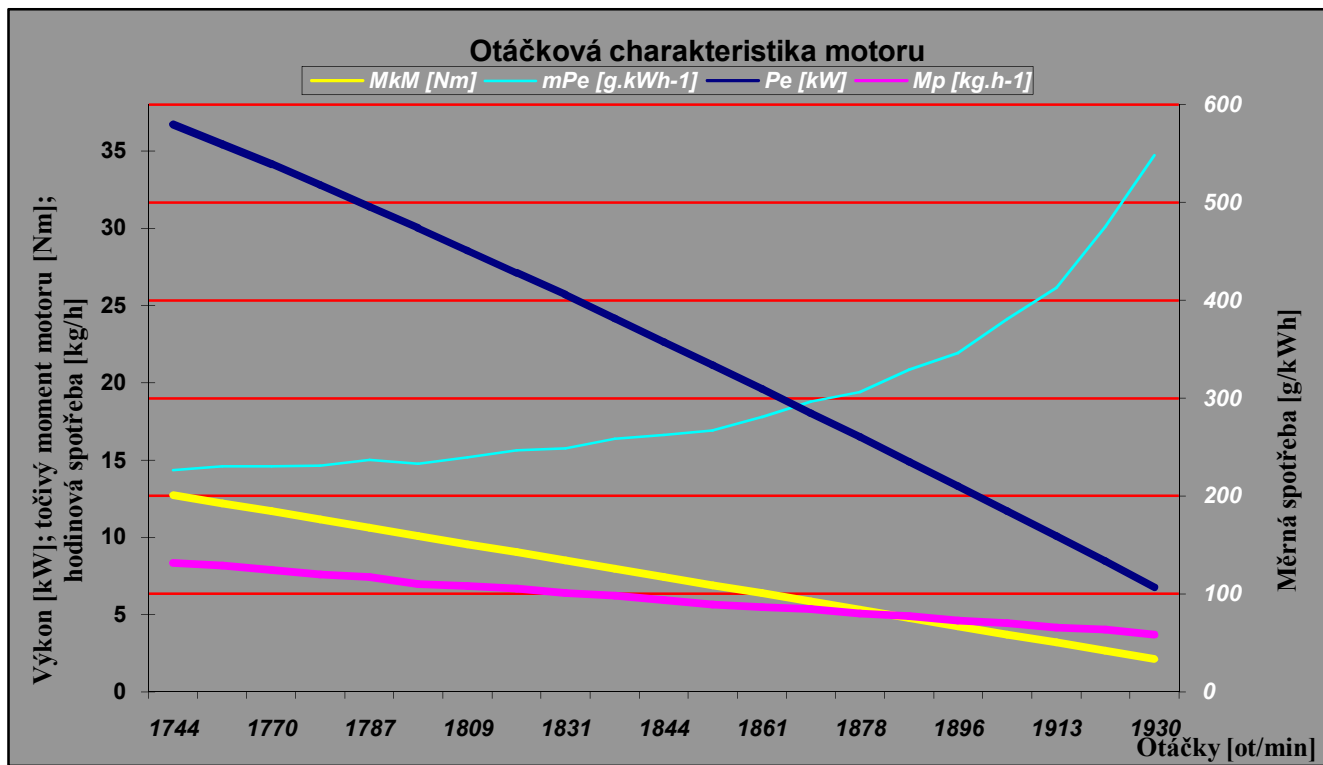
V grafu je vynesena otáčková charakteristika motoru z průměru měření. 1 – 3 bez použití systému úspory SuperMAX. V grafu je vynesen výkon motoru P_e [kW], krouticí moment motoru M_{kM} [Nm], hodinová spotřeba paliva M_p [kg.h⁻¹], měrná spotřeba paliva mP_e [g.kWh⁻¹] v závislosti na otáčkách motoru.

Výsledky měření č.1 – s použitím systému úspory paliva SuperMAX

Č. měření	M _{kB} [kpm]	M _{kB} [Nm]	n _B [s ⁻¹]	V _p [cm ³]	t [s]	P _B [W]	P _e [W]	P _e [kW]	M _p [kg.h ⁻¹]	M _p [g.h ⁻¹]	M _{kM} [Nm]	M _{kM} / 10	m _{pe} [g.kWh ⁻¹]	m _{pe} / 10	n _M [s ⁻¹]	n _M [min ⁻¹]
1	2	19,62	44,5	25	20	5485,786	6772,576	6,772576	3,7125	3712,5	33,5023821	3,35023821	548,166636	54,8166636	32,1735	1930,41
2	2,5	24,525	44,4	27	20	6841,823	8446,695	8,446695	4,0095	4009,5	41,8779776	4,18779776	474,6826762	47,46826762	32,1012	1926,072
3	3	29,43	44,1	28	20	8154,714	10067,55	10,06755	4,158	4158	50,2535731	5,02535731	413,0102062	41,30102062	31,8843	1913,058
4	3,5	34,335	43,9	30	20	9470,686	11692,21	11,69221	4,455	4455	58,6291686	5,86291686	381,0230832	38,10230832	31,7397	1904,382
5	4	39,24	43,7	31	20	10774,33	13301,64	13,30164	4,6035	4603,5	67,0047641	6,70047641	346,0850684	34,60850684	31,5951	1895,706
6	4,5	44,145	43,5	33	20	12065,65	14895,86	14,89586	4,9005	4900,5	75,3803596	7,53803596	328,9839918	32,89839918	31,4505	1887,03
7	5	49,05	43,3	34	20	13344,64	16474,86	16,47486	5,049	5049	83,7559551	8,37559551	306,4669267	30,64669267	31,3059	1878,354
8	5,5	53,955	43,1	36	20	14611,3	18038,64	18,03864	5,346	5346	92,1315506	9,21315506	296,3637885	29,63637885	31,1613	1869,678
9	6	58,86	42,9	37	20	15865,63	19587,2	19,5872	5,4945	5494,5	100,507146	10,0507146	280,5147991	28,05147991	31,0167	1861,002
10	6,5	63,765	42,7	38	20	17107,64	21120,54	21,12054	5,643	5643	108,882742	10,8882742	267,1806252	26,71806252	30,8721	1852,326
11	7	68,67	42,5	40	20	18337,32	22638,67	22,63867	5,94	5940	117,258337	11,7258337	262,3829545	26,23829545	30,7275	1843,65
12	7,5	73,575	42,3	42	20	19554,67	24141,57	24,14157	6,237	6237	125,633933	12,5633933	258,3510651	25,83510651	30,5829	1834,974
13	8	78,48	42,2	43	20	20809	25690,13	25,69013	6,3855	6385,5	134,009528	13,4009528	248,5584972	24,85584972	30,5106	1830,636
14	8,5	83,385	41,9	45	20	21952,39	27101,72	27,10172	6,6825	6682,5	142,385124	14,2385124	246,5710939	24,65710939	30,2937	1817,622
15	9	88,29	41,7	46	20	23132,76	28558,96	28,55896	6,831	6831	150,760719	15,0760719	239,189364	23,9189364	30,1491	1808,946
16	9,5	93,195	41,5	47	20	24300,8	30000,99	30,00099	6,9795	6979,5	159,136315	15,9136315	232,6423374	23,26423374	30,0045	1800,27
17	10	98,1	41,2	50	20	25394,88	31351,7	31,3517	7,425	7425	167,51191	16,751191	236,8292748	23,68292748	29,7876	1787,256
18	10,5	103,005	41	51	20	26535,18	32759,48	32,75948	7,5735	7573,5	175,887506	17,5887506	231,1849813	23,11849813	29,643	1778,58
19	11	107,91	40,8	53	20	27663,16	34152,04	34,15204	7,8705	7870,5	184,263101	18,4263101	230,4547257	23,04547257	29,4984	1769,904
20	11,5	112,815	40,5	55	20	28707,92	35441,88	35,44188	8,1675	8167,5	192,638697	19,2638697	230,4477237	23,04477237	29,2815	1756,89
21	12	117,72	40,2	56	20	29734,19	36708,88	36,70888	8,316	8316	201,014292	20,1014292	226,5391803	22,65391803	29,0646	1743,876

V tabulce jsou zaznamenány naměřené a vypočtené hodnoty z měření č. 1 s použitím systému úspory paliva SuperMAX

Graf otáčkové charakteristiky motoru z měření č. 1 – s použitím systému úspory paliva SuperMAX



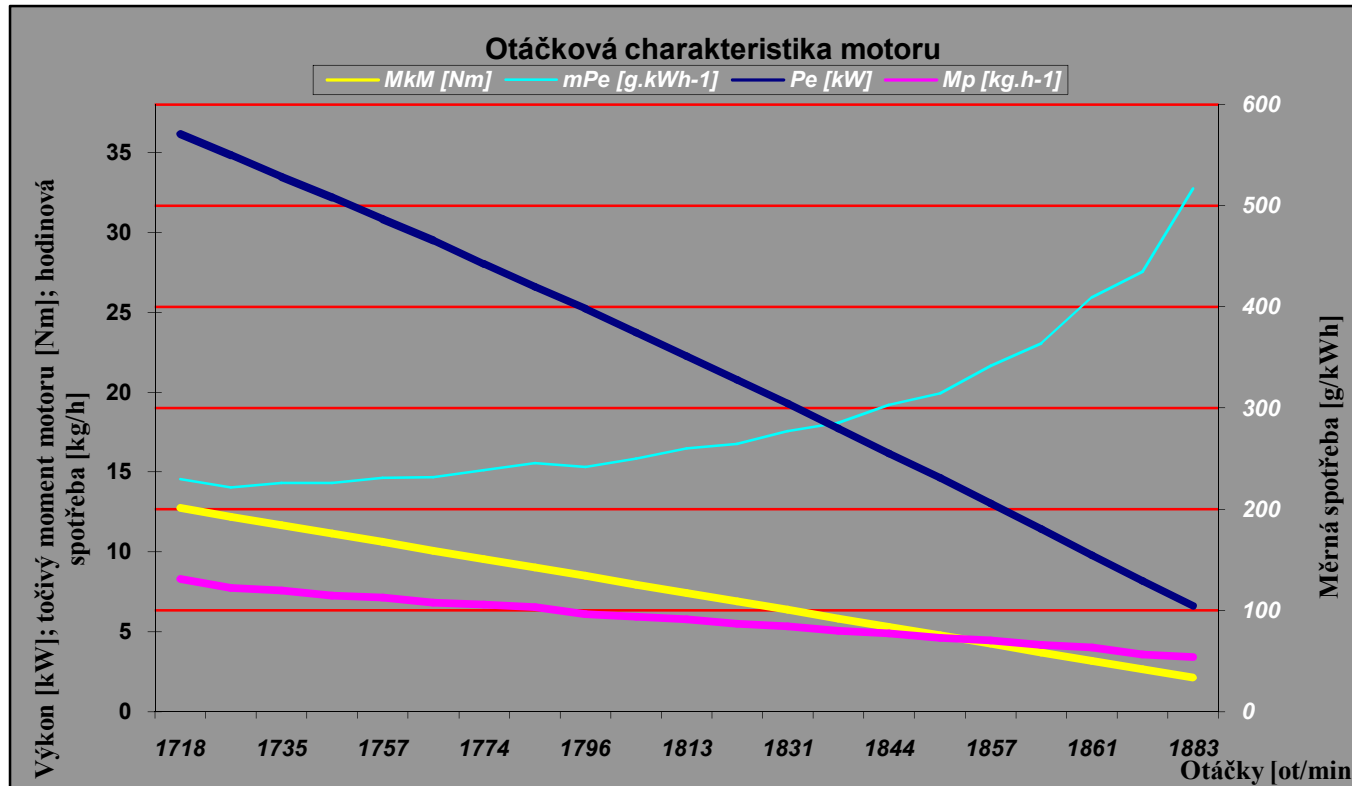
V grafu je vynesena otáčková charakteristika motoru z měření č. 1 – s použitím systému úspory SuperMAX. V grafu je vynesen výkon motoru P_e [kW], krouticí moment motoru M_{kM} [Nm], hodinová spotřeba paliva M_p [kg.h⁻¹], měrná spotřeba paliva M_{Pe} [g.kWh⁻¹] v závislosti na otáčkách motoru.

Výsledky měření č.2 – s použitím systému úspory paliva SuperMAX

Č. měření	M _{kB} [kpm]	M _{kB} [Nm]	n _B [s ⁻¹]	V _p [cm ³]	t [s]	P _B [W]	P _e [W]	P _e [kW]	M _p [kg.h ⁻¹]	M _p [g.h ⁻¹]	M _{kM} [Nm]	M _{kM} / 10	m _{pe} [g.kWh ⁻¹]	m _{pe} / 10	n _M [s ⁻¹]	n _M [min ⁻¹]
1	2	19,62	43,4	23	20	5350,1826	6605,1636	6,6051636	3,4155	3415,5	33,50238205	3,350238205	517,0954396	51,70954396	31,3782	1882,692
2	2,5	24,525	43,1	24	20	6641,4997	8199,3823	8,1993823	3,564	3564	41,87797756	4,187797756	434,6668899	43,46668899	31,1613	1869,678
3	3	29,43	42,9	27	20	7932,8168	9793,6009	9,7936009	4,0095	4009,5	50,25357308	5,025357308	409,3999771	40,93999771	31,0167	1861,002
4	3,5	34,335	42,9	28	20	9254,9529	11425,868	11,425868	4,158	4158	58,62916859	5,862916859	363,9110908	36,39110908	31,0167	1861,002
5	4	39,24	42,8	30	20	10552,434	13027,696	13,027696	4,455	4455	67,0047641	6,70047641	341,9637659	34,19637659	30,9444	1856,664
6	4,5	44,145	42,7	31	20	11843,751	14621,915	14,621915	4,6035	4603,5	75,38035961	7,538035961	314,835649	31,4835649	30,8721	1852,326
7	5	49,05	42,5	33	20	13098,085	16170,476	16,170476	4,9005	4900,5	83,75595513	8,375595513	303,0523125	30,30523125	30,7275	1843,65
8	5,5	53,955	42,3	34	20	14340,092	17703,817	17,703817	5,049	5049	92,13155064	9,213155064	285,1927343	28,51927343	30,5829	1834,974
9	6	58,86	42,2	36	20	15606,754	19267,597	19,267597	5,346	5346	100,5071462	10,05071462	277,460648	27,7460648	30,5106	1830,636
10	6,5	63,765	42	37	20	16827,187	20774,305	20,774305	5,4945	5494,5	108,8827417	10,88827417	264,485382	26,4485382	30,366	1821,96
11	7	68,67	41,8	39	20	18035,293	22265,794	22,265794	5,7915	5791,5	117,2583372	11,72583372	260,1075043	26,01075043	30,2214	1813,284
12	7,5	73,575	41,6	40	20	19231,071	23742,063	23,742063	5,94	5940	125,6339327	12,56339327	250,1888749	25,01888749	30,0768	1804,608
13	8	78,48	41,4	41	20	20414,521	25203,113	25,203113	6,0885	6088,5	134,0095282	13,40095282	241,5773013	24,15773013	29,9322	1795,932
14	8,5	83,385	41,1	44	20	21533,252	26584,262	26,584262	6,534	6534	142,3851237	14,23851237	245,7845194	24,57845194	29,7153	1782,918
15	9	88,29	40,9	45	20	22688,965	28011,068	28,011068	6,6825	6682,5	150,7607192	15,07607192	238,5664088	23,85664088	29,5707	1774,242
16	9,5	93,195	40,8	46	20	23890,907	29494,947	29,494947	6,831	6831	159,1363147	15,91363147	231,5989895	23,15989895	29,4984	1769,904
17	10	98,1	40,5	48	20	24963,409	30819,024	30,819024	7,128	7128	167,5119103	16,75119103	231,2857155	23,12857155	29,2815	1756,89
18	10,5	103,005	40,3	49	20	26082,14	32200,173	32,200173	7,2765	7276,5	175,8875058	17,58875058	225,9770483	22,59770483	29,1369	1748,214
19	11	107,91	40	51	20	27120,741	33482,396	33,482396	7,5735	7573,5	184,2631013	18,42631013	226,1934874	22,61934874	28,92	1735,2
20	11,5	112,815	39,8	52	20	28211,735	34829,302	34,829302	7,722	7722	192,6386968	19,26386968	221,7098704	22,17098704	28,7754	1726,524
21	12	117,72	39,6	56	20	29290,4	36160,988	36,160988	8,316	8316	201,0142923	20,10142923	229,9715921	22,99715921	28,6308	1717,848

V tabulce jsou zaznamenány naměřené a vypočtené hodnoty z měření č.2 s použitím systému úspory paliva SuperMAX

Graf otáčkové charakteristiky motoru z měření č.2 – s použitím systému úspory paliva SuperMAX



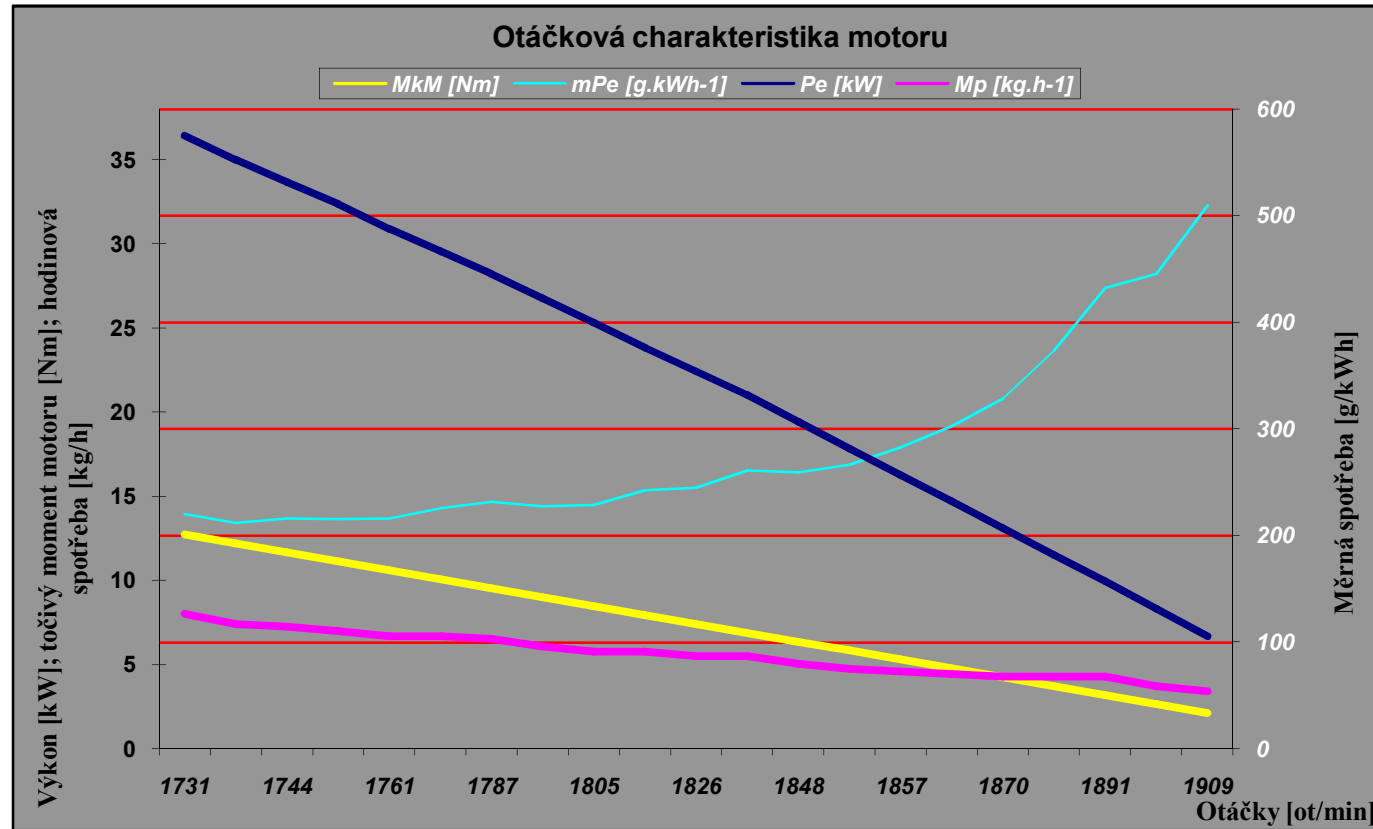
V grafu je vynesena otáčková charakteristika motoru z měření č. 2 – s použitím systému úspory SuperMAX. V grafu je vynesen výkon motoru P_e [kW], krouticí moment motoru M_{kM} [Nm], hodinová spotřeba paliva M_p [kg.h⁻¹], měrná spotřeba paliva M_{p_e} [g.kWh⁻¹] v závislosti na otáčkách motoru.

Výsledky měření č.3 – s použitím systému úspory paliva SuperMAX

Č. měření	M _{kB} [kpm]	M _{kB} [Nm]	n _B [s ⁻¹]	V _p [cm ³]	t [s]	P _B [W]	P _e [W]	P _e [kW]	M _p [kg.h ⁻¹]	M _p [g.h ⁻¹]	M _{kM} [Nm]	M _{kM} / 10	m _{pe} [g.kWh ⁻¹]	m _{pe} / 10	n _M [s ⁻¹]	n _M [min ⁻¹]
1	2	19,62	44	23	20	5424,1482	6696,4793	6,6964793	3,4155	3415,5	33,50238205	3,350238205	510,0441382	51,00441382	31,812	1908,72
2	2,5	24,525	43,8	25	20	6749,3662	8332,5509	8,3325509	3,7125	3712,5	41,87797756	4,187797756	445,541832	44,5541832	31,6674	1900,044
3	3	29,43	43,6	29	20	8062,2567	9953,4033	9,9534033	4,3065	4306,5	50,25357308	5,025357308	432,6660818	43,26660818	31,5228	1891,368
4	3,5	34,335	43,3	29	20	9341,2462	11532,403	11,532403	4,3065	4306,5	58,62916859	5,862916859	373,4260871	37,34260871	31,3059	1878,354
5	4	39,24	43,1	29	20	10626,399	13119,012	13,119012	4,3065	4306,5	67,0047641	6,70047641	328,2640574	32,82640574	31,1613	1869,678
6	4,5	44,145	43	30	20	11926,962	14724,645	14,724645	4,455	4455	75,38035961	7,538035961	302,5539883	30,25539883	31,089	1865,34
7	5	49,05	42,8	31	20	13190,542	16284,62	16,28462	4,6035	4603,5	83,75595513	8,375595513	282,6900465	28,26900465	30,9444	1856,664
8	5,5	53,955	42,6	32	20	14441,795	17829,376	17,829376	4,752	4752	92,13155064	9,213155064	266,5264327	26,65264327	30,7998	1847,988
9	6	58,86	42,6	34	20	15754,685	19450,228	19,450228	5,049	5049	100,5071462	10,05071462	259,5856402	25,95856402	30,7998	1847,988
10	6,5	63,765	42,5	37	20	17027,511	21021,618	21,021618	5,4945	5494,5	108,8827417	10,88827417	261,3737893	26,13737893	30,7275	1843,65
11	7	68,67	42,1	37	20	18164,733	22425,596	22,425596	5,4945	5494,5	117,2583372	11,72583372	245,0102114	24,50102114	30,4383	1826,298
12	7,5	73,575	41,8	39	20	19323,528	23856,207	23,856207	5,7915	5791,5	125,6339327	12,56339327	242,767004	24,2767004	30,2214	1813,284
13	8	78,48	41,6	39	20	20513,142	25324,867	25,324867	5,7915	5791,5	134,0095282	13,40095282	228,6882685	22,86882685	30,0768	1804,608
14	8,5	83,385	41,4	41	20	21690,429	26778,307	26,778307	6,0885	6088,5	142,3851237	14,23851237	227,3668718	22,73668718	29,9322	1795,932
15	9	88,29	41,2	44	20	22855,388	28216,529	28,216529	6,534	6534	150,7607192	15,07607192	231,566402	23,1566402	29,7876	1787,256
16	9,5	93,195	40,9	45	20	23949,463	29567,239	29,567239	6,6825	6682,5	159,1363147	15,91363147	226,0102821	22,60102821	29,5707	1774,242
17	10	98,1	40,6	45	20	25025,047	30895,12	30,89512	6,6825	6682,5	167,5119103	16,75119103	216,2962933	21,62962933	29,3538	1761,228
18	10,5	103,005	40,5	47	20	26211,58	32359,975	32,359975	6,9795	6979,5	175,8875058	17,58875058	215,6831077	21,56831077	29,2815	1756,89
19	11	107,91	40,2	49	20	27256,345	33649,808	33,649808	7,2765	7276,5	184,2631013	18,42631013	216,2419448	21,62419448	29,0646	1743,876
20	11,5	112,815	40	50	20	28353,502	35004,323	35,004323	7,425	7425	192,6386968	19,26386968	212,1166548	21,21166548	28,92	1735,2
21	12	117,72	39,9	54	20	29512,297	36434,935	36,434935	8,019	8019	201,0142923	20,10142923	220,0909651	22,00909651	28,8477	1730,862

V tabulce jsou zaznamenány naměřené a vypočtené hodnoty z měření č.3 s použitím systému úspory paliva SuperMAX

Graf otáčkové charakteristiky motoru z měření č.3 – s použitím systému úspory paliva SuperMAX



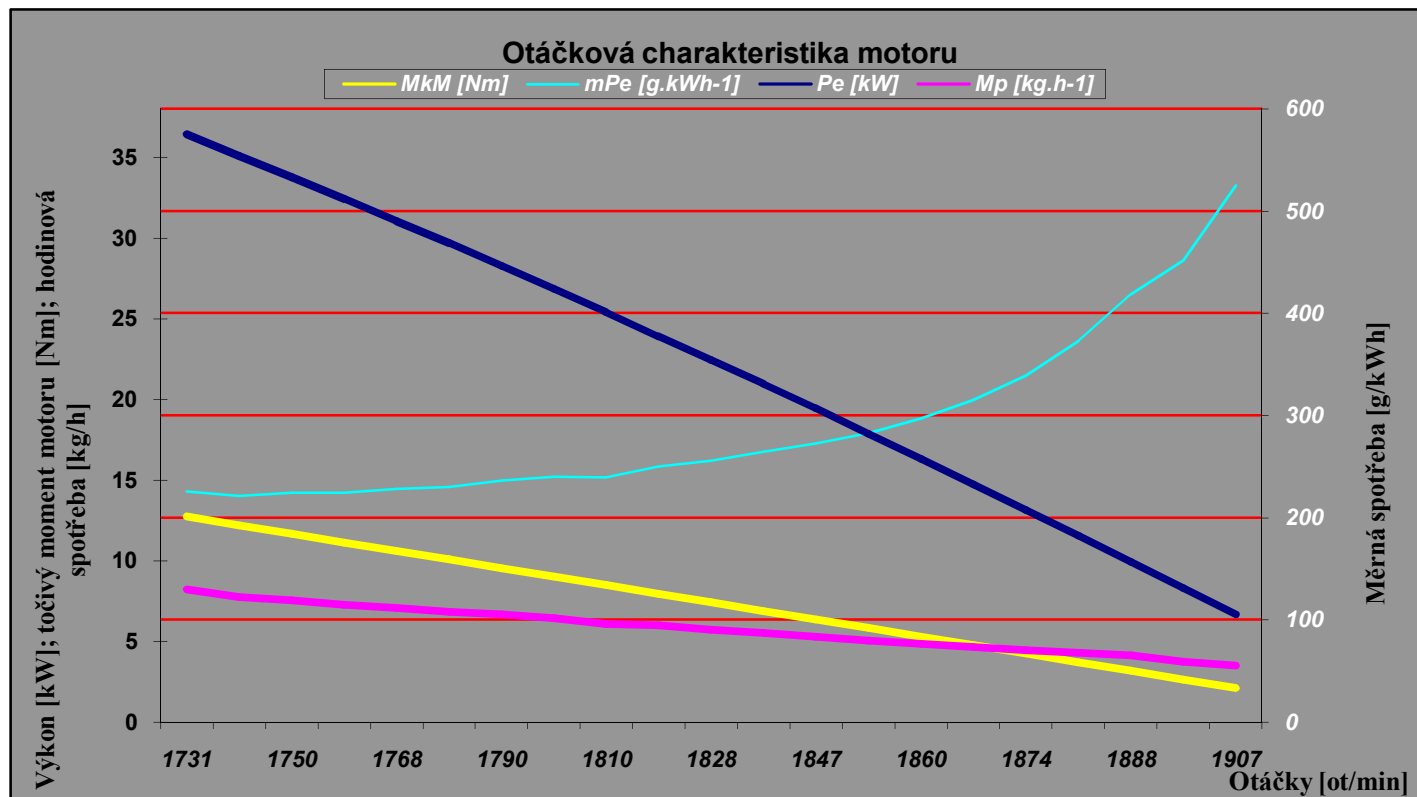
V grafu je vynesena otáčková charakteristika motoru z měření č. 3 – s použitím systému úspory SuperMAX. V grafu je vynesen výkon motoru P_e [kW], krouticí moment motoru M_{kM} [Nm], hodinová spotřeba paliva M_p [kg.h⁻¹], měrná spotřeba paliva M_{p_e} [g.kWh⁻¹] v závislosti na otáčkách motoru.

Průměrné výsledky měření (1 - 3) – s použitím systému úspory paliva SuperMAX

Č. měření	M _{kB} [kpm]	M _{kB} [Nm]	n _B [s ⁻¹]	V _p [cm ³]	t [s]	P _B [W]	P _e [W]	P _e [kW]	M _p [kg.h ⁻¹]	M _p [g.h ⁻¹]	M _{kM} [Nm]	M _{kM} / 10	m _{pe} [g.kWh ⁻¹]	m _{pe} / 10	n _M [s ⁻¹]	n _M [min ⁻¹]
1	2	19,62	43,966667	23,666667	20	5420,039	6691,4062	6,6914062	3,5145	3514,5	33,50238205	3,350238205	525,2259246	52,52259246	31,7879	1907,274
2	2,5	24,525	43,766667	25,333333	20	6744,2297	8326,2096	8,3262096	3,762	3762	41,87797756	4,187797756	451,8262454	45,18262454	31,6433	1898,598
3	3	29,43	43,533333	28	20	8049,9291	9938,184	9,938184	4,158	4158	50,25357308	5,025357308	418,3862962	41,83862962	31,4746	1888,476
4	3,5	34,335	43,366667	29	20	9355,6284	11550,158	11,550158	4,3065	4306,5	58,62916859	5,862916859	372,852027	37,2852027	31,3541	1881,246
5	4	39,24	43,2	30	20	10651,055	13149,45	13,14945	4,455	4455	67,0047641	6,70047641	338,7974348	33,87974348	31,2336	1874,016
6	4,5	44,145	43,066667	31,333333	20	11945,454	14747,474	14,747474	4,653	4653	75,38035961	7,538035961	315,5116668	31,55116668	31,1372	1868,232
7	5	49,05	42,866667	32,666667	20	13211,088	16309,986	16,309986	4,851	4851	83,75595513	8,375595513	297,425157	29,7425157	30,9926	1859,556
8	5,5	53,955	42,666667	34	20	14464,395	17857,278	17,857278	5,049	5049	92,13155064	9,213155064	282,7418592	28,27418592	30,848	1850,88
9	6	58,86	42,566667	35,666667	20	15742,357	19435,009	19,435009	5,2965	5296,5	100,5071462	10,05071462	272,5236687	27,25236687	30,7757	1846,542
10	6,5	63,765	42,4	37,333333	20	16987,446	20972,156	20,972156	5,544	5544	108,8827417	10,88827417	264,3505093	26,43505093	30,6552	1839,312
11	7	68,67	42,133333	38,666667	20	18179,115	22443,352	22,443352	5,742	5742	117,2583372	11,72583372	255,8441388	25,58441388	30,4624	1827,744
12	7,5	73,575	41,9	40,333333	20	19369,757	23913,28	23,91328	5,9895	5989,5	125,6339327	12,56339327	250,467526	25,0467526	30,2937	1817,622
13	8	78,48	41,733333	41	20	20578,89	25406,037	25,406037	6,0885	6088,5	134,0095282	13,40095282	239,6477701	23,96477701	30,1732	1810,392
14	8,5	83,385	41,466667	43,333333	20	21725,357	26821,429	26,821429	6,435	6435	142,3851237	14,23851237	239,9201051	23,99201051	29,9804	1798,824
15	9	88,29	41,266667	45	20	22892,371	28262,186	28,262186	6,6825	6682,5	150,7607192	15,07607192	236,446675	23,6446675	29,8358	1790,148
16	9,5	93,195	41,066667	46	20	24047,057	29687,725	29,687725	6,831	6831	159,1363147	15,91363147	230,0950999	23,00950999	29,6912	1781,472
17	10	98,1	40,766667	47,666667	20	25127,778	31021,948	31,021948	7,0785	7078,5	167,5119103	16,75119103	228,1771636	22,81771636	29,4743	1768,458
18	10,5	103,005	40,6	49	20	26276,3	32439,876	32,439876	7,2765	7276,5	175,8875058	17,58875058	224,3072672	22,43072672	29,3538	1761,228
19	11	107,91	40,333333	51	20	27346,747	33761,416	33,761416	7,5735	7573,5	184,2631013	18,42631013	224,3241197	22,43241197	29,161	1749,66
20	11,5	112,815	40,1	52,333333	20	28424,386	35091,834	35,091834	7,7715	7771,5	192,6386968	19,26386968	221,4617776	22,14617776	28,9923	1739,538
21	12	117,72	39,9	55,333333	20	29512,297	36434,935	36,434935	8,217	8217	201,0142923	20,10142923	225,52531	22,552531	28,8477	1730,862

V tabulce jsou zaznamenány průměrné naměřené a vypočtené hodnoty z měření 1 -3 s použitím systému úspory paliva SuperMAX

Graf otáčkové charakteristiky motoru z průměru měření 1-3 – s použitím systému úspory paliva SuperMAX



V grafu je vynesena otáčková charakteristika motoru z měření č. 1 –3 s použitím systému úspory SuperMAX. V grafu je vynesena výkon motoru P_e [kW], krouticí moment motoru M_{kM} [Nm], hodinová spotřeba paliva M_p [kg.h⁻¹], měrná spotřeba paliva mP_e [g.kWh⁻¹] v závislosti na otáčkách motoru.

