



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

**VLIV AUTOMATICKÉ PŘEVODOVKY OSOBNÍCH
AUTOMOBILŮ NA SPOTŘEBU PALIVA**

INFLUENCE OF PASSENGER CAR AUTOMATIC TRANSMISSION ON FUEL CONSUMPTION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Martin Kolenčík

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.

BRNO 2017

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student: **Martin Kolenčík**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.**
Akademický rok: 2016/17

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Vliv automatické převodovky osobních automobilů na spotřebu paliva

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Na základě dostupných podkladů soustředit poznatky o konstrukcích automatických převodovek osobních automobilů a vyhodnotit jejich vliv na spotřebu paliva.

Cíle bakalářské práce:

Popsat základní typy automatických převodovek používaných v osobních automobilech.
Porovnat vybrané typy převodovek z hlediska jejich vlivu na spotřebu paliva.
Porovnat vybrané typy převodovek z hlediska technické a ekonomické náročnosti jejich výroby.

Seznam literatury:

- REIMPELL, Jornsens. The Automotive Chassis. 2nd edition. Oxford: Butterworth - Heinemann, 2001. 444 s. ISBN 0-7506-5054-0.
- MILLIKEN, William a MILLIKEN, Douglas. Race Car Vehicle Dynamics. 1st edition. Warrendale: SAE, 1995. 857 s. ISBN 1-56091-526-9.
- HUCHO, Wolf-Heinrich. Aerodynamics of road Vehicles. 4th edition. Warrendale: Society of Automotive Engineers, 1998. 918 s. ISBN 0-7680-0029-7.
- HANEY, Paul. The Racing & High-Performance Tire. 1st edition. Warrendale: TV Motor-sports and SAE, 2003. 286 s. ISBN 0-9646414-2-9.
- MORELLO, Lorenzo, et. al. The Automotive Body. Dordrecht: Springer Verlag, 2011. 668 s. ISBN 978-94-007-0512-8.

GILLESPIE, Thomas. D. Fundamentals of Vehicle Dynamics. Warrendale: Society of Automotive Engineers, 1992. 519 s. ISBN 1-56091-199-9

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Táto bakalárska práca sa zaoberá popisom jednotlivých druhov automatických prevodoviek z hľadiska ich konštrukcie. V druhej časti porovnáva vplyv druhov týchto automatických prevodoviek na spotrebu paliva. V poslednej časti práca popisuje ich ekonomickú a technickú náročnosť na výrobu.

KLÍČOVÉ SLOVÁ

Prevodovka, spotreba, účinnosť, náklady.

ABSTRACT

This thesis is focused on description of design of principal types of automatic transmissions. In the second part, there is compared the influence on fuel consumption of these transmissions. The last part of the thesis describes the economic and technical difficulty of manufacturing an automatic transmission.

KEYWORDS

Transmission, consumption, efficiency, costs

BIBLIOGRAFICKÁ CITÁCIA

KOLENČÍK, M. *Vplyv automatickej prevodovky na spotrebu osobných automobilov*. Brno, 2017. Bakalárska práca. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. 36 s. Vedúci bakalárskej práce Václav Píštěk.

ČESTNÉ PREHLÁSENIE

Prehlasujem, že táto práca je mojim pôvodným dielom, spracoval som ju samostatne pod vedením prof. Ing. Václava Píštěka DrSc. a s použitím literatúry uvedenej v zozname.

V Brne dňa 1. mája 2017

.....

Martin Kolenčik

POĎAKOVANIE

Chcel by som poďakovať svojmu vedúcemu bakalárskej práce prof. Ing. Václavovi Píštěkovi DrSc., rodičom a priateľom za pomoc a podporu pri písaní práce.

OBSAH

Úvod	9
1 Základné typy automatických prevodoviek používané v osobných automobiloch.....	10
1.1 Automatická prevodovka s meničom krútiaceho momentu	11
1.2 Dvojspojková automatická prevodovka	14
1.3 Robotizovaná automatická prevodovka, poloautomatická prevodovka.....	15
1.4 Bezstupňové (variátorové) prevodovky	18
2 Vybrané typy prevodoviek a ich vplyv na spotrebu paliva	20
2.1 Konvenčná automatická prevodovka s meničom krútiaceho momentu.....	22
2.2 Dvojspojková automatická prevodovka	24
2.3 Bezstupňová (variátorová) prevodovka.....	26
2.4 Vzájomné porovnanie vplyvov prevodoviek na spotrebu paliva	26
3 Vybrané typy prevodoviek a ich náročnosť na výrobu	30
3.1 Porovnanie výrobných nákladov päť a šesťstupňovej automatickej prevodovky	30
3.2 Porovnanie výrobných nákladov šesť a osemstupňovej automatickej prevodovky	31
3.3 Porovnanie výrobných nákladov šesť a osemstupňovej dvojspojčkovej automatickej prevodovky	31
3.4 Výrobné náklady prevodovky s plynule meniteľným prevodom.....	32
Záver	33
Zoznam použitých skratiek a symbolov	36

ÚVOD

Prevodovka sa v osobných automobiloch používa na prenos krútiaceho momentu z kľukového hriadeľa na kolesá. Pri mechanických prevodovkách je vodič nútený používať spojku s istou mierou citlivosti aby došlo k plynulému prenosu tohoto momentu. Čím citlivejšie vodič narába so spojkou, tým plynulejšia je jazda z pohľadu pasažierov vozidla a zároveň miera opotrebovania mechanických komponentov prevodovky a motora sa znižuje. Preto bola v roku 1904 vyvinutá prvá automatická prevodovka. [1] Tento vynález umožnil používať automobil bez nutnosti priamo ovládať spojku a tak automobil významne priblížil ešte širšej verejnosti. V súčasnosti vodičovi stačí zvoliť jeden z režimov prevodovky a ďalej pri jazde používa len plynový a brzdoý pedál (závisí od typu automatickej prevodovky). Zmenu jednotlivých prevodov zabezpečuje prevodovka pomocou vlastného elektronického riadiaceho systému, ktorý spolupracuje s riadiacou jednotkou motora. Počet prevodových stupňov bol v minulosti nižší ako pri manuálnych prevodovkách, no podľa súčasného trendu je to naopak.

V posledných rokoch neustále rastú nároky na nižšiu spotrebu paliva a nižšie emisie motorov. V tejto činnosti má jednu z hlavných úloh práve prevodovka. Cieľom je, aby mal motor dostatočné množstvo krútiaceho momentu pri čo najnižších otáčkach, čo sa dá najefektívnejšie dosiahnuť veľkým počtom prevodových stupňov a minimalizovaním strát pri ich zmene. Nižšie otáčky motora majú jednoznačne priaznivý vplyv na spotrebu paliva, hlučnosť a teda komfort jazdy a tiež aj na životnosť motora. Nevýhodou automatických prevodoviek je náročnosť konštrukcie – vyššia cena, náročnejšia údržba a ich hmotnosť, vďaka čomu boli v minulosti montované hlavne do väčších a luxusnejších automobilov, no dnešná technika umožňuje ich použitie aj v tých najmenších vozidlách.

Je potrebné určiť, ktorý z typov automatických prevodoviek je možné použiť vzhľadom k účelu osobného automobilu. Kvôli tomu je nutné uvážiť, či sa jedná o automobil zameraný na športovú jazdu, jazdu v meste, komfortnú jazdu na väčšie vzdialenosti alebo jazdu v náročnejšom teréne, prípadne kombináciu jednotlivých účelov. Po tejto úvahe je potrebné sa zaoberať optimalizáciou prevodovky z hľadiska výkonu, trakčných vlastností, spotreby paliva, komfortu posádky a mnohých ďalších aspektov. Táto práca bude zameraná hlavne na to, ktorý typ automatickej prevodovky zabezpečí najnižšiu spotrebu paliva pri zachovaní istých vstupných požiadaviek.

1 ZÁKLADNÉ TYPY AUTOMATICKÝCH PREVODOVIEK POUŽÍVANÉ V OSOBNÝCH AUTOMOBILOCH

Každá automatická prevodovka musí poskytnúť možnosť voľby jazdných režimov, či už pomocou voliča (páky) medzi sedadlom vodiča a spolujazdca, voličom pod volantom alebo formou tlačidiel na palubnej doske, prípadne na inom mieste v dosahu vodiča. Tieto režimy sú v moderných automobiloch väčšinou označené:

- P - Parkovací režim
- R - Spätný chod (Reverse)
- N - Neutrál – vyradenie prevodového stupňa (voľnobeh)
- D - Drive, Jazda – zaradí prvý rýchlostný stupeň, ďalej už pokračuje automaticky. Niektoré prevodovky ponúkajú možnosť zvoliť program radenia z nasledujúcich:
 - Ekonomický (riadiaca jednotka preraduje nahor pri nižších otáčkach za účelom zníženia spotreby, niekedy spomalí reakciu na stlačenie plynového pedálu),
 - Športový (riadiaca jednotka preradí nahor neskôr t.j. pri vyšších otáčkach za účelom lepšej jazdnej dynamiky, niekedy zrýchli reakciu na stlačenie plynového pedálu),
 - Normálny/Komfortný (základné nastavenie, kompromis medzi športovým a ekonomickým programom)

Niekedy automatické prevodovky obsahujú aj tzv. „zimný režim“ kedy sa vozidlo rozbieha na druhom prevodovom stupni aby sa predišlo preklzu kolies na vozovke so zníženou príľnavosťou.

Pri niektorých typoch prevodoviek sa pomocou voliča dajú manuálne radiť jednotlivé stupne pohybom nahor-nadol alebo pádlami pod volantom.

V každom okamihu je jazda vozidla charakterizovaná dvojicou parametrov, a to rýchlosťou jazdy a jazdné odpory. Súčinom oboch parametrov a zahrnutím strát prevodového ústrojenstva získame hodnotu okamžitého potrebného výkonu. Úlohou riadiacej jednotky automatickej prevodovky je zvoliť taký prevodový stupeň, ktorá najlepšie zodpovedá daným podmienkam. Jednotka prijíma informácie od snímačov otáčok motora, otáčok výstupného hriadeľa prevodovky, sleduje zaťaženie motora, nastavený jazdný program a polohu plynového pedálu. Plným zošliapnutím plynového pedálu riadiaca jednotka dostáva pokyn k podradeniu na nižší prevodový stupeň. Elektronická ochrana prevodovky má za úlohu sledovať, či pri podradení nedôjde k pretočeniu motora do príliš vysokých otáčok.

Prevádzkové stavy sa sledovali pomocou hydraulických, pneumatických a elektrických snímacích prvkov. Previedli sa na tlaky, pomocou ktorých sa radili prevodové stupne. Vo priebehu vývoja sa všetky tieto prvky nahradili elektrotechnickými súčiastkami. Tak sa z hydraulického riadenia stalo elektrohydraulické. Riadiaca jednotka automatickej prevodovky je vo vozidle umiestnená samostatne. Jej umiestnenie sa líši podľa typu vozidla – môže byť napr. v hornej časti priečnej steny, v motorovom priestore alebo v nožnom priestore. Zaisťuje logiku riadenia neustálym priebehom matematických operácií. Výsledkami sa potom riadia členy elektronického ovládania prevodovky, hlavne elektromagnetické ventily. Tie sú rozhraním medzi elektronikou a hydraulikou a spolu s tlakovými regulátormi

ich možno nazvať elektrohydraulickými prevodníkmi. Elektromagnetické ventily prevedú elektrické impulzy na príkazy:

- spojky v prevodovke sa spínajú alebo rozopínajú
- tlakové regulátory sa nasadzujú pre presné nastavenie hydraulického tlaku pre prítlačný tlak na spojkách.

Riadiaca jednotka obsahuje aj tzv. núdzový program. Aby vozidlo ostalo pojazdné aj pri porušení signálov, riadiaca jednotka sa tento signál pokúsi nahradiť iným, náhradným signálom. Napríklad pri porušení signálu zo snímača teploty prevodového oleja, riadiaca jednotka použije empirickú hodnotu 70 °C, alebo teplotu chladiacej kvapaliny motora. Závady, ktoré sú zaznamenané počas jazdy sa uložia do pamäti závad, ktorá môže byť prečítaná na špeciálnom prístroji počas diagnostiky. [2]

Rozdelenie automatických prevodoviek používaných v osobných automobiloch:

- Poloautomatické prevodovky
 - s čiastočne automatickým radením
 - s možnosťou automatického radenia
- Plne automatické prevodovky
 - s meničom krútiaceho momentu
 - dvojspojkové automatické prevodovky
- Bezstupňové, variátorové automatické prevodovky [3]

1.1 AUTOMATICKÁ PREVODOVKA S MENIČOM KRÚTIACEHO MOMENTU

Tento typ prevodovky je najrozšírenejší a najstarší. Využíva hydrodynamický menič krútiaceho momentu na štartovanie, prenášanie krútiaceho momentu a tlmenie vibrácií. Za ním je umiestnených niekoľko súborov planétových prevodov podľa toho, koľko stupňov a prevodových pomerov daná prevodovka obsahuje.

V osobných automobiloch sa používa najviac deväť až desať prevodových stupňov. Mechanický prevodový pomer má hodnoty približne 3.5 pre 4-stupňové, 5 pre 5-stupňové, 6 pre 6 a 7-stupňové a 7 pre 8-stupňové prevodovky. [3]

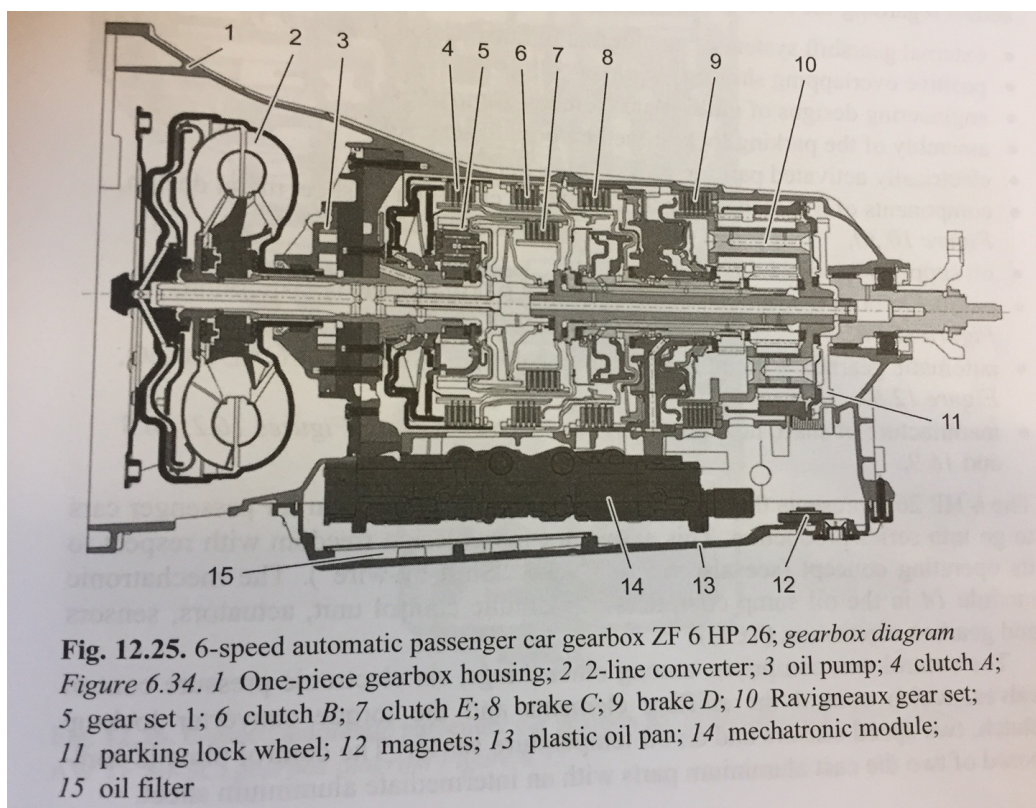
1.1.1 PRINCÍP FUNKCIE

Mechanizmus je založený na súbore planétových prevodov s niekoľkými rozdielnymi výstupmi. [4] Zmeny prevodových stupňov zabezpečujú spojky a brzdy. Existujú dva typy bŕzd – remeňové a lamelové. V remeňovej brzde kovový remeň obieha okolo bubna brzdy a brzdí ho utáhovaním. Toto použitie je náročnejšie ako použitie lamelovej brzdy a z dôvodu príliš rýchleho vyvolania brzdného účinku sa viac používajú lamelové brzdy.

Planétový prevod sa skladá z centrálného kolesa, niekoľkých (väčšinou troch) satelitov a korunového kolesa s vnútorným ozubením. Prvý prevodový stupeň – korunové koleso sa neotáča, poháňané je centrálné koleso, ktoré prenáša moment na satelity, ktoré sú napojené na

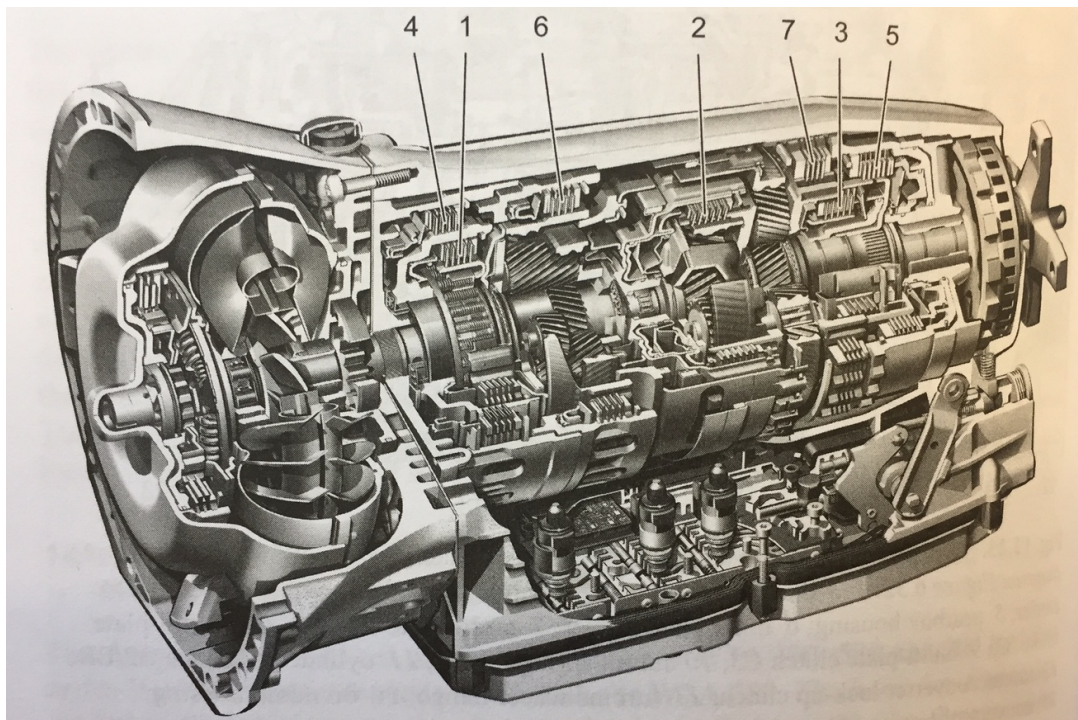
výstupný hriadeľ. Ďalšie stupne vznikajú pridaním ďalších súborov planétových prevodov, v ktorých trecie spojky bránia alebo nebránia otáčaniu korunových kolies.

Ďalším komponentom je parkovacia uzávierka. Aktivuje sa posunutím voliča prevodovky do polohy P, čo sa môže iba ak vozidlo stojí. Uvedenie voliča do polohy P pri pohybujúcom sa vozidle spôsobuje opotrebenie parkovacej uzávierky. Moderné automobily sú vybavené systémom, ktorý tomu zamedzuje. Táto uzávierka slúži ako mechanické zaistenie vozidla proti pohybu. Ovládací kotúč je prostredníctvom lanka pevne spojený s voličom prevodovky. Západka uzávierky blokuje pohyb kolesa parkovacej uzávierky, ktoré je privarené k hriadeľu prevodovky. [5]



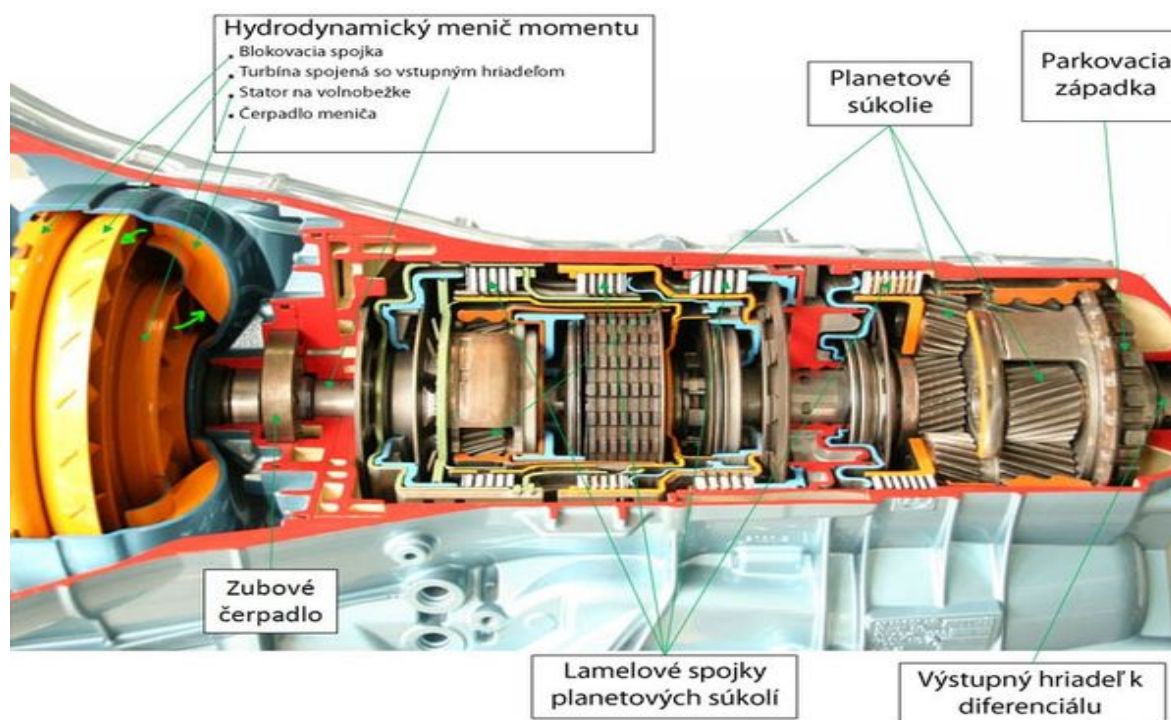
Obr. 1 Šesťstupňová konvenčná automatická prevodovka [5]

Bola vyrobená pre prenos maximálneho krútiaceho momentu 350,600 a 750 Nm. Používa sa od roku 2001.



Obr. 2. Sedemstupňová konvenčná automatická prevodovka (Mercedes-Benz W7A 700): 1,2,3 – spojky, 4,5,6,7 – lamelové brzdy [5]

Vyvinutá bola v roku 2003 pre maximálny krútiaci moment 700 Nm. Obsahuje sedem stupňov pre jazdu vpred a dva stupne so spätným chodom. Nachádzajú sa v nej tri spojky a štyri lamelové brzdy. Váži približne 82 kg. [5]



Obr. 3 Schéma konvenčnej automatickej prevodovky [6]

1.1.2 MENIČ KRÚTIACEHO MOMENTU

Hydrodynamický menič krútiaceho momentu sa skladá z týchto hlavných častí :

- obežné koleso alebo čerpadlo poháňané priamo motorom
- turbína hydraulicky poháňaná čerpadlom spojená so vstupným hriadeľom prevodovky
- stator (reaktor – násobiteľ momentu) na voľnobežnej spojke
- spojka blokovania meniča alebo blokovacia spojka, mechanicky spája čerpadlo s turbínou, jej úlohou je zväčšiť účinnosť prenosu výkonu z motora. Je umiestnená v hydrodynamickom meniči a skladá sa z nasledujúcich častí:
 - o piest a oporná doska
 - o spojková lamela/tlmič (umiestnená medzi piestom a opornou doskou) na drážkovaní turbíny meniča [7]

Hydrodynamický menič alebo hydrodynamická spojka (starší a menej efektívny spôsob prenosu krútiaceho momentu) moment nezväčšuje, iba ho prenáša. Má lopatkové vence čerpadla, turbíny a tretí reakčný člen – rozvádzač, ktorý je pevne spojený so skriňou meniča. Olej prúdi z čerpadla do turbíny, potom do rozvádzača a z neho späť do čerpadla.[8]

1.2 DVOJSPOJKOVÁ AUTOMATICKÁ PREVODOVKA

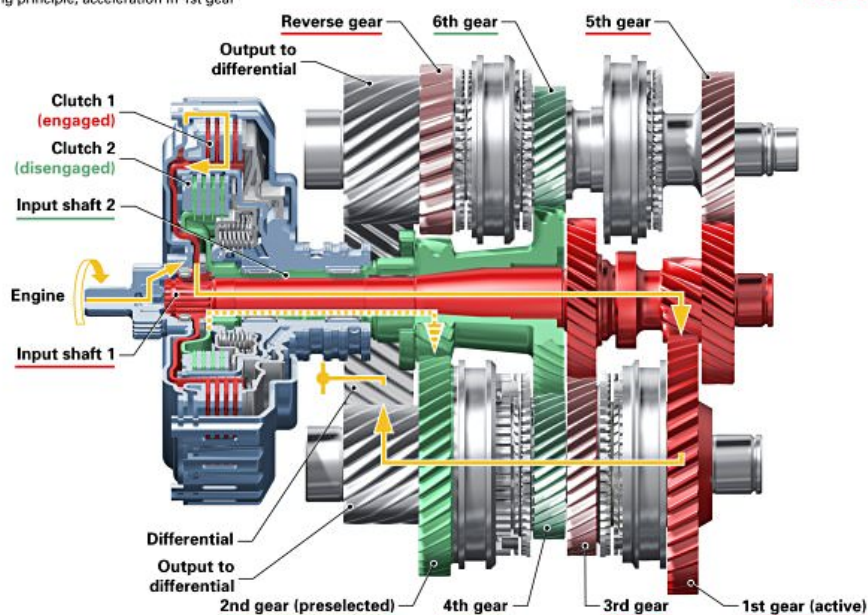
1.2.1 HISTÓRIA

Tento typ prevodovky bol vyvinutý už v roku 1940, no používať sa začal až v roku 1980, keď ho zdokonalilo Porsche a Audi a začalo montovať do závodných áut. Prvá dvojspojková automatická prevodovka bola do osobného automobilu namontovaná v roku 2003. [5] Od prevodoviek s meničom krútiaceho momentu sa odlišujú tým, že ich konštrukcia môže byť usporiadaná pre motory s vyššími otáčkami (až 7000 ot/min). Takisto sú ľahšie a zaberajú menej priestoru. [3]

1.2.2 PRINCÍP FUNKCIE

Tento systém funguje na princípe dvoch nezávislých prevodoviek, ktoré sú samostatne pripojené na motor cez vlastnú spojku. Jedna prevodovka obsahuje nepárne prevodové stupne, druhá naopak párne. V skutočnosti prevodovky nie sú vedľa seba ale zakomponované jedna v druhej aby ušetrili priestor v skrini prevodovky. Pri preradení smerom nahor, jedna spojka obsluhuje nižší rýchlostný stupeň a druhá vyšší rýchlostný stupeň. Rovnaký proces prebehne pri podradení na nižší rýchlostný stupeň. Synchronizácia nového prevodového stupňa pre vodiča nie je postrehnuteľná. V priebehu zatvárania prvej spojky a otvárania druhej nedochádza k prerušeniu toku výkonu, čo je hlavnou výhodou tohoto typu prevodoviek. [5]

V súčasnosti sa najviac používajú šesť a sedemstupňové dvojspojkové prevodovky. Používa ich koncern Volkswagen (DSG), Fiat (TCT), BMW (DCT), Ferrari, Mercedes-Benz, najnovšie Kia/Hyundai a mnoho ďalších.

Audi TT 3.2 quattrowith the new Direct Shift Gearbox DSG
Operating principle, acceleration in 1st gear
02/03

Obr. 4 Schéma usporiadania dvojspojrovej prevodovky DSG [9]

1.2.3 TYPY DVOJSPOJKOVÝCH PREVODOVIEK

Použitie prevodovky s mokrou (olejovou) spojkou je výhodné, ak je potrebné preniesť väčší krútiaci moment, no zároveň zvyšuje spotrebu paliva. [9]

Tento typ vyžaduje hydraulický zásobník pre aktiváciu a chladenie spojok. Chýbajúci menič krútiaceho momentu spôsobí nedostatok krútiaceho momentu v čase preradenia, takže táto prevodovka potrebuje vyšší začiatočný pomer krútiaceho momentu. Z tohoto dôvodu je potrebný vyšší celkový prevodový pomer.

Najväčšou výhodou a zároveň nevýhodou dvojspojkových prevodoviek so suchou spojkou je absencia maziva v priestore spojky. Výhodou je minimálny krútiaci moment generovaný spojkou, ktorá je uvoľnená. Nevýhodou je, že trecia práca a teda teplo nemôže byť odvedené mazivom ako pri mokrých spojkách.

Použitie mokrej alebo suchej spojky väčšinou určuje množstvo krútiaceho momentu, ktoré treba preniesť. Ak je táto hodnota menej ako 300Nm použije sa suchá spojka, pri vyšších krútiacich momentoch sa používa mokrá spojka. [5]

1.3 ROBOTIZOVANÁ AUTOMATICKÁ PREVODOVKA, POLOAUTOMATICKÁ PREVODOVKA

Jedná sa o prevodovku ovládanú iba radiacou pákou, bez nutnosti ovládania spojky. Jednotlivé rýchlostné stupne sa menia voličom prevodovky, tlačidlami na volante alebo pádlami pod volantom. Takéto automobily majú dvojpédalovú ovládaciu sústavu, kde je pedál spojky nahradený automatickým zariadením. [8] Elektrický, hydraulický alebo pneumatický

modul radí jednotlivé stupne a aktivuje spojku a riadiaca jednotka prevodovky dáva signály pre tieto operácie. [3]

Prevodovka je z veľkej časti konštručne rovnaká ako klasická manuálna prevodovka. Robotizované prevodovky zabezpečujú aj režim automatického volenia prevodových stupňov.

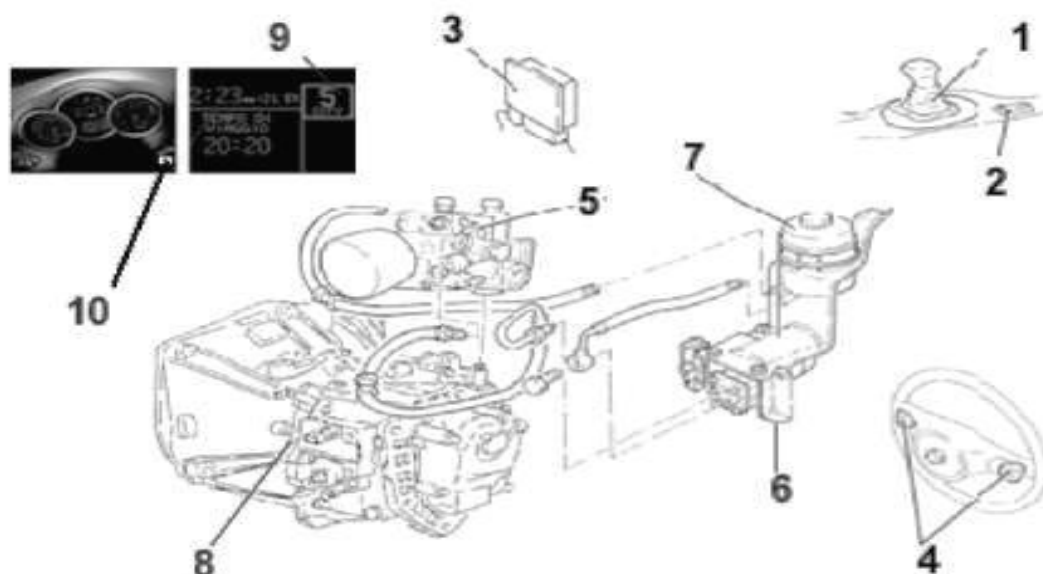
Dvojpedálové poloautomatické ovládanie musí zabezpečiť:

- automatické zapnutie spojky pri rozjazde automobilu;
- priebeh zapínania musí mať pozvoľný nábeh, po ktorom nasleduje dostatočne rýchle úplné zapnutie spojky;
- vypnutie spojky pri poklese otáčok motora na hranici otáčok voľnobehu, toto vypnutie musí byť rýchle;
- prerušenie silového toku medzi motorom a prevodovkou pri radení prevodových stupňov (ak nie sú radené pod zaťažením);
- pri vypnutej spojke nesmia v priebehu radenia stúpnuť otáčky motora; parkovacie brzdenie motorom pri stojacom vozidle. [8]

1.3.1 PRINCÍP FUNKCIE

Vonkajší radiaci mechanizmus pozostáva z dvoch častí. Sú to časti, ktoré produkujú, regulujú a rozvádzajú hydraulickú energiu, druhou časťou je sada aktuátorov. Jeden hydraulický aktuátor spája a rozspája spojku, zatiaľ čo druhý dvojité aktuátor radí a otáča hriadeľom a takisto spája a vyberá prevody. Hydraulický systém obsahuje olejové čerpadlo, tlakový akumulátor a elektrické aktuačné valce. Mechanizmus výberu prevodového stupňa zabezpečuje ozubená tyč, ktorá zdvíha hriadeľ. Druhý aktuátor otáča tento hriadeľ pre dosiahnutie spojenia a rozpojenia. Táto inštalácia musí zabezpečiť tri odlišné polohy: Spojenie dvoch vedľa seba ležiacich prevodov a ich ideálnu prechodnú polohu.[4]

Príkladom tohto riešenia radenia v automobiloch je päťstupňová prevodovka Selespeed montovaná do vozidiel Alfa Romeo. Ponúka vodičovi dve možnosti radenia. Prvou možnosťou je sekvenčné (postupné) radenie prevodových stupňov. Po stlačení tlačidla sa riadiaca jednotka prepne do plne automatického režimu. Radenie prebieha pri stlačení plynovom pedáli – riadiaca jednotka obsluhuje spínanie spojky a zároveň znižuje otáčky motora v priebehu radenia. Spojku a radenie ovláda hydraulický systém poháňaný tlakom elektrického čerpadla. Zaujímavou nutnosťou tohto riešenia je, že systém začína pracovať pri otvorení dverí na strane vodiča, pretože prevodovka už v okamihu spustenia motora musí fungovať. [8]



Obr. 5 Schéma prevodovky Selespeed [10]

1. Volič prevodových stupňov
2. Tlačidlo zmeny na plne automatický režim radenia
3. Riadiaca jednotka (pod palubnou doskou na strane spolujazdca)
4. Tlačidlá zmeny prevodových stupňov na volante.
5. Elektro-hydraulické čerpadlo
6. Elektrické čerpadlo
7. Hydraulické olejové čerpadlo
8. Rýchlostný senzor na prevodovke
9. Displej – ukazovateľ zaradeného prevodového stupňa
10. Varovná svetelná signalizácia poruchy [10]

1.4 BEZSTUPŇOVÉ (VARIÁTOROVÉ) PREVODOVKY

Prevodovky s určitým počtom stupňov neumožňujú udržiavanie optimálnych prevádzkových podmienok motora v celom spektre otáčok a rýchlostí. To je možné dosiahnuť len pomocou plynulej zmeny prevodu. Preto sa začali vyvíjať takéto prevodovky a v roku 1958 začala prvú prevodovku tohto typu vyrábať holandská firma van Doorne. [8]

Tento typ prevodovky sa od ostatných uvedených líši tým, že nemá prevodové stupne. Krútiaci moment je prenášaný plynule, bez straty výkonu charakteristickej pre ostatné typy prevodoviek. Pre vodiča je moment preradenia nezaznamenateľný, pretože nedochádza k žiadnej výmene sady ozubených kolies. Výrobcovia ich montujú hlavne do hybridných a elektrických automobilov.

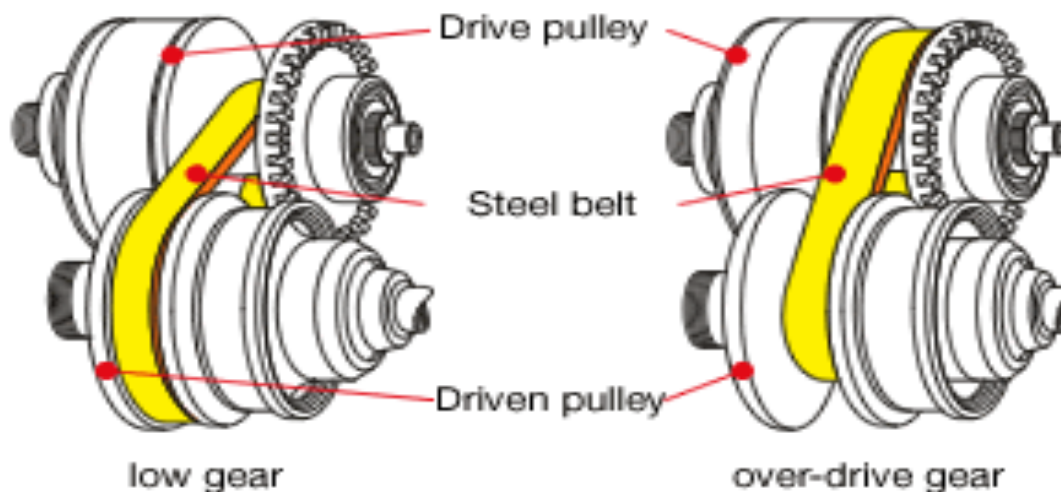
Väčšinou sa používajú pre vozidlá s náhonom prednej nápravy. Ponúkajú neobmedzený počet prevodových pomerov, preto je ich použitie výhodné z hľadiska výkonu, ekonomickej prevádzky a komfortu. [4]

1.4.1 PRINCÍP FUNKCIE

Obe hnacie kolesá majú svoj remenicový prevod, ktorého remenice sú delené. Približovaním alebo vzdalovaním oboch polovic remenice sa mení polomer dráhy, po ktorej sa pohybuje remeň a tým sa zároveň mení veľkosť prevodu. [8]

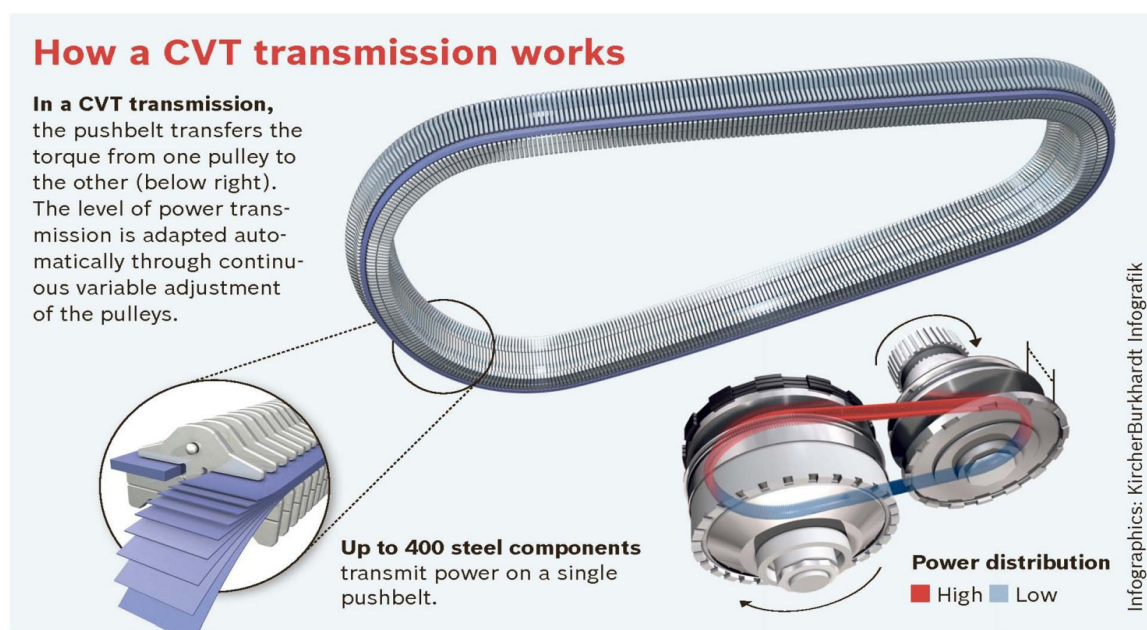
Otáčky motora sú prenášané cez samočinnú odstredivú spojku, spojovací hriadeľ a stály prevod. Pastorok tohto prevodu je v stálom zábere s dvoma kužeľovými kolesami, ktoré sa voľne otáčajú na spoločnom hriadeľi pre obe hnacie remenice. Medzi kužeľovými kolesami je posuvne uložená zubová spojka, ktorá zabezpečuje jazdu dopredu alebo dozadu tak, že spojí s hriadeľom iba jedno kužeľové koleso.

Na koncoch hriadeľa je pre každé hnacie koleso umiestnená jedna delená remenica s odstredivým regulátorom a podtlakovým valcom. Vonkajšia polovica remenice je posuvná, vnútorná sa v axiálnom smere pohybovať nemôže. Pružina hnanej remenice tlačí posuvnú polovicu k pevnej tak, že remeň je nastavený na najväčší priemer. Naopak ťahom remeňa je posuvná polovica odtláčaná od pevnej tak, že remeň je nastavený na najmenší priemer. Tak sa dosiahne najvyšší prevod. So zvyšovaním otáčok motora sa zapína odstredivá spojka a spojovací hriadeľ sa začne otáčať. Zároveň s vyššími otáčkami sa závažia regulátoru vzdávajú od svojej osi otáčania a tým pritláčajú posuvnú polovicu hnanej remenice k pevnej. Medzera pre klinový remeň sa znižuje a ten zväčšuje svoj priemer. Veľkosť aktuálneho prevodu sa plynule mení v závislosti na jazdných odporoch a okamžitom výkone motora. Podtlakový valec pracuje spoločne s odstredivým regulátorom a jeho činnosť je závislá na tlaku v sacom potrubí. Pri prudkom zošliapnutí plynového pedálu podtlak v sacom potrubí klesne a motor ľahšie nadobudne vyšších otáčok, pretože odstredivé závažia nie sú poháňané účinkami podtlakového valca a prevod sa hneď nezmenší. Toto umožňuje využitie najväčšieho výkonu motora.



Obr. 6 CVT [11]

Klíčovým a velmi namáhaným prvkem je článkovaný remeň. Je složený z přibližně 400 lisovaných ocelových prvků s hrúbkou asi 0.1 mm, které sa montujú za sebou na prstence z vysoko legovaných ocelí. [12] Vďaka tejto konštrukcii je remeň veľmi ohybný a zároveň stabilný. [13]

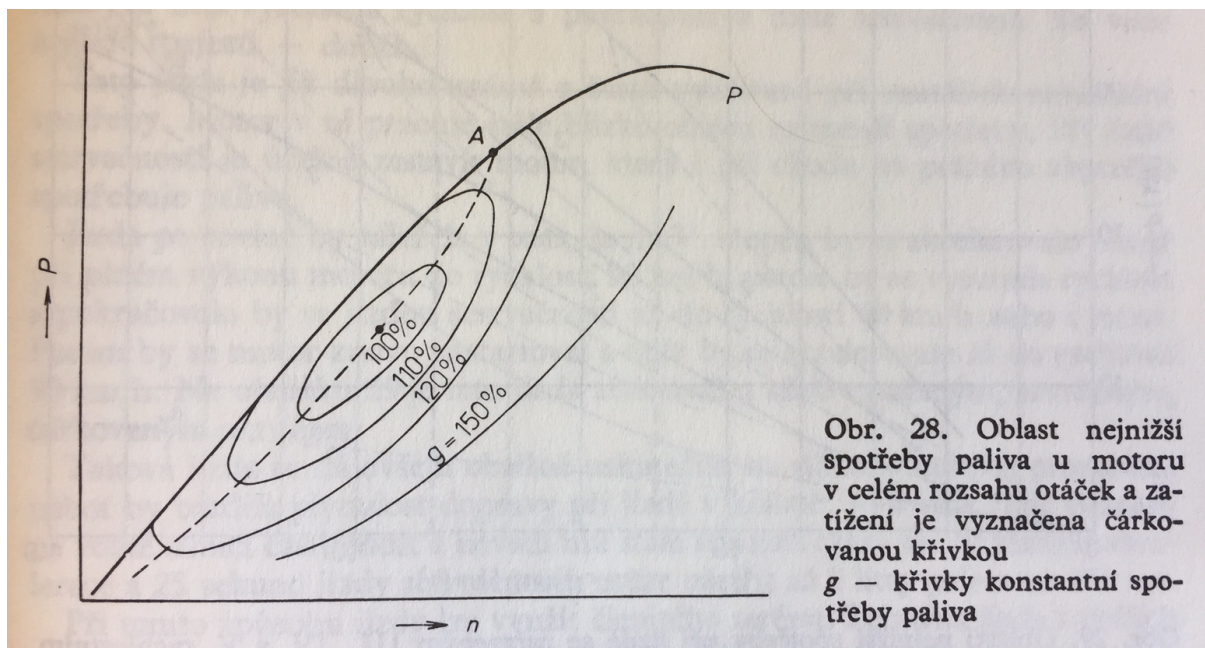


Obr. 7 How a CVT transmission works [13]

2 VYBRANÉ TYPY PREVODOVIEK A ICH VPLYV NA SPOTREBU PALIVA

Jednou z hlavných požiadaviek prevádzkovateľov pri výbere automobilu je jeho nízka spotreba. Je stredobodom pozornosti pre majiteľov súkromných automobilov aj pre firmy, ktoré vlastnia celú flotilu osobných automobilov takže ekonomická prevádzka je pre nich prvým kritériom pri nákupe. Pre dosiahnutie nízkej spotreby je veľmi dôležité poznať činitele, ktoré spotrebu ovplyvňujú. Hlavnými sú automobil, vodič a prevádzkové vplyvy. Spotreba je z hľadiska automobilu ovplyvňovaná vplyvom jeho konštrukcie a jeho technickým stavom. Vodič spotrebu ovplyvňuje hlavne technikou jazdy a nemenej dôležitými sú prevádzkové vplyvy cestných komunikácií a dopravnej infraštruktúry. Do týchto kategórií patrí obrovský počet ďalších činiteľov. Niektoré pôsobia na spotrebu priamo, ako napríklad technické parametre. Ďalšie pôsobia nepriamo a nedá sa presne definovať miera ich vplyvu. Tieto faktory sa tiež navzájom ovplyvňujú. Problematiku spotreby pohonných hmôt je treba riešiť ako súhrnný systém. Ak sa venuje veľká pozornosť niektorej z oblastí a iná sa zanedbáva, hospodárnej prevádzky automobilu nie je možné dosiahnuť. Napríklad zlá technika jazdy vodiča sa v krátkej dobe prejaví na technickom stave automobilu. Naopak vo vozidle so zlým technickým stavom nedokáže ani vodič s dobrou technikou jazdy zabezpečiť ekonomickú prevádzku. [14]

Najvýhodnejší spôsob je jazda rovnomernou rýchlosťou po rovine. Pri takejto jazde stačí prekonať iba valivé a aerodynamické odpory. Každé zastavenie a následné uvedenie vozidla do pohybu vyžaduje množstvo energie. Pri zastavení sa kinetická energia mení na teplo v dôsledku brzdenia. Pre návrat na pôvodnú rýchlosť je treba udeliť celej hmotnosti vozidla potrebné zrýchlenie ale takisto je nutné roztočiť zotrvačnik motora s kľukovým mechanizmom, všetky kolesá v prevodovke a rozvodvke, spojovacie hriadele a kolesá vozidla. Tieto hmoty sa značne zredukujú na obvod hnacieho kolesa hlavne pri zaradení nižších rýchlostných stupňov. Pri osobnom automobile a zaradenom prvom prevodovom stupni je to 1,6 až 1,8 násobok hmotnosti vozidla. Pri priamom zábere je to 1,05 až 1,06 násobok jeho hmotnosti. Pri každom preradení je nutné spomaliť všetky rotačné súčasti v motore, spojke a prevodovke, čo spôsobuje straty energie. Ideálne by mal motor mať najväčší výkon v jeho hospodárnej prevádzkovej oblasti a otáčky by sa nemali meniť. Po rozbehnutí a ustálení rýchlosti vozidla na rovnomernej hodnote sa výkon motora zníži. Aj v tomto prípade by mal motor pracovať v oblasti najhospodárnejšej prevádzky. Toto nastane pri nižších otáčkach ako sú tie, pri ktorých motor dosahuje maximálny výkon. Nie je preto vhodné motor prevádzkovať pri maximálnych otáčkach za účelom dosiahnutia najvyššieho výkonu. Stratový výkon sa pri zachovaní stálych otáčok síce mení iba minimálne, no jeho podiel v celkovom výkone rastie. Preto sa mechanická účinnosť motora znižuje. [15]



Obr. 8 Závislost' výkonu na otáčkach [15]

Na obrázku je vidieť závislosť výkonu motora na jeho otáčkach s vyznačením krivky najnižšej spotreby paliva.

Hodnoty spotreby paliva automobilu a jeho emisií sú vo veľkej miere závislé na spôsobe ich merania. Testovacie podmienky bez vonkajších vplyvov poveternostných podmienok a cestných komunikácii dokážu výrazne skresliť výsledky. FTP a HFET sú príkladom používaných testovacích procedúr na dynamometroch, z ktorých vychádzajú niektoré hodnoty uvedené nižšie. FTP cyklus je používaný v Spojených štátoch amerických pre testovanie emisií a spotreby paliva ľahkých automobilov na dynamometri. Pozostáva z týchto častí:

- Prechodná fáza so studeným štartom za teploty okolia od 20 do 30°C, trvanie 0-505 s
- Stabilizovaná fáza, trvanie 506-1372 s
- Odstavenie vozidla za tepla, minimálne 540 s, maximálne 660 s
- Prechodná fáza s teplým štartom, trvanie 0-505 s

Hlavné parametre tohto cyklu:

- Trvanie – 1877 s
- Prejdená vzdialenosť – 17,77 km
- Priemerná rýchlosť – 34,12 km/h
- Maximálna rýchlosť – 91,25 km/h [16]

HFET cyklus je používaný pre meranie spotreby paliva ľahkých automobilov na dynamometri. Jeho charakteristiky sú:

- Trvanie – 765 s
- Prejdená vzdialenosť – 16,45 km
- Priemerná rýchlosť – 77,7 km/h

Test sa vykonáva dvakrát, prvýkrát pre stabilizáciu podmienok. Po sedemnásť sekundovej prestávke nasleduje druhé opakovanie, v ktorom sa meria spotreba paliva a emisie automobilu.

FTP cyklus je používaný pre testovanie v mestskej premávke, zatiaľ čo HFET cyklus je zameraný na diaľničnú prevádzku. [17]

2.1 KONVENČNÁ AUTOMATICKÁ PREVODOVKA S MENIČOM KRÚTIACEHO MOMENTU

Za posledných 25 rokov automatické prevodovky zaznamenali tri hlavné pokroky, ktoré pomohli zlepšiť spotrebu paliva. Je to zvýšenie počtu prevodových pomerov, zavedenie uzamykateľného meniča krútiaceho momentu a elektronického ovládania. Uzamykateľné meniče krútiaceho momentu zahŕňajú mechanickú spojku, ktorá dokáže spojiť čerpadlo a turbínu v čase keď nedochádza k radeniu. Táto spojka zabezpečuje, že účinnosť meniča krútiaceho momentu sa blíži k 100 percentám. [18]

Podmienky, pri ktorých môže byť menič uzamknutý sú rôzne, no vo väčšine moderných vozidiel sa uzamyká pri asi pri 50 až 65 km/h. V budúcnosti sa očakáva skrátenie tohto času. Tzv. ofenzívne riadenie uzamknutia menič uzamkne hneď pri zaradení druhého prevodového stupňa.

Tab. 1 FTP cyklus [19]

FTP	Normal Strategy	Aggressive Strategy
Percentage of time torque converter is locked up	8.3%	67.6%

Tabuľka udáva čas, kedy je v mestskom cykle FTP menič uzamknutý v percentách. Je zjavné, že pomocou ofenzívneho spôsobu riadenia uzamykania sa dosiahne výrazne vyšší čas, teda je účinnosť prevodovky v mestskej prevádzke vyššia.

Tab. 2 HFET cyklus [19]

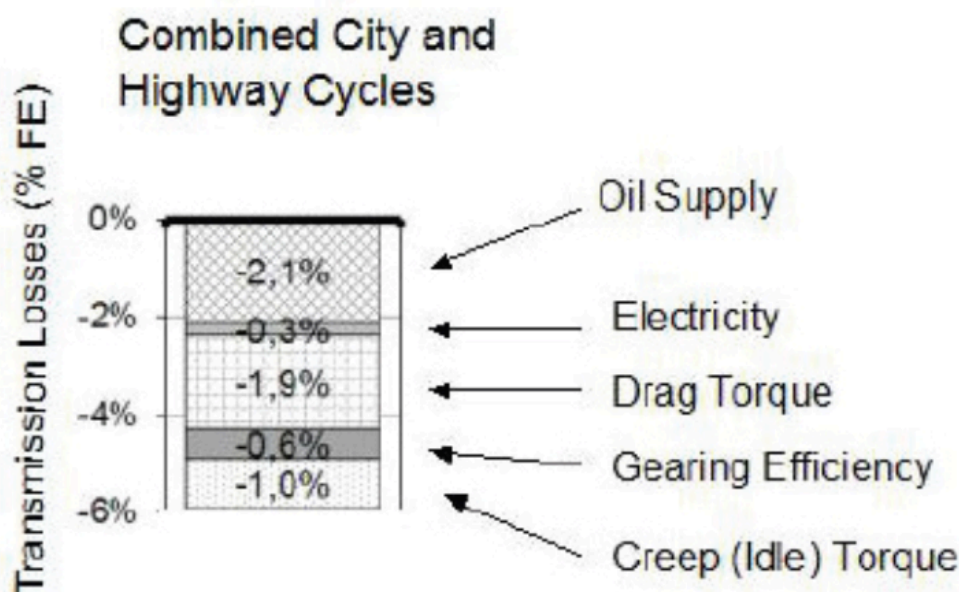
HFET	Normal Strategy	Aggressive Strategy
Percentage of time torque converter is locked up	89.3%	97.7%

Tabuľka udáva čas, kedy je menič uzamknutý v diaľničnom cykle HFET. Rozdiel medzi ofenzívnym a bežným spôsobom uzamknutia je menší ako v mestskom cykle, no ofenzívny spôsob aj v diaľničnej premávke dosahuje vyššie časy, kedy je menič uzamknutý. [19]

V posledných rokoch sa zdokonalila elektronika riadiacich jednotiek a tak sa čas, kedy je menič uzamknutý mohol zvýšiť. Elektronika však neovláda iba spínanie spojky meniča. V deväťdesiatych rokoch boli riadiace jednotky motora a prevodovky spojené, takže celý systém mohol pracovať jednotne. V kombinácii s elektronickou škrtiacou klapkou, kontrolou zapalovania a paliva je možné optimalizovať správanie motora počas preradenia rovnako, ako počas akcelerácie.

Spotreba paliva sa v dnešnej dobe meria počas štandardizovaných jazdných cyklov na dynamometroch, takže je možné kalibrovať odozvu škrtiacej klapky bez ohľadu na to, ako vodič stláča plynový pedál. Týmto spôsobom sa dá dosiahnuť, že skutočná odozva vozidla sa viac približuje danému jazdnému cyklu, takže prevodovka radí stupne pri nižších otáčkach. [18]

Ďalším spôsobom, ako znížiť spotrebu paliva je redukovanie vonkajších strát.



Obr. 9 Vonkajšie straty prevodovky [20]

Obrázok č.9 popisuje straty v osemstupňovej automatickej prevodovke. Celkové vonkajšie straty zodpovedajú 6 % strate na spotrebe paliva. Tieto straty sú spôsobené hlavne činiteľmi ako prívod oleja, ťažný krútiaci moment, trecí krútiaci moment. 2,1 % strata náleží prívodu oleja. Väčšia časť týchto strát je spôsobená olejovým čerpadlom. Automatické prevodovky používali gerotorové čerpadlá vyvedené z meniča krútiaceho momentu, no vhodnejšie je použiť čerpadlo s variabilným umiestnením a dvojstupňové lopatkové čerpadlo, pretože takéto riešenie znižuje hlavný vstupný tlak. Lopatkové čerpadlo s variabilným umiestnením výrazne redukuje straty a dá sa pomocou neho zlepšiť spotreba paliva až o 1 percento v porovnaní s klasickým gerotorovým čerpadlom. Nedávno predstavené prevodovky používajú lopatkové čerpadlá s mimoosovým umiestnením. Tieto čerpadlá sú poháňané reťazou mimo hlavnej vstupnej osi a niekedy s rýchlou zmenou prevodového pomeru, kvôli prevádzkovaniu čerpadla v účinnejšom rozsahu rýchlostí. Ďalší spôsob zníženia strát spôsobených olejovým čerpadlom môže byť použitie systému dvojitých čerpadiel. Takýto systém pracuje v prevodovke Mercedes 9G-Tronic. Zníženie spotreby je preukázateľné, no nevýhodou je cena. Menšie a častejšie pracujúce čerpadlo systému dvojitých čerpadiel je lepšie optimalizovateľné pre dané pracovné podmienky ako väčšie čerpadlo s variabilným umiestnením.

Druhé najväčšie straty spôsobuje trecí moment od spojok, bŕzd, ložisiek a tesnení. Prevodovky využívajúce suché spojky preukazujú trecie straty od nezopnutých lamelových

spojok rotujúcich v oleji. Straty sú spôsobené uvoľňovaním oleja medzi rotujúce časti nezopnutej lamelovej spojky. Menšie medzery medzi lamelami a olej väčšej viskozity znamenajú väčšie straty. Zníženie týchto strát je možné vďaka drážkam na trecom materiáli lamiel, ktoré zabezpečujú lepšie prúdenie oleja medzi lamelami a zároveň majú chladiaci účinok. Takisto umiestnenie zvlnených pružín medzi lamely vytvára väčšie medzery a umožňuje voľnejšie prúdenie oleja. Čím väčšie sú medzery tým menej dochádza k uvoľňovaniu oleja, no príliš veľké medzery negatívne pôsobia na dobu odozvy spojky.

Najúčinnejší spôsob zopnutia spojky je uzavrieť ju čo najrýchlejšie, no spôsobuje to nežiadúci hluk, vibrácie a znižuje plynulosť jazdy. Pre obmedzenie týchto negatívnych vplyvov sa vyžaduje istá miera preklzu spojky. Preklzom sa však vytvára teplo, ktoré treba odvieť vhodným systémom chladenia. Výsledkom je zvýšenie spotreby paliva. Niektoré konvenčné automatické prevodovky používajú tzv. mikro-preklz. Jedná sa o veľmi jemný preklz, ktorý zamedzuje vibráciám v hnacom ústrojenstve. Tento proces nie je efektívny, no zvyčajne sa používa iba pri prechode nízkymi otáčkami.

Zníženie spotreby paliva je možné dosiahnuť použitím prevodových kvapalín s nízkou viskozitou. Olej v prevodovke vytvára tenkú vrstvu medzi zubmi prevodov a tak predchádza kontaktu dvoch kovov. Za týmto účelom sa používa olej s vyššou viskozitou. Olej s nízkou viskozitou by neumožnil dostatočne vysoké zaťaženia zubov a ložísk a takisto by negatívne vplýval aj na životnosť prevodovky. Výber oleja s nízkou viskozitou teda spotrebu zníži na úkor nižšej životnosti.

Prevody s ozubenými kolesami sú najefektívnejším spôsobom prenosu krútiaceho momentu v prevodovke, avšak istá strata krútiaceho momentu nastáva pri vzájomnom odvaľovaní zubov kolies a stláčaním oleja medzi nimi, čo vytvára teplo. Tieto straty môžu byť znížené zlepšením povrchovej úpravy styčných plôch ozubených kolies. Superfinišovanie a použitie rôznych povlakov síce znižuje spotrebu, no rastie cena. [20]

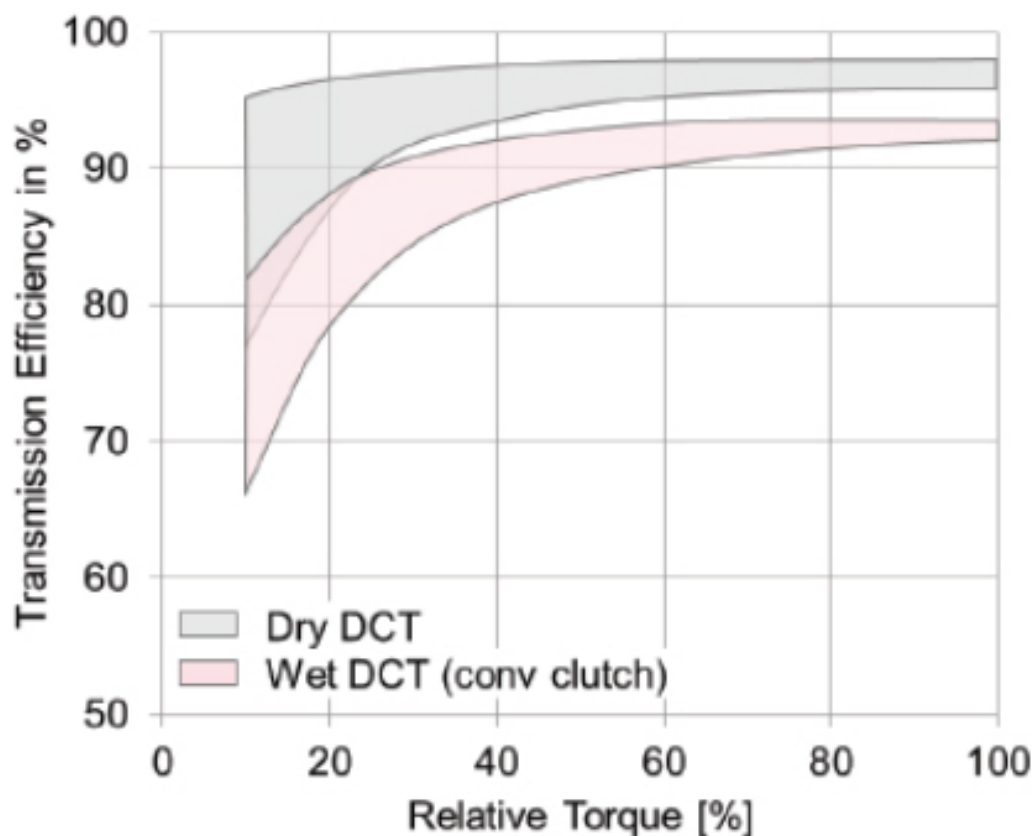
2.2 DVOJSPOJKOVÁ AUTOMATICKÁ PREVODOVKA

Tento typ prevodovky disponuje v oblasti účinnosti a následného vplyvu na spotrebu paliva výhodami manuálnej prevodovky. Použitie mechanických spojok prispieva k účinnosti a plne elektronické riadenie umožňuje upravovať účinnosť rovnakými spôsobmi ako pri konvenčných automatických prevodovkách s meničom krútiaceho momentu. [18]

Dvojspojkové prevodovky majú vonkajšie straty porovnateľné s manuálnymi prevodovkami a značne nižšie ako konvenčné automatické prevodovky. Je to vďaka použitým čerpadlám, mazaniu brodením a minimalizovaním trecích strát v spojkách, pretože sú použité iba dve. Napriek značne nižšej spotrebe tieto prevodovky nie sú výrazne obľúbenejšie ako konvenčné automatické prevodovky. Hydrodynamické meniče krútiaceho momentu zabezpečujú hladký a plynulý rozjazd vozidla, čo je pri dvojspojkových prevodovkách ťažko dosiahnuteľné. Tento nedostatok riešila automobilka Honda, keď v roku 2015 oznámila vývoj prvej dvojspojkovvej prevodovky s meničom krútiaceho momentu. Iní výrobcovia tento problém riešili nahradením suchej spojky mokrou spojkou. Aj keď suché spojky prinášajú asi o 0,5 až 1 % nižšiu spotrebu, nie sú u zákazníkov obľúbené práve kvôli nedostatočne plynulej jazde nízkou rýchlosťou. [20]

Vonkajšie straty sú spôsobené rovnakými činiteľmi ako konvenčných automatických prevodovkách. Rozdiel nastáva pri stratách v spojkách. Nakoľko v konvenčnej automatickej

prevodovke je päť až šesť nezopnutých spojok, v dvojspojkových prevodovkách spôsobuje aktuálne straty iba jedna. Pre zníženie trecích strát v spojke riadiaca jednotka navyše vyradí z činnosti synchronizátor v situáciách, v ktorých nie je potrebný. Narozdiel od predošlého prípadu sa pri tejto prevodovke nevyskytujú straty v meniči krútiaceho momentu.



Obr. 10 Porovnanie účinnosti prevodovky so suchou a mokrou spojkou [20]

Na obrázku č.10 je porovnanie strát prevodovky so suchou a mokrou spojkou. Výhody modernejšej konštrukcie s mokrou spojkou ako napríklad časované chladenie spojky znížili straty spájané s mokrými spojkami. Konštrukcia so suchou spojkou má zjavne vyššiu účinnosť a teda nižšie straty ale je obmedzená maximálnou hodnotou krútiaceho momentu, ktorý môže preniesť. To je dôvod, prečo je vhodnejšie používať prevodovku so suchou spojkou pre vozidlá s menšími motormi. Od ďalšej generácie prevodoviek s mokrou spojkou sa očakávajú hodnoty účinnosti dosahujúce spodnú hranicu rozsahu účinnosti prevodoviek so suchými spojkami. [20]

2.3 BEZSTUPŇOVÁ (VARIÁTOROVÁ) PREVODOVKA

Prevodovky s plynule meniteľným prevodovým pomerom sa vďaka svojej jednoduchšej mechanickej konštrukcii a veľmi dobrým vplyvom na spotrebu paliva stávajú stále viac obľúbenými. Hlavným dôvodom ich efektivity je práve plynulá zmena prevodového pomeru, čo umožňuje motoru pracovať v najužitočnejších otáčkach pri daných požiadavkách na výkon.

Hlavné činitele ovplyvňujúce vonkajšie straty:

- remenicami vyžadované tlaky pri vysokých krútiacich momentoch
- počet nezopnutých spojok (zvyčajne nula alebo jedna)
- straty v meniči krútiaceho momentu v čase keď nie je uzamknutý (pri voľnobežných a nízkych otáčkach)
- mikro-preklz

Tieto prevodovky znevýhodňuje požiadavka vysokého tlaku v remenicách, ktoré musia zabezpečiť upínacie zaťaženie na remeni. V dôsledku toho straty rastú so zväčšujúcim sa krútiacim momentom, ktorý prevodovka prenáša. Najnovšie bezstupňové prevodovky majú podobné straty ako konvenčné automatické prevodovky vďaka zdokonalenému riadeniu, zlepšenej konštrukcii piestov a remeňov a zníženiu upínacích tlakov. [20]

Toyota pre redukcii týchto strát vyvinula olejové čerpadlo poháňané motorom s druhým výstupným otvorom. Nízkotlakový výstup ovláda mazanie prevodovky. Vysokotlakový výstup nahrádza hydraulickú silu potrebnú na upnutie remeňa okolo hnanej a hnacej polovice remenice. Takýto čerpadlový systém predchádza preklzu a znižuje straty. Táto prevodovka navyše obsahuje mód, v ktorom vodič môže voliť sedem virtuálnych stupňov. Stráca sa tak tzv. gumový pocit z akcelerácie a vodič môže týmto spôsobom viac zasahovať do radenia automobilu. [21]

Vo väčšine bezstupňových prevodoviek je použitý menič krútiaceho momentu. V porovnaní so spojku predstavuje plynulejšie riešenie. Pre zvýšenie účinnosti špeciálna spojka uzamkne tento menič v istých rýchlostiach. Podobným spôsobom ako pri konvenčných automatických prevodovkách sa táto účinnosť zvyšuje spoločne s rastúcim časom, kedy je menič uzamknutý. Motorom poháňané čerpadlo prevádza hydraulickú energiu na automatizáciu a ovládanie prevodovky. Pri nízkych rýchlostiach čerpadla a vysokých tlakoch je dôležitá objemová využiteľnosť čerpadla. Čím väčšia je kapacita čerpadla, tým lepšia je spotreba paliva. V bezstupňovej prevodovke variátor vyžaduje vysoké hodnoty tlaku. Spojka, menič krútiaceho momentu a mazanie vyžadujú naopak nižšie tlaky. Všetok olej dodávaný čerpadlom je najprv stlačený na variátorový tlak. Čerpadlo potom pri väčšine úkonov dodáva prebytok toku pri prebytku tlaku. Toto má veľký vplyv na účinnosť prevodovky. [22]

2.4 VZÁJOMNÉ POROVNANIE VPLYVOV PREVODOVIEK NA SPOTREBU PALIVA

Všetky uvedené údaje vychádzajú zo simulácie, ktorá bola uskutočnená v teplých podmienkach (približne 20°C, komponenty vozidla boli zahriate na prevádzkovú teplotu). Tento prístup bol zvolený na základe predpokladu, že všetky skúmané prevodovky majú rovnakú zahrievaciu charakteristiku. Simulácia bola realizovaná nástrojom Autonomie, prostredím založenom na softvéri MATLAB. Dvojstupňové testovacie procedúry pozostávajú z cyklu FTP a HFET. Kombinované hodnoty sú z 55 % z FTP cyklu a 45 % HFET cyklu.

Vozidlo, na ktorom boli prevodovky testované je konvečné vozidlo strednej triedy. Motor je jedným z hlavných komponentov ovplyvňujúcich spotrebu paliva. Výhody pokrokových automatických prevodoviek sú pri použití motorov pokročilých technológií menej očakávané z dôvodu ich vysokej účinnosti. Hlavné charakteristiky motora použitého pri danej štúdii takisto ako iné predpoklady (okrem predpokladov týkajúcich sa priamo prevodovky) sú uvažované ako konštatné. To umožňuje sústrediť sa výlučne na vplyv prevodovky na efektivitu prevádzky. Výkon motora je 115 kW pri 5600 ot/min a testovacia hmotnosť vozidla 1580 kg. Uvažovaný je štvorvalcový motor s objemom 2,198 l, s DOHC rozvodom a priamym vstrekaním paliva, recirkuláciou výfukových plynov a kompresným pomerom 12:1. Maximálny krútiaci moment motora je 220 Nm pri 3800 ot/min.

Tab. 3 Spotreba paliva konvenčných automatických prevodoviek [19]

Fuel Consumption Results			
Conventional – Automatic Transmission	FTP	HFET	Combined
5-speed – 92% efficiency	7.64	5.50	6.50
6-speed – 92% efficiency	7.62	5.44	6.45
Improvement (%)	0.38	1.11	0.77
6-speed – 92% efficiency	7.62	5.44	6.45
8-speed – 92% efficiency	7.53	5.29	6.33
Improvement (%)	1.08	2.61	1.90
8-speed – 92% efficiency	7.53	5.29	6.33
8-speed – 96% efficiency	7.31	5.13	6.14
Improvement (%)	2.92	3.05	2.99

V tabuľke sú údaje o spotrebe paliva vozidla v l/100 km v cykloch FTP a HFET rôznych konvečných automatických prevodoviek. Ide o päť, šesť a osemstupňové prevodovky s 92 % účinnosťou a osemstupňovú prevodovku s 96 % účinnosťou. V kombinovanom cykle pridanie jedného prevodového stupňa pri nezmenenej účinnosti prevodovky vykazuje zlepšenie spotreby paliva asi o 0,75 %. V diaľničnom HFET cykle je šiesty prevodový stupeň využívaný viac, preto je spotreba nižšia až o viac ako 1 %. Pridanie dvoch prevodových stupňov (šesť a osemstupňová prevodovka) ešte viac zlepšuje spotrebu paliva. V kombinovanom cykle siedmy a ôsmy stupeň zlepšujú spotrebu o takmer 2 %. Opäť sa pri spotrebe v diaľničnom cykle prejavuje pridanie dvoch posledných stupňov poklesom o približne 2,5 %. Najmarkantnejší rozdiel v spotrebe však nespôsobí pridanie prevodových stupňov ale zvýšenie účinnosti prevodového ústrojenstva. Osemstupňová prevodovka s 96 % účinnosťou má oproti rovnakej prevodovke s 92 % účinnosťou až o tri % nižšiu spotrebu paliva v kombinovanom cykle. Percentuálny rozdiel v mestskom a diaľničnom cykle je približne vyrovnaný. Zlepšenie spotreby pridaním prevodových stupňov je spôsobené v prvom rade výrazným znížením prevádzkových otáčok motora. V nízkych otáčkach, teda na ôsmom prevodovom stupni motor počas diaľničného HFET cyklu pracuje až 53 % času. Pri siedmom prevodovom stupni motor pracuje počas tohto testovacieho cyklu takmer 38 % času.

Zlepšenie v dôsledku zvýšenia účinnosti vedie k nižším požiadavkám na výkon motora a teda k nižšej efektívnosti motora.

Tab. 4 Spotreba paliva dvojspojkových automatických prevodoviek [19]

DCT			
Conventional – DCT	FTP	HFET	Combined
6-speed – 92% efficiency	7.35	5.22	6.21
8-speed – 92% efficiency	7.23	5.09	6.08
Improvement (%)	1.63	2.51	2.10
8-speed – 92% efficiency	7.23	5.09	6.08
8-speed – 96% efficiency	7.05	4.94	5.91
Improvement (%)	2.49	3.04	2.78
Comparison of automatic transmission (Table 9) with DCT	FTP	HFET	Combined
6-speed automatic – 92% efficiency	7.62	5.44	6.45
6-speed DCT – 92% efficiency	7.35	5.22	6.21
Improvement (%)	3.47	3.91	3.70

V tabuľke sú údaje o spotrebe paliva automobilu s dvojspojkovou automatickou prevodovkou v FTP a HFET cykloch. Porovnávaná bola šesťstupňová prevodovka s 92 % účinnosťou a osemstupňové prevodovky s 92 a 96 % účinnosťou. Dva pridané prevodové stupne vykazujú zlepšenie spotreby v kombinovanom cykle o približne dve %. Väčší rozdiel je opäť viditeľný v diaľničnom cykle HFET, kde sú siedmy a ôsmy stupeň najviac využívané. Osemstupňová prevodovka má o 2,5 % lepšiu spotrebu paliva. Zvýšenie účinnosti o 4 % prináša zlepšenie spotreby paliva o takmer 2,8 % v kombinovanom cykle. Keďže prevodovky majú rovnaký počet stupňov, rozdiely medzi mestským a diaľničným cyklom sú menšie. V porovnaní konvenčnej šesťstupňovej a dvojspojkovvej šesťstupňovej prevodovky (obe s 92 % účinnosťou) sa rozdiely zvyšujú. V kombinovanom cykle má dvojspojková prevodovka o 3,7 % lepšiu spotrebu paliva. Dôvodom nízkej spotreby osemstupňovej prevodovky pri diaľničnej prevádzke je ôsmy prevodový stupeň, ktorý bol zaradený až 81 % času testu. Šiesty prevodový stupeň šesťstupňovej prevodovky bol počas diaľničného testu zaradený 72 % času, no pri vyšších otáčkach, čo spôsobuje vyššiu spotrebu paliva. V mestskom cykle FTP šesťstupňová prevodovka pracovala najčastejšie na štvrtom stupni, a to až 30 % času. Osemstupňová prevodovka v cykle FTP najčastejšie využívala piaty stupeň, a síce 22 % času. Z pohľadu vodiča je dôležitým činiteľom hodnota otáčok motora. V mestskom cykle FTP boli priemerné otáčky motora pri šesťstupňovej prevodovke 1382 ot/min. Osemstupňová prevodovka dosiahla priemerné otáčky 1354 ot/min. V diaľničnom HFET cykle sú rozdiely v otáčkach medzi šesť a osemstupňovou prevodovkou väčšie. Šesťstupňová prevodovka dosiahla priemerné otáčky 1604 ot/min, zatiaľ čo osemstupňová 1425 ot/min. Konvečná a

dvojspojková automatická prevodovka boli navzájom porovnané simuláciou v aute kompaktnej triedy s motorom výkonu 98 kW a testovacou hmotnosťou 1356 kg.

Tab. 5 Porovnanie spotrieb jednotlivých automatických prevodoviek [19]

Fuel Consumption Results			
Conventional – Automatic Transmission	FTP	HFET	Combined
5-speed – 92% AU	7.28	5.47	6.34
6-speed – 92% AU	7.25	5.29	6.21
Improvement (%)	0.52	3.39	2.04
6-speed – 92% AU	7.25	5.29	6.21
6-speed – 92% DCT	6.79	5.20	5.97
Improvement (%)	6.29	1.68	3.91
6-speed – 92% DCT	6.79	5.20	5.97
8-speed – 92% DCT	6.71	5.07	5.86
Improvement (%)	1.20	2.46	1.85
8-speed – 92% DCT	6.71	5.07	5.86
8-speed – 96% DCT	6.54	4.92	5.70
Improvement (%)	2.53	2.95	2.75

V tabuľke sú hodnoty spotreby paliva pre päť a šesťstupňovú konvenčnú automatickú prevodovku s 92 % účinnosťou porovnané s hodnotami šesť a osemstupňových dvojspojkových prevodoviek s 92 % účinnosťou a osemstupňovej prevodovky s 96 % účinnosťou. Rozdiel v hodnotách spotreby päť a šesťstupňovej konvenčnej automatickej prevodovky je v mestskom cykle iba 0,5 %. Zvýši sa pri diaľničnej prevádzke, kde šiesty prevodový stupeň spotrebu zníži o približne 3,4 %. Najväčší rozdiel v spotrebe paliva je v porovnaní mestských aj kombinovaných cyklov šesťstupňovej konvenčnej automatickej a dvojspojkovovej prevodovky. Dvojspojková prevodovka je tu úspornejšia až o 6,3 %. V dôsledku rovnakého počtu stupňov sa v diaľničnom cykle spotreby vyrovnávajú, dvojspojková prevodovka je úspornejšia o približne 1,7 %. Rozdiely v spotrebe kompaktného vozidla so šesťstupňovou dvojspojkovou a osemstupňovou dvojspojkovou prevodovkou sú podobné ako vo vozidle strednej triedy popísané vyššie. Zvýšenie účinnosti prevodovky na spotrebu kompaktného vozidla taktiež pôsobí rovnako ako na vozidlo strednej triedy popísané vyššie. [19]

Všeobecnejšie porovnanie typov prevodoviek udáva zlepšenie spotreby paliva oproti štvorstupňovej konvenčnej automatickej prevodovke. Päťstupňová konvenčná automatická prevodovka dosiahne o 2-3 % lepšiu spotrebu paliva, zatiaľ čo šesťstupňová o 3-5 %. S počtom prevodových stupňov sa spotreba zlepšuje, sedemstupňová vykazuje zlepšenie o 5-7 %, osemstupňová o 6-8 %. Šesťstupňová dvojspojková automatická prevodovka má lepšiu spotrebu o 6-9 %. Zlepšenie spotreby použitím variátorovej prevodovky viac závisí na objeme motora. Pohybuje sa v rozmedzí 1-7 %. [23]

3 VYBRANÉ TYPY PREVODOVIEK A ICH NÁROČNOSŤ NA VÝROBU

Prvým kritériom pre sériovú výrobu automatickej prevodovky je pre výrobcu cena. Preto je dôležité, aby prevodovka obsahovala čo najmenej komponentov, ktoré sa dajú čo najjednoduchšie vyrobiť. Je takisto dôležité aby materiály, z ktorých sa tieto komponenty vyrábajú boli lacné. Na druhej strane musí produkt splniť isté požiadavky na životnosť. Treba dôkladne zabezpečiť aj ich funkciu, pretože prevodovka je neodmysliteľnou súčasťou pohonného reťazca automobilu. Aby boli tieto požiadavky splnené je nutné uvážiť aký typ automatickej prevodovky je vhodné použiť. Mechanická náročnosť výroby automatickej prevodovky sa priamo odvíja od počtu použitých súčiastok a ich zložitosti. Výroba hydrodynamického meniča krútiaceho momentu je napríklad náročnejšia ako výroba obvyčajnej suchej spojky.

Nasledujúce údaje o priamych výrobných cenách jednotlivých komponentov automatických prevodoviek sa týkajú vozidla strednej triedy s radovým štvorvalcovým motorom do I. Sú odvodené z analýzy, ktorá vznikla v spolupráci agentúry EPA a spoločnosti FEV realizujúcej výskumy v oblasti inžinierskeho vývoja.

3.1 POROVNANIE VÝROBNÝCH NÁKLADOV PÄŤ A ŠEŠŤSTUPŇOVEJ AUTOMATICKEJ PREVODOVKY

Podľa dát pre šesťstupňovú automatickú prevodovku pre modelové roky 2012-2016 podľa štandardov CAFE má nižšiu priamu výrobnú cenu vzhľadom k päťstupňovej automatickej prevodovke.

Problematika tejto analýzy spočíva v nasledujúcich bodoch:

- Základom porovnávania bola päťstupňová automatická prevodovka.
- Šesťstupňová prevodovka mala súbor prevodov typu Ravigneaux, zatiaľ čo päťstupňová mala tri súbory planétových prevodov, čo je zložitejšia konštrukcia ako súbor prevodov typu Ravigneaux.

Tri súbory planétových prevodov vyžadujú 9 ovládacích prvkov (4 lamelové spojky, 3 kotúčové brzdy a 2 voľnobežky). Súbor prevodov typu Ravigneaux vyžaduje iba 6 ovládacích prvkov (2 lamelové spojky, 3 kotúčové brzdy a 1 voľnobežku). Podobný súbor prevodov typu Ravigneaux a usporiadanie ovládacích prvkov menej náročné na výrobu by mohli byť použité aj pre päťstupňovú prevodovku. Týmto spôsobom by sa dosiahlo rovnaké zníženie nákladov ako pri šesťstupňovej prevodovke. V tejto cenovej analýze je teda šesťstupňová prevodovka zvýhodnená vďaka celkovo zložitejšej konštrukcii päťstupňovej automatickej prevodovky, ktorá obsahuje viac komponentov. Napriek tomu takéto porovnanie viac zodpovedá reálnemu trhu nakoľko vývoj pokročil a výrobcovia môžu používať viacstupňové prevodovky s jednoduchšou konštrukciou.

3.2 POROVNANIE VÝROBNÝCH NÁKLADOV ŠEŠŤ A OSEMSTUPŇOVEJ AUTOMATICKEJ PREVODOVKY

Spoločnosť FEV vypracovala pre agentúru EPA cenovú štúdiu, v ktorej porovnáva priame výrobné ceny osemstupňovej automatickej prevodovky vzhľadom k šesťstupňovej. V tejto analýze sú porovnané prevodovky ZF 8HP70 RWD a ZF 6HP26 RWD. Šesťstupňová prevodovka funguje na základe usporiadania prevodov typu Lepelletier. Toto usporiadanie využíva samostatný súbor planétových prevodov doplnený súborom prevodov typu Ravigneaux. Osemstupňová prevodovka využíva nový prevodový systém pozostávajúci zo 4 súborov planétových prevodov, ktoré ovládajú 3 lamelové spojky a dve brzdy. V analýze je však zohľadnené len pridanie prevodových stupňov. Takýmto postupom osemstupňová prevodovka vykázala vyššie výrobné náklady ako šesťstupňová prevodovka staršej technológie. Modernjšie postupy a technológie však môžu byť aplikované aj do výrobného postupu šesťstupňovej prevodovky. Takéto rozdiely tak vo veľkej miere ovplyvnia závery tejto štúdie. Činitele, ktoré ovplyvňujú prírastok nákladov sú nasledovné:

- Modifikovaná stratégia ovládanie hydrauliky, modifikovaný cievkový ventil a trecie kotúče
- Solenoidy so skráteným časom odozvy a riadením toku prúdu
- Zdokonalené rýchlostné a tlakové senzory
- Úpravy na skrini prevodovky (zníženie váhy – použitie magnézia namiesto hliníka)

3.3 POROVNANIE VÝROBNÝCH NÁKLADOV ŠEŠŤ A OSEMSTUPŇOVEJ DVOJSPOJKOVEJ AUTOMATICKEJ PREVODOVKY

Proces odhadu výrobných nákladov vyžaduje výber príkladu novej technológie, ktorá bola aplikovaná do výrobného procesu a príkladu technológie, ktorá z výrobného procesu má byť vyradená. Pre čo najpresnejší odhad výrobných nákladov je výber týchto dvoch aspektov veľmi dôležitý. Vyskytne sa tu však riziko, že tento postup neposkytne výsledky, ktoré plne zodpovedajú aplikovaniu novej technológie na celú radu vozidiel. Týka sa to najmä prevodoviek, ktoré sa vyrábajú v rôznych konštrukčných obmenách. Dvojspojkové prevodovky používané rozdielnymi výrobcami majú rozdielnu mechaniku spojok spôsobu aktuácie radiacej vidlice. Aktuálne jednotky môžu byť elektromechanické, elektrohydraulické alebo kombinácia oboch. Spojkové moduly sa konštrukciou tiež líšia, niektoré využívajú torzný tlmič kmitov, iné tlmič v dvojhmotnom zotrvačníku.

Analýzou, ktorá porovnávala šesťstupňovú dvojspojkovú a šesťstupňovú konvenčnú automatickú prevodovku sa zistili nižšie výrobné náklady v prospech dvojspojčkovej prevodovky s mokrou spojkou. Vzájomné porovnanie dvojspojkových prevodoviek, teda suchej a mokrej spojky ukazuje, že použitie suchej spojky je ekonomicky výhodnejšie. Z dôvodu vyššie uvedených faktov, tieto odhady úplne nekorešponujú so skutočnosťou. Vyskytujú sa tu faktory, ktoré môžu ovplyvniť odhady výrobných nákladov:

- Zdokonalenie spojkových modulov
- Použitie synchronizátorov
- Zlepšenia mechatroniky spojky a aktuácie radenia
- Diferenciálne prevody
- Torzný tlmič vibrácií
- Skriňa prevodovky

Pridávaním ďalších prevodových stupňov pri zachovaní rovnakej konštrukcie sa logicky zvyšujú priame výrobné náklady. Sedemstupňová prevodovka bude mať nižšie výrobné náklady ako osemstupňová. Zmena šesťstupňovej prevodovky na osemstupňovú vyžaduje pridanie synchronizátoru, radiacej tyče a vidlice, aktuátoru a polohového senzoru. Avšak pri zmene na sedemstupňovú prevodovku je možné využiť voľnú stranu jedného zo synchronizátorov, čo eliminuje náklady na nový synchronizátor, radiacu tyč, vidlicu, aktuátor a polohový senzor. Náklady v tomto prípade zvýši iba pridaný prevodový pár, ihlové ložisko a prípadne väčšia skriňa prevodovky.

3.3.1 DVOJSPOJKOVÉ PREVODOVKY S VYSOKOU ÚČINNOSŤOU

Na aktuáciu spojok je v dvojspojkových prevodovkách väčšinou využívaná hydraulická sila a tieto zariadenia vykazujú isté straty. Tieto straty sa redukujú nahradením hydraulického systému elektromotorom poháňajúcim spojky a aktuátormi radiacej vidlice. Takéto riešenie prináša ďalšie zvýšenie výrobných nákladov.

3.3.2 DVOJSPOJKOVÉ PREVODOVKY S MENIČOM KRÚTIACEHO MOMENTU

Osemstupňová dvojspojková automatické prevodovka od Hondy spomenutá vyššie je prvou prevodovkou tohto typu, ktorá obsahuje menič krútiaceho momentu. Podľa vyhlásenia výrobcu pridanie meniča krútiaceho momentu nezvýši výrobné náklady. Vďaka tomu je totiž možné vyhnúť sa použitiu dvojhmotného zotrvačníka.

3.4 VÝROBNÉ NÁKLADY PREVODOVKY S PLYNULE MENITEĽNÝM PREVODOM

Náklady na prevodovku s plynule meniteľným prevodvom sú v porovnaní so štvorstupňovou automatickou prevodovkou vyššie. Podľa vyššie uvedeného popisu majú bezstupňové prevodovky vyššie straty ako konvenčné automatické prevodovky. Ich účinnosť sa pohybuje okolo 89 %. Hlavné straty sú spôsobené hydraulickým čerpadlom a remeňom. Zníženie týchto strát je možné dosiahnuť použitím hydraulického čerpadla s variabilným umiestnením, čerpadla s dvojitou priehlbínou, zvyšovaním trecieho koeficientu medzi remeňom a remenicou a použitím oleja, ktorý minimalizuje preklz remeňa. Takýmito zlepšeniami sa dajú znížiť straty o 20-25 %. Toto zvýšenie účinnosti má za následok rapídne zvýšenie priamych výrobných nákladov na prevodovku. [20]

ZÁVER

Táto práca ukazuje, že technika automatických prevodoviek napreduje a sú dobrým riešením pre budúcnosť automobilizmu. Ich použitie je výhodné pre užívateľa z hľadiska komfortu jazdy a stále viac aj z ekonomického hľadiska.

Popis jednotlivých typov automatických prevodoviek, ktoré je možné nájsť v moderných aj starších automobiloch odkazuje na nesporné výhody konvenčnej automatickej prevodovky v oblasti komfortu jazdy. Konštruktéri dvojspojkových prevodoviek sa ich snažia vyrovnáť rýchlejšími preradením, nižšou spotrebou a športovejším dojomom z jazdy. Bezstupňové prevodovky používané väčšinou v malých automobiloch zasa čerpajú výhody v oblasti spotreby paliva. Robotické prevodovky sú jednoduchšie svojou konštrukciou. Každý typ prináša aj svoje nevýhody. Konvečné automatické prevodovky sú náročnejšie na údržbu, časy preradenia sú dlhšie a vozidlo tak stráca istú časť dynamiky. Vozidlá s dvojspojkovými prevodovkami trpia drsnejším rozjazdom a celkovo horším komfortom jazdy. Bezstupňové prevodovky prinášajú vyššiu hlučnosť a menej dynamickú jazdu. Robotizované prevodovky sa používajú v moderných automobiloch menej, kvôli ich negatívnemu vplyvu na komfort jazdy.

Pre automobily športového zamerania je vhodné použiť dvojspojkové automatické prevodovky. Vozidlá zamerané na komfort sa v dnešnej dobe zasa spoliehajú na konvečné automatické prevodovky, ktoré zabezpečia prijateľnú spotrebu bez vplyvu na komfort jazdy. Bezstupňové prevodovky vo vozidlách s hybridným pohonom sú obľúbené vďaka ich ideálnym otáčkam v každom okamihu jazdy. Vyšší počet prevodových stupňov prináša nižšie otáčky a logicky nižšiu spotrebu. Najviac sa však spotreba zmení zdokonalením konštrukcie prevodovky, teda zvýšením jej účinnosti a minimalizovaním strát. Zo vzájomného porovnania konvenčnej a dvojspojkovvej automatickej prevodovky vyplýva nižšia spotreba dvojspojkovvej konštrukcie. Ak by sa výrobca zamerával výlučne na ekonomickú prevádzku automobilu, najvýhodnejšie by bolo použiť dvojspojkovú prevodovku so suchou spojkou, čo najväčším počtom prevodových stupňov a vysokou účinnosťou.

Tento proces výberu ovplyvňuje mnoho ďalších faktorov. Dvojspojková prevodovka s mokrou spojkou vykazuje nižšie výrobné náklady než konvenčná automatická prevodovka. Pridávanie prevodových stupňov vyžaduje použitie ďalších súčiastok, čo priamo zvyšuje výrobné náklady. Takisto snaha o lepšiu účinnosť prevodovky a teda zdokonalenie jednotlivých komponentov znamená vyššiu cenu. Každý výrobca praktikuje iné konštrukčné metódy, preto sa výrobné náklady môžu pohybovať vo veľkom rozmedzí.

Moderný svet automobilov obsahuje obrovskú škálu typov, druhov a modelov. Majú rozličné zamerania, iné cieľové skupiny vodičov, predávajú sa na trhoch s rozdielnymi požiadavkami. Preto nie je možné jednoznačne a všeobecne určiť, ktorý typ automatickej prevodovky je najlepšie použiť. Dôležitým faktom však je, že každý jeden prvok prevodového ústrojenstva je možné zdokonaľiť a tak priniesť pokrok v oblasti dynamiky, príjemného užívateľského prostredia, zdravšieho životného prostredia a v neposlednom rade príjemného pocitu z jazdy.

POUŽITÉ INFORMAČNÉ ZDROJE

- [1] *Historie automatických převodovek* [online]. [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <http://automatickeprevodovky.eu/o-prevodovkach/historie-automatickych-prevodovek/>
- [2] VLK, František. *Systémy řízení motorů a převodů*. Brno: František Vlk, 2006. ISBN 80-239-7063-1.
- [3] REIF, Konrad a Karl-Heinz DIETSCHÉ. *Automotive handbook: Bosch - invented for life*. 8th ed., revised and extended. Chichester: John Wiley, 2011. ISBN 978-1-119-97556-4.
- [4] GENTA, Giancarlo a Karl-Heinz DIETSCHÉ. *The motor car: past, present and future*. 8th ed., revised and extended. Dordrecht: Springer, c2014. Mechanical engineering series. ISBN 978-94-007-8551-9.
- [5] NAUNHEIMER, Harald a Karl-Heinz DIETSCHÉ. *Automotive transmissions: fundamentals, selection, design, and application*. 2nd ed. Berlin: Springer, c2011. Mechanical engineering series. ISBN 978-3-642-16213-8.
- [6] JANCO, Marcel. *Automatická převodovka a hydrodynamický měnič krútiaceho momentu* [online]. In: . [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <http://www.autorubik.sk/clanky/automaticka-prevodovka-a-hydrodynamicky-menic-krutiaceho-momentu>
- [7] SUVJAZOV, Andrej. *Hydrodynamický měnič točivého momentu* [online]. In: . [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <http://suvik.cz/clanky/hydromenic.html>
- [8] VLK, František. *Převodová ústrojí motorových vozidel*. 2. vyd. Brno: František Vlk, 2003. ISBN 80-239-0025-0.
- [9] *Automatická, DSG, robotizovaná a CVT převodovka* [online]. In: . [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <http://automix.atlas.sk/revue/834321/ako-to-funguje-automaticka-dsg-robotizovana-a-cvt-prevodovka>
- [10] SELESPEED. *Schéma převodovky Selespeed* [online]. In: . [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <http://sajtovi.biz/selespeed.org/wp-content/uploads/2013/03/Selespeed-04.jpg>
- [11] *Cvt_list01* [online]. In: . [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: http://wikicars.org/images/en/f/f0/Cvt_list01.gif
- [12] SAJDL, Jan. *CVT (Continuously Variable Transmission)* [online]. [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/cvt-continuously-variable-transmission/>
- [13] BOSCH. *Článekový řemen Bosch - Bezstupňové převodovky zažívají na celém světě rozmach* [online]. 2013 [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <http://motofocus.cz/vyrobc/3871,clankovy-remen-bosch-bezstupnove-prevodovky-zazivaji-na-celem-svete-rozmach>

- [14] GONDŽÁR, Alexander a Karel GONDŽÁR. *Automobily a spotřeba paliva: měření a hodnocení spotřeby automobilových pohonných hmot a olejů*. 9. vyd. Praha: Nakladatelství dopravy a spojů, 1990. Knižnice silniční a městské dopravy. ISBN 80-703-0085-X.
- [15] MACKERLE, Julius. *Automobil s lepší účinností*. Praha: SNTL, 1985.
- [16] FTP-75. In: *DieselNet* [online]. [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <https://www.dieselnets.com/standards/cycles/ftp75.php>
- [17] EPA Highway Fuel Economy Test Cycle (HWFET). In: *DieselNet* [online]. [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <https://www.dieselnets.com/standards/cycles/hwfet.php>
- [18] Greenlings: Why do automatic transmissions now get better fuel efficiency than manuals? *Autoblog* [online]. 2010 [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <http://www.autoblog.com/2010/08/18/greenlings-why-do-automatic-transmissions-now-get-better-fuel-e/>
- [19] MOAWAD, A. and ROUSSEAU, A. (2012, August). *Effect of Transmission Technologies on Fuel Efficiency – Final Report*. (Report No. DOT HS 811 667). Argonne, IL: Argonne National Laboratory.
- [20] *Cost, Effectiveness, and Deployment of Fuel Economy Technologies for Light-Duty Vehicles* [online]. Washington, D.C.: The National Academies Press, 2015 [cit. 2017-04-20]. ISBN 978-0-309-37388-3.
- [21] SHERMAN, Don. *The Unsinkable CVT: How the "Gearless" Transmission Is Getting Its Groove Back* [online]. In: . [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <http://www.caranddriver.com/features/how-cvt-transmissions-are-getting-their-groove-back-feature>
- [22] VAN DER SLUIS, Francis, Tom VAN DONGEN, Gert-Jan VAN SPIJK, Arie VAN DER VELDE a Ad VAN HEESWIJK. *Efficiency Optimization of the Pushbelt CVT* [online]. [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: http://www.bosch.nl/transmission_technology/en/downloads/sae_2007_efficiency_optimization_of_the_pushbelt.pdf
- [23] *Assessment of fuel economy technologies for light-duty vehicles* [online]. Washington, D.C.: National Academies Press, c2011 [cit. 2017-04-20]. ISBN 978-0-309-15607-3.

ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A SYMBOLOV

CAFE – Corporate Average Fuel Economy

DCT – Dual Clutch Transmission

DOHC – Double Over Head Camshaft

DSG – Direct Shift Gear, Direktshaltgetriebe

EPA – Enviromental Protection Agency

FTP – Federal Test Procedure

HFET – Highway Fuel Economy Test

NHTSA – National Highway Traffic Safety Administration

TCT – Twin Clutch Transmission