



Hnací ústrojí vozidel OCTAVIA

Bakalářská práce

Studijní program: B2301 – Strojní inženýrství
Studijní obor: 2301R000 – Strojní inženýrství
Autor práce: **Tomáš Gabriel**
Vedoucí práce: doc. Dr. Ing. Elias Tomeh





TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC
Faculty of Mechanical Engineering ■

Bachelor thesis

Study programme: B2301 – Mechanical Engineering
Study branch: 2301R000 – Mechanical Engineering
Author: **Tomáš Gabriel**
Supervisor: doc. Dr. Ing. Elias Tomeh



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Tomáš Gabriel**
Osobní číslo: **S12000058**
Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Strojní inženýrství**
Název tématu: **Hnací ústrojí vozidel OCTAVIA**
Zadávající katedra: **Katedra vozidel a motorů**

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

Bakalářská práce je zaměřená na popis hnacích ústrojí vozidel Škoda OCTAVIA, která se používala od počátku výroby tohoto vozu do současnosti.

1. Popište technické a ekonomické parametry pohonných jednotek a převodovek aplikovaných ve vozidlech Škoda OCTAVIA, která se používala od počátku výroby tohoto vozu do současnosti.
2. Zhodnoťte nejvýznamnější parametry mechanických a automatických převodovek.
3. Vytvořte přehledný seznam používaných motorů a převodovek, popište výhody a nevýhody konstrukčních novinek.
4. Specifikujte požadavky kladené na motory a převodovky automobilů (OCTAVIA), příčiny jejich hlučnosti a navrhňte snížení jejich vibrací a hluku.
5. Během řešení bakalářské práce spolupracujte s firmou ŠKODA AUTO Mladá Boleslav.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy: cca 40 stran textu.

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

- [1] Podklady Škoda Auto a.s., Mladá Boleslav, <https://eportal.skoda.vwg/> (interní zdroj dat).
- [2] Škoda Auto a.s. Dostupné z www.new.skoda-auto.com/cs/company/history/Pages/company-history.aspx.
- [3] European car magazine. Dostupné z www.europeancarweb.com/firstlook/epcp_1011_mercedes_benz_9g_tronic_transmission/.
- [4] MitCalc. Dostupné z <http://www.mitcalc.cz/doc/gear1/help/cz/gear1txt.htm>.
- [5] TICHÁ, Š. a I. MRKVICA. *Vybrané kapitoly ze strojírenské metrologie*. Ostrava 2012. 143s., učební text, Vysoká škola báňská, Technická univerzita Ostrava. ISBN 978-80-248-2709-4 [online]. Dostupné z [www http://projekty.fs.vsb.cz/147/ucebniopory/978-80-248-2709-4.pdf](http://projekty.fs.vsb.cz/147/ucebniopory/978-80-248-2709-4.pdf).
- [6] TOMEH, E. *Diagnostic methodology of rolling element and journal bearings*. Liberec, Technická univerzita v Liberci, 2007. ISBN: 978-80-7373-278-4.
- [7] TOMEH, E. *Technická diagnostika, vibrační diagnostika strojů a zařízení*. Liberec, Technická univerzita v Liberci, 2015. ISBN: 978-80-7494-174-0.

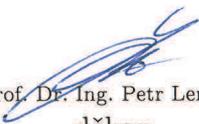
Vedoucí bakalářské práce:

doc. Dr. Ing. Elias Tomeh

Katedra vozidel a motorů

Datum zadání bakalářské práce: 15. listopadu 2015

Termín odevzdání bakalářské práce: 15. února 2017


prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld
děkan




Ing. Robert Voženilek, Ph.D.
vedoucí katedry

V Liberci dne 15. listopadu 2015

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum: 13.6.2016

Podpis: 

Poděkování

Poděkování patří především vedoucímu této bakalářské práce panu doc. Dr. Ing. Eliasu Tomehovi za profesionální a odborné vedení, vyhodnocení zpracování práce a poskytnutí cenných rad. Dále mé poděkování směřuje k panu Ing. Václavu Vorlovi, který mi sloužil jako konzultant. V neposlední řadě i dalším spolupracovníkům společnosti Škoda Auto a.s. za vstřícnost a užitečné informace k této BP. Na závěr bych chtěl poděkovat také své rodině a blízkým za finanční i duševní podporu nejen při psaní této BP.

HNACÍ ÚSTROJÍ VOZIDEL OCTAVIA

Anotace

Bakalářská práce je zaměřena na popis hnacích ústrojí vozidel ŠKODA OCTAVIA, která se používala od počátku výroby tohoto vozu do současnosti. Práce obsahuje kompletní seznam všech agregátů montovaných do těchto vozů. U každé generace je vyzdvihnuta a popsána nejúspěšnější vznětový a zážehový motor. Podobně je tomu také u manuální či automatické převodovky. Jsou zde popsány konstrukční novinky spojené s technickým pokrokem, modernizací, nároky na komfort a snížení emisí. Součástí bakalářské práce je také výsledek měření hlučnosti a vibrací zvolené převodovky, který je následně vyhodnocován.

Klíčová slova: motor, převodovka, ozubení, hřídel, hluk, vibrace

POWERTRAINS OF OCTAVIA VEHICLES

Annotation

Bachelor thesis is focused on the description of the Powertrain SKODA OCTAVIA, which was used from the start of production of the vehicle to the present. The thesis contains a complete list of all engines fitted to these vehicles. Each generation is described and emphasized successful diesel and gasoline engines. Likewise, to a manual or automatic transmission. Here are described the design innovations associated with technological progress, modernization requirements for comfort and reduced emissions. Part of the thesis is also the result of the measurement noise and vibration of selected gearbox, which is then evaluated.

Key words: engine, gearbox, gear, pinion, noise, vibration

Zpracovatel: TU v Liberci, Fakulta strojní, Katedra vozidel a motorů

Dokončeno: 06/2016

Archivní označení zprávy:

Obsah

Seznam symbolů a zkratek	10
Úvod	11
1. Popis technických a ekonomických parametrů vybraných motorů aplikovaných ve vozidlech.....	12
1.1 První generace motorů aplikovaných ve vozidlech Octavia.....	12
1.1.1 Vznětový motor 1.9 TDI – AGR (66 kW)	12
1.1.2 Zážehový motor 1.6 I – AEH (74Kw)	14
1.2 Druhá generace motorů aplikovaných ve vozidlech Octavia	16
1.2.1 Vznětový motor 1.9 TDI (PD) - ATD (74 kW)	16
1.2.2 Zážehový motor 2.0 FSI – BLX (110kW)	18
1.3 Třetí generace motorů aplikovaných ve vozidlech Octavia	20
1.3.1 Vznětový motor 1.6 TDI – CLHA (77kw)	20
1.3.2 Zážehový motor 1.8 TFSI CJSA (132Kw)	22
2. Popis technických a ekonomických parametrů vybraných převodovek aplikovaných ve vozidlech.....	24
2.1 První generace převodovek aplikovaných ve vozidlech Octavia.....	24
2.1.1 Mechanická převodovka 02K	24
2.1.2 Automatická převodovka 01M.....	26
2.2 Druhá generace převodovek aplikovaných ve vozidlech Octavia	27
2.2.1 Mechanická převodovka 02M.....	27
2.2.2 Automatická převodovka DSG – 02E.....	29
2.3 Třetí generace převodovek aplikovaných ve vozidlech Octavia	30
2.3.1 Mechanická převodovka MRV	30
2.3.2 Automatická převodovka 0AM	30
3. Seznam všech motorů aplikovaných ve vozidlech	32
4. Popis významných částí motorů a převodovek.....	35
4.1 Filtr pevných částic	35
4.2 Dvuhmotový setrvačnick.....	36
5. Identifikace mechanických závad převodovek	37
5.1 Popis metody měření	37
5.2 Příčiny hlučnosti automobilových převodovek	38

5.3	Naměřené a vypočítané hodnoty	40
5.4	Návrh na snížení vibrací a hluku převodovek.....	46
	Závěr.....	46
	Použitá Literatura	48

Seznam symbolů a zkratek

n	otáčky	[min ⁻¹]
P	výkon	[kW]
p	tlak	[Mpa]
v	rychlost	[km/h]
M	krouticí moment	[Nm]
T	teplota	[°C]
La	hladina akustického tlaku vypočtena ze zrychlení	[dB]
La _{ef}	celková hodnota hladiny akustického tlaku	[dB]
a	naměřená hodnota zrychlení kmitavého pohybu	[m·s ⁻²]
f _z	zubová frekvence	[Hz]
a _{fz}	amplituda zubové frekvence	[g]
a _{ef}	celková efektivní hodnota zrychlení vibrací	[Gs]
f _z	zubová frekvence	[Hz]
f _r	rotorová frekvence	[Hz]
z	počet zubů ozubeného kola	[-]
ε _α	součinitel délky trvání záběru α	[-]
ε _β	součinitel délky trvání záběru β	[-]
MQ	Označení pro manuální převodovky příčně uložené (Německy manuell quer)	
EURO	Evropská emisní norma	
RPM	Otáčky za minutu (revolutions per minute)	
TDI	Naftové motory s přímým vstřikem paliva vybavené turbodmychadlem	
OHC	Typ rozvodu motoru s jednou vačkou umístěnou v hlavě motoru	
DOHC	Typ rozvodu motoru s dvěma vačkami umístěny v hlavě motoru	
PD	Způsob vstřikování (čerpadlo – tryska)	
FSI	Způsob vstřikování (vrstvené vstřikování paliva)	
DSG	automatická převodovka s přímým řazením (direct shift gear)	
MPI	Vícebodové sekvenční vstřikování	
TFSI	Motory s přímým vstřikem i s turbodmychadlem (Turbo fuel stratified injection)	
Downsizing	Zmenšování objemu motoru	

Úvod

Motor a převodovka patří bezpochyby mezi nejdražší a nejdůležitější prvky automobilu. Možná také proto, jsem si právě tyto dvě ústrojí zprostředkovávající pohyb vybral k popisu. Motor je stroj, který mění různé druhy energie na mechanickou práci. Jako palivem mu může sloužit benzin, nafta a nyní také populární alternativní paliva. Převodovka, na jejíž hnací hřídel přivádí výkon právě zmíněný motor, má za úkol správně usměrnit otáčky a krouticí moment, za použití vhodných převodových poměrů. Řazení může být prováděno manuálně řidičem, nebo automaticky za pomoci mechatroniky.

Tato bakalářská práce je zaměřená na popis hnacích ústrojí vozidel Škoda Octavia, která se používala od počátku výroby tohoto vozu do současnosti. Mým úkolem je popsat technické a ekonomické parametry pohonných jednotek aplikovaných ve vozidlech. Má snaha byla cílena ke zhodnocení nejvýznamnějších parametrů mechanických a automatických převodovek. Je zde vytvořen přehledný seznam všech motorů používaných ve vozidlech. U každé generace jsem si vybral nevýznamnější zástupce jak zážehových, tak i vznětových motorů, u kterých jsou také popsány konstrukční novinky či nedostatky. Celé je to řazené od první generace po třetí, aby byl ještě více zřetelný technický pokrok a inovace. V bakalářské práci je obsažena také kapitola, která dopodrobna popisuje filtr pevných částic a dmouhmotový setrvačnick. V posledním bodě je provedeno měření hlučnosti a vibrace převodovky za pomoci měření frekvenčních spekter vibrací. Celá metoda je zde podrobně popsána. Naměřené a vypočítané hodnoty jsou vyneseny do přehledných tabulek a příslušných grafů. Najdete zde také návrh na zlepšení kvality součástí převodovky a s tím spojené snížení hlučnosti a vibrací.

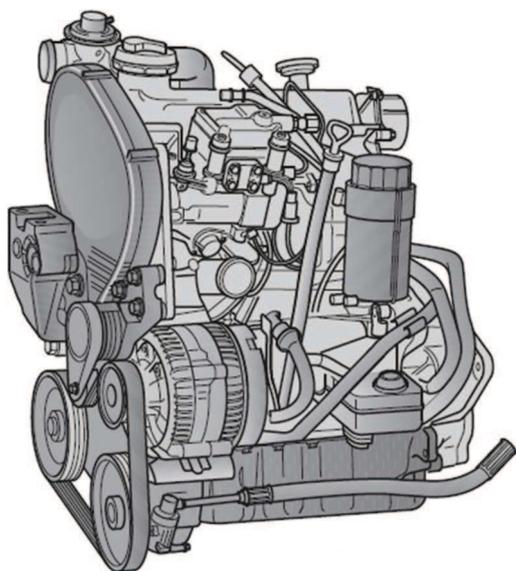
1. Popis technických a ekonomických parametrů vybraných motorů aplikovaných ve vozidlech

1.1 První generace motorů aplikovaných ve vozidlech Octavia

1.1.1 Vznětový motor 1.9 TDI – AGR (66 kW)

Jako nejvýznamnější vznětový motor první generace vozidel Škoda Octavia jsem si vybral motor s označením AGR, který se začal montovat od roku 1996. Jedná se o motor nadprůměrně spolehlivý, pružný, dostatečně výkonný a velice úsporný. Výrobce udává průměrnou spotřebu mimo město pouze 4.1 l/100km paliva. Maximální rychlost s tímto typem agregátu činí 178km/h. Zrychlení z 0 – 100 dostatečných 13.7 sekund.

Data motoru:



Obrázek 1. – Motor 1.9 TDI – AGR

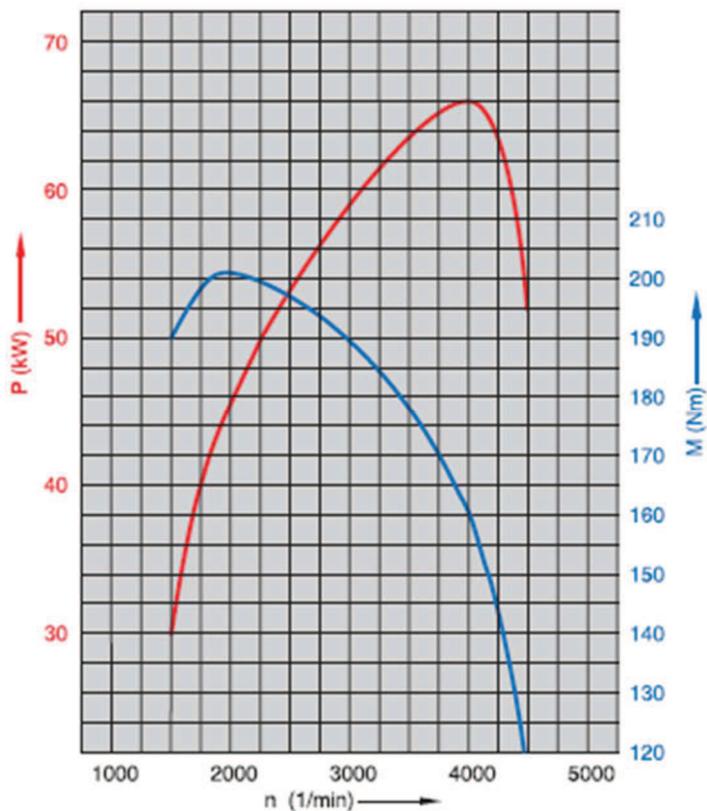
Tabulka 1. - Data motoru 1.9 TDI - AGR

Kód motoru	AGR
Konstrukce	4 válce v řadě, vznětový, přeplňovaný
Počet ventilů na válec	2
Obsah	1896 ccm ³
Vrtání	79,5 mm
Zdvih	95,5 mm
Kompresní poměr	19,5:1
Jmenovitý výkon	66kw při 4000 min ⁻¹
Max. kroutící moment	202 Nm při 1900 min ⁻¹

Způsob přípravy směsi: přímé vstřikování s elektronicky řízeným rozdělovacím vstřikovacím čerpadlem

Čištění výfukových plynů: zpětné vedení výfukových plynů a oxidační katalyzátor [1]

Charakteristika motoru:



Graf 1. – Charakteristika motoru 1.9 TDI – AGR

Motor se vyznačuje dobrým průběhem točivého momentu. Jeho maximální hodnota činí 202 Nm a odpovídá otáčkám 1900/min. Tyto údaje o motoru předpovídají jeho skvělé dynamické vlastnosti. Motor má regulaci spalin na turbodmychadlu obtokovým kanálem, takže u něj nehrozí zadírání variabilně naklápěcích lopatek, jak je již klasické u následných TDI motorů [1].

Zvláštnosti motoru:

- Rozdělovací vstřikovací čerpadlo Bosch VP 37 EDC s pracovním tlakem 80Mpa
- Šroubovitý sací kanál uvádí nasávaný vzduch do vířivého pohybu, čímž je zajištěno optimální plnění spalovacího prostoru
- Speciálně tvarovaná prohlubeň ve dně pístu (hl. spalovací prostor)
- Vstřikovací trysky s dvoustupňovým vstřikováním
- Motor je osazen obtokovým ventilem pro regulaci turbodmychadla
- Vyhřívání chladicí kapaliny žhavicími svíčkami
- Olejový filtr v podobě výměnné papírové vložky
- Pohon vakuového hřídele pumpy prostřednictvím vačkového hřídele [1]

1.1.2 Zážehový motor 1.6 I – AEH (74Kw)

Jako nejvýznamnějšího zástupce zážehových motorů této generace jsem vybral motor o objemu 1.6 litru – AEH. Motor AEH se začal montovat v dubnu roku 1997, o 4 měsíce později byl nahrazen modelem AKL. Maximální rychlost s tímto typem motoru činí 187Km/h. Spotřeba udávaná výrobcem je 7,7l/100km, kdežto realita je podle uživatelů nepatrně vyšší. Zrychlení z 0 – 100 trvá přibližně 11,5 s. Motor AEH plní emisní normu EURO2, motor AKL plní EURO3. Rozvod je jako u většiny moderních typů OHC. U motoru došlo později k inovaci, kde byla komunikace mezi škrtkicí klapkou motoru a plynovým pedálem zprostředkována elektronicky.[2,3]

Data motoru:



Obrázek 2. - Motor 1.6 AEH

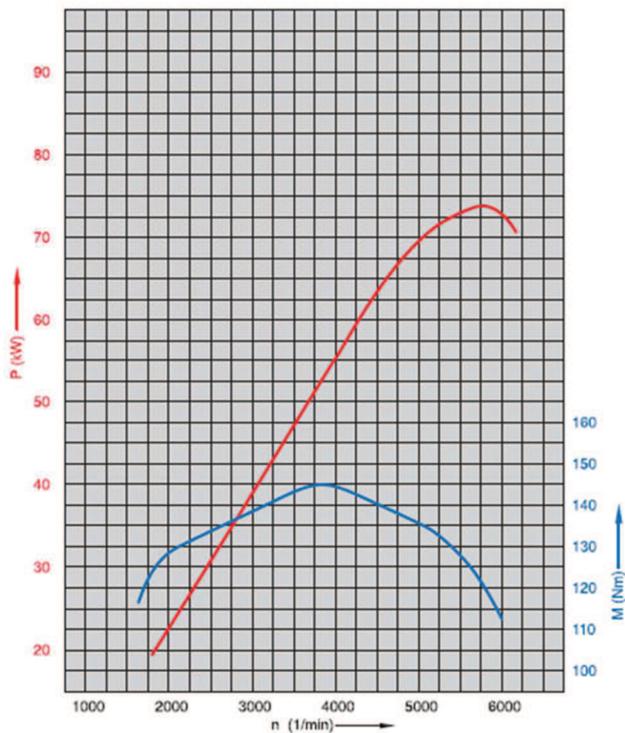
Tabulka 2. - Data motoru 1.6 - AEH

Kód motoru	AKL
Konstrukce	4 válce v řadě, zážehový
Počet ventilů na válec	2
Obsah	1595 ccm ³
Vrtání	81 mm
Zdvih	77,4 mm
Kompresní poměr	10,3:1
Jmenovitý výkon	74kw 5800/min ⁻¹
Max. kroutící moment	145 Nm při 3800/min

Způsob přípravy směsi: elektronicky řízené sekvenční vstřikování

Čištění výfukových plynů: jedna lambda sonda – regulace, trimatilický katalizátor

Charakteristika motoru



Graf 2. – Charakteristika motoru 1.6 AKL

Uvedený výkon i točivý moment platí pro provoz při použití benzínu s oktanovým číslem 95. Je sice možné používat i benzin s oktanovým číslem 91, ovšem za cenu nižšího výkonu.

Charakteristiku motoru lze příznivě ovlivňovat změnou délky sacího kanálu. Proto je motor opatřen přepínáním v sacím potrubí. Tento děj se používá v dolním rozsahu otáček k optimalizaci točivého momentu a v horním rozsahu otáček k optimalizaci výkonu [4].

Zvláštnosti motoru:

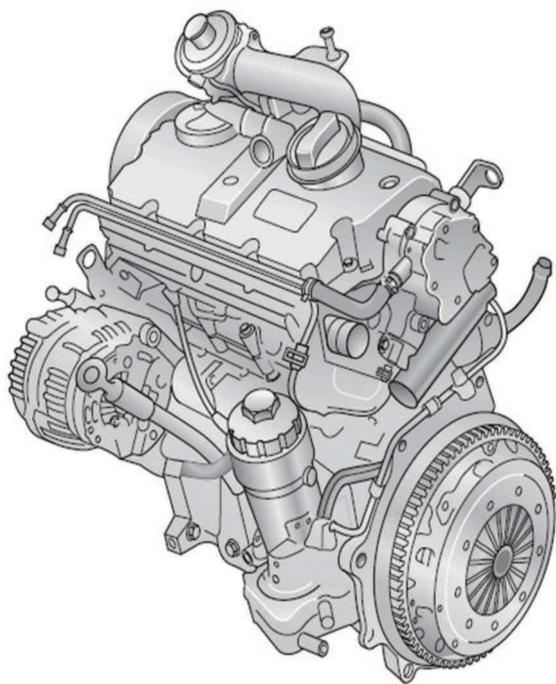
- Hliníkový blok motoru s vnitřním odvětráváním
- Rozpoznávání fáze Hallovým snímačem na vačkovém hřídeli
- Rozpoznávání vztažných značek a otáček motoru snímačem otáček na klikovém hřídeli (ozubené kolo se 120 zuby a 2 mezerami o velikosti 2 zubů)
- Plastové sací potrubí se zaměnitelnou délkou
- Oběžné kolo chladicí kapaliny z plastu
- Bezkontaktní zapalování bez rozdělovače
- Hydraulická zdvihátka se sníženou hmotností
- Zpevnění spojení převodovky a motoru hliníkovou olejovou vanou, která oba díly také sešroubuje [4]

1.2 Druhá generace motorů aplikovaných ve vozidlech Octavia

1.2.1 Vznětový motor 1.9 TDI (PD) - ATD (74 kW)

Jako nejvýznamnější vznětový motor druhé generace vozidel Octavia jsem si vybral turbo diesel o objemu 1,9l s novým typem vstřikování čerpadlo – tryska. Jedná se o motor, kde polomotor je použit skoro stejný jako u starších verzí TDI s rotačním čerpadlem. Tudíž obsah válců zůstal nezměněn, zásadní změny byly provedeny v hlavě motoru. Tento agregát je nepatrně hlučnější než klasické TDI motory s rotačním čerpadlem. Motor plní emisní normu EURO 3.

Data motoru:



Tabulka 3. - Data motoru 1.9 TDI - ATD

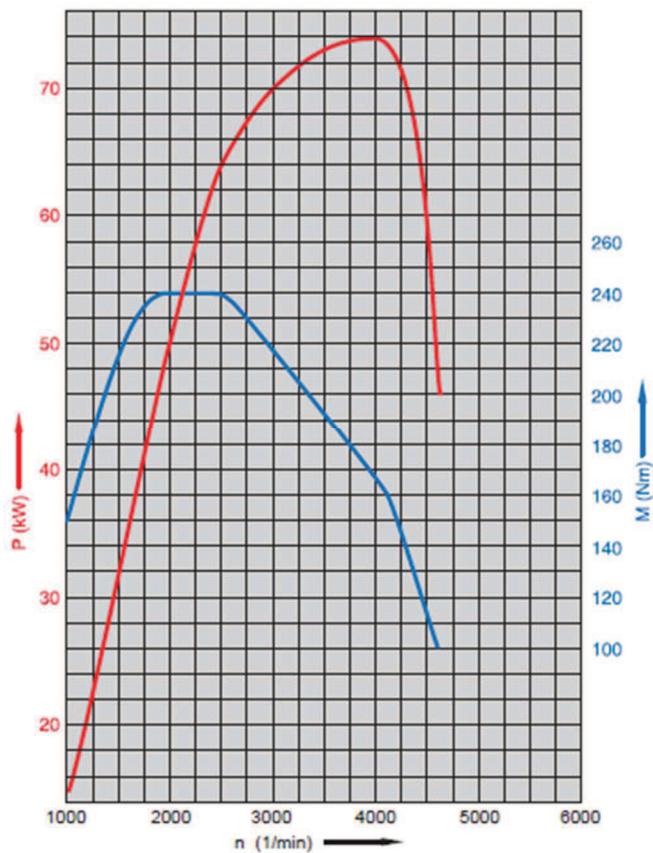
Kód motoru	ATD
Konstrukce	4 válce v řadě, vznětový, přeplňovaný
Počet ventilů na válec	2
Obsah	1896 ccm ³
Vrtání	79,5 mm
Zdvih	95,5 mm
Kompresní poměr	19:1
Jmenovitý výkon	74 kW/4000 min ⁻¹
Max. kroutící moment	240Nm/ 1900 až 2400min ⁻¹

Obrázek 3. - 1,9 TDI (PD) - ATD

Způsob přípravy směsi: jednotka čerpadlo-tryska na každém válci ovládána přes vahadlo vačkovým hřídelem.

Čištění výfukových plynů: zpětné vedení výfukových plynů a oxidační katalyzátor

Charakteristika motoru



Graf 3. - Charakteristika motoru 1,9 TDI (PD) – ATD

Zvláštnosti motoru:

- Vznětový motor s chlazením plnicího vzduchu
 - Tandemové čerpadlo a elektrické palivové čerpadlo
 - Blok válců z šedé litiny
 - Hrníčková zdvihátka s hydraulickým vyrovnáváním ventilové vůle
 - Každý válec má vlastní jednotku čerpadlo tryska
 - Hrníčková zdvihátka s hydraulickým vyrovnáváním ventilové vůle
 - Ochlazování paliva, které proudí zpět do palivové nádrže vzduchovým chladičem
- [5]

1.2.2 Zážehový motor 2.0 FSI – BLX (110kW)

Za zmínku určitě stojí také zážehový motor 2.0 FSI, který byl montován do vozidel Škoda Octavia druhé generace. Na scénu zde přišla nová technologie vstřikování FSI (Fuel Stratified Injection = vrstvené vstřikování paliva). Motory FSI mají ve srovnání s motory se vstřikováním paliva do sacího kanálu nižší spotřebu paliva, pracují čistěji a jsou živější. Jedno z důvodů živějšího projevu agregátu jsou nově vyvinuté písty z lehké hliníkové slitiny, kde se píst dotýká válce pouze částí obvodu pláště. Spotřeba udávaná výrobcem je 8 l/100Km, zrychlení z 0 – 100 trvá 9,3 sekundy a maximální rychlost při použití tohoto motoru je 213 km/h. Motor plní emisní normu EURO 4 [6, 7].

Data motoru:



Obrázek 4. - 2.0 FSI – BLX

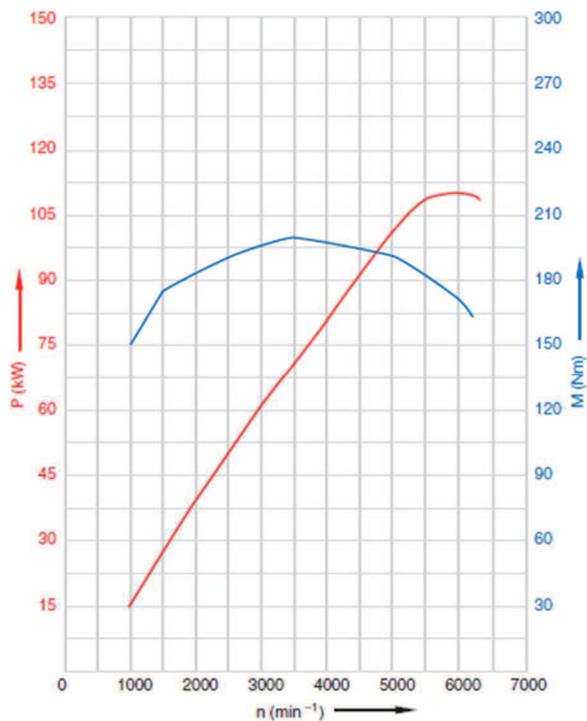
Tabulka 4. - Data motoru 2.0 FSI - BLX

Kód motoru	BLX
Konstrukce	4 válce v řadě, zážehový
Počet ventilů na válec	4
Obsah	1884 ccm ³
Vrtání	82,5 mm
Zdvih	92,8 mm
Kompresní poměr	11,5:1
Jmenovitý výkon	110 kW/6000 min ⁻¹
Max. kroutící moment	200Nm/3500min ⁻¹

Způsob přípravy směsi: přímé vrstvené vstřikování FSI

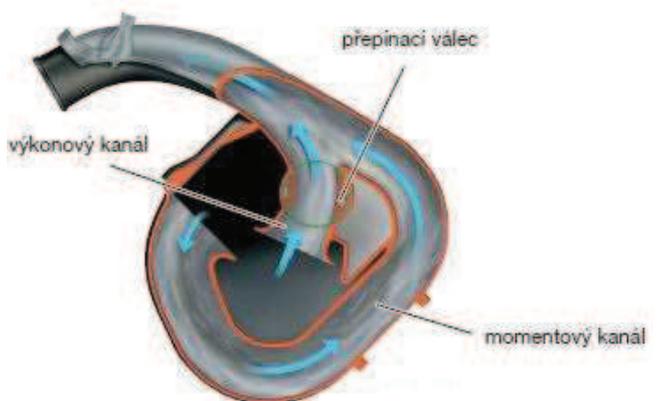
Čištění výfukových plynů: zásobníkový katalyzátor NO_x a dva předkatalyzátory

Charakteristika motoru:



Graf 4. - Charakteristika motoru 2.0 FSI – BLX

Na obrázku č. 9 je znázorněn přepínací válec ve výkonové poloze. Vzduch je nasáván jak momentovým, tak i výkonovým kanálem [6].



Obrázek 5. Dvoustupňové sací potrubí

Zvláštnosti motoru:

- Vysokotlaké palivové čerpadlo
- Plastové sací potrubí s proměnnou délkou
- Kapalinou chlazený ventil pro zpětné vedení výfukových plynů
- Vlečná vahadla s hydraulickými opěrnými prvky
- Dva nahoře uložené vačkové hřídele (DOHC) s plynulým přestavováním vačkového hřídele sacích ventilů
- Modul s vyvažovacími hřídeli v olejové vaně [6]

1.3 Třetí generace motorů aplikovaných ve vozidlech Octavia

1.3.1 Vznětový motor 1.6 TDI – CLHA (77kw)

Nové dieselové motory označované modulovou koncepcí MDB nově o obsahu 1,6l a 2,0l jsou ve vozech ŠKODA AUTO poprvé nasazovány s modelem Škoda Octavia III. Agregát 1,6l, který jsem si vybral k popisu je vyráběn ve třech výkonových variantách 66kW, 77kW a 81kW. K popisu jsem si vybral středně výkonnou verzi. Výkonové varianty 66Kw a 77Kw se liší pouze softwarově, konstrukční provedení obou motorů je totožné. Nejsilnější 81Kw verze splňuje normu EU6 má rozdílné vedená výfukových plynů. Motor plní přísnější emisní normu EURO 5 [9].

Data motoru:



Obrázek 6. - Motor 1.6 TDI – CLHA

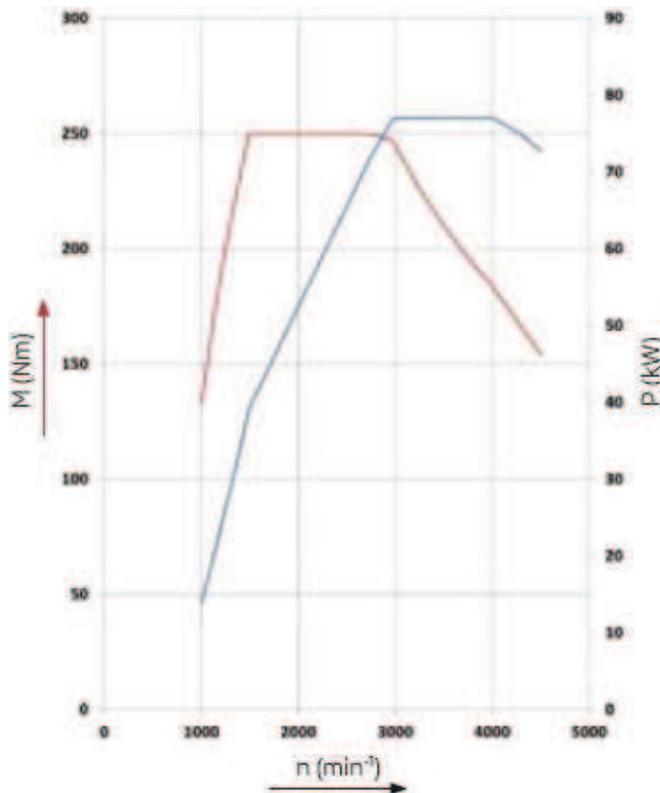
Tabulka 5. - Data motoru 1.6 TDI - CLHA

Kód motoru	CLHA
Konstrukce	4 válce v řadě, vznětový, přeplňovaný
Počet ventilů na válec	4
Obsah	1598ccm ³
Vrtání	79,5 mm
Zdvih	80,5 mm
Kompresní poměr	16,2:1
Jmenovitý výkon	77 kW/4000 min ¹
Max. krouticí moment	250Nm/1500-2750min ⁻¹

Způsob přípravy směsi: elektronicky řízené vysokotlaké vstřikování systémem common-rail

Čištění výfukových plynů: zásobníkový katalyzátor NO_x, DPF, nízkotlaká recirkulace výfukových plynů

Charakteristika motoru:



Graf 5. - Charakteristika motoru 1.6 TDI – CLHA

Systém vstřikování common rail je do vozidel dodáván od firmy Bosch. K jeho součástím patří vysokotlaký zásobník paliva (rail), která mají všechny čtyři vstřikovací ventily společný. Samotné vysokotlaké čerpadlo vytváří vysoký tlak (necelých 200 Mpa), který se akumuluje v zásobníku paliva, odkud je dále převáděn ke vstřikovacím ventilům. Celý systém řídí řídicí jednotka motoru [9].

Zvláštnosti motoru:

- Rozložení vaček přepracováno tak, že jeden vačkový hřídel ovládá sací ventily a druhý vačkový hřídel ovládá výfukové ventily
- Variabilní časování ventilů (optimalizuje plnění při plné zátěži, umožňuje vyšší kompresní poměr při studeném startu, využití expanzního zdvihu...). Pouze u verze 81Kw (EU6)
- Chlazení plnicího vzduchu je realizováno nízkoteplotním okruhem s chladicí kapalinou a výměníkem.
- Možnost odpojovat čerpadlo chladicí kapaliny regulačním šoupátkem.
- Oproti původním CR bylo zde odebráno přídavné el. palivové čerpadlo a filtrační sítko [9]

1.3.2 Zážehový motor 1.8 TFSI CJSА (132Kw)

Nejnovější přeplňované benzínové motory, montované do Octavie poslední generace jsou označovány konstrukční řadou EA888. Patří sem jak motor o obsahu 1,8l a výkonu 132Kw, tak i motor s obsahem 2,0l a výkonem 162kw. K popisu jednoho z nich jsem si vybral méně výkonný motor. Výrobce udává kombinovanou spotřebu při použití sedmistupňového DSG 5,7 l/100km. U manuálně řazené převodovky je udávaná spotřeba o něco nižší, a to 5,1 l/100km. Motor plně emisní normu EURO 6 [10].

Data motoru:



Tabulka 6. Data motoru 1.8 TFSI - CJSА

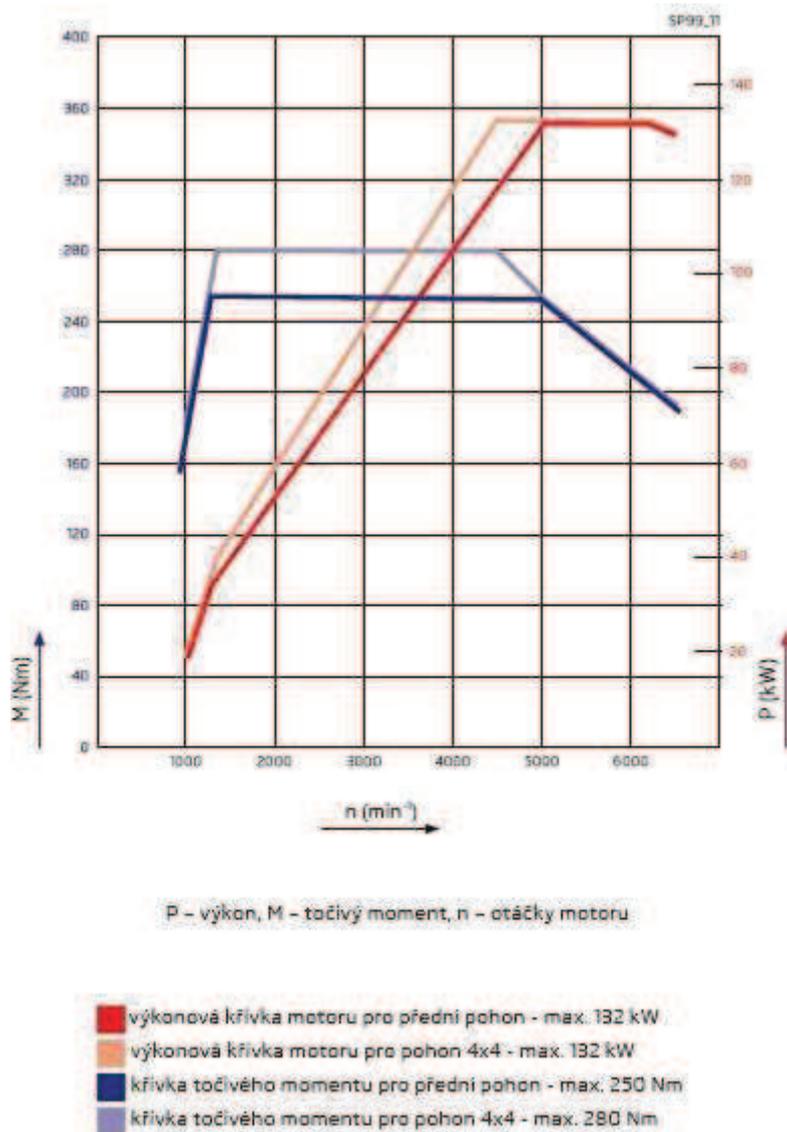
Kód motoru	CJSА
Konstrukce	4 válce v řadě, zážehový, přeplňovaný
Počet ventilů na válec	4
Obsah	1798 ccm ³
Vrtání	82,5 mm
Zdvih	84,2 mm
Kompresní poměr	9,6:1
Jmenovitý výkon	132 kW/5100-6200 min ⁻¹
Max. kroutící moment	250 Nm/1250-5000 min ⁻¹

Obrázek 7. Motor 1.8 TFSI – CJSА

Způsob přípravy směsi: elektronicky řízené kombinované vstřikování paliva (přímé FSI a nepřímé MPI)

Čištění výfukových plynů: zásobníkový katalyzátor NO_x a dva předkatalyzátory

Charakteristika motoru:



Graf 6. - Charakteristika motoru 1.8 TFSI – CJSA

Zvláštnosti motoru:

- Motor byl zcela přepracován z důvodu přísných limitů EU6 a produkce CO_2
- Nastavovač vačkových hřídelů jak sání, tak výfuku
- Optimalizace tření řetězového rozvodu motoru
- Odlehčení motoru o 7,8Kg (tenká stěna bloku válců, odlehčená hlava válců s integrovaným výfukovým potrubím a turbodmychadlem, horní část olejové vany z hliníkového odlitku, dolní část z plastu, hliníkové šrouby v celém motoru, uložení klikové hřídele v ložiscích o menších průměrech, atd.) [10]

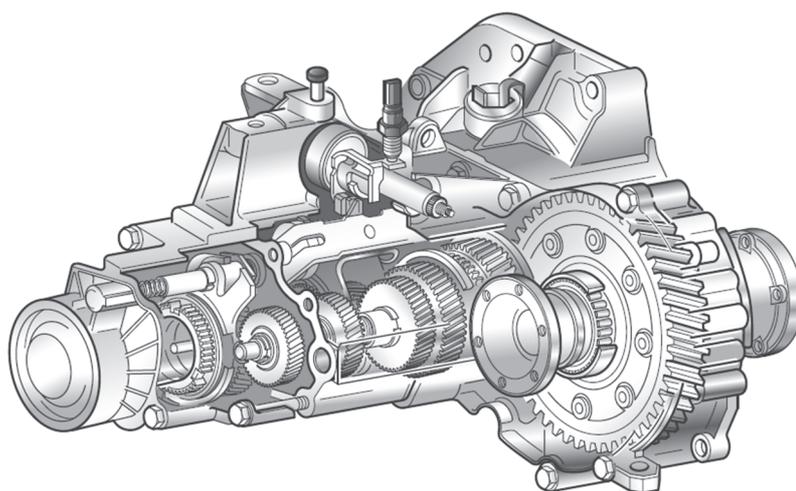
Jak je patrné z grafu, motor dokáže pracovat v širokém rozsahu otáček (od 1250 do 5000 min^{-1}). Je to způsobeno zejména díky vyspělému turbodmychadlu a ventilové technice. Na grafu jsou také znázorněny výkonostní křivky pro verzi s pohonem 4x4, který zprostředkovává Haldex spojka nejvyšší generace. Je zde větší maximální točivý moment (280Nm). Výkonová charakteristika je upravena softwarově [10].

2. Popis technických a ekonomických parametrů vybraných převodovek aplikovaných ve vozidlech

2.1 První generace převodovek aplikovaných ve vozidlech Octavia

2.1.1 Mechanická převodovka 02K

Ve vozech OCTAVIA se pro příčně uložené motory používají mechanicky řazené převodovky 02K a 02J (MQ 200). Oba tyto typy převodovek vycházejí z osvědčených koncernových součástí a byly přizpůsobeny specifickým charakteristikám motorů používaných ve vozech a jejich kyvném uložení [11].



Obrázek 8. - Mechanická převodovka 02K

Převodovky 02K byli vyvinuty speciálně pro motory o obsahu 1,6l až 2,0 l. Jsou pětistupňové mechanické. Převodovka, skříň spojky a diferenciál spolu s rozvodkou jsou sestaveny do kompaktního bloku

(celku) převodovky. Řazení je prováděno krátkými a přesnými pohyby [11].

Převodovky typu 02K byli vyráběny ve 3 možných kódových označeních, jimiž jsou: CZE, DLP, CZB. Jednotlivé druhy se nepatrně liší z důvodu, že pro každý motor je vhodný jiný převodový poměr a délka rychlostních stupňů. Na obrázku č. 15 je také vidět množství náplně, jejíž hladina by se měla po ujetí 30 000km zkontrolovat, popřípadě doplnit [11].

Převodovka označována jako 02K má pět párů ozubených kol se šikmým ozubením a dva hřídele. Pro řazení rychlostních stupňů VPŘED se zde uplatňuje vliv vynucené synchronizace. To umožňuje v podstatě nehlukné přeřazování mezi jednotlivými rychlostními stupni. Hlavní výhodou ozubených soukolí se šikmými zuby je schopnost přenášet většího zatížení a tišší chod. Kolo zpětného rychlostního stupně má ozubení přímé a je opatřeno tlačnou pružinou. Ta nám napomáhá k řazení zpátečky. Odstupňování převodů bylo zvoleno tak, aby přenos výkonu motoru byl rovnoměrně rozdělen a motor byl co nejvíce úsporný [11].

Ovládání spojky:

Spojka je ovládaná hydraulicky. Spojkový váleček tlačí na páku spojky, která je upevněna na konci převodovky. Přítlačná tyč spojky prochází podélně hnacím hřídelem. Vypínací pohyb je veden přes páku spojky, vypínací ložisko a přítlačnou tyč na spojku [11].

Data převodovky:

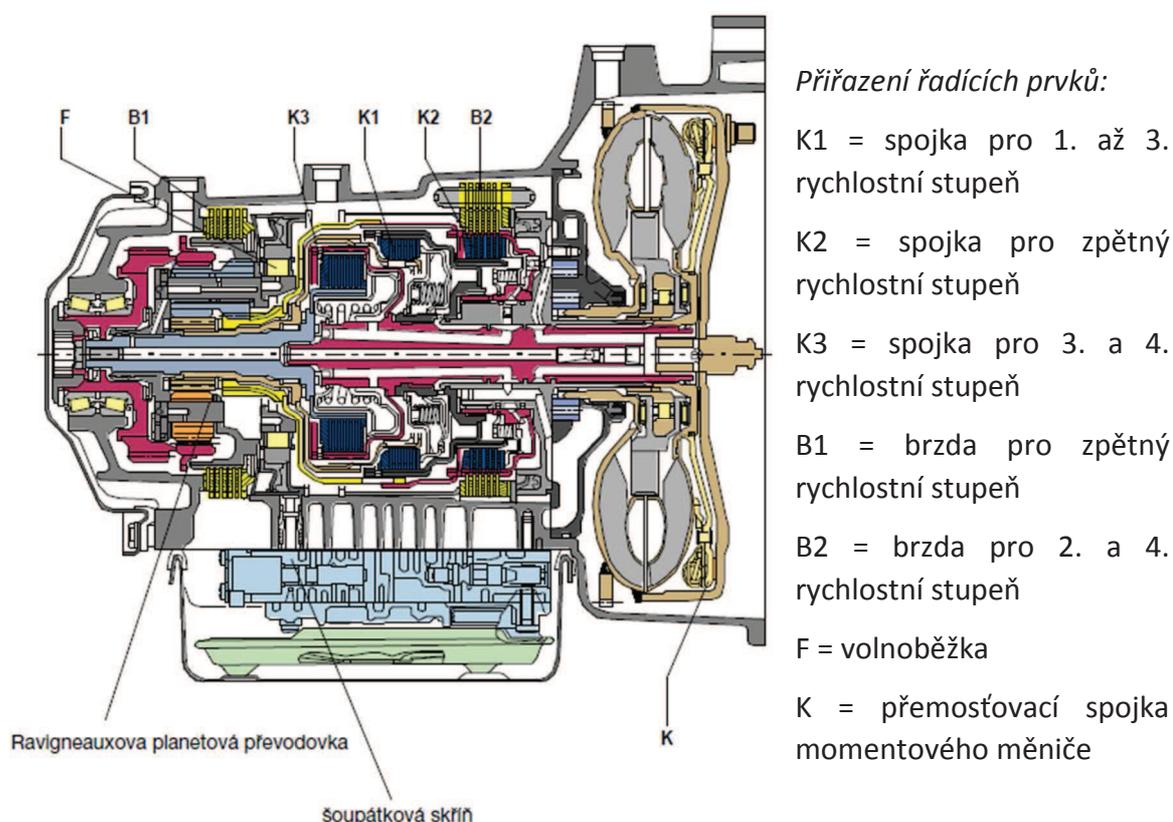
Tabulka 7. - Data mechanické převodovky 02K [11]

mechanická 5stupňová převodovka	převod $i = \frac{\text{počet zubů hnaného kola } z_2}{\text{počet zubů hnacího kola } z_1}$								
	CZE			DLP			CZB		
kód převodovky	z_2	z_1	i	z_2	z_1	i	z_2	z_1	i
rozvodovka	67	15	4,467	68	16	4,250	68	16	4,250
1. rychlostní stupeň	38	11	3,455	38	11	3,455	38	11	3,455
2. rychlostní stupeň	35	18	1,944	35	18	1,944	35	18	1,944
3. rychlostní stupeň	36	28	1,286	37	27	1,370	36	28	1,286
4. rychlostní stupeň	31	33	0,939	32	31	1,032	30	33	0,909
5. rychlostní stupeň	38	51	0,745	34	40	0,850	37	52	0,712
zpátečka	20 38	12 20	3,167	20 38	12 20	3,167	20 38	12 20	3,167
rychloměr	15	7	2,143	15	7	2,143	15	7	2,143
množství náplně	1,9 l								
specifikace	G 50 SAE 75-W 90 (syntetický olej)								

2.1.2 Automatická převodovka 01M

Automatická převodovka s označením 01M je výsledek vyzrálé techniky v oblasti samočinně řadících převodovek aplikovaných v OCTAVII. Převodovka nyní nabízí v závislosti na pohybu a poloze pedálu akcelerace možnost volby mezi různými řadícími režimy [18].

Převodovka 01M byla vyvinuta pro vozidla vybavené výkonem od 55 kW až do 128kW. Je orientována napříč směru jízdy souhlasně jako motor. Funkční mechanická část automatické převodovky pracuje na principu planetové převodovky. Ovládání je zde hydraulicko-elektrické. Automatická převodovka je vybavena i řídicí jednotkou, která zpracovává informace o stylu jízdy a následně volí vhodný jízdní režim. Při volném průběhu stylu jízdy bez větších akcelerací volí převodovka jízdní režim „economy“, při ostrém sešlápnutí pedálu za požadavkem akcelerace volí režim „sport“. Při jízdě do kopce nebo s kopce budou řadící body voleny v závislosti na poloze pedálu akcelerace a rychlosti jízdy automaticky [18].



Obrázek 9. - Řadící prvky aut. převodovky 01M [18]

2.2 Druhá generace převodovek aplikovaných ve vozidlech Octavia

2.2.1 Mechanická převodovka 02M

Pro popis další mechanické převodovky jsem si vybral právě výše zmíněnou převodovku s označením 02M, také jako MQ 350. Jedná se o první šestistupňovou převodovku montovanou do vozidel Octavia. Šest rychlostních stupňů nám přináší spoustu výhod i nevýhod, které se budu snažit popsat.

Výhody:

- Využití hospodárného rozsahu otáček
- Tichý chod a komfort při jízdě vyššími rychlostmi
- Nižší spotřeba paliva
- Sportovní jízda (vyšší maximální rychlosti) [19]

Nevýhody:

- Náročnější na konstrukci (výrobní cena)
- Čím více ozubených kol je na hřídelích umístěno, tím větší musí být převodovka
- Hmotnost (je zde jeden hřídel a pár ozubených kol na víc)
- Vyšší krouticí momenty [19]

Časté poškození obalu u 6° převodovek:

Jedná se o časté problémy, které se vyskytují převážně jen u šesti stupňových převodovek umístěných napříč ke směru jízdy. Závada se projevuje hlukovým projevem po přeřazení na pátý rychlostní stupeň, z důvodu otírajících se čel zubů daného soukolí. Poškozený obal se pozná, že po demontáži bočního černého víčka je možnost s hanicí hřídelí a ložiskem pohybovat v axiálním a radiálním směru. Doporučuje se při každé výměně či opravě spojky tuto vůli kontrolovat [20].

Data převodovky:

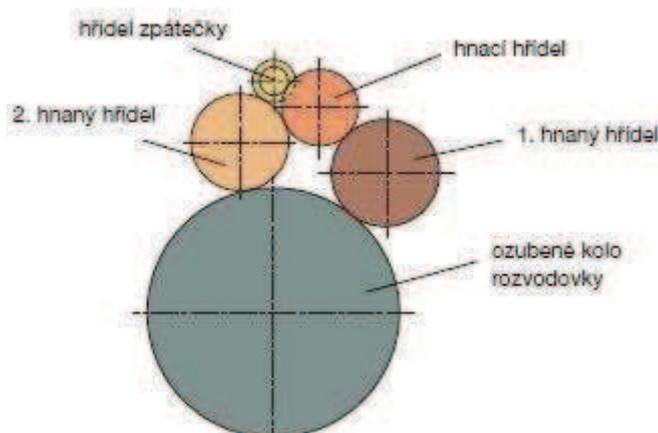
Tabulka 8. - Data mechanické převodovky 02M [19]

šestistupňová mechanická převodovka pro vozy 4 x 4	převod $i = \frac{\text{počet zubů hnaného kola } z_2}{\text{počet zubů hnacího kola } z_1}$	
kód převodovky	FBS	
přifazený motor	1,9 l/74 kW TDI	
	z_2	z_1
1. rychlostní stupeň	42	11
2. rychlostní stupeň	40	19
3. rychlostní stupeň	36	29
4. rychlostní stupeň	34	37
5. rychlostní stupeň	31	34
6. rychlostní stupeň	26	27
zpátečka	23	14
	31	11
rozvodovka 1. hnaného hřídele	63	15
rozvodovka 2. hnaného hřídele	63	19
snímání ujeté vzdálenosti a rychlosti	elektronické	
specifikace převodového oleje	G51 SAE 75W90 (syntetický olej)	
výměna převodového oleje	trvalá náplň	
ovládání spojky	hydraulické	
přifazení zadní rozvodovky, kód	EUM	

Ovládání spojky:

Hydraulické ovládání – spojkový váleček s vypínacím ložiskem tvoří jednu součást. Vnitřní řazení pomocí řadícího hřídele a řadících tyčí s řadícími vidličkami. Lankové řazení [19].

Schéma rozmístění hřídelů (v jedné rovině):



Obrázek 10. – Schéma rozmístění hřídelů mech. převodovky 02M

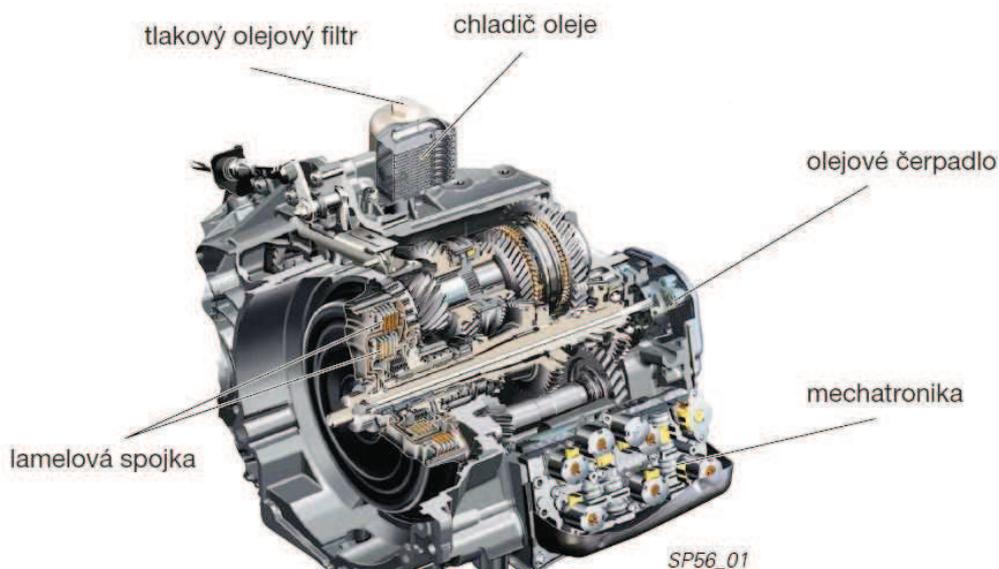
Rychlostní stupně 1 až 4 jsou umístěny na prvním hnaném hřídeli, rychlostní stupně 5, 6 a zpátečka na druhém hnaném hřídeli. Všechny rychlosti pro dopředný i pro zpětný pohyb jsou synchronizované [19].

2.2.2 Automatická převodovka DSG – 02E

Automatická převodovka DSG (direct shift gearbox), označovaná též jako automatická převodovka s přímým řazením, zdařile spojuje výhody mechanické převodovky s ručním řazením a klasické automatické převodovky. Řazení probíhá naprosto plynule, rychle a měkce bez sebemenších rázů. Trvá jen pár setin sekundy. Během řazení není přerušen přenos dodávaného výkonu od motoru na kola. Při svižnější jízdě spolu se sportovním řazením, řadí převodovka až ve vyšších otáčkách a umožňuje tak plné využití potenciálu motoru. Ve standardním řadí převodovka dříve, čímž udržuje nízkou spotřebu paliva [21].

Charakteristické znaky:

- Šest dopředných rychlostních stupňů a zpátečka
- Program pro normální jízdu „D“ a sportovní jízdu „S“ (přímé řazení Tiptronic)
- Mechatronika, umístěna v převodovce
- Funkce hillholder - pokud by zastavené vozidlo zastavené v mírném stoupání po uvolnění brzdového pedálu couvalo, zvýší se přítlak spojek a vozidlo se udrží na místě
- Regulace creep – umožňuje popojíždění vozidla např. při parkování aniž by bylo nutno sešlapovat pedál akcelerace
- Nouzový program (umožní pohyb v před na jeden z prvních tří rychlostních stupňů, nebo kombinovaně [21])



Obrázek 11. – Automatická převodovka DSG [21]

2.3 Třetí generace převodovek aplikovaných ve vozidlech Octavia

2.3.1 Mechanická převodovka MRV

Jedná se o manuální šesti stupňovou převodovku, která je montována do vozidel Škoda Octavia III. generace. Manuální „šestikvalt“ se vyskytuje v páru s motory s benzinovými 1.4 TSI a 1,8 TSI. Maximální točivý moment činí 250 Nm, proto označení MQ 250. Oproti předchozí generaci převodovek 02M se zde nic zásadního nezměnilo. Je zde využití hospodárnějšího rozsahu otáček oproti 5 - ti rychlostním převodovkám. Motor ve spojení s touto převodovkou má tichý chod i při jízdě vyššími rychlostmi. Sportovní jízdě přispívá také to, že je o pár kilometrů v hodině i vyšší maximální rychlost. Ovládání spojky je zde také zprostředkováno za pomoci spojkového válečku spolu s vypínacím ložiskem jako celku. Vnitřní řazení jednotlivých ozubených kol zajišťuje pohyb řadící tyče, na které jsou umístěny vidličky. Řadící hřídel je ovládán řidičem z kabiny vozidla a to pomocí lankového řazení. Převodovka obsahuje dva hnané hřídele, hnací hřídel a hřídel zpátečky. Na jednom z hnaných hřídelů jsou převody 1 až 4, na druhém pak převody 5 a 6. Všechny rychlosti pro jízdu vpřed i vzad jsou plně synchronizovány [19].

2.3.2 Automatická převodovka 0AM

Jedná se o sedmi stupňovou převodovku s dvojitou spojkou. Tato převodovka je pokračování velmi úspěšné převodovky s přímým řazením 02E, která je popsána výše. Nabízí také řazení bez přerušení hnací síly. Je vytvořena pro motory s točivým momentem do 250Nm. U převodovky 0AM s dvojitou spojkou se podařilo technickými novinkami v převodovce snížit spotřebu paliva. To nepochybně přispělo i ke snížení emisí. Tato převodovka je pro firmu Škoda revoluční také v tom, že je jako první sedmistupňová převodovka montována do vozidel s příčným uložením motoru. Dalším faktorem, proč se převodovka stala revoluční je, že je to první převodovka se suchou dvojitou spojkou [22].

Volící páka se nezměnila a ovládá se stejně jako u předchozích vozidel s automatickou převodovkou. Nově zde přibylo možnost řazení Tiptronic pádly, které jsou umístěny pod volantem. Tato převodovka, která je opatřena dvojitou spojkou, se skládá v podstatě ze dvou navzájem nezávislých převodovek dílčích. Každá dílčí převodovka je po funkční stránce konstruována stejně jako převodovka mechanická. Ve výsledku to znamená, že ke každé z nich je přiřazena jedna suchá spojka. Obě spojky reagují na styl jízdy. Jsou vypínány a spínány mechatronikou [22].

Charakteristické znaky:

- Modulová koncepce převodovky: spojka, mechatronika a převodovka tvoří jednu jednotku
- Suchá dvojitá spojka
- 7 rychlostních stupňů na čtyřech hřídelích
- Žádný výměník tepla oleje nebo vody [22]



Obrázek 12. – Automatická převodovka DSG7

3. Seznam všech motorů aplikovaných ve vozidlech

První generace

Octavia (1U2)

Benzinové motory

Tabulka 9. – Seznam motorů první generace - benzin

Obsah [ccm*1000]	Výkon [kW]	Kód motoru
1,4	44	AMD
1,4 16V	55	AXP, BCA
1,6	55	AEE
1,6	74	AEH, AKL
1,6	75	AVU, BFG
1,8	92	AGN
1,8T	110	ARX, AGU, ARZ, AUM
2,0	85	AEG, APK, AQY, AZH, AZJ
RS 1,8T	132	AUQ

Naftové motory

Tabulka 10. – Seznam motorů první generace - diesel

Obsah [ccm*1000]	Výkon [kW]	Kód motoru
1,9 SDI	50	AGP, AQM
1,9 TDI	66	AGR, ALH
1,9 TDI	74	AXR
1,9 TDI	81	AHF, ASV
1,9 TDI	96	ASZ

Zde je patrné, že v minulosti se benzínové motory vyskytovali převážně atmosférické. Vyjímaje motoru s označením AUQ, který je zde o obsahu 1800ccm a je přeplňovaný. Všechny motory jsou 4 válcové. U naftových agregátů je tomu naopak. Jsou zde 4 varianty s označením turbodiesel, z toho ten nejsilnější o výkonu 96kW už disponuje systémem Pumpe – Duse. Motor SDI je hodně podobný motorům TDI s rotačním čerpadlem, ale chybí mu značná část – turbodmychadlo.

Druhá generace

Octavia (1Z5)

Benzinové motory

Tabulka 11. – Seznam motorů druhé generace - benzin

Obsah [ccm*1000]	Výkon [kW]	Kód motoru
1,2 TSI	77	CBZB
1,4	55	BCA
1,4	59	BUD, CGGA
1,4 TSI	90	CAXA
1,6 FSI	85	BLF
1,6 LPG	75	CHGA
1,6 MultiFuel	75	CCSA, CMXA
1,6	75	BGU, BSE, BSF, CCSA, CMXA
1,8 TSI	118	BZB, CDAA
2,0 FSI	110	BLR, BLY, BVY, BVZ, BLX
2,0 TFSI RS	147	BWA, CCZA

Naftové motory

Tabulka 12. – Seznam motorů druhé generace - diesel

Obsah [ccm*1000]	Výkon [kW]	Kód motoru
1,6 TDI	77	CAYC
1,9 TDI	77	BJB, BKC, BLS, BXE
2,0 TDI	81	CFHF, CLCA
2,0 TDI 16V	100	AZV
2,0 TDI 16V	103	BKD, CFHC, CLCB
2,0 TDI RS	125	BMN, CEGA

U motorů druhé generace vozidel Octavia je patrné, že se pomalu ustupuje od vyšších objemů. Námí již zmiňovaný objem se snažíme dohánět turbodmyčadlem. Většina těchto motorů plní o dost přísnější emisní normy. Došlo zde také ke snížení spotřeby paliva. Tyto dva faktory bych nazýval jako dnes velmi omílané téma = EKOLOGIE.

Třetí generace

Octavia (5E3)

Benzinové motory

Tabulka 13. – Seznam motorů třetí generace - benzin

Obsah [ccm*1000]	Výkon [kW]	Kód motoru
1,2 TSI	63	CJZB
1,2 TSI	77	CJZA
1,2 TSI	81	CYVB
1,4 TSI G-Tec	81	CPWA
1,4 TSI	103	CHPA
1,4 TSI	110	CHPB, CZDA
1,6	81	CWVA
1,8 TSI	132	CJSA
2,0 TSI RS	162	CHHB
2,0 TSI RS	169	CHHA

Naftové motory

Tabulka 14. – Seznam motorů třetí generace - diesel

Obsah [ccm*1000]	Výkon [kW]	Kód motoru
1,6 TDI	66	CLHB
1,6 TDI	77	CLHA
1,6 TDI	81	CRKB, CXXB, DBKA
2,0 TDI	105	CKFB, CRVC
2,0 TDI	110	CKFC, CRMB
2,0 TDI RS	135	CUNA, CUPA

Zde, u třetí generace Škoda Octavia, jsou její agregáty tlačeny stále k menším objemům. Do budoucnosti by měl být dokonce motor 1,2 TSI nahrazen tříválcovým přeplňovaným motorem o objemu pouhého jednoho litru. Stojí zde za všimnutí technický pokrok ve výkonnosti modelů s označením RS. U první generace přeplňovaný agregát o objemu 1800ccm a výkonu 132Kw, druhá generace disponuje sice objemnější motorem TFSI o výkonu 147Kw, kdežto třetí generace o stejném objemu dosahuje neuvěřitelného výkonu 169Kw.

4. Popis významných částí motorů a převodovek

4.1 Filtr pevných částic

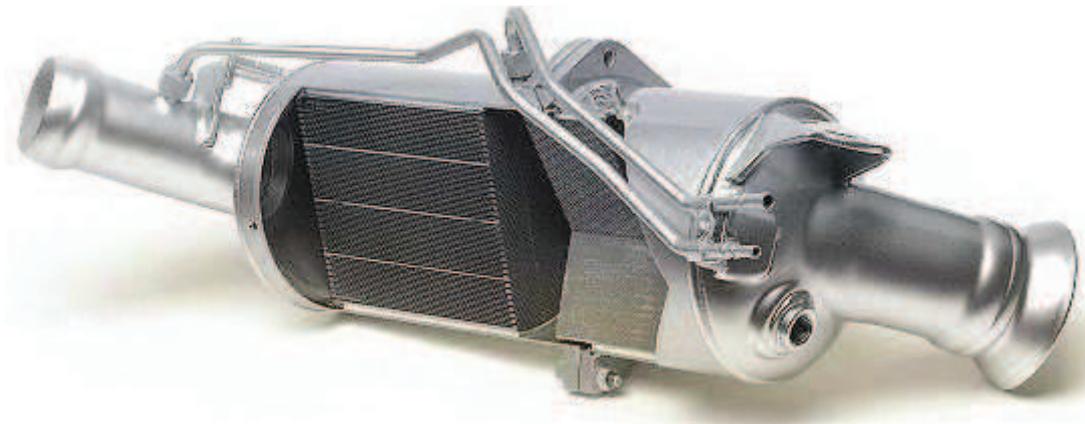
Vzhledem k dnes často omílané ekologii jsem zde vyhradil také kapitolu, která se bude zabývat filtrem pevných částic, někdy také jako DPF (diesel particular filter). Toto ústrojí má za úkol shromažďovat a zachycovat pevné částice, respektive saze. DPF je zpravidla používán spolu s oxidačním katalyzátorem. Celé toto ústrojí je umístěno ve výfukovém potrubí, těsně za výfukovými svody. Emisní norma EURO 4 připouští až $25 \text{ mg} \cdot \text{km}^{-1}$, při použití DPF například u motoru se vstřikováním PD se snížila produkce malých prachovitých částic pod hranici $5 \text{ mg} \cdot \text{km}^{-1}$. Zde je patrná jeho neuvěřitelná efektivita. Tyto výsledky vedou nejenom automobilku koncernu, ale i ostatní světem uznávané automobilky k jeho aplikaci prakticky ve všech vznětových motorech.

V kovovém obalu filtru je umístěno voštinové těleso, vyrobené z karbidu křemíku. V tělesu filtru jsou uspořádány kanálky, mezi kterými je možnost proudění plynů pouze v bočním směru porézni stěnou. Právě v boční stěně je nespočet mikroskopických otvorů, kterými projdou pouze plynné látky. Pevné karcinogenní látky se zachytí a následně spálí. To znamená, že do ovzduší se dostanou pouze plynné složky výfukových plynů. Zachycování pevných částic není samozřejmě nekonečné a filtr se musí regenerovat. Způsoby regenerace jsou dvě, pasivní a aktivní.

Pasivní regenerace – Probíhá při režimu konstantně vyššího zatížení, například při jízdě po dálnici. Teploty výfukových plynů při tomto stylu jízdy vystoupají přibližně na $350 - 500 \text{ }^\circ\text{C}$, tudíž teplota uvnitř filtru umožní samovolné hoření pevných částic.

Aktivní regenerace – Tato regenerace nastává například v městském provozu. Zde není motor podroben vyššímu zatížení, teploty nedosahují takových hodnot, a tak je nutné teplotu výfukových spalin zvýšit uměle. To se provede úpravou časování vstřikovačů motoru, kde patrně stoupne aktuální spotřeba paliva a teplota spalin vystoupá na přibližně $600 \text{ }^\circ\text{C}$. Mohou zde být použity i aditiva, které podporují hoření.

Filtr není u uživatelů moc oblíbený z důvodu poruchovosti, tak ho často vyřazují. Vyřazení se musí provést i softwarově a výrobce to nedoporučuje [16].



Obrázek 13. – Filtr pevných částic (DPF)

4.2 Dvoumotový setrvačnick

Dvoumotový setrvačnick, někdy také označován jako dělený, nebo neodborně „dvoumota“, má za úkol zajistit větší komfort posádky. Neustálý vývoj techniky přináší v neposlední řadě také o mnoho výkonnější motory, než bylo zvykem dříve. Spalovací motory produkují periodické cykly, to způsobuje kolísání otáček a vznik torzních kmitů, které posádka vnímá jako vibrace a hluk. Myšlenka použití dvoumotového setrvačnicku se objevila překvapivě už v polovině osmdesátých let. Jak je zřetelné už z názvu, setrvačnick se skládá ze dvou částí. Primární a sekundární.



Obrázek 14. – Dvoumotový setrvačnick

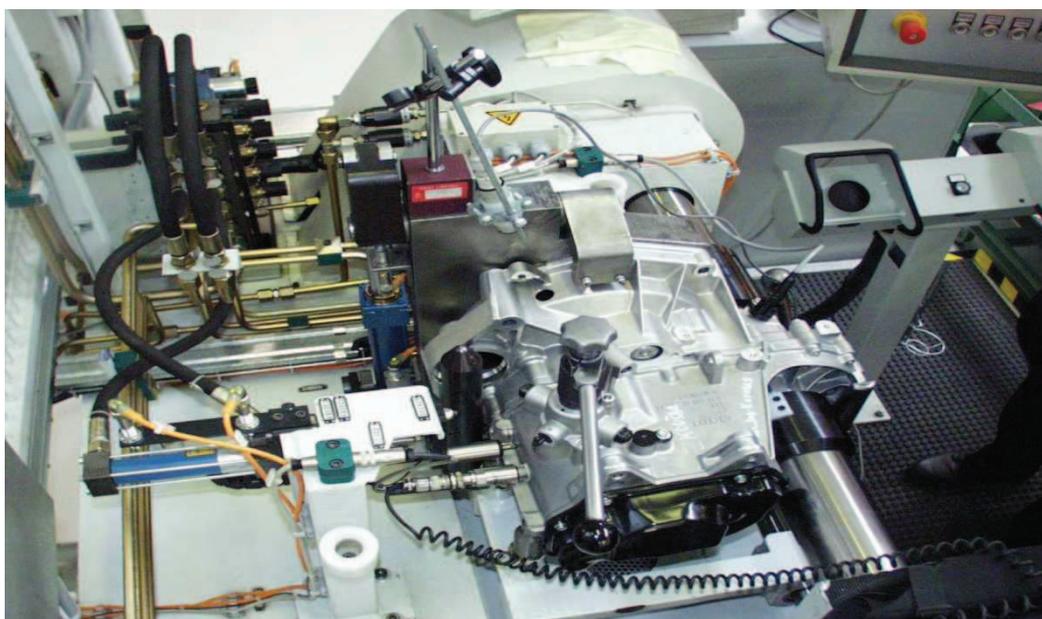
Primární část – Je spojena s klikovým hřídelem motoru a obvykle je složena ze dvou plechových dílů, které jsou mezi sebou svařeny. V dutině, mezi plechovými díly je umístěna soustava pružin a mazivo, které je odděleno membránou.

Sekundární část – Tato část je uložena pomocí kuličkového ložiska v primární části setrvačnicku. Výstupní točivý moment se pak přenáší z primární části na sekundární za pomoci již zmíněné soustavy pružin [17].

5. Identifikace mechanických závad převodovek

5.1 Popis metody měření

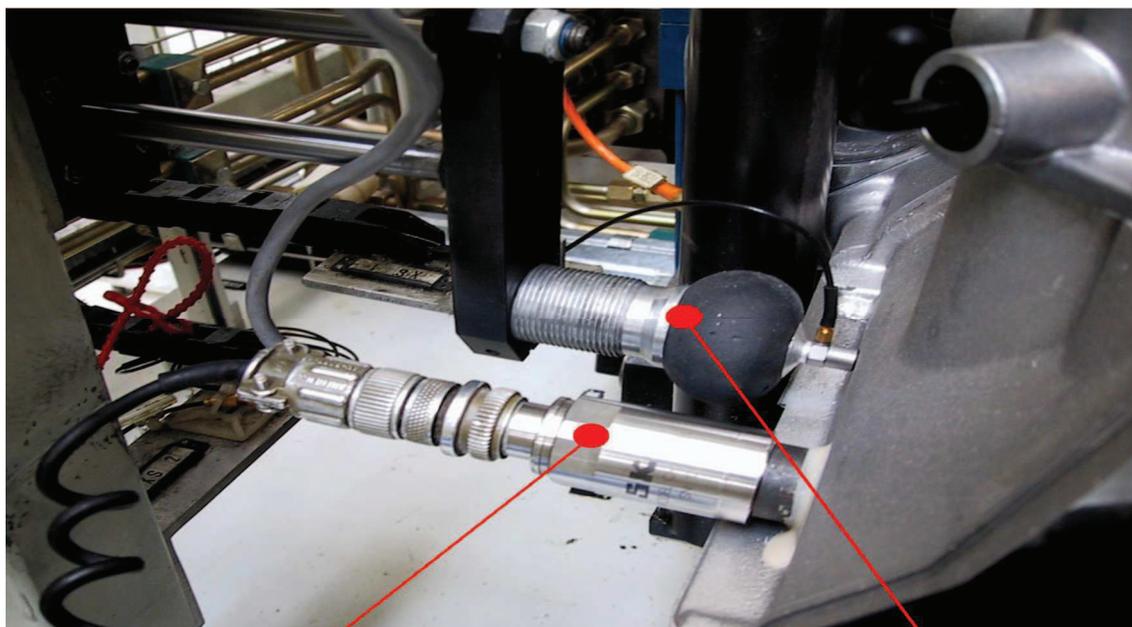
K identifikaci mechanických závad převodovek používaných v automobilech, nám slouží měření frekvenčních spekter vibrací. Zkoumá také přesnost výroby součástí převodovek a vliv nepřesnosti obráběcích strojů na celkovou hlučnost. K tomuto způsobu měření nám napomáhá metoda frekvenční analýzy a prostředky technické diagnostiky. To umožňuje sledovat stav ložisek a ozubených soukolí v převodové skříní [8].



Obrázek 15. - Referenční snímač otáček [8]

K měření jsem si vybral pětistupňovou manuální převodovku s označením JHL. „Pro měření vibračních spekter převodovky jsme požili analyzátor vibrací, snímač zrychlení s dotykovým hrotem, referenční snímač vstupních otáček a program pro analýzu a archivaci naměřených hodnot [8].“ Na stojánku, který byl upnut na upínací desce zkušební stanice, byl umístěn snímač otáček. Ten byl nasměrován na unášec s referenční značkou. Do převodovky jsme byli nuceni vyvrtat otvor, aby snímač mohl snímat otáčky. Snímač zrychlení vibrací byl umístěn pomocí nerezového špalku, který byl přilepen k převodovce. Pro měření vibračních spekter jsme nastavili konstantní otáčky ($2000, 2500, 3000 \text{ min}^{-1}$) druhého rychlostního stupně a pro srovnání vlivu zatížení na hlučnost převodovky jsme zvolili dva druhy momentů ($15,30 \text{ Nm}$) [8].

Měření za pomoci analyzátoru proběhlo jako první, následně byla provedena klasická zkouška na zkušební stanici. Oba druhy měření proběhly na jedno upnutí. Při měření byli použita metody frekvenční analýzy. Výsledkem měření za pomoci analyzátoru je spektrum zrychlení vibrací v závislosti na frekvenci. Z výsledků zrychlení vibrací jsem spočítal hladinu akustického tlaku pomocí vzorce (1) [8].



Obrázek 16. - Snímače zrychlení [8]

5.2 Příčiny hlučnosti automobilových převodovek

Hluk je zpravidla nepříjemný pro komfort řidiče i jeho posádky. Jeho zvýšené množství v automobilech může způsobit zhoršenou pozornost, zatěžování nervové soustavy a v neposlední řadě i zhoršenou komunikaci mezi pasažéry. Tyto faktory určitě ovlivňují jak bezpečnost posádky, tak i bezpečnost ostatních účastníků provozu. Množství hluku v kabině vozu je důležité i z hlediska legislativy podniku, protože klidné prostředí a nerušený hudební poslech je důležitým faktorem při výběru nového vozu [12].

Pohyblivé části jako ozubená soukolí a ložiska jsou hlavními zdroji hluku. Dále převodovka obsahuje řadu komponentů, které mohou hluk a vibraci konat také. Mezi tyto součásti patří například synchronizační kroužky, přesuvné objímky, řadící vidlice, řadící kulisy nebo táhla. Tyto součásti nemusí hluk šířit přímo, ale třeba jen budit, přenášet a zesilovat. Hřídele obvykle hluk neprodukují, ale vlivem jejich průhybu a natočení při zatížení mají na hluk značný vliv (především rovnoběžnost hřídelí) [8].

Z pohledu kvality a přesnosti výroby je zde mnoho faktorů, které mohou hlučnost a vibrace značně ovlivnit. Mezi ně patří:

OBSLUHA: - kvalifikace pracovníka

- únava pracovníka

STROJ: - stav stroje (ložiska, vřetena)

- stabilita stroje

- přesnost stroje

- druh obrábění

- řezné podmínky

NÁSTROJ: - nastavení nástroje

- přesnost

- kvalita naostření

- stabilita

- fáze životnosti (počet ostření) [8]

Hluk a vibrace určitě způsobují závady uvnitř převodovky. Mezi nejčastější závady převodovek patří:

OZUBENÍ: - tření v ozubení

- vynechaná operace

- excentricita

- nedodržení tolerance

- mechanické poškození

- nesouosost

LOŽISKA: - nedodržení montážní vůle

- špatně opracovaný povrch vnitřního ložiskového kroužku
- špatná poloha (montáž)
- špatný návrh ložiska
- špatné – špatná dodávka

OSTATNÍ: - vada na hřídeli

- chyba polotovaru
- koroze
- chybná montáž
- záměna typu

Identifikace jednotlivých závad je možné za pomoci metod technické diagnostiky [8].

5.3 Naměřené a vypočítané hodnoty

Z naměřených hodnot zrychlení kmitavého pohybu vypočítáme hladinu akustického tlaku dle vzorce (1). Hladinu akustického tlaku vypočítáme jak pro a_{fz} , tak i pro a_{ef} .

$$L_a = 20 \cdot \log \frac{a}{a_0} \quad [dB] \quad (1)$$

L_a ... hladina akustického tlaku vypočítaná ze zrychlení [dB]

a ... naměřená hodnota zrychlení kmitavého pohybu [$m \cdot s^{-2}$]

a_0 ... vztažená hodnota zrychlení $a_0 = 1 \cdot 10^{-6} m \cdot s^{-2}$

Vypočteme si zubovou frekvenci za pomoci otáček a počtu zubů, jak je znázorněno ve vzorci (2).

$$f_z = \frac{RPM}{60} \cdot z \quad [Hz] \quad (2)$$

f_z ... zubová frekvence [Hz]

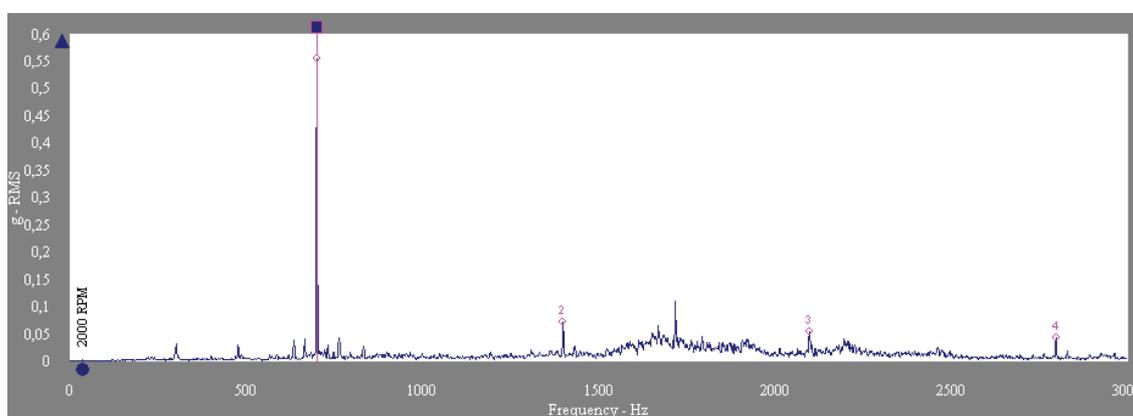
z ... počet zubů měřeného ozubeného kola [-]

Měření při 2000 min⁻¹

Na zkušební stanici jsme nastavili konstantní otáčky 2000 min⁻¹ a zařadili druhý rychlostní stupeň, pro který budeme provádět měření. Nejprve jsme měřili při zatížení 15 Nm, poté jsme toto zatížení zdvojnásobili a měření provedli znova.

Tabulka 15. – Naměřené a vypočítané hodnoty měření pro zatížení 15 Nm a 2000 min⁻¹.

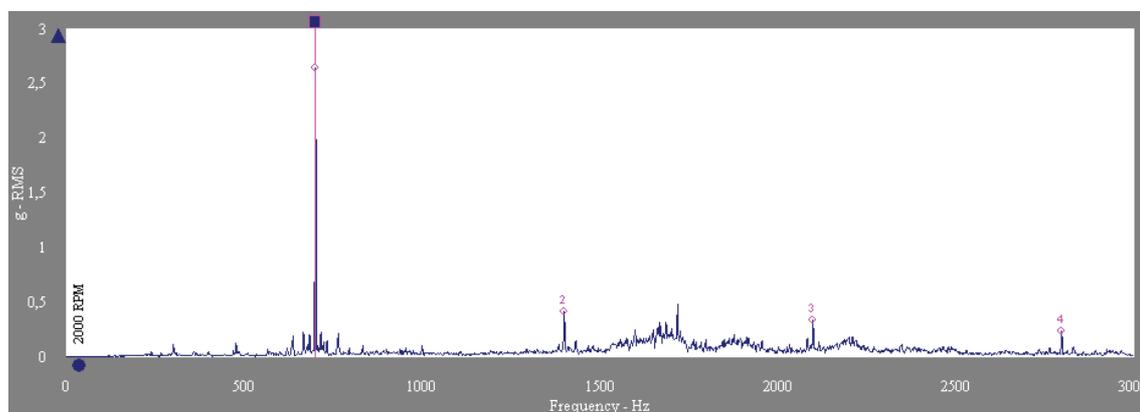
n [min ⁻¹]	Mk [Nm]	fz [Hz]	afz [g]	2·afz [g]	aef [Gs]	La [dB]	Laef [dB]
2000	15	699,4	0,55	0,07	0,074	134,807	117,385



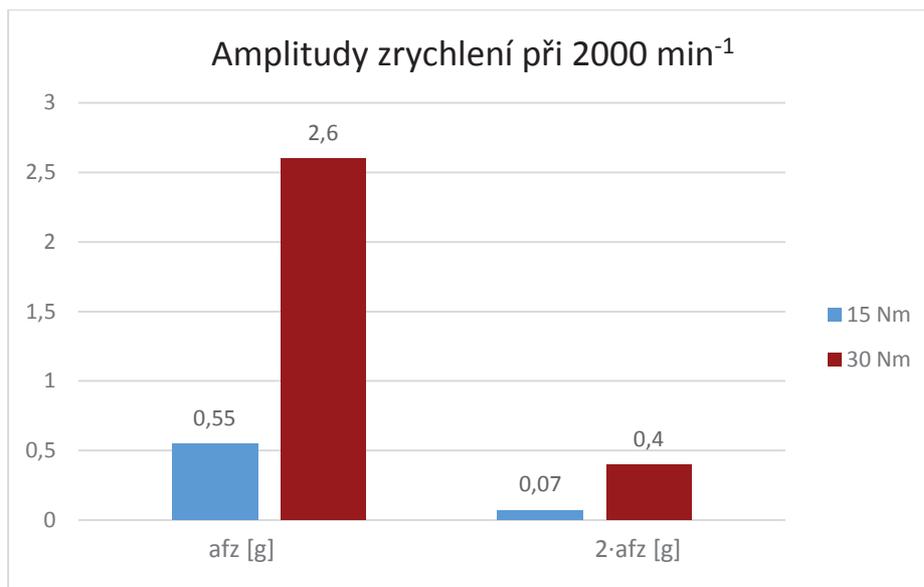
Graf 7. - Frekvenční spektrum zrychlení vibrace pro zatížení 15 Nm a 2000 min⁻¹.

Tabulka 16. – Naměřené a vypočítané hodnoty měření pro zatížení 30 Nm a 2000 min⁻¹.

n [min ⁻¹]	Mk [Nm]	fz [Hz]	afz [g]	2·afz [g]	aef [Gs]	La [dB]	Laef [dB]
2000	30	699,4	2,6	0,4	3,57	148,299	151,053



Graf 8. - Frekvenční spektrum zrychlení vibrace pro zatížení 30 Nm a 2000 min⁻¹.



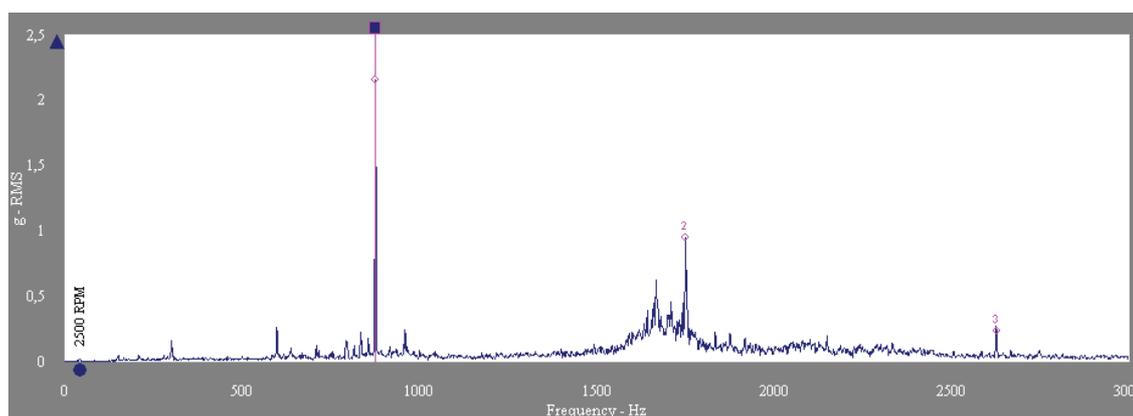
Graf 9. – Porovnání amplitud zrychlení zubové frekvence dle grafu 7, 8 a tabulek 15, 16.

Měření při 2500 min⁻¹

Postup měření, rychlostní stupeň a zatížení momentem se nezměnil. Jediné co se změnilo, bylo nastavení otáček na zkušební stanici. Nyní činily 2500 min⁻¹.

Tabulka 17. – Naměřené a vypočítané hodnoty pro zatížení 15 Nm a 2500 min⁻¹.

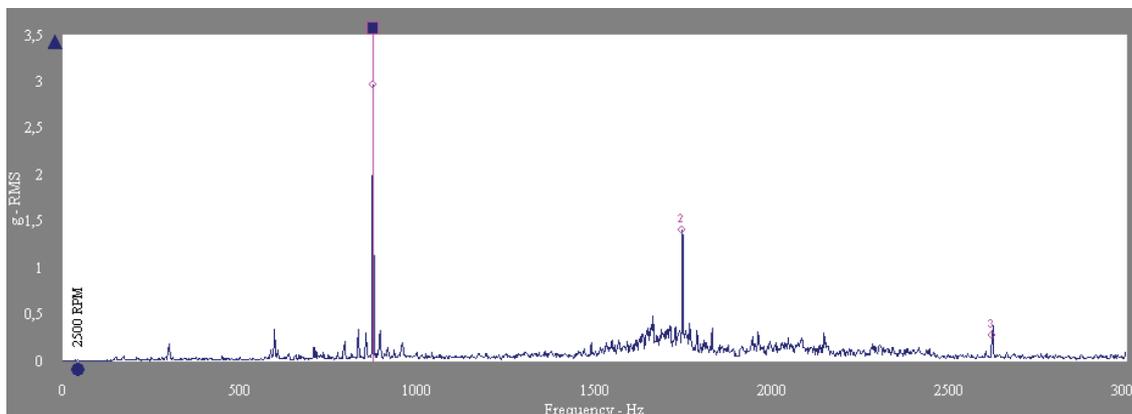
n [min ⁻¹]	Mk [Nm]	fz [Hz]	afz [g]	2·afz [g]	aef [Gs]	La [dB]	Laef [dB]
2500	15	873,8	2,1	0,9	3,91	146,444	151,844



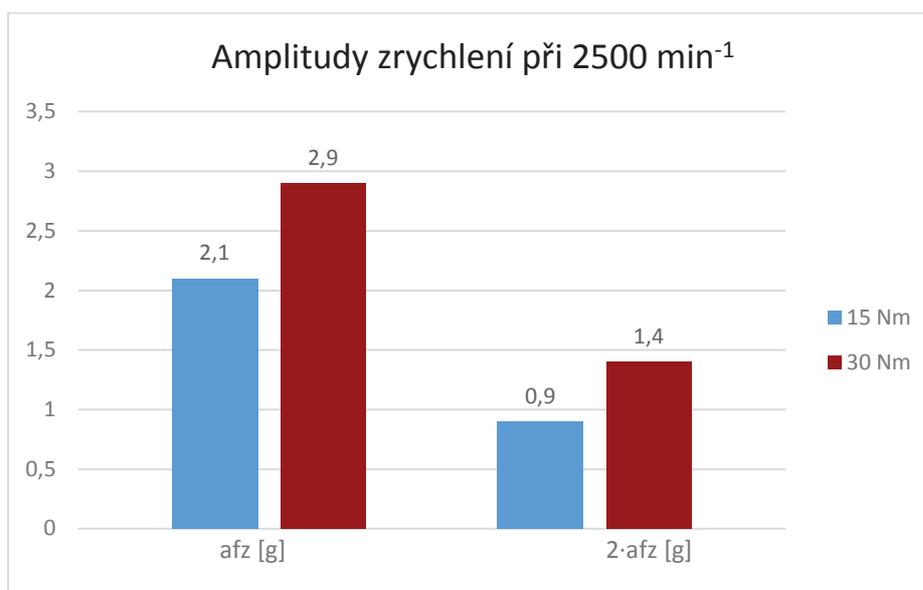
Graf 10. - Frekvenční spektrum zrychlení vibrace pro zatížení 15 Nm a 2500 min⁻¹.

Tabulka 18. – Naměřené a vypočítané hodnoty měření pro zatížení 30 Nm a 2500 min⁻¹.

n [min ⁻¹]	Mk [Nm]	fz [Hz]	afz [g]	2·afz [g]	aef [Gs]	La [dB]	Laef [dB]
2500	30	873,8	2,9	1,4	4,81	149,248	153,643



Graf 11. - Frekvenční spektrum zrychlení vibrace pro zatížení 30 Nm a 2500 min⁻¹.



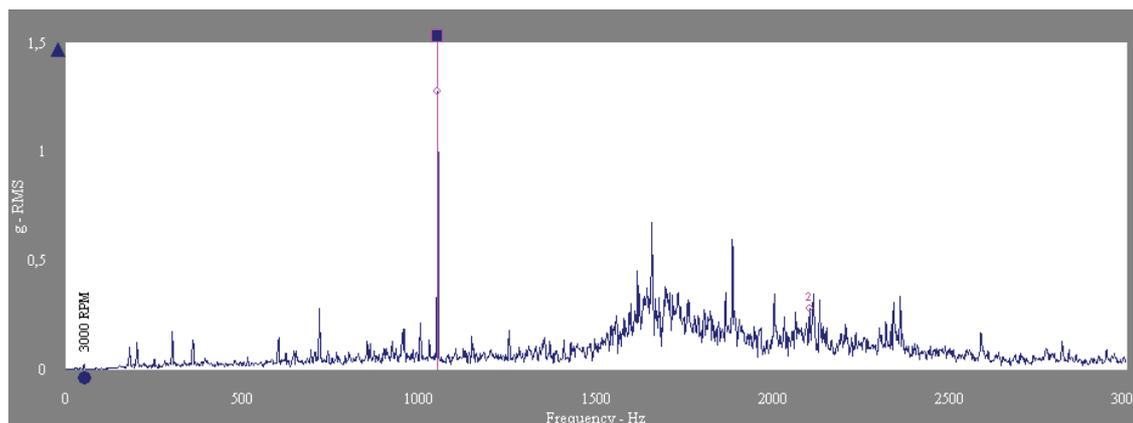
Graf 12. – Porovnání amplitud zrychlení zubové frekvence dle grafu 10, 11 a tabulek 17, 18.

Měření při 3000 min⁻¹

Způsob měření a zatížení momentem se opět nezměnil. Otáčky jsme nyní nastavili na hodnotu 3000 min⁻¹.

Tabulka 19. – Naměřené a vypočítané hodnoty měření pro zatížení 15 Nm a 3000 min⁻¹.

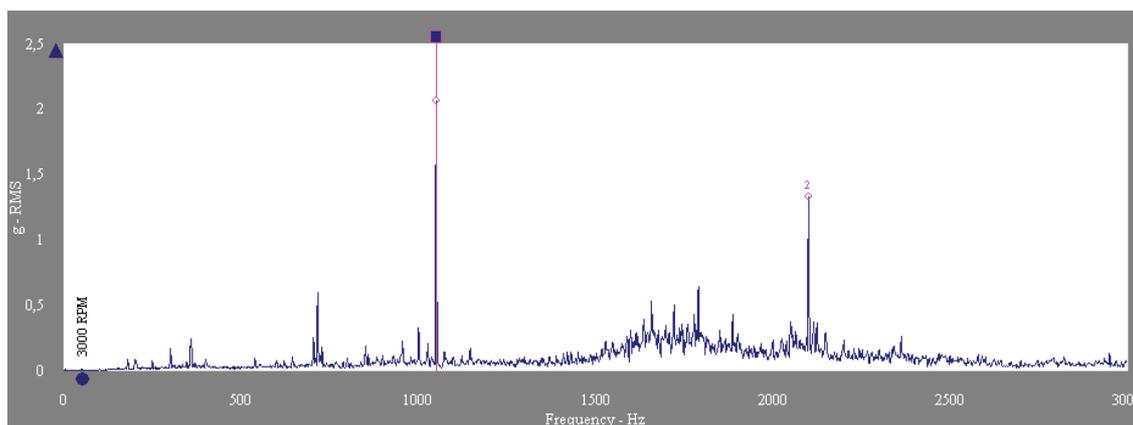
n [min ⁻¹]	Mk [Nm]	fz [Hz]	afz [g]	2·afz [g]	aef [Gs]	La [dB]	Laef [dB]
3000	15	1050	1,27	0,28	4,02	142,076	152,085



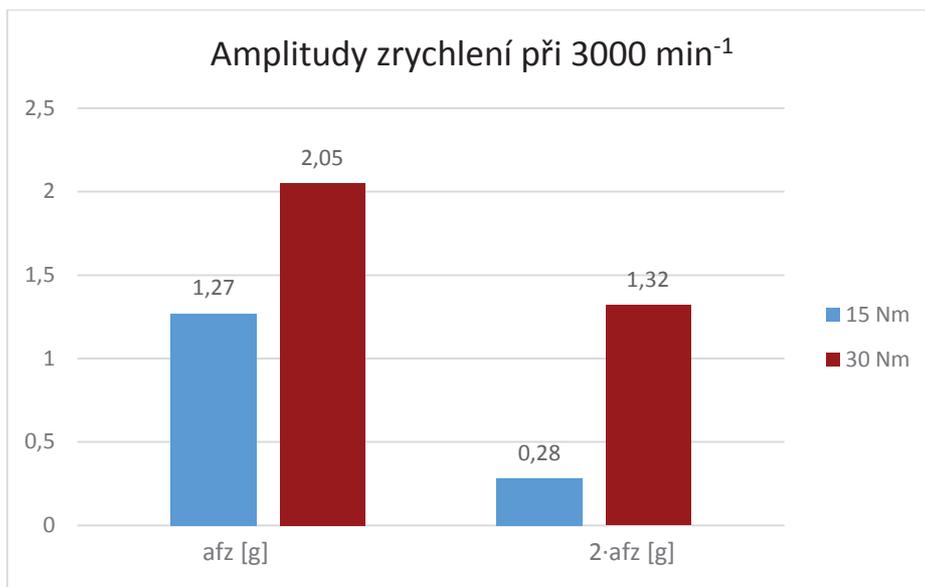
Graf 13. - Frekvencní spektrum zrychlení vibrace pro vibrace pro zatížení 15 Nm a 3000 min⁻¹.

Tabulka 20. – Naměřené a vypočítané hodnoty měření pro zatížení 30 Nm a 3000 min⁻¹.

n [min ⁻¹]	Mk [Nm]	fz [Hz]	afz [g]	2·afz [g]	aef [Gs]	La [dB]	Laef [dB]
3000	30	1050	2,05	1,32	4,56	146,23	153,179

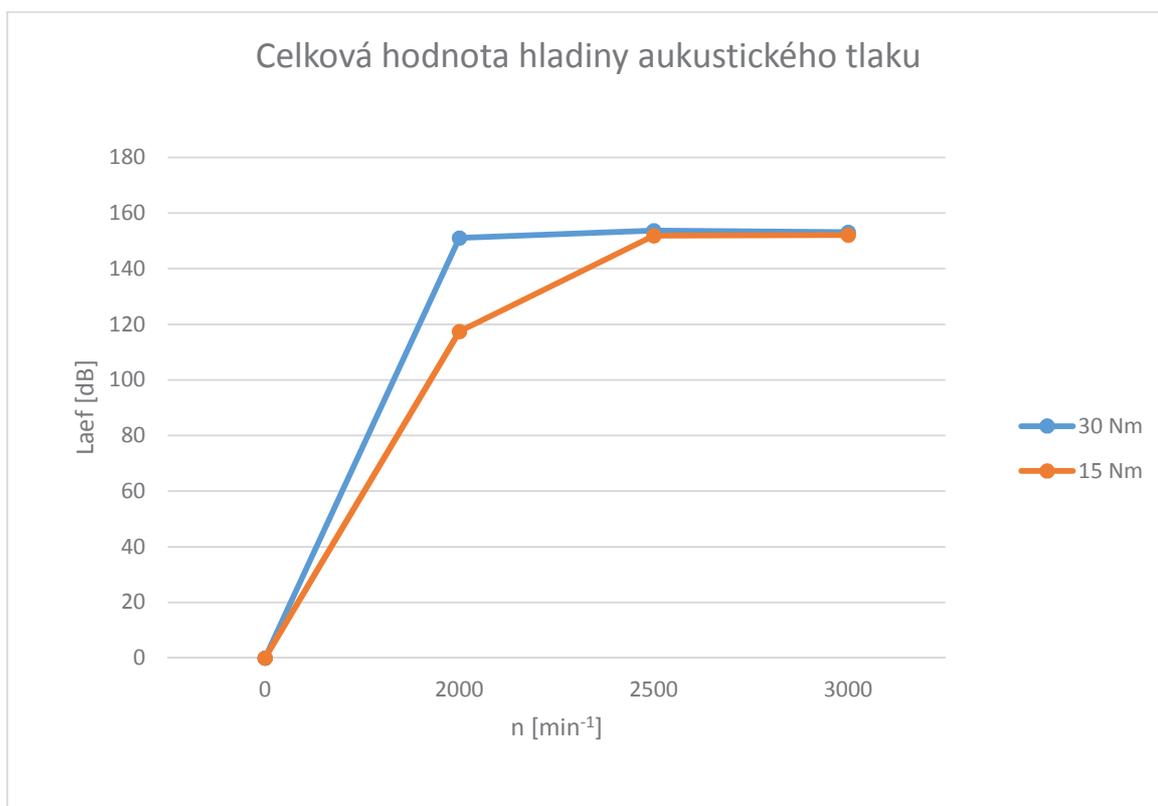


Graf 14. - Frekvencní spektrum zrychlení vibrace pro vibrace pro zatížení 30 Nm a 3000 min⁻¹.



Graf 15. – Porovnání amplitud zrychlení zubové frekvence dle grafu 13, 14 a tabulek 19, 20.

Vypočítané hodnoty celkové hladiny akustického tlaku jsme nanesli do následujícího grafu (graf 16.).



Graf 16. – Celková hodnota hladiny akustického tlaku

5.4 Návrh na snížení vibrací a hluku převodovek

Obvyklým zdrojem hluku v převodovkách jsou dynamické síly, které jsou dané změnou tuhosti ozubení během záběru. Tato problematika souvisí s počtem současně zabírajících ozubených párů.

Převodovka je řetěz celkového signálu hřídelů, ozubených kol a valivých ložisek. Zlepšením jakékoliv části tohoto řetězce dojde v lineárním systému ke snížení výstupu, v tomto případě ke snížení vznikajícího hluku. Mezi nejvýhodnější užití metod, které zabraňují vzniku, nebo redukují vibrace v systému a v závěru snížení hluku patří:

A) REDUKCE CHYBY PŘEVODU

- **výšková modifikace**
- **podélná modifikace**
- **úprava součinitelů záběru:** Při celočíselné hodnotě součinitele ξ_β a jakékoli hodnotě součinitele ξ_α dosáhneme minima buzení vibrací. Pokud hodnotu ξ_β budeme zvyšovat, klesá tím buzení vibrací. Absolutní minimum vibrací leží v oblasti, kde $\xi_\alpha = 2$ [13].
- **možnosti výroby**
- **další možnosti redukce chyby převodu**
 - **použití vysoce přesných ozubených kol**
 - **použití povrchových úprav např.:** - broušení (dělícím způsobem, odvalovacím způsobem), ševingování (po ševingování možnost ještě zakalit), honování povrchu zubů, lapování, párování, dokončování ozubení na 5-ti osých CNC frézách [14].
 - **dostatečně velké vůle:** Menší vůle pomáhají se snížením přenosu vibrací, ale obecně lze říci, že větší vůle způsobují méně problémů, např. dostatečně velká tloušťka mazacího filmu, anebo menší choulostivost vůči nečistotám.
 - **použití malých ozubených kol:** Použití menších modulů a průměrů ozubených kol.
 - **použití vysoce tuhých kol:** Se zvýšením čelní šířky narůstá také ohybová tuhost zubu, která pomáhá se snížením chyby převodu.

B) ZMĚNA FREKVENCE: Cílem použití této metody je odizolování provozního rozsahu zubové frekvence od vlastní frekvence systému.

C) NAVÝŠENÍ TUHOSTI HŘÍDELÍ: např. zvýšení průměru hřídele. Dalším vlivným faktorem na tuhosti hřídele je výrobní technologie a také tepelné zpracování.

D) NAVÝŠENÍ TUHOSTI LOŽISEK: např. zvolit minimální vůle v ložiskách [15]

E) KONSTRUKČNÍ OPTIMALIZACE PŘEVODOVÉ SKŘÍNĚ

F) OPTIMALIZACE IZOLACE

G) TLUMENÍ VIBRACÍ

Závěr

Bakalářská práce se zabývá problematikou hnacího ústrojí u vozidel značky Škoda Octavia. Práce je rozdělena do několika částí. Jako první je úvod, dále následuje popis technických a ekonomických parametrů u vybraných motorů a převodovek. Tato kapitola popisuje konstrukční novinky jednotlivých agregátů. Je zde popsán technický pokrok tak, jak to šlo po sobě. Poukazuje na výhody inovačního řešení součástí, snížení emisí, ale také nevýhody spojené s životností jednotlivých součástí. U každého agregátu je také momentový graf motoru. V další kapitole je vytvořen seznam všech motorů aplikovaných ve vozidlech, kde je zřetelný nyní tak populární „downsizing“ motorů. To je také spojeno se stálým zpřísnováním emisních norem. V následující kapitole je podrobný popis dvoumotového setrvačnicku důležitého pro komfort a tlumení vibrací. Dále je zde popsán i filtr pevných částic. Kapitulu, která následuje, jsem pojmenoval jako identifikace mechanických závad převodovek. Krok po kroku je zde popsána metoda měření frekvenčních spekter vibrací. V této kapitole jsou také vypsány možné příčiny způsobující hlučnost převodovek. Následně je popsán návrh na snížení vibrací a hluku převodovek. Metodu měření frekvenčních spekter vibrací jsem používal při měření hlučnosti mechanické převodovky JHL a jejího druhého převodového stupně. Výsledná data jsou znázorněna v grafech měření. Naměřené a vypočítané hodnoty jsou zaznamenány v příslušných tabulkách. Podle výsledků z měření jsem vyhodnotil, že u dané převodovky a převodového stupně byla zjištěna zvýšená hlučnost. Tato hlučnost byla způsobena závadou na ozubených kolech druhého převodového stupně. Přesněni nevyváženost a excentricita ozubených kol. Tato příčina hlučnosti, která byla zjištěna za pomoci měření frekvenčních spekter vibrací, se dá odstranit pouze rozebráním celé převodovky a výměnou neodpovídajících částí převodovky za správné.

Použitá Literatura

- [1] Dílenská příručka ŠKODA Service č. 16
- [2] WWW stránky: Škoda Octavia club - forum. Dostupné z [online, cit. 5. 5. 2016]:
<http://forum.octaviaclub.cz/index.php?showtopic=176>
- [3] Bakalářská práce: Pavlík Lukáš, Hnací ústrojí vozidel Octavia
- [4] Dílenská příručka ŠKODA Service č. 19
- [5] Dílenská příručka ŠKODA Service č. 36
- [6] Dílenská příručka ŠKODA Service č. 55
- [7] WWW stránky: Auto Revue. Dostupné z [Online, cit. 7. 5. 2016]:
http://www.autorevue.cz/skoda-octavia-kombi-20-fsi-ticho-prekvapi-test_3/ch-22727
- [8] TOMEH, Elias. *Technická diagnostika: vibrační diagnostika strojů a zařízení*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2015. ISBN 978-80-7494-174-0.
- [9] Dílenská příručka ŠKODA Service č. 100
- [10] Dílenská příručka ŠKODA Service č. 99
- [11] Dílenská příručka ŠKODA Service č. 18
- [12] BROŽ, Petr. VLIV OPRACOVÁNÍ PASTORKU PŘEVODOVKY MQ NA HLUK a VIBRACÍ [CD-ROM]. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2011.
- [13] DOČKAL, Aleš. *Konstrukční optimalizace ozubené převodovky s ohledem na snižování hlukové emise: Design optimization of gearbox considering reduction of noise emission*. V Brně: Vysoké učení technické, Fakulta strojního inženýrství, Ústav konstruování, 2003. Vědecké spisy Vysokého učení technického v Brně. ISBN 80-214-2439-7.
- [14] NIKL, Michal. *Moderní metody dokončování ozubení: Modern methods in cog – wheel finishing*. V Brně: Vysoké učení technické, Fakulta strojního inženýrství, Ústav konstruování, 2009. Vědecké spisy Vysokého učení technického v Brně. ISBN 80-214-2439-7.
- [15] WWW stránky: Fsiforum – strojírenská příručka_převody. Dostupné z [online, cit. 30. 5. 2016]:
http://www.fsiforum.cz/upload/soubory/nezarazene/Strojirenska_prirucka--prevody--.pdf
- [16] WWW stránky: Wikipedia – Filtr pevných částic. Dostupné z [online, cit. 1. 5. 2016]: https://cs.wikipedia.org/wiki/Filtr_pevn%C3%BDch_%C4%8D%C3%A1stic

- [17] WWW stránky: Internetový portál Auto.cz – Dvuhmotový setrvačník. Dostupné z [online, cit. 1. 5. 2016]: <http://www.auto.cz/technika-dvuhmotovy-setrvacnik-87264>
- [18] Dílenská příručka ŠKODA Service č. 21
- [19] Dílenská příručka ŠKODA Service č. 41
- [20] WWW stránky: Sixta převodovky – Závady a opravy 6st mechanických převodovek. Dostupné z [online, cit. 31. 5. 2016]: <http://www.prevodovky-sixta.cz/index.php/6-mechanicke-prevodovky-mq350-mq450-sharan>
- [21] Dílenská příručka ŠKODA Service č. 56
- [22] Dílenská příručka ŠKODA Service č. 75