



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

PŘESTAVBA MECHANISMU ŘAZENÍ MANUÁLNÍ PŘEVODOVKY

CONVERSION OF MANUAL TRANSMISSION SHIFT MECHANISM

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Marek Vysloužil

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Petr Hejtmánek, Ph.D.

BRNO 2021

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student: **Marek Vysloužil**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Stavba strojů a zařízení
Vedoucí práce: **Ing. Petr Hejtmánek, Ph.D.**
Akademický rok: 2020/21

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:

Přestavba mechanismu řazení manuální převodovky

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Sekvenční manuální řazení umožňuje bezchybně, rychle a spolehlivě měnit převodové stupně. Tyto výhody jsou nejvíce zužitkovány u závodních vozidel, kde rychlé a precizní řazení znatelně zlepšuje schopnosti vozidla. Hlavním úkolem práce je navrhnout úpravy konstrukce existující převodovky u konkrétního osobního vozidla pro změnu mechanismu řazení z původního provedení na sekvenční systém řazení.

Cíle bakalářské práce:

Rešerše mechanismů řazení.
Odměření vybrané převodovky určené pro přestavbu.
Konstrukční návrh přestavby.
Pevnostní analýza vybraných komponent.

Seznam doporučené literatury:

JAN, Zdeněk, ŽDÁNSKÝ, Bronislav a ČUPERA Jiří. Automobily (2): Převody. Brno: Avid, spol. s r.o., 2009. 155s. ISBN 978-80-87143-12-4.

DIXON, John. Tires, suspension and handling. Warrendale: Society of Automotive Engineers, 1996. 621 s. ISBN 1-56091-831-4.

REIMPELL, Jornsen. The Automotive Chassis. 2nd edition. Oxford: Butterworth - Heinemann, 2001. 444 s. ISBN 0-7506-5054-0.

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

BUDYNAS, Richard G., NISBETT, J. Keith a SHIGLEY, Joseph Edward. Shigley's mechanical engineering design. 10th edition. New York, NY: McGraw-Hill Education, 2015. 1104 s. ISBN 0073398209.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2020/21

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Josef Štětina, Ph.D.
ředitel ústavu

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

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá rešerší mechanismů řazení a návrhem přestavby převodovky vozidla Škoda Octavia Combi RS II. generace ze standardního systému řazení na závodní sekvenční systém řazení. Dále popisuje tvorbu přesného modelu původní převodovky za použití 3D skeneru ATOS a modelování jednotlivých součástí převodovky v softwaru Solidworks. Na základě vytvořeného modelu a získaných znalostí předkládá zjednodušený konstrukční návrh přestavby a pevnostní analýzu vybrané komponenty.

KLÍČOVÁ SLOVA

Octavia Combi RS, sekvenční řazení, převodovka, otočný hřídel, zubová spojka

ABSTRACT

This bachelor's thesis is dealing with the research of shifting mechanisms and with the designing of the conversation for the Škoda Octavia Combi RS II. generation vehicle, from standard shifting pattern to racing sequential shift system. It also describes designing procedure of an accurate model using the 3D scanner ATOS and designing of individual parts in Solidworks software. It presents simplified design of the reconstruction and strength analysis of selected component, based on the created model.

KEYWORDS

Octavia Combi RS, sequential shifting, gearbox, barrel shifter, dog clutch

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

VYSLOUŽIL, M. *Přestavba mechanismu řazení manuální převodovky*. Brno, 2021. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. 85 s. Vedoucí bakalářské práce Petr Hejtmánek.



ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Petra Hejtmánka a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 21. května 2021

.....

Marek Vysloužil

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Petru Hejtmánkovi za jeho ochotu a cenné rady, které mi během vytváření této práce poskytnul. Dále bych chtěl také poděkovat své rodině, která mě při studiu na vysoké škole podporuje.

OBSAH

Úvod	12
1 Automobilové převodovky	13
1.1 Rozdělení automobilových převodovek	13
1.1.1 Podle změny převodového poměru	13
1.1.2 Podle druhu řazení rychlostních stupňů	13
1.1.3 Podle druhů převodů	14
1.2 Řazení převodů	14
1.2.1 Řazení posuvnými koly (Sliding Mesh)	15
1.2.2 Řazení zubovými spojkami (Constant Mesh)	15
1.2.3 Řazení spojkami se synchronizací (Synchroring)	16
1.3 Mechanismy řazení	19
1.3.1 Přímé kulové řazení řadicími tyčemi	20
1.3.2 Pomocí táhel	20
1.3.3 Pomocí lanovodů	21
1.3.4 Pomocí otočného hřídele	21
2 Sekvenční řazení	22
2.1.1 Sekvenční řazení dvěma otočnými hřídeli	23
2.1.2 Sekvenční řazení se změněným uspořádáním	24
3 Automobilové sekvenční převodovky	25
3.1 Historie	26
3.1.1 Porsche 360 Cisitalia	26
3.2 Formule F1	26
3.2.1 Ferrari 640	26
3.2.2 Williams FW14	27
3.3 Vybrané sekvenční převodovky osobních automobilů	28
3.3.1 F1 Superfast – Ferrari	29
3.3.2 Easytronic – Opel	29
3.3.3 SMG – BMW	32
3.3.4 Steptronic – BMW	33
3.3.5 Selespeed – Alfa Romeo	33
3.3.6 Sportronic – Alfa Romeo	35
3.3.7 Sportronic CVT – Mitsubishi	36
3.3.8 Dualogic – Fiat	37
3.3.9 MMT – Toyota	37
3.3.10 DSG – Volkswagen	38

3.3.11	PowerShift – Ford, Volvo.....	40
3.3.12	S-tronic – Audi	41
3.3.13	Tiptronic (PDK) – Porsche	41
3.3.14	DKG – BMW M3	41
3.3.15	G-Tronic – Mercedes Benz.....	41
3.3.16	ISR – Lamborghini	42
4	Škoda Octavia II RS	43
4.1	Technická specifikace vozidla	44
4.2	Převodovka 02Q	45
4.2.1	Parametry převodovky.....	46
5	Konstrukční návrh	47
5.1	Odměření skříní pomocí 3D skeneru	47
5.1.1	Skener ATOS COMPACT SCAN 5M, 2M	47
5.1.2	Metodika měření.....	47
5.1.3	Příprava na 3D sken.....	48
5.1.4	Práce v prostředí ATOS.....	49
5.1.5	Úprava modelu v prostředí GOM Inspect	50
5.1.6	Úprava modelu v prostředí Fusion 360	51
5.1.7	Úprava modelu v prostředí Meshmixer	53
5.1.8	Finální kontrola	54
5.2	Modelování vnitřních částí převodovky	56
5.2.1	Diferenciál	57
5.2.2	Hnací hřídel	58
5.2.3	Hnaný hřídel 1. až 4. stupně	59
5.2.4	Hnaný hřídel 5. až 6. stupně	60
5.2.5	Hřídel zpátečky.....	60
5.2.6	Volicí páka.....	61
5.3	Celková sestava.....	62
5.4	Možnosti realizace sekvenčního řazení	64
5.4.1	Pouhá změna kulisy řazení	64
5.4.2	Automatizovaná převodovka.....	64
5.4.3	Automatická převodovka.....	65
5.4.4	Vlastní otočný hřídel	65
5.5	Vybraná realizace mechanismu	65
5.6	Konstrukční návrh přestavby	66
5.6.1	Přepákování	66

5.6.2	Otočný hřídel	67
5.6.3	Ozubená kola se zubovými spojkami	69
5.6.4	Zástavba mechanismu do předlohy	70
6	Pevnostní analýza	71
6.1.1	Krouticí moment.....	72
6.1.2	Tlak v dotyku přesuvníku a kola	72
6.1.3	Ohyb na kole.....	72
6.1.4	Smyk na kole	73
	Závěr.....	74
	Seznam použitých zkratk a symbolů	84

ÚVOD

Automobilová převodovka je jednou z nejdůležitějších částí vozidla, jelikož přenáší krouticí moment od motoru na jednotlivá kola. Sekvenční převodovky mají oproti standardnímu systému řazení několik zásadních rozdílů. Řidič pohybuje pákou pouze v jednom směru, což umožňuje zkrácení řadicího času. Dále je možné řazení bez spojkového pedálu, což také přispívá k rychlejšímu řazení.

První sekvenční převodovky našly využití zejména u závodních vozidel a postupem času se rozšířily i do osobních automobilů. Automobilky produkují sekvenční převodovky pod různými obchodními názvy, které mnohdy nemají s tradičně chápanou manuální koncepcí příliš společného.

Hlavním cílem této práce je vytvoření konstrukčního návrhu přestavby šestistupňové manuální převodovky se standardním systémem řazení ve tvaru písmene „H“ na převodovku se sekvenčním řazením, které umožňuje rychlé, spolehlivé a bezchybné řazení převodových stupňů.

Konstrukční část práce popisuje tvorbu přesného modelu původní převodovky vozidla Škoda Octavia Combi RS II, který je potřebný z důvodu zástavby navrhovaného mechanismu a požadavku minimálních změn původní konstrukce. Dílčími cíli této části jsou odměření skříní pomocí 3D skeneru a následná tvorba 3D modelu vnitřních částí. Následuje popis možnosti realizace sekvenčního řazení, konstrukční návrh přestavby a pevnostní analýza vybrané komponenty.

Tento návrh je možno využít jako zjednodušený návod přestavby sériově vyráběné převodovky pro neodbornou veřejnost, případně samotný model převodovky pro výukové účely.

Vzhledem k tomu, že již v ročníkové práci na Střední průmyslové škole strojnické jsem se zabýval vytvořením 3D modelu vznětového motoru vozidla Škoda Octavia 1.9 TDI-PD/77 kW, chtěl jsem pokračovat nejen v rozšíření poznatků o konstrukci vozidel Škoda Octavia, ale i v prohloubení znalostí tvorby modelů v CAD softwarech. Na získané poznatky bych chtěl navázat studiem této problematiky v rámci magisterského studia na Ústavu automobilového a dopravního inženýrství.

1 AUTOMOBILOVÉ PŘEVODOVKY

Převodovkou se rozumí montážní celek, který je součástí kompletu poháněcí soustavy. Za převodové ústrojí automobilů je považováno veškeré ústrojí, které spojuje motor s hnacími koly vozidla za účelem přenosu nebo přerušování točivého momentu. Do převodového ústrojí automobilu patří tedy i spojky, volnoběžky, kloubové hřídele, diferenciály a další. Přenosu točivého momentu je dosahováno za účelem změny jeho smyslu nebo velikosti. Převodové ústrojí má dva hlavní úkoly. Uzavírá otáčkovou mezeru, dále mění točivý moment a otáčky motoru. Na automobilové převodovky jsou kladeny vysoké nároky. Musí umožňovat zpětný chod a běh naprázdno u stojícího vozidla, musí přizpůsobit malý rozsah využitelných otáček hnacího motoru vozidla velkému rozsahu požadovaných rychlostí. Požadavky jsou také na malé rozměry a hmotnost, jednoduchou výrobu, nízkou cenu, vysokou účinnost, dlouhodobou životnost, spolehlivost a nízkou hlučnost.[1][2][3]

1.1 ROZDĚLENÍ AUTOMOBILOVÝCH PŘEVODOVEK

Automobilové převodovky lze rozdělit podle několika kritérií. Tato kapitola byla zpracována na základě poznatků z přednášek studijního předmětu FAU [4].

1.1.1 PODLE ZMĚNY PŘEVODOVÉHO POMĚRU

- **STUPŇOVITÉ PŘEVODOVKY**

Tato skupina zahrnuje běžné převodovky s čelním ozubením. Rychlostní stupně jsou řazeny ručně. Při změně rychlostních stupňů je následkem vypnutí spojky vždy přerušen přenos hnacího momentu, což je nevýhodou při jízdě do kopce.

- **PLYNULÉ PŘEVODOVKY**

Umožňují automatickou plynulou změnu točivého momentu. Používají se hlavně u samočinných převodovek s hydrodynamickým měničem. Do této skupiny patří také novější třecí a lamelové převodovky. U plynulých převodovek se volí pouze režim jízdy.

1.1.2 PODLE DRUHU ŘAZENÍ RYCHLOSTNÍCH STUPŇŮ

- **S PŘÍMÝM ŘAZENÍM (MANUÁLNÍ)**

Řazení jednotlivých stupňů je prováděno pouze silou řidiče. Řidič musí provést sešlápnutí spojkového pedálu a pohyb řadicí páky.

- **S NEPŘÍMÝM ŘAZENÍM (POLOAUTOMATICKÉ)**

Rychlostní stupně jsou řazeny pohybem řadicí páky a použitím pomocného zařízení, kterým může být např. síla pružiny, tlak kapaliny nebo vzduchu, elektromagnetické síly apod.

- **SAMOČINNÉ (AUTOMATICKÉ)**

Řazení rychlostních stupňů a změna převodového poměru probíhá samočinně podle okamžitých podmínek jízdy. Do této kategorie spadá i moderní automatická převodovka DSG (Direct Shift Gear), u které je nahrazen hydrodynamický měnič dvěma spojkami, což umožňuje rychlé řazení bez ztráty výkonu (viz kapitola 3.3.10).[5]

1.1.3 PODLE DRUHŮ PŘEVODŮ

- **S OZUBENÝMI KOLY**

U osobních automobilů je nejvíce využíváno synchronizovaných pětistupňových převodovek s ozubenými koly. Tato skupina se dále dělí podle uspořádání převodových kol.

- Předlohové
 - Dvouhřídelové

Dvouhřídelové převodovky jsou používány u vozidel s pohonem přední nápravy nebo s motorem vzadu a pohonem zadní nápravy. Není možné přímé spojení hnacího a hnaného hřídele, převod je tvořen pouze jedním párem ozubených kol.

- Tříhřídelové

Používají se u vozidel s pohonem zadní nápravy a motorem vpředu. Hnací a hnaný hřídel leží na jedné ose. Rovnoběžně s těmito hřídeli je uložen předlohový hřídel. Převod jednotlivých rychlostních stupňů je tvořen kromě přímého záběru vždy dvěma páry ozubených kol.

- Planetové

Všechny otočné části převodovky jsou soustředěny okolo hlavní osy. Skládají se z centrálního kola, korunového kola, satelitu a unašeče satelitu.

- **TŘECÍ**

Převody jsou tvořeny třecími koly. Změny převodového poměru je dosaženo změnou polohy jednotlivých kol.

- **ŘEMENOVÉ**

Přenášejí točivý moment třením, stejně jako u třecích převodovek, ale mezi kola (řemenice) je vložen klínový řemen.

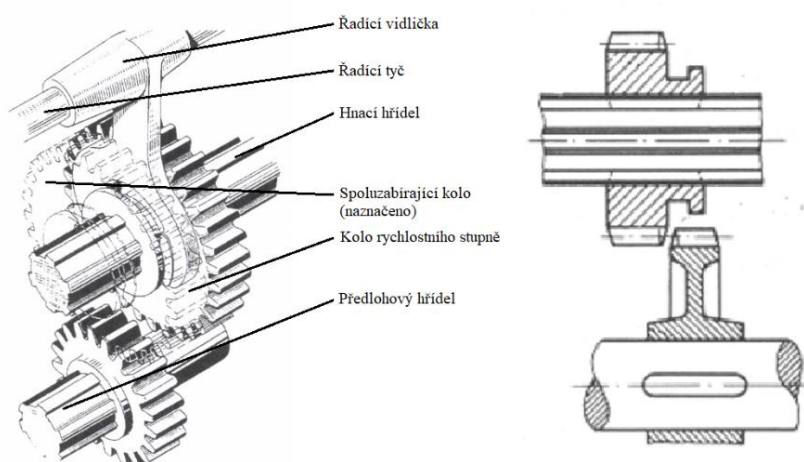
- **HYDROSTATICKÉ**
- **HYDRODYNAMICKÉ MĚNIČE**
- **HYDROMECHANICKÉ**
- **ELEKTRICKÉ**

1.2 ŘAZENÍ PŘEVODŮ

Pro nejlepší využití výkonu motoru je nutno měnit převodové poměry. Toho je dosaženo použitím řadicího zařízení, které umožňuje zařazení potřebného rychlostního stupně. Hlavním požadavkem je bezhlučný plynulý záběr a řazení bez rázu. Bezhlučné řazení závisí na odhadu správného okamžiku, ve kterém jsou obvodové rychlosti jednotlivých částí sjednoceny. Synchronizační zařízení slouží právě k vyrovnání obvodových rychlostí hnacího a hnaného ozubeného kola pomocí tření ozubeného kola a synchronizační spojky. Moderní převodovky mají synchronizaci všech stupňů kromě zpětného chodu. Všechna kola, kromě zmíněného zpětného chodu, jsou tedy ve stálém záběru a mají šikmé ozubení, což také zajišťuje nehlučný chod.[2]

1.2.1 ŘAZENÍ POSUVNÝMI KOLY (SLIDING MESH)

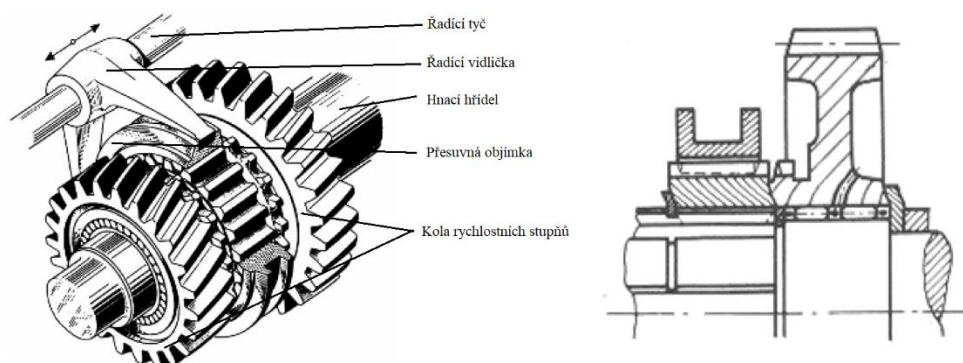
Řazení posuvnými koly je nejstarší a zároveň konstrukčně nejjednodušší způsob řazení rychlostních stupňů. Pro zařazení je nutno v klidové poloze přesunout hnané ozubené kolo pomocí řadicí vidlice, protože kola jednotlivých rychlostních stupňů nejsou ve stálém záběru. V současnosti se využívá zejména pro řazení zpětného chodu. Je využíváno přímého ozubení, což způsobuje poměrně hlučnou synchronizaci i při dodržení všech postupů. Při příliš rychlém řazení dochází k opotřebení zubů, až k případnému poškození.[2][4][6]



Obrázek 1-1 Řazení posuvným kolem [2][7]

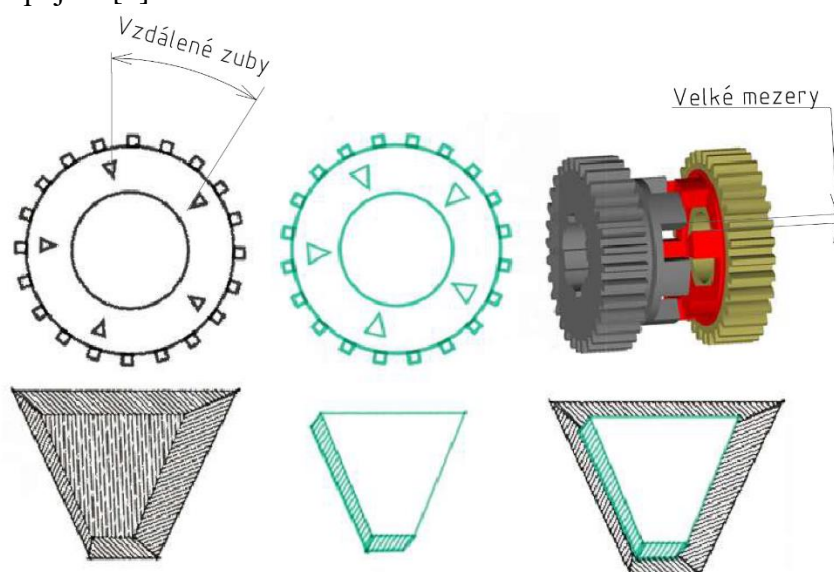
1.2.2 ŘAZENÍ ZUBOVÝMI SPOJKAMI (CONSTANT MESH)

Umožňuje snadnější a rychlejší řazení bez rázů. Tento typ se nejvíce používá u závodních vozů (zejména u sekvenčních převodovek), kde je kladen velký důraz na rychlost řazení i na úkor životnosti převodovky či pohodlnosti jízdy. Ozubená kola se šikmými zuby jsou trvale v záběru. Zubová spojka je uložena v drážkování hřídele posuvně. Tento způsob řazení vyžaduje řazení nadvakrát s tzv. meziplýnem, tedy srovnáním otáček motoru s otáčkami hnaných kol při řazení na nižší rychlostní stupeň, aby došlo k vyrovnání obvodových rychlostí řazených ozubených kol. Jedno z kol je na svém hřídeli volně otočné a neotáčivého spojení kola s hřídelem se dosáhne jeho spojením se zubovou spojkou (dog clutch). Zubová spojka je uložena v drážkování hřídele posuvně.[2]



Obrázek 1-2 Řazení zubovými spojkami [2][7]

Vnitřní zuby od sebe dělí poměrně velké mezery, proto nevyžadují úplnou synchronizaci rychlostí, aby do sebe zapadly. Drážky jsou mnohem větší než samotné zuby, což jim dává větší šanci pro spojení.[8]



Obrázek 1-3 Zuby zubových spojek [8][9]

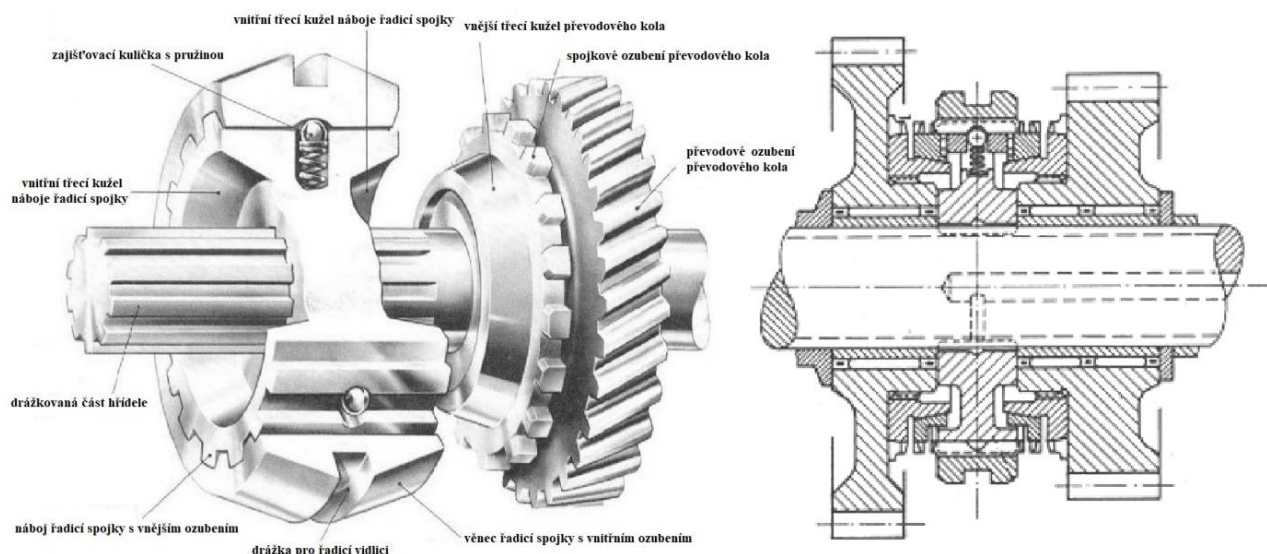
Tento systém synchronizace je používán tzv. Dog Box převodovek, které nevyžadují synchronizaci, a jedná se o tzv. Dog engagement.[10]

1.2.3 ŘAZENÍ SPOJKAMI SE SYNCHRONIZACÍ (SYNCHRONING)

Tento typ řazení je v podstatě řazení zubovými spojkami, které jsou doplněny zařízením pro samočinnou synchronizaci obvodových rychlostí. Samočinná synchronizace umožňuje bezhlučné, rychlé řazení bez rázů. Jak již bylo zmíněno, to umožňuje právě šikmé provedení ozubených kol. Před samotným zasunutím vzájemně spojovaných ozubených elementů se nejdříve pomocí konických synchronizačních kroužků srovnají rychlosti na stejné otáčky. Synchronizační kroužky se nasunují na kónus tělesa spojky, čímž dojde ke zrychlení nebo zbrzdění kola. Mimo níže uvedené patří mezi další způsoby řazení se synchronizací rovněž synchronizace s blokovacím čepem nebo lamelová synchronizace.[4][11]

JEDNODUCHÁ SYNCHRONIZACE (SYSTÉM BORG-WARNER)

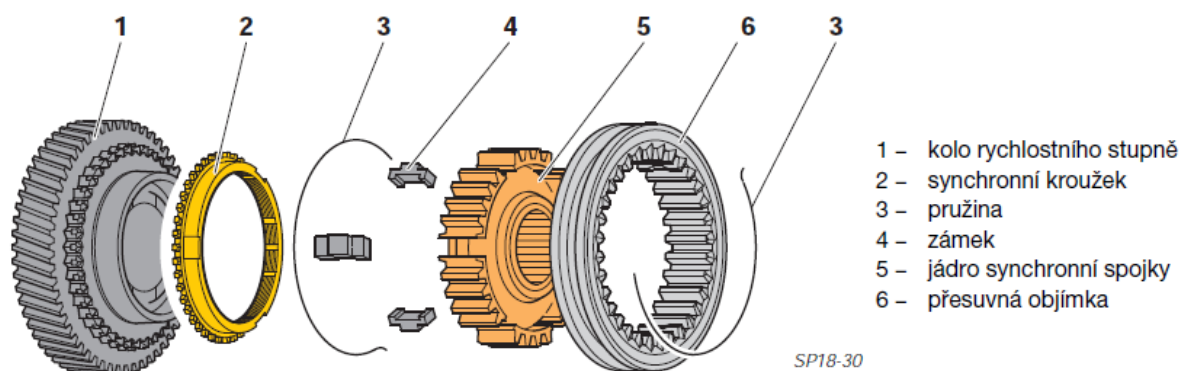
Využívá pružně omezenou přitlačnou sílu. Řadicí objímka je spojena s nábojem pomocí několika pružně zatížených kuliček, které jsou přitlačovány v obvodové drážce objímky. Tyto kuličky vlivem pružné přitlačné síly brání samovolnému posunutí řadicí objímky. Řadicí objímka je při řazení přesouvána řadicí vidlicí k ozubenému kolu. Při tomto pohybu dochází k synchronizaci jejich otáček. Při použití příliš velké řadicí síly nedochází k úplné synchronizaci, tzn. dochází k zařazení rychlostního stupně bez vyrovnání rychlostí, a vznikají rázy. V současnosti byla tato synchronizace nahrazena jištěnou synchronizací.[1][4]



Obrázek 1-4 Zubová spojka s jednoduchou synchronizací [4][7]

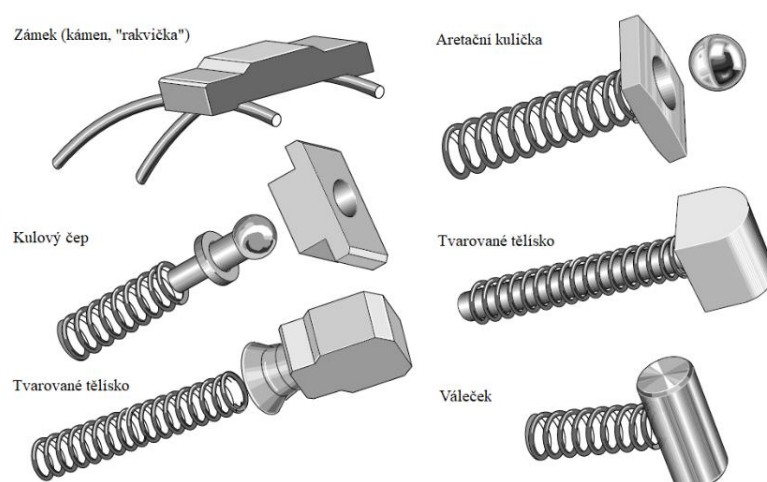
JIŠTĚNÁ SYNCHRONIZACE S CLONICÍM KROUŽKEM (SYSTEM BORG-WARNER)

Jedná se o jednoduchou synchronizaci doplněnou o clonící (synchronní nebo také synchronizační) kroužek, která je zároveň nejpoužívanější. Tento kroužek nedovolí přesunutí řadicí objímky bez dokonalé synchronizace obvodových rychlostí spojovaných částí. Clonící kroužek má po obvodu dva nebo tři výstupky, ve kterých jsou umístěna jisticí tělíska (zámky) nebo aretační mechanismy. Vnitřní ozubení řadicí objímky je vsunováno na vnější ozubení řadicí spojky až po vyrovnání obvodových rychlostí, jinak do sebe ozubení nezapadá. Umožňuje navíc ještě rychlejší a tišší řazení. U koncernu Škoda je tato synchronizace označována jako zámková synchronizace.[2]



Obrázek 1-5 Jednotlivé části zámkové synchronizace [12]

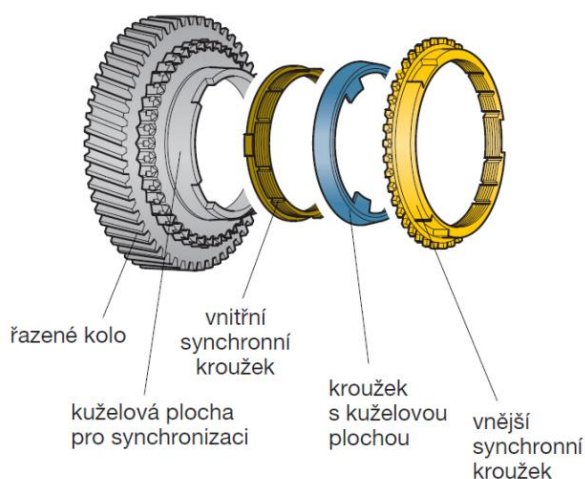
Existuje mnoho druhů tlačných (jisticích) tělísek. Tato tělíska přitlačují svými čelními plochami třecí kužel ozubeného kola, což vyvolá brzdný moment a zajistí správné natočení do drážky.



Obrázek 1-6 Tlačná tělíska [13]

DVOJITÁ (VÍCENÁSOBNÁ) SYNCHRONIZACE (SYSTÉM VOLKSWAGEN)

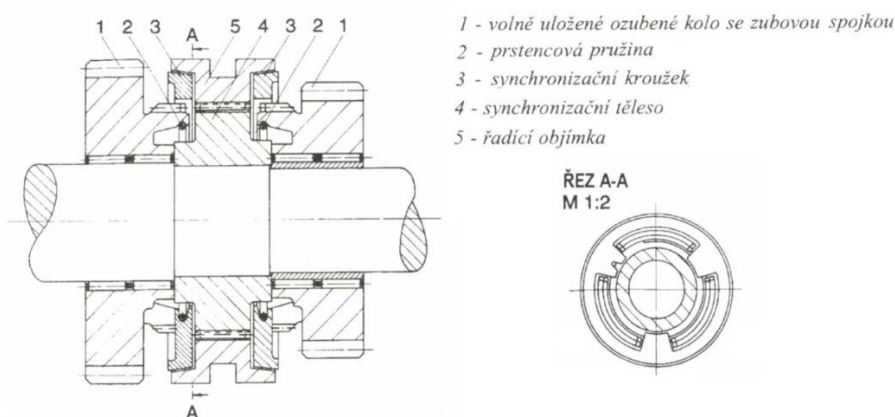
Tato synchronizace je používána zejména u VW Group. Místo jednoho clonicího kroužku jsou použity dva. Mezi těmito kroužky leží vnější prstenec (mezikroužek), který zabírá do drážek ozubeného kola. Axiální posuv je umožněn pro vnější i vnitřní kroužek. Dva kroužky vytvářejí přibližně dvojnásobnou třecí plochu, díky čemuž dojde k rychlejší synchronizaci a snížení velikosti řadicí síly. Dvojnásobná synchronizace umožňuje, aby součásti synchronizace zpracovávaly větší síly.[11][12]



Obrázek 1-7 Jednotlivé části dvojnásobné synchronizace [14]

VNĚJŠÍ SYNCHRONIZACE (SYSTÉM MERCEDES-BENZ)

V tomto systému je kuželová spojka vzhledem k zubové spojce umístěna vně. Má tedy vnější třecí kužel a vnitřní řadicí ozubení, ale princip funkce je stejný. Průměr spojky je podstatně větší než u přechozích spojek, a tedy i synchronizační moment vzhledem k axiální ose při menší řadicí síle je větší. Další výhodou je, že v axiálním směru nezabírá spojka tolik místa, protože kola jednotlivých převodů jsou blízko u sebe. Vejde se tedy i do kratších prostor, zároveň má menší počet dílů.[2][4]



Obrázek 1-8 Synchronizace Mercedes-Benz s vnějším kuželem [4]

SYNCHRONIZACE SE SERVO ÚČINKEM (SYSTÉM PORSCHE)

U sportovních převodovek je využívána synchronizace systémem Porsche. U této synchronizace je oproti výše popsaným systémům clonící kroužek vyroben jako pružný prstenec s drážkami bez ozubení pro blokování. Prstenec se opírá rozříznutím o výstupek na ozubeném kole. Vyrovnaní otáček je dosaženo třením mezi ozubením řadící objímky a vnější plochou clonícího kroužku. Jde o podobné využití třecí síly jako u bubnových brzd, proto tzv. servo účinek. Toto tření je zvyšováno blokovacími díly podle rozdílu otáček a rychlosti řazení. Zasunutí zubové spojky je možno provést až po sevření prstence tak, že se zubová spojka přes něj převlékne. Tento systém disponuje vysokou účinností, malými rozměry, jednoduchostí na výrobu a rychlostí řazení.[2][15]



Obrázek 1-9 Synchronizace systému Porsche [16]

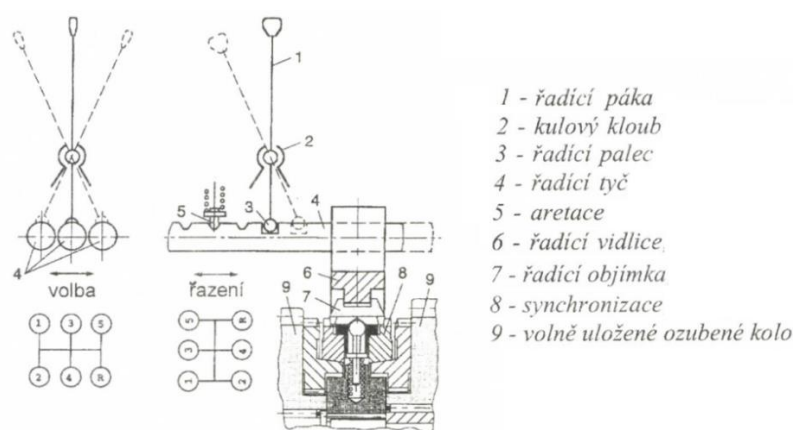
1.3 MECHANISMY ŘAZENÍ

Řazení rychlostních stupňů může probíhat přímo nebo nepřímo (viz kapitola 1.1.2.). Řazení zpětného chodu se většinou řeší vloženým posuvným kolem (viz kapitola 1.2.1). Změna rychlostních stupňů je provedena dvěma pohyby: volicím a následujícím řadícím pohybem.

Volicím pohybem je vybrána řadicí objímka požadovaného rychlostního stupně pohybem páky a řadicím pohybem je následně uvedena do záběru. U těžkých motorových vozidel je pro snadnější řazení často využíváno pneumatického posilovače, u mnohastupňových převodovek je pro ještě větší usnadnění využíváno řazení elektro-pneumatické.[2]

1.3.1 PŘÍMÉ KULOVÉ ŘAZENÍ ŘADICÍMI TYČEMI

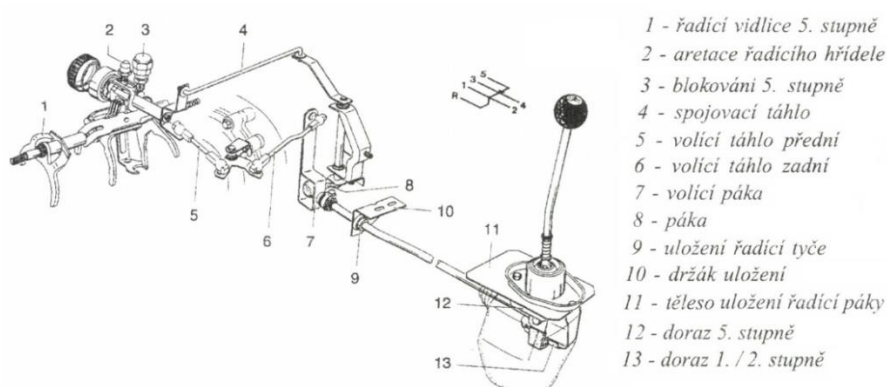
Tento způsob řazení je nejjednodušší. Rychlostní stupeň je volen pomocí řadicí páky, která je uložena ve víku převodovky na kulovém kloubu. Ve skříni nebo víku převodovky jsou také uloženy řadicí tyče, na nichž jsou upevněny vidlice pro ovládání řadicích objímek. Tyto vidlice mají dvě koncové polohy a jednu středovou. V drážkách řadicích tyčí zabírá řadicí palec řadicí páky. Při pohybu řadicí páky v příčném směru dojde k přiřazení správné řadicí tyče. V podélném směru se pohybují vodící tyče, což způsobuje zařazení nebo vyřazení požadovaného rychlostního stupně. Řadicí páka může být umístěna i mimo víko převodovky, v tom případě jsou mezi řadicí pákou a řadicí palec připojena táhla nebo otočné spojovací hřídele. Tyto hřídele mohou být různě dlouhé.[2]



Obrázek 1-10 Přímé řazení pětistupňové převodovky třemi řadicími tyčemi [2]

1.3.2 POMOCÍ TÁHEL

Táhla jsou používána zejména při kratších vzdálenostech mezi řadicí pákou a převodovkou. Tato táhla jsou umístěna pod řadicí pákou a jsou spojena s dalšími pákami řadicí jednotky na skříni převodovky. Řadicí jednotka dále ovládá pohyb řadicích vidliček (vidlic).



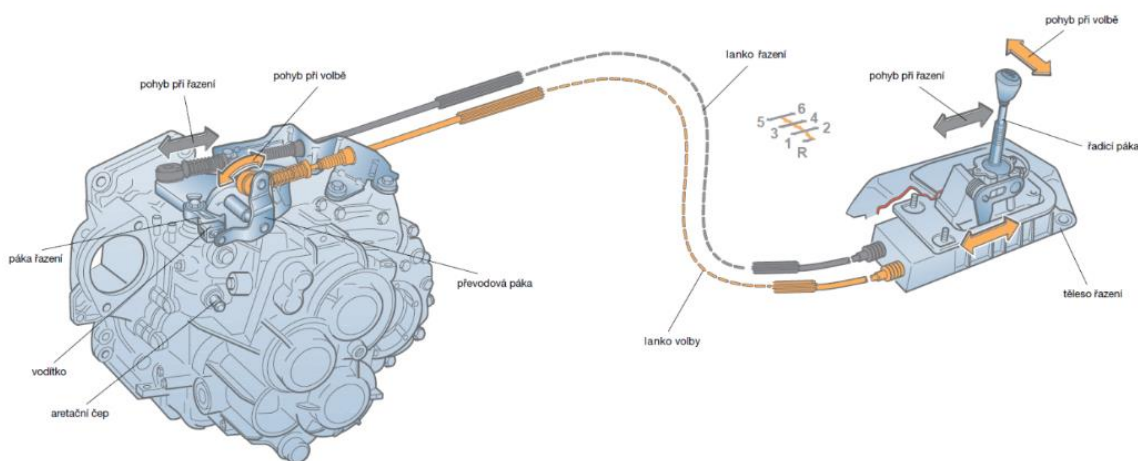
Obrázek 1-11 Řadicí ústrojí pětistupňové převodovky VW 020 [2]

1.3.3 POMOCÍ LANOVODŮ

Tento způsob je v současnosti používán stále častěji (např. u Fordu Mondeo). Volicí a řadicí pohyb je zprostředkován dvěma lanky: lankem předvolby a lankem řazení. Tento systém je konstrukčně jednodušší a levnější. Lanovody (a tedy i bowdeny) jsou podstatně tišší, protože nepřenášejí vibrace, mechanismus řazení není třeba tlumit. Umožňuje také spojení řadicího ústrojí na větší vzdálenost.[1]

BOWDEN (BOVDEN)

Bowdeny jsou jinými slovy lanková táhla.[1] Jedná se o speciální typ kabelu, který dokáže přenášet jak energii, tak mechanickou sílu. Kabel je složen z ohebného (pružného) obalu, nejčastěji ocelové spirály pokryté bužírkou, a z pevného jádra. Pevné jádro je tvořeno drátem nebo lankem z oceli. Slouží pro přenos posuvného pohybu, případně rotačního pohybu na krátké vzdálenosti.[17]



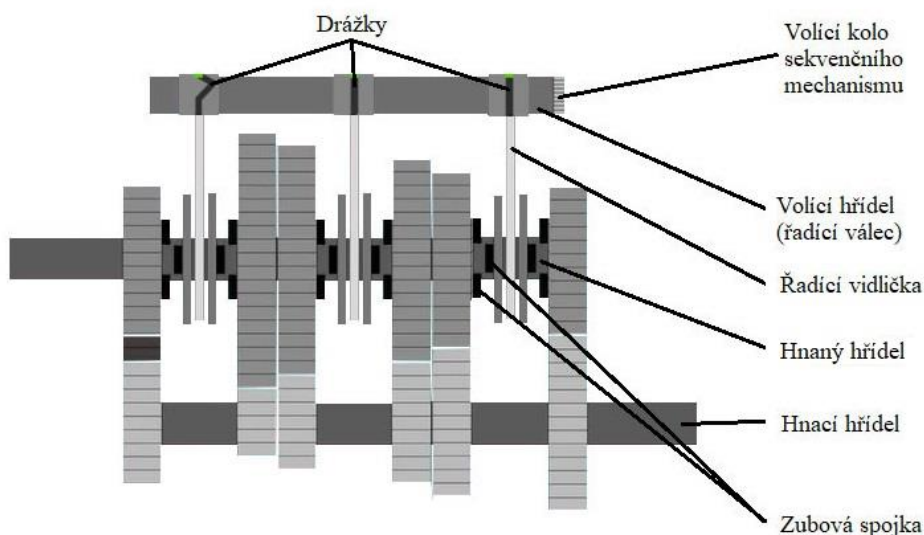
Obrázek 1-12 Systém vnějšího řazení šestistupňové převodovky 02M [18]

1.3.4 POMOCÍ OTOČNÉHO HŘÍDELE

V tomto případě je volicí pohyb řadicí páky převeden pomocí drážek v hřídeli na rotační pohyb a následně je tento rotační pohyb převeden zpět na volicí pohyb. Řadicí pohyb je stejný jako u výše zmíněných systémů. Řazení pomocí otočného drážkovaného hřídele bylo využíváno zejména v minulosti. Z důvodu nevyrovnání otáček hnacího a hnaného hřídele a následného poškození při použití šikmého ozubení kol rychlostních stupňů se začalo používat přímé ozubení kombinované s řazením zubovými spojkami, což umožňuje rychlé sekvenční řazení (viz kapitola 2). Nevýhodou je nutnost systému tlumení vibrací.[11]

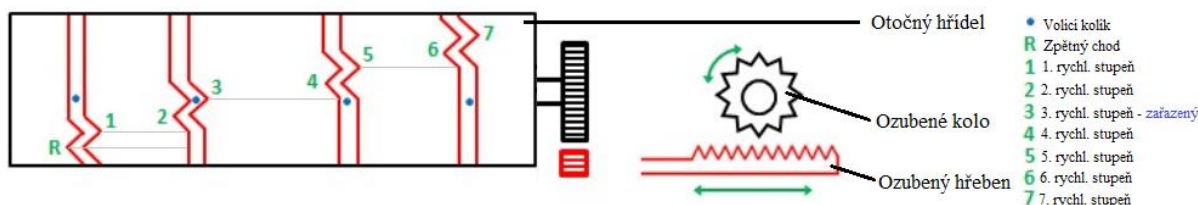
2 SEKVENČNÍ ŘAZENÍ

Tento typ řazení je jinak také označován jako postupné řazení. Standardně chápané sekvenční řazení spadá do skupiny s odloučeným řazením pomocí otočného hřídele. Rychlostní stupně jsou uspořádány za sebou, oproti konvenčnímu řazení, kde jsou rychlostní stupně uspořádány do tvaru písmene H, a lze řadit bez použití spojkového pedálu. Při uspořádání rychlostních stupňů do tvaru H má každý rychlostní stupeň unikátní polohu řadičí páky a dva stupně volnosti, oproti tomu sekvenční řazení má pouze jeden stupeň volnosti. Při řazení tedy nelze přeskočit o dva rychlostní stupně a tím je eliminována chyba ze strany řidiče, která by mohla způsobit poškození převodovky.[19][20] Hlavním důvodem zkrácení řadičího času je možnost řazení bez spojkového pedálu a dále pohyb páky vykonaný řidičem pouze v jedné ose. Řazení páky může být koncipováno tak, aby se páka vracela pomocí pružin do původní polohy. Není to ale nutností a páka může zůstat při řazení v jednotlivých polohách. Pro řazení vyšších převodových stupňů je nutný pohyb páky nahoru a naopak nižších převodových stupňů pohyb páky dolů. Nové typy sekvenčních převodovek v současnosti již umožňují řazení libovolného převodového stupně pomocí tlačítek.[15]



Obrázek 2-1 Schéma sekvenčního řazení pomocí otočného hřídele [21]

Otočný hřídel, jinak také označovaný jako volící hřídel nebo řadičí válec (selector shaft, gearshift shaft, barrel shifter), má po obvodu vyfrézované vodící drážky pro požadovaný převod pohybu.[22]



Obrázek 2-2 Schéma drážek otočného hřídele [22]

Hřídel je většinou dutý kvůli snížení hmotnosti. Pohybem páky přes ozubený hřeben dochází k záběru mezi ozubeným hřebenem a ozubeným kolem, které je součástí hřídele. V drážce je

umístěn volicí kolík (selector pin), který je odtlačován ve směru otáčení hřídele podél volicí drážky. To má za následek posunutí řadicí vidličky, tedy následné zařazení požadovaného rychlostního stupně přes zubovou spojku. Tvar zakřivení drážek je navržen tak, aby v jednotlivých vybočeních došlo k zařazení nebo vyřazení zubové spojky pouze u jedné rychlosti.[19][20]

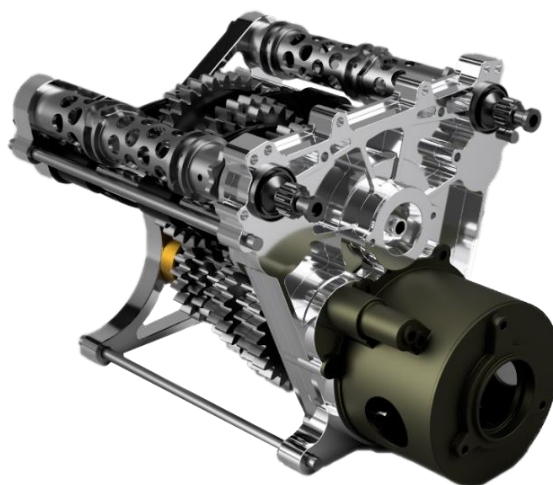


Obrázek 2-3 Otočný hřídel převodovky Kaps Transmissions [20]

Převody jsou chráněny pomocí speciálních zámků, které zajišťují zařazenou rychlost, dokud je motor v záběru. Tyto zámkové mechanismy se uvolní při snížení krouticího momentu a v tom okamžiku je možné vyřazení. To umožňuje snímač na řadicím mechanismu, který zajistí krátké odstavení výkonu motoru přerušením vstřiku paliva, případně odpojením zapalování.[20]

2.1.1 SEKVENČNÍ ŘAZENÍ DVĚMA OTOČNÝMI HŘÍDELI

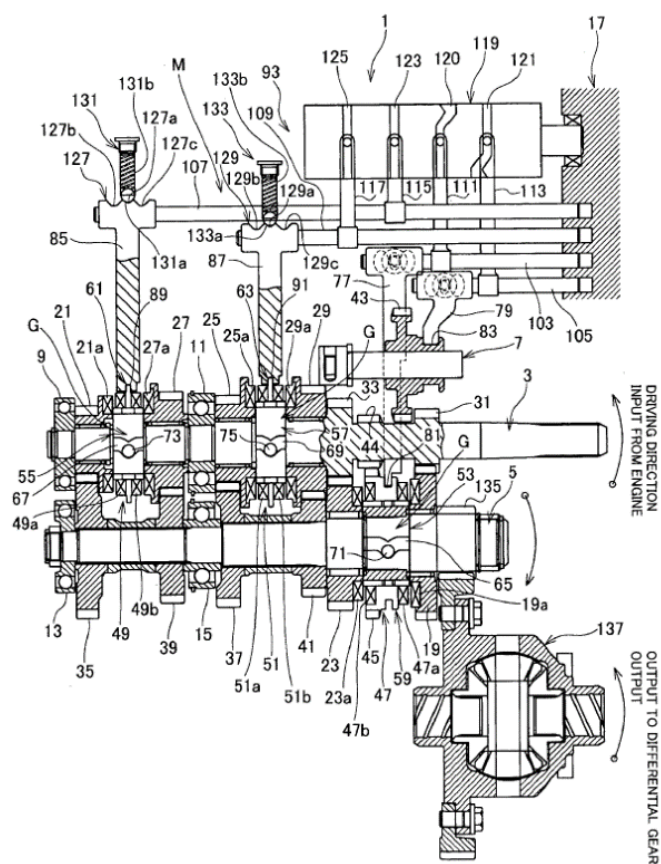
Tento systém používá stejné uspořádání jednotlivých převodových stupňů jako sekvenční řazení s jedním otočným hřídelem, ale liší se v ovládnutí přesuvných objímek. Jeden otočný hřídel ovládá sudé převodové stupně a druhý liché. Tím, že se ovládá každý hřídel zvlášť vysokotlakým hydraulickým systémem, dochází ke zkrácení řadicího času, a to na 2 až 3 milisekundy. Převodovka je většinou ovládána pomocí pádel se spínači, která jsou umístěna pod volantem. Tyto snímače předávají signál o požadavku změny převodového stupně řídicí jednotce hydraulického systému. Tento systém je používán ve Formuli 1.[23]



Obrázek 2-4 F1 převodovka X-Trakt P1044 [24]

2.1.2 SEKVENČNÍ ŘAZENÍ SE ZMĚNĚNÝM USPOŘÁDÁNÍM

Tento systém je principiálně stejný jako klasické sekvenční uspořádání s tím rozdílem, že ozubená soukolí jednotlivých převodových stupňů jsou uspořádána jiným způsobem. Převodové stupně jsou rozmístěny vždy vedle sebe dva sudé a dva liché. Mají společnou objímku a unašeč a tomu jsou přizpůsobeny i drážky v otočném hřídeli. Zkrácení času potřebného na přeřazení je zajištěno tím, že při přeřazování z nižšího převodového stupně na vyšší se přesuvná objímka vyššího převodového stupně začne zasouvat do záběru dříve, než je předchozí stupeň vyrazen.[25] Na tento systém jsou kladeny vysoké nároky z hlediska přesnosti návrhu, výroby i montáže. Při jakémkoliv pochybení či nepřesnosti může dojít k zařazení dvou převodových poměrů současně, a tedy k destrukci převodového ústrojí.



Obrázek 2-5 Schéma sekvenčního řazení se změněným uspořádáním [25]

3 AUTOMOBILOVÉ SEKVENČNÍ PŘEVODOVKY

V minulosti se sekvenční řazení používalo pouze u sportovních vozidel, a to kvůli předpisům pro produkční vozy definované autoritou FIA. V současnosti ale nachází uplatnění i u osobních vozidel a motocyklů.[20]

FIA (Fédération Internationale de l'Automobile) je mezinárodní automobilová federace, která přesně definuje pravidla (homologace), jako jsou např. povolená technická řešení, maximální cena, typ převodovky a další. Pro tuto práci je relevantní rozdělení převodovek z hlediska použití pro závodní nebo osobní automobily.[26]

Sekvenční převodovky umožňují manuální, automatizované (tzv. robotizované) i automatické řazení. Jedná se převážně o bezsynchronní převodovky, obvodové rychlosti tedy nemusí být synchronizovány. U sekvenčních převodovek mohou být využity různé koncepce ozubených kol: s šikmými zuby (Helical gear) nebo s přímými zuby (Spur gear), ale kvůli menším mechanickým ztrátám je preferována koncepce s přímými zuby.

Mohou využívat zubové spojky nebo spojky se synchronizací. Spojení přes zubové spojky je využíváno zejména u závodních vozidel, protože při běžné jízdě je hlučné a má tendenci při řazení „kopat“ (Kick out), když není plně v záběru. Vyžadují také co nejrychlejší řazení, aby se předešlo skřípání a poškození.[8]



Obrázek 3-1 Sekvenční převodovka s šikmým ozubením [21]

Sekvenční převodovky mohou být ovládány dvěma způsoby: pomocí táhel (klasických nebo lankových), nebo hydraulicky. Při použití táhla je táhlo napojeno na řadicí páku na středovém tunelu. Táhlo ovládá posuvným mechanismem hřebenový převod, který ovládá natočení volicího hřídele. U hydraulického systému je ovládání připojeno na ventily na obou koncích hřebenového převodu, což funguje jako hydraulický píst. Řazení může být ovládáno pomocí joysticku nebo páky pod volantem (tzv. pádly).[20]

3.1 HISTORIE

3.1.1 PORSCHE 360 CISITALIA

Historicky první koncept sekvenční převodovky byl navržen pro Porsche Cisitalia 360 těsně po 2. světové válce v roce 1946, ale závodů se tento vůz nikdy neúčastnil. V roce 1956 byl tento systém převzat a upraven firmou Lotus pod názvem „Queerbox“, který byl vyvinut průkopníky Richardem Ansdalem a Harrym Mundym. Poprvé byl použit ve voze Lotus 12 v roce 1958 pod vedením hlavního inženýra Colina Chapmana. Jednalo se tedy o technicky první sekvenční převodovku použitou v závodním voze. Tento systém nepoužíval rotační hřídel, ale jednotlivé řadicí rychlosti byly voleny pomocí posuvného pouzdra.[27]

Problémy vznikaly kvůli špatnému mazání, poddimenzovaným převodům a nízké životnosti převodovky. Protože byl systém extrémně nespolehlivý, byl v roce 1961 nahrazen řídicí jednotkou ZF (Zahnfabrik Friedrichshafen). Páka byla upravena tak, aby se pohybovala současně s výběrem rychlostních stupňů, což vyžadovalo dva stojany.[27]

V roce 1978 navázal Chapman na původní „Queerbox“, místo záběru pomocí křivek docházelo k záběru pomocí kuličkových ložisek. Do požadované polohy byla ložiska tlačena pomocí cívky běžící uvnitř vstupního hřídele.[27]

3.2 FORMULE F1

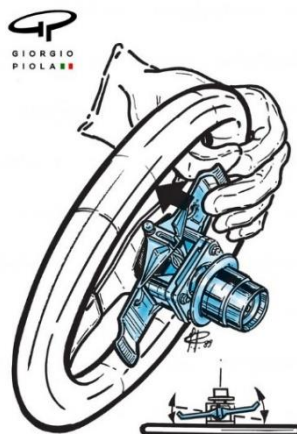
Sekvenční převodovky se začaly používat u Formule 1 na přelomu osmdesátých a devadesátých let.[2] V současnosti je využíváno osmi převodových stupňů a zpětného chodu. Řazení je poměrně hlučné a vzniká specifický zvuk, ať už při řazení směrem dolů nebo nahoru. Podle zvuku lze tedy přesně odhadnout, kdy řidič řadil. V F1 se používá spojka pouze pro zařazení prvního rychlostního stupně, další stupně jsou již řazeny bez použití spojky.[19]

Federací FIA je předepsáno, že manuální převodovky musí mít zpětný chod, který v tomto odvětví nemá praktický význam. Dále jsou od roku 1994 zakázány automatické převodovky, neboť jsou považovány za příliš velké usnadnění řízení. Maximální možný počet převodů je 8. Byly také povoleny systémy pro zlepšení manuálních převodovek. Dále je stanoveno, že převodovka může být vyměněna až po 6 po sobě jdoucích závodech, nedodržení tohoto pravidla je penalizováno. Tato pravidla byla stanovena pro rok 2021 a platí do roku 2024.[28]

Vozidla formule F1 tedy používají poloautomatické bezprodlékové řadicí převodovky s dvěma otočnými hřídeli. Převodovky ve formulích F1 v současnosti používají elektronické řízení s hydraulickým ovládáním, což je federací FIA považováno za zlepšení, a je to tedy legální. Elektronický systém umožňuje při řazení srovnání otáček převodovky s otáčkami motoru a zajišťuje tak synchronizaci, zároveň slouží jako bezpečnostní prvek. Systém využívá například ovládání škrticích klapek v sacích potrubích nebo zapalování. Bezpečnost je zajištěna tím, že elektronika brání přeřazení na stupeň, který by vedl k poškození při daných otáčkách (např. řazení prvního rychlostního stupně při maximální rychlosti).[29]

3.2.1 FERRARI 640

Prvním vozidlem v F1 se sekvenčním řazením byla formule Ferrari 640 v roce 1989. Využívala poloautomatickou sekvenční převodovku. Cílem bylo urychlení řazení na maximum a odstranění řadicí páky. Původním návrhem bylo řazení pomocí dvou tlačítek na každé straně volantu, později byl vyvinut koncept pák pod volantem. Dalším návrhem bylo zabudování třetího osazeného menšího spojkového pádla.[30]



Obrázek 3-2 Volant Ferrari 640 [31]

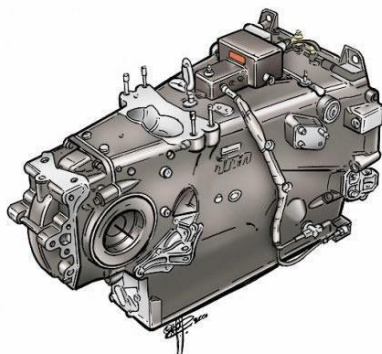
Vysoká výkonnost poloautomatických převodovek Ferrari přesvědčila i konkurenční týmy F1, které také začaly tento koncept rozvíjet. To vedlo k dalšímu intenzivnímu vývoji, převodovky se staly lehčími, menšími a rychlejšími. V té době trvala doba řazení 10 až 15 milisekund.[30]

3.2.2 WILLIAMS FW14

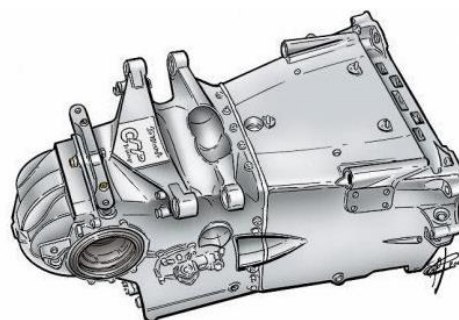
Práce na implementaci sekvenčního řazení do F1 začaly již v roce 1986. První vůz s touto poloautomatickou sekvenční převodovkou s řazením pomocí otočného hřídele vyjel v roce 1989. Na závodech Formule 1 byl u vozidla Williams FW14 použit poprvé v roce 1991. V roce 1993 se uvažovalo o zákazu těchto poloautomatických převodovek, ale nakonec se od této myšlenky upustilo.[32]

V současnosti všechny týmy přešly na bezešvou sekvenční převodovku (Seamless gearshift). Přestože sekvenční řadicí páka prováděla řazení velice rychle, řazení pomocí jednoho otočného hřídele narušovalo přívod energie a docházelo tedy ke snížení rychlosti. S nově používaným plynulým řazením došlo ke snížení času o 0,3 sekund na jedno závodní kolo. Tento systém používá tedy místo jednoho otočného hřídele dva (viz kapitola 2.1.1).[30]

Ačkoliv mají všechny týmy stejný typ převodovek, liší se materiálem skříní. Jsou používány slitiny materiálů, jejichž součástí je např. hliník, hořčík, titan a další výběry hybridních kovů spojených s uhlíkovými vlákny.[30]



Obrázek 3-3 Skříň ze slitiny hořčíku [30]



Obrázek 3-4 Skříň ze slitiny titanu [30]

Například stáj Ferrari používá titanovou kostru s lepenými uhlíkovými panely k docílení lehkosti a extrémní tuhosti.[30] Tvar převodovky je také velice důležitý, protože je součástí aerodynamického obalu a také částí difuzoru. Skříň je vyrobena jako jeden kus, do něhož jsou následně vkládány hřídele s ozubenými koly. Převody jsou koncipovány ve formě kazet (Cartrige), výměna všech kazet zabere přibližně 40 minut. Součástí kazet je i veškeré příslušenství, jako např. ložiska a olejové vedení.[30]

Převodovky prošly během let několika změnami, hlavně kvůli měnícím se regulacím FIA. Například v roce 2005 bylo nutné kvůli regulacím FIA převodovky zmenšit.[30] Ceny těchto převodovek se pohybují okolo 150 000 euro, což je v přepočtu přibližně 4 miliony Kč. Mnoho vnitřních částí převodovek je dodáváno externími dodavateli, jako např. Xtrakt nebo Hewland.

3.3 VYBRANÉ SEKVENČNÍ PŘEVODOVKY OSOBNÍCH AUTOMOBILŮ

Většina automatizovaných převodovek uvedených v této kapitole funguje na principu Selespeed (viz kapitola 3.3.5), kdy sice řazení probíhá sekvenčně, ale nejedná se o klasické sekvenční uspořádání s otočným hřídelem. Automatické sekvenční převodovky jsou v převážné míře koncipovány na principu DSG. Vyznačují se rychlým řazením bez přerušování hnací síly.[33] Jsou využívány především u osobních automobilů, neboť u závodních vozidel nemusí elektronika správně fungovat. Elektronika nepredikuje závodní záměry řidiče, který například před průjezdem zatáčky nejprve prudce zrychluje, elektronika si tedy připraví vyšší převod, řidič ale naopak prudce zpomaluje, což vyžaduje nižší převod. Za těchto okolností řazení probíhá výrazně pomaleji.[34]

Jednotlivé automobilky dávají sekvenčním převodovkám různé obchodní názvy, přestože se může jednat o stejný systém.[35] Některé tyto obchodní názvy jsou pro přehlednost uvedeny v tabulce.

Tabulka 1 Přehled obchodních názvů sekvenčních převodovek [35][36] [37][38][39][40][41]

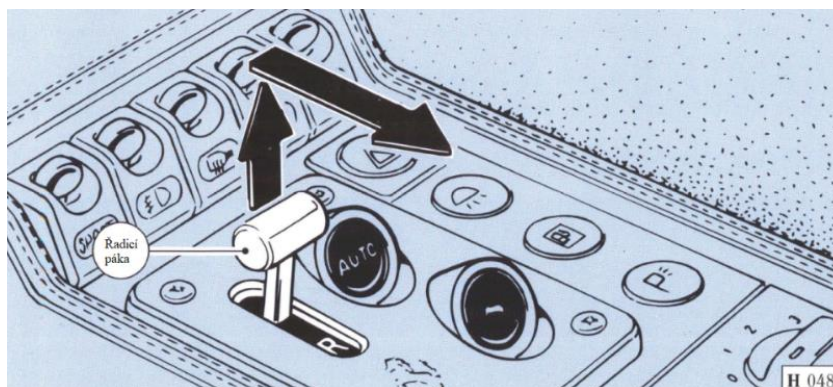
Automatizované převodovky		Automatické dvouspojkové (DCT) převodovky	
Alfa Romeo	Selespeed	Audi	S-tronic
Aston Martin	Touchtronic	BMW	Steptronic
Audi	R-Tronic	Ferrari	F1
BMW M3	SMG	Porsche	Tiptronic (PDK)
Ferrari	F1	Volkswagen	DSG
Lamborghini	ISR	BorgWarner	Dualtronic
Lamborghini	E-gear	Renault	EDC
Fiat	Dualogic	Ford, Volvo	Powershift
Toyota	MMT	BMW	DKG
Renault	QuickShift	Mitsubishi	SST
Citroen	Sensodrive		
Mercedes-Benz	Sequentronic		
IVECO	EuroTronic		
Maserati	DuoSelect		
Saleen	Pleasure shift		
Aston Martin	Sportshift		
Suzuki	EZ drive		

Automatické převodovky s převodníkem točivého momentu		Převodovky s plynule měnitelným převodovým poměrem (CVT)	
BMW	Steptronic	Audi	Multitronic
Mercedes-Benz	Tipshift	Subaru	Lineartronic
Mercedes-Benz	G-Tronic	Mitsubishi	Sportronic
Porsche/Audi	Tiptronic	Fiat	Speedgear
Volvo	Geartronic	Ford	Durashift
Opel	Easytronic		
Alfa Romeo	Sportronic		
Citroen	AM6		

V České republice má v tomto oboru důležité zastoupení firma KAPS Transmissions, která sídlí v Kojetíně.

3.3.1 F1 SUPERFAST – FERRARI

První automobilkou, která sekvenční převodovku použila u osobních automobilů, byla Ferrari, konkrétně u modelu Ferrari F355 F1 v roce 1997. Vycházela z mechanické převodovky s čelními ozubenými koly a samočinně ovládanou třecí kotoučovou spojkou. [2] Tato šestistupňová sekvenční mechanická převodovka byla také nabízena pod názvem F1, později byla přepracována na MTA (Manual transmission automated) a doplněna o řazení pomocí pádel (viz kapitola 3.3.2).[42]

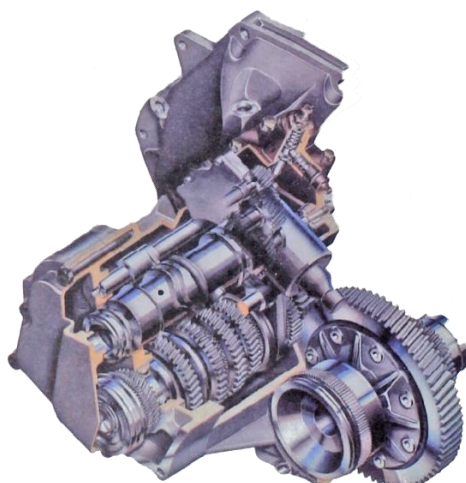


Obrázek 3-5 Řazení zpátečky (R) u vozidla Ferrari F355 F1 [43]

3.3.2 EASYTRONIC – OPEL

PŮVODNÍ KONCEPCE

Tato převodovka (viz Obrázek 3-6) byla vyvinuta v roce 1996, ale nebyla uvedena do sériové výroby. Na rozdíl od převodovek s elektrohydraulickým ovládním pracuje s elektronickým řízením převodovky a spojky, řazení je ovládáno pomocí otáčejícího se hřídele. Drážkovaný řadící hřídel je otáčen elektromotorem, čímž je odstraněno mechanické propojení mezi řadící (volící) pákou a převodovkou. Nedochozí tedy k vibracím, které by se přenášely do karoserie vozidla. Elektromotor je propojen s převodovkou elektrickým kabelem s konektory. Došlo také k odstranění spojkového pedálu, protože řazení je řízeno také elektronicky. Převodovka má několik nedostatků: delší dobu řazení a opotřebení synchronních kroužků.[2]



Obrázek 3-6 Sekvenční převodovka Opel s elektro-mechanickým řazením [2]

EASYTRONIC

Tento systém využívá automatizovanou převodovku s manuálním řazením bez spojkového pedálu a byl představen německou firmou Opel, využívají jej rovněž automobily sesterské značky Vauxhall. Možnost volby automatického řazení se označuje jako MTA, nebo také synonymem AMT (Automated manual transmission). Nejedná se tedy o klasickou automatickou převodovku, lze volit možnost automatického nebo manuálního řazení.[44]

Systém Easytronic není stejný jako Tiptronic, protože nemá měnič točivého momentu. Je to v zásadě manuální převodovka se suchou spojkou a jednou lamelou, kde je přenos řízen elektrohydraulicky, a spadá do kategorie robotizovaných převodovek.[44] Tato převodovka koncernu Opel byla poprvé představena u modelu Opel Corsa C v roce 2001. Převodovka je založena na standardní pětistupňové manuální převodovce, doplněné spojkovým táhlem a pohonem převodovky. Spojka je ovládána vždy plně automaticky. Řadicí páka se vrací po uvolnění vždy zpět do středové polohy a je označena symboly: [45][46]

- **N** poloha neutrálu
- **A** přepínání mezi automatickým a manuálním režimem, na displeji se následně zobrazí:
 - **A** automatický režim
 - **M** manuální režim
- **R** zpětný chod
- **+** zařazení vyššího převodového stupně
- **-** zařazení nižšího převodového stupně

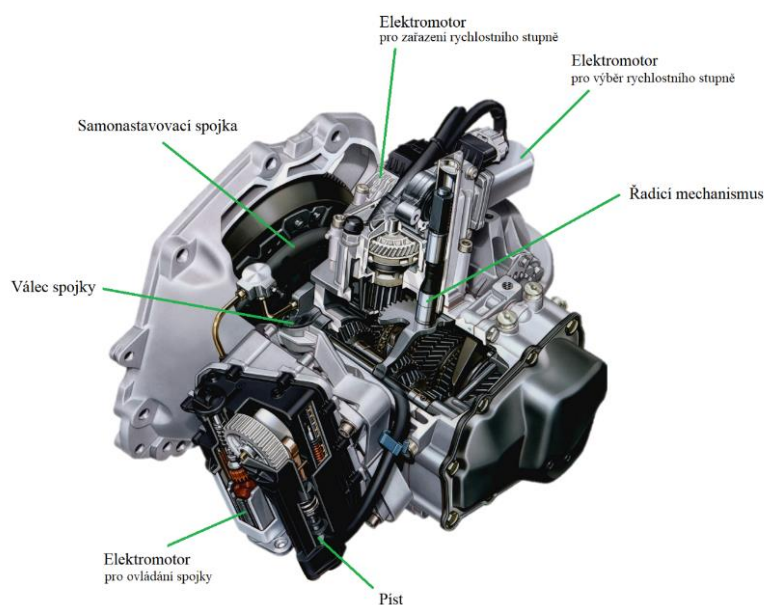


Obrázek 3-7 Řadicí páka automatizované mechanické převodovky vozidla Opel Corsa [45]

Startování motoru je řešeno pomocí sešlápnutí brzdového pedálu. Po nastartování převodovka automaticky přeřadí do polohy neutrálu (N). Zpátečka (R) je řazena pouze při stojícím vozidle. Pohybem páky řidič ovládá symboly + a – v manuálním režimu a sám si tak rozhoduje o momentu přeřazení. Díky řídicí elektronice, která řídí škrticí klapku motoru, není nutné během tohoto přeřazování sundávat nohu z plynu. Opakovaným zatažením/zatlačením řadicí páky lze přeskokovat určité rychlostní stupně bez ovlivnění řadicího času, čímž se liší od klasických sekvenčních převodovek.[45] Pokud je v automatickém režimu zvoleno + nebo -, převodovka automaticky přejde do manuálního režimu a přeřadí na příslušný převodový stupeň. Při automatickém režimu má převodovka menší spotřebu a lze zvolit mezi jízdními programy: režim sport, zimní program nebo „kick-down“. Při režimu sport je řazení upraveno podle jízdních podmínek, např. při větším zatížení nebo stoupání. Jednotlivé rychlostní stupně jsou řazeny rychleji a při vyšších otáčkách. Při zimním programu se vozidlo rozjíždí na druhý převodový stupeň. Tento program je využíván při problémech s rozjížděním na kluzké vozovce. Při zvolení režimu „kick-down“ se při prudkém sešlápnutí plynového pedálu (za hranici tlakového bodu) dojde k přeřazení na nižší převodový stupeň (podřazení) v závislosti na otáčkách. To má za následek prudké zrychlení vozidla například při předjíždění. Jelikož se nejedná o klasickou automatickou převodovku, ale automatizovanou, dochází během řazení k přerušení dodávky točivého momentu a je nutné uvolnění plynového pedálu v okamžiku řazení.[45]

V současnosti je systém Easytronic používán obecně v menších moderních automobilech jako jsou např. modely Opel Corsa, Tigra, Meriva, Astra, Zafira a Vectra. Ostatní výrobci automobilů tento systém nepoužívají z důvodu preference automatických převodovek. Mezi další důvody patří již zmíněná nutnost vyšlápnutí plynového pedálu během řazení a potřeba časté údržby. V nejnovějším modelu řady Corsa, tedy Opel Corsa F, vydaném v roce 2019 je nyní používána buď šestistupňová manuální převodovka, nebo osmistupňová automatická převodovka.[44]

Výhodou této převodovky kromě zmíněné spotřeby paliva je to, že řídicí jednotka spolupracuje se protiblokovacím systémem ABS (Anti-lock brake system). Nejkratší možný řadicí čas této převodovky je 240 milisekund.[46]



Obrázek 3-8 Převodovka Easytronic (MTA) [47]

Poslední verzí této převodovky je Easytronic 3.0 vydaný v roce 2014, který je používán např. u modelu Opel Adam. Tato novější verze řadí chytřeji, rychleji a plynuleji. Nový systém také podporuje funkci „Start-stop“. Tato funkce zvyšuje úsporu paliva a snižuje emise výfukových plynů. V okamžiku, kdy se vozidlo pohybuje pomalu nebo stojí, dojde k vypnutí motoru. Motor se nastartuje při uvolnění brzdového pedálu.[48]

Navzdory výhodám automatických převodovek Opel od systému Easytronic neupustil a lze ji nalézt např. u Opel GT nebo Astra Coupé OPC X-Treme, které mají šestistupňovou převodovku s možností řazení pádly. Závodní varianta Opel Corsa OPC S2000 má šestistupňovou sekvenční převodovku od společnosti Xtrac.[49]



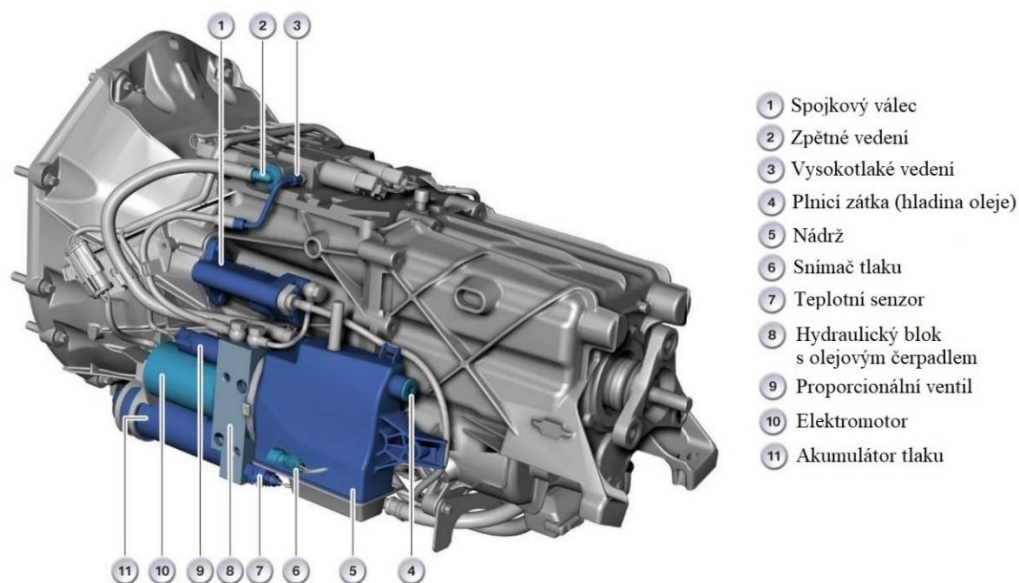
Obrázek 3-9 Opel GT (2016) [50]

3.3.3 SMG – BMW

Tato převodovka byla vyvinuta ve spolupráci s firmami Fiechtel & Sachs a Getrag v roce 1997. Vychází ze standardního modelu BMW M3, což je standardní šestistupňová převodovka, která byla doplněna o řadu servomechanismů a elektrohydraulickou řídicí jednotku. Výhodou je, že elektronika chrání motor před přetočením i při chybě řidiče a usnadňuje řazení samočinným dávkováním meziplynu. Tato převodovka je na rozdíl od výchozího konceptu těžší a rozměrnější. Ve vozidlech s touto převodovkou došlo k odstranění spojkového pedálu, protože má samočinnou kotoučovou spojku. Tato koncepce umožňuje sekvenční řazení. K rozjetí vozidla dojde po sešlápnutí akceleračního pedálu.[1][2]

Řidič si může zvolit mezi variantami E (Economy) a S (Sport). Při zvolení varianty E je používána běžná planetová samočinná převodovka a ovládání pomocí tlačítek na volantu. Naopak při variantě S je ovládání přepnuto na sekvenční řazení. Zařazený rychlostní stupeň je zobrazen na displeji na přístrojové desce a ukazuje také, který režim (varianta) je aktivní.[1][51]

Firma BMW v roce 2004 představila poslední převodovku se systémem SMG (Sequential manual gearbox) – III pro model M5 E60 a M6 E63. Oproti předchozí verzi SMG došlo ke zrychlení řazení o 20 %, rychlost řazení se tedy pohybuje v rozmezí 65 až 250 milisekund podle zvoleného modu. Řazení je zprostředkováno jako dříve voličem na středové konzole nebo pákami pod volantem. Převodovka v této verzi je sedmistupňová a nabízí 11 programů řazení. Volí se mezi mody S (Sport) a D (Automatic). Převodovka dokáže podřadit až o čtyři stupně, což umožňuje velké zrychlení. I v této variantě funguje dávkování meziplynu v nízkých otáčkách.[52][53]



Obrázek 3-10 Převodovka BMW SMG III [53]

U sportovního režimu (6 programů) platí, že čím vyšší číslo programu, tím vyšší otáčky, vyšší zatížení a převodovky se chovají sportovněji. V dalších pěti programech v automatickém režimu převodovka řadí automaticky sama podle zvoleného programu, jízdní situace, rychlosti vozidla a polohy plynového pedálu.[53]

Obdobnou technologii SMG využívala i stáj Formule 1 Williams.[51] Výrobci sportovních automobilů již dnes spoléhají na dvouspojkové automatické převodovky (DSG).[54]

Od roku 2011 je pro model M5 E60 používána dvouspojková automatická převodovka s označením M-DTC, která nahradila SMG. Poslední vydaný model M5 F90 má osmistupňovou automatickou planetovou převodovku s označením M Steptronic (ZF).[55]

3.3.4 STEPTRONIC – BMW

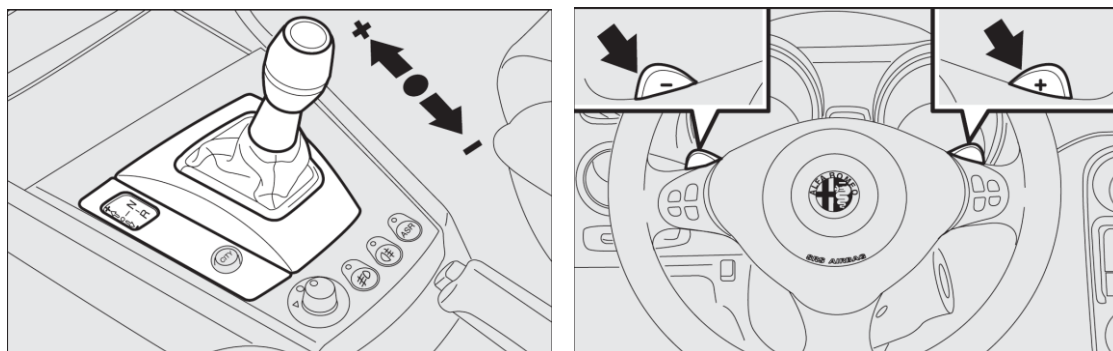
Systém Steptronic od společnosti BMW má na rozdíl od SMG plně automatickou převodovku. U modelu SMG docházelo pouze k napodobování automatického řazení v automatickém modu a systém se choval jako současný Steptronic. V pozdějších modelech, kromě variant Sport, také došlo k drobným změnám řadicích prvků. Byla odstraněna pádla pod volantem a změněn design páky, která nyní vypadá stejně jako u standardně manuálně řazených aut. Poslední varianta Steptronic u modelu BMW X1 xDrive20i xLine má sedmistupňovou nebo osmistupňovou automatickou převodovku.[55]

3.3.5 SELESPEED – ALFA ROMEO

Selespeed je obchodní název převodovky používané ve vozidlech značky Alfa Romeo i značky Fiat.

ALFA ROMEO 156 2.0

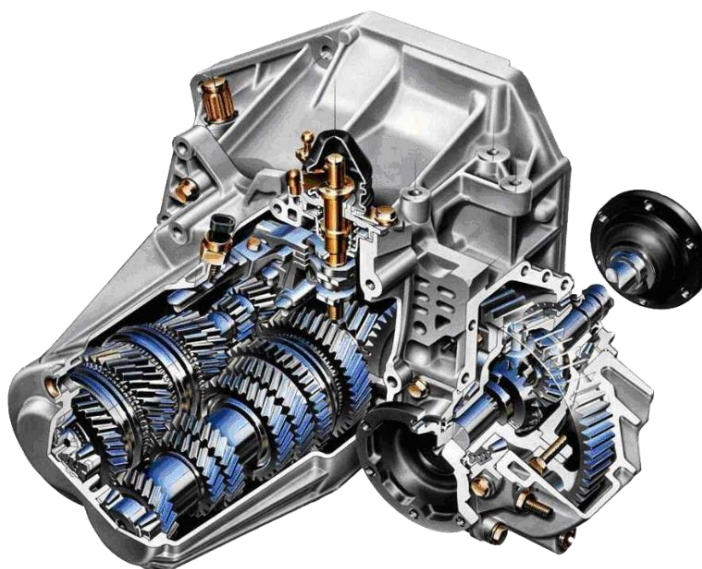
Tento typ převodovek byl poprvé představen v roce 1999 u vozidla Alfa Romeo 156 2.0 jako modernizovaná verze z roku 1997. Toto vozidlo má pětistupňovou nebo šestistupňovou sekvenční převodovku, která je zrobotizována. Díky systému Selespeed je umožněna jízda ve dvou režimech: manuálním (poloautomatickém) a samočinném (CITY).[2]



Obrázek 3-11 Řadící páka Alfa Romeo 156 [56] Obrázek 3-12 Tlačítka Alfa Romeo 156 [56]

Zvolením tlačítka CITY je převodovka přepnuta do plně samočinného řazení. Tím se pak samočinně vypíná nebo spíná jednokotoučová spojka při rozjezdu a řazení jednotlivých převodových stupňů. Tím je ovlivněn i chod motoru. Aktuálně zvolený režim je vždy zobrazen na palubní desce.[56] Převodovka je řízena elektronickou jednotkou Magneti Marelli, která snižuje otáčky při řazení motoru, takže řidič nemusí dávat nohu z akceleračního pedálu. Tato jednotka dává pokyn hydraulickému systému zásobovanému tlakem elektrického čerpadla k ovládnutí spojky a řazení. Hydraulický systém je poháněn elektromotorem, což oproti pohonu motorem přináší úsporu energie. Z důvodu potřeby zahájení funkce systému Selespeed již v okamžiku spuštění motoru začíná čerpadlo pracovat v okamžiku otevření dveří vozidla na straně řidiče.[57]

Převodovka, jak již bylo zmíněno, má elektronicky ovládanou spojku a nemá tedy hydrodynamický měnič.[58]



Obrázek 3-13 Převodovka Selespeed [58]

Řazení probíhá v obou režimech bez spojkového pedálu, a to pomocí tlačítek + a – na volantu, případně pohybem páky dopředu a dozadu. Pro rozjezd vozidla je nutno sešlápnout brzdový pedál. Pokud otáčky při klasickém režimu přesáhnou maximum 6000 min^{-1} nebo jsou naopak příliš nízké (když rychlost klesne pod 10 km/h), elektronika automaticky přebere funkci řazení. Doba řazení je přibližně 1 sekunda. Jestliže řidič sešlápne akcelerační pedál více než

z 60 % a otáčky motoru jsou okolo 5000 min^{-1} , řazení potom trvá 0,4-0,5 sekund. Při řazení na nižší rychlostní stupeň je využíváno dvojí vysunutí spojky s náznakem meziplynu, aby došlo k synchronizaci otáček motoru a převodovky, a řazení trvá déle.[56][57] Posunutím páky doprava nebo doleva řidič volí neutrál a zpětný chod.

System Selespeed byl používán do roku 2010 v modelech Alfa Romeo Brera, Spider, nebo např. modelech Fiat Punto, Stilo. Selespeed vycházel ze systému podobného Ferrari 355 F1, který také vyráběla italská firma Magneti Marelli. Umožňoval pohodlné a snadno ovládané bezpečné řazení, proto se v té době i přes vysoké výrobní náklady tolik rozšířil. Byl rovněž oblíbený z důvodu sportovního stylu řízení, což v té době nebylo u sériově vyráběných vozidel k dispozici.

3.3.6 SPORTRONIC – ALFA ROMEO

Sportronic je další převodovkou od značky Alfa Romeo. Sportronic je založen na automatické převodovce s hydraulickým měničem točivého momentu a souboru planetových převodovek. Jedná se tedy o plně automatickou převodovku, ne jako to bylo u Selespeed, kde byla převodovka robotizovaná. Řazení probíhá nepřímě přes elektronickou řídicí jednotku.[59]

ALFA ROMEO 166

Tento model má samočinnou elektronickou převodovku s adaptivním řízením. Umožňuje tedy přizpůsobení se stylu jízdy. Převodovka byla vyráběna v různých provedeních: pětirychlostní a šestirychlostní manuální nebo čtyřrychlostní automatická (Sportronic). Převodovka kombinuje výhody manuální a automatické převodovky. Hlavní předností této převodovky je možnost použití: tradiční automatické (AUTO) nebo ručně ovládané sekvenční (SPORT). Tato volba je prováděna přesunutím řadicí páky do sektoru A (automatické řazení) nebo do sektoru B (sekvenční řazení). Ruční sekvenční řazení se provádí pohybem páky ve směru značek: + a -.



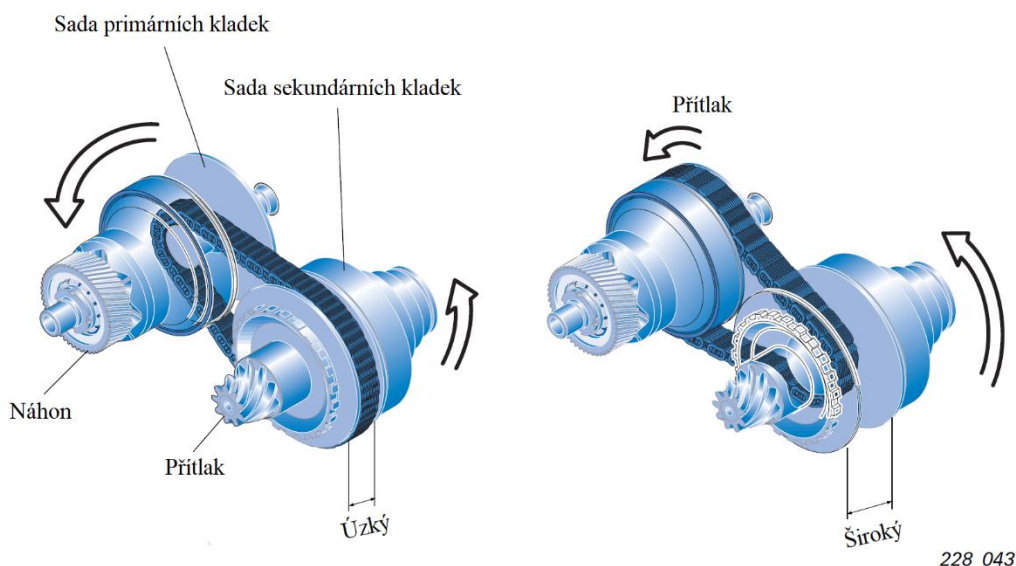
Obrázek 3-14 Převodovka Alfa Romeo Sportronic [60]

Převodovka umožňuje funkci „kick-down“ (viz kapitola 3.3.2), k tomu stačí pouze rychlé sešlápnutí brzdového pedálu za hranici tlakového bodu a tím dojde k zařazení nižšího rychlostního stupně.[60]

Prizpůsobení stylu jízdy je možné díky spolupráci řídicí jednotky s ABS, analýze rychlosti kol, poloze škrtecí klapky a otáčkám motoru. Na základě vyhodnocení parametrů, jako jsou povrch vozovky, jízda do svahu nebo do zatáčky atd. probíhá v reálném čase predikce strategie jízdy a výběr řadičích bodu, tzv. „Fuzzy Logic“. To umožňuje plynulý přechod mezi oběma režimy.[1][61]

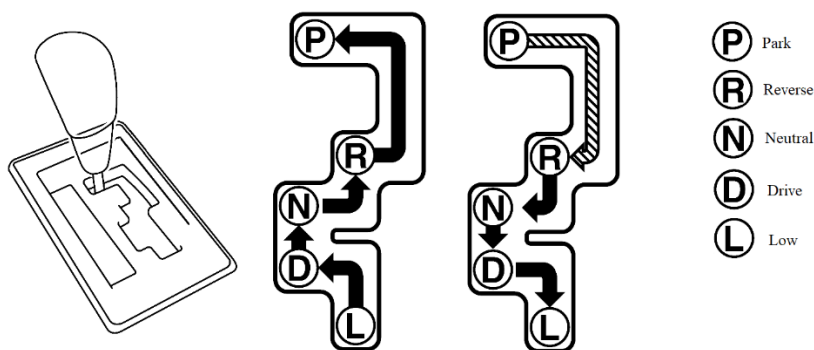
3.3.7 SPORTRONIC CVT – MITSUBISHI

Převodovku Sportronic převzala a zařadila do výroby i automobilka Mitsubishi do modelů ASX GA, Outlander GF a CW a Lancer CY. Z označení Sportronic CVT (Continuously Variable Transmission) vyplývá, že se jedná o spojité proměnný převodový poměr. Tyto převodovky mají manuální řazení a nemají hydrodynamický měnič. Převodovka CVT nemá ozubená kola, ale řemen mezi hnacím a hnaným kuželovým kolem. Jedná se o tzv. „bezstupňovou“ převodovku. Díky předprogramování virtuálních převodových stupňů umožňuje sekvenční řazení pohybem páky. U variátorových převodovek může být používán místo řemene i např. ocelový pás, řetěz nebo toroidní variátor.[58][61]



Obrázek 3-15 Převodovka Audi CVT Multitronic 01J [62]

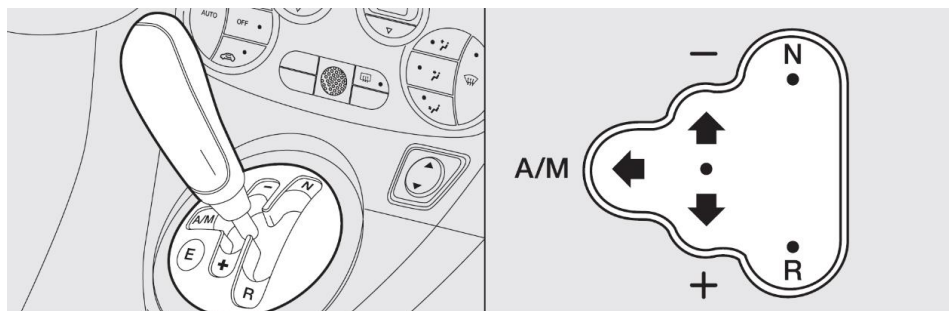
Poslední model Mitsubishi Outlander Sport 2.0 ES CVT byl vydán v roce 2019. Tento model umožňuje sekvenční řazení jak pomocí pádel, tak pomocí řadičích páky.[63]



Obrázek 3-16 Schéma řazení vozidla Mitsubishi Outlander [63]

3.3.8 DUALOGIC – FIAT

Obchodní název Dualogic nese převodovka určená pro vozidla značky Fiat, u automobilů značky Lancia je tento systém nazýván DFN (Dolce Far Niente).[64] Jedná se o automatizovanou sekvenční převodovku s elektrohydraulickým ovládáním. Pomocí tohoto systému je automatizováno ovládání spojky a řadicí páky. Systém Dualogic nabízí opět dva režimy, mezi nimiž si může řidič vybrat: Normal a Economy. Režim Economy je u sportovních variant této značky nahrazen režimem Sport.[65] Od Sportronic se systém liší uspořádáním řadicí páky.

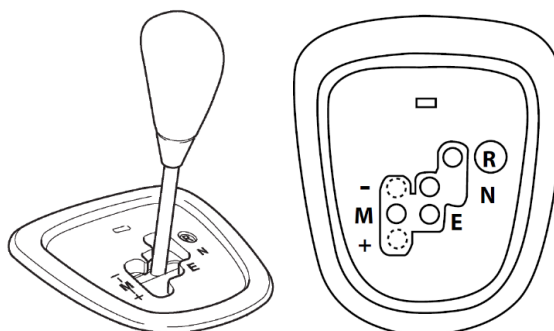


Obrázek 3-17 Schéma řazení vozidla Fiat Panda 2007 [66]

Automatickou převodovku Dualogic je možné najít v modelech Fiat: Fiat 500, Grande Punto, Panda III, Punto II a Punto III. Je používána od roku 1999 až do současnosti. V rámci značky Lancia je DFN používáno u modelů Ypsilon, Musa a Delta.[67] Robotizovaná převodovka DualogicTM byla představena ve spolupráci s firmou Magneti Marelli, která stojí rovněž za vývojem Selespeed.[68]

3.3.9 MMT – TOYOTA

Opět se jedná o vícestupňovou převodovku umožňující přepnutí na manuální sekvenční řazení. Výrobce v názvu přímo neuvádí, že jde o automatizovanou převodovku, ale uvádí pouze vícerežimovou. Od systémů Sportronic a Dualogic se MMT (Multi-mode manual transmission) liší tím, že v automatickém režimu zde chybí funkce parkování (P). Umožňuje zastavení motoru se zařazeným rychlostním stupněm, což lze využít při „parkování na svahu“. V tomto případě je nutné sešlápnutí brzdy, aby bylo možné motor znovu nastartovat. Řidič může startovat pouze přes neutrální. Při nízkých rychlostech může docházet k prokluzu spojky. Umožňuje řazení pomocí páček pod volantem.[69]



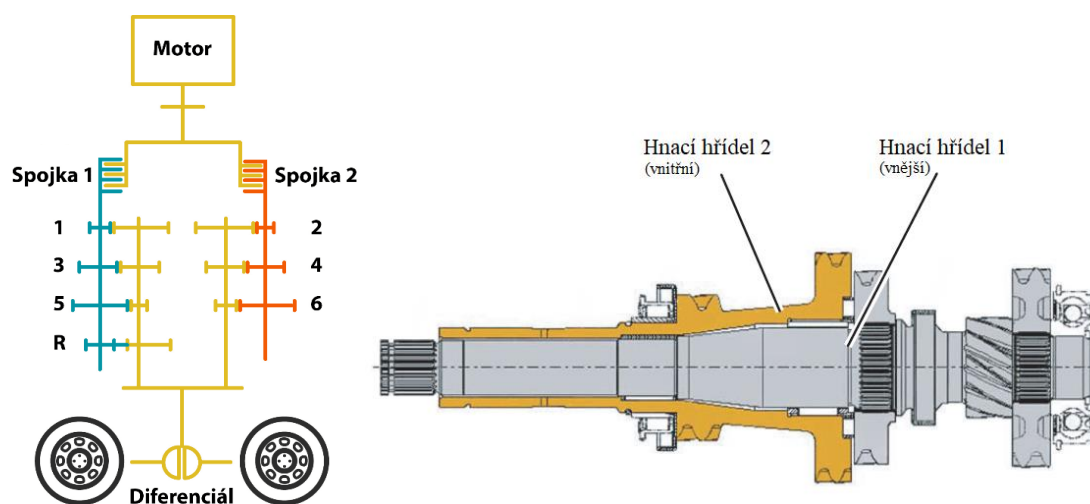
Obrázek 3-18 Schéma řazení vozidla Toyota Auris [70][71]

Tuto převodovku najdeme v modelech Toyota Aygo, Yaris a Corrola.[70]

3.3.10 DSG – VOLKSWAGEN

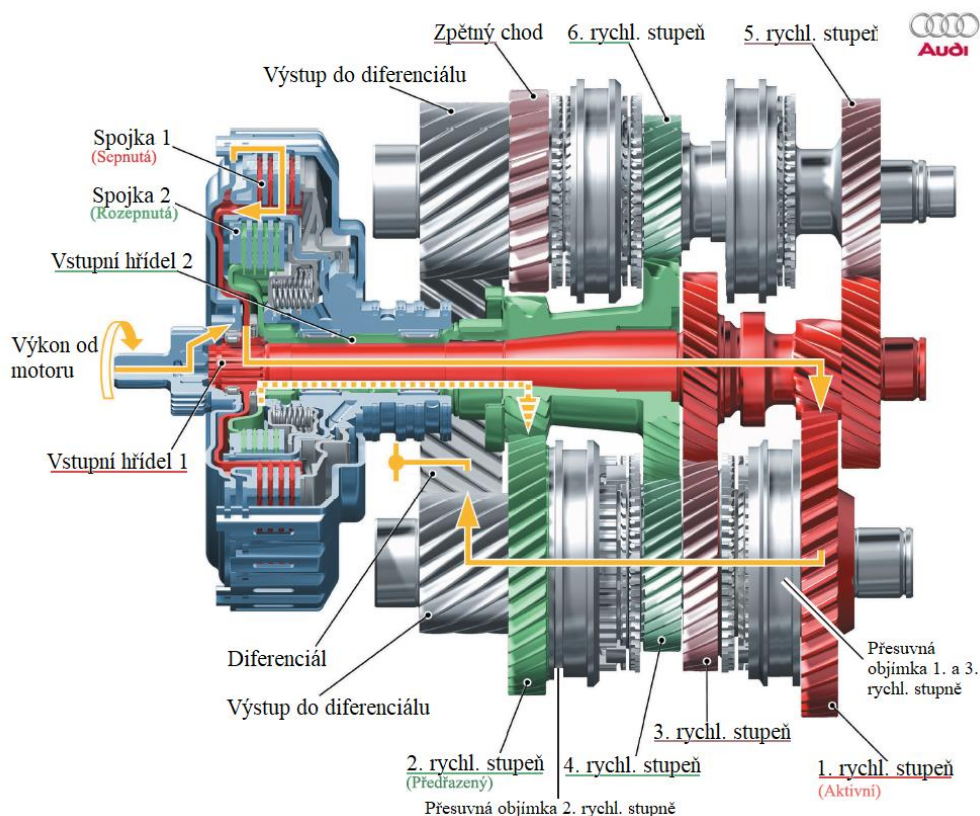
PRINCIP

DSG znamená v překladu převodovka s přímým řazením. Tato šestistupňová převodovka vyvinutá firmou Volkswagen spadá do kategorie DCT (Dual clutch transmission), tedy mezi dvouspojkové převodovky. Převodovka DSG má dvě paralelní manuální převodovky zabudované do jednoho krytu. Na jedné převodovce jsou liché převodové stupně a zpětný chod. Na druhé převodovce jsou naopak sudé převodové stupně. Obě převodovky sdílejí jeden společný diferenciál a krouticí moment je dále přenášen do sub-převodovek pomocí dvou spojek, které jsou v olejové lázni. Převodovka je dále složena z 2 vstupních a 2 výstupních hřídelů. Jeden ze vstupních hřídelů je dutý a druhý je do něj z důvodu úspory místa vložen. System DSG používá stejně jako AMT pro provoz elektrohydraulické nebo elektromechanické pohony. Díky změněnému rozdělení jednotlivých převodových stupňů na 2 hřídele je ale daleko rychlejší. Výhodou DSG je, že během řazení poskytuje nepřerušovaný tok energie, díky dvojité lamelové mokré spojce s hydraulickým ovládním, která umožňuje zařazení dvou rychlostních stupňů současně, a tedy zkrácení řadicího času.[72]



Obrázek 3-19 Schéma dvouspojkové převodovky [73] Obrázek 3-20 Schéma vloženého hřídele [74]

Oproti automatizovaným sekvenčním převodovkám nemá převodovka DSG hydrodynamický měnič, což eliminuje nevýhodu malé účinnosti při rozjezdu. Polohu řadicí páky již mechanicky nepřenáší volicí páka a multifunkční spínač. Místo toho je použito konceptu řízení „shift-by-wire”, který posílá pouze bezkabelové signály k zahájení řazení. Mechanická aktivace pomocí lanka probíhá pouze při poloze parkování (P) k aktivaci parkovacího zámku.[74] Při řazení na určitý převodový stupeň převodovka podle snímaných údajů otáček motoru a brzdění předvolí další rychlostní stupeň. Převodovka neztrácí výkon nejen při řazení za sebou jdoucích rychlostních stupňů, ale ani při řazení například z šestého rychlostního stupně na druhý. Toto není u čistě automatické převodovky možné. Řazení může probíhat díky elektrohydraulickému systému plně automaticky nebo ručně. Při manuálním režimu (Tiptronic) se řadí pomocí tlačítek nebo pádel u volantu. Standardní režim (D) může být vystřídán sportovním režimem (S).[74][75]



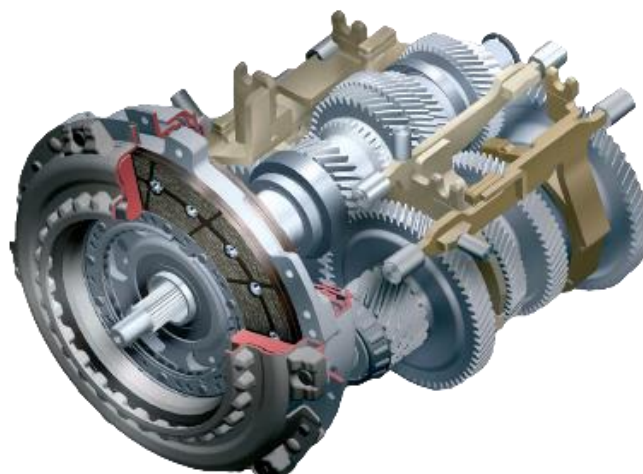
Obrázek 3-21 Schéma převodovky DSG vozidla Audi TT 3.2 2004 [74]

HISTORIE

Roku 1939 si nechal dvouspojkovou převodovku patentovat Adolphe Kregesse, ale kvůli 2. světové válce k výrobě nikdy nedošlo. V automobilovém průmyslu se poprvé objevila u Porsche PDK (Porsche Doppelkupplung), nicméně použita byla pouze u závodních vozů Porsche 956 a Porsche 962 v 80. letech. Další automobilkou, která systém dvouspojkové převodovky převzala, byla firma Volkswagen, která ji ve spolupráci s firmou Borg Warner po pětiletém vývoji pod názvem DSG poprvé uvedla do sériové výroby, a to s vozem Volkswagen Golf Mk4 R32 v roce 2003. Tato převodovka byla šestistupňová s kódem 02E.[40][76] Její design vycházel z ověřených typů převodovek Audi Tiptronic (1994) a Multitronic (1999). Hlavní změnou bylo nahrazení konvenční suché spojky dvěma lamelovými hydraulickými mokřými spojkami.[73][74]

S převodovkou experimentovala i firma Audi u vozidla pro rallye Audi Sport Quattro S1. Prvním vozem značky Audi, který byl uveden do sériové výroby s nově vyvinutým systémem DSG, se stal model TT 3.2 Quattro. Design převodovky je podobný manuální převodovce Audi 02M. S nově vydanými modely firmy v roce 2005 přejmenovala systém DSG na S-Tronic. Původní DSG byla dodávána ve dvou variantách: šestistupňové a sedmistupňové.[40][74]

Pro velký úspěch převodovek DSG je firma Volkswagen použila i u ostatních modelů a v roce 2007 začala kromě šestistupňové převodovky s mokřými spojkami (02E) nabízet i sedmistupňovou se suchými spojkami (0AM). Sedmistupňová převodovka měla jeden hnaný hřídel navíc. Díky suchým spojkám (bez olejové náplně) bylo dosaženo snížení spotřeby paliva.[41]



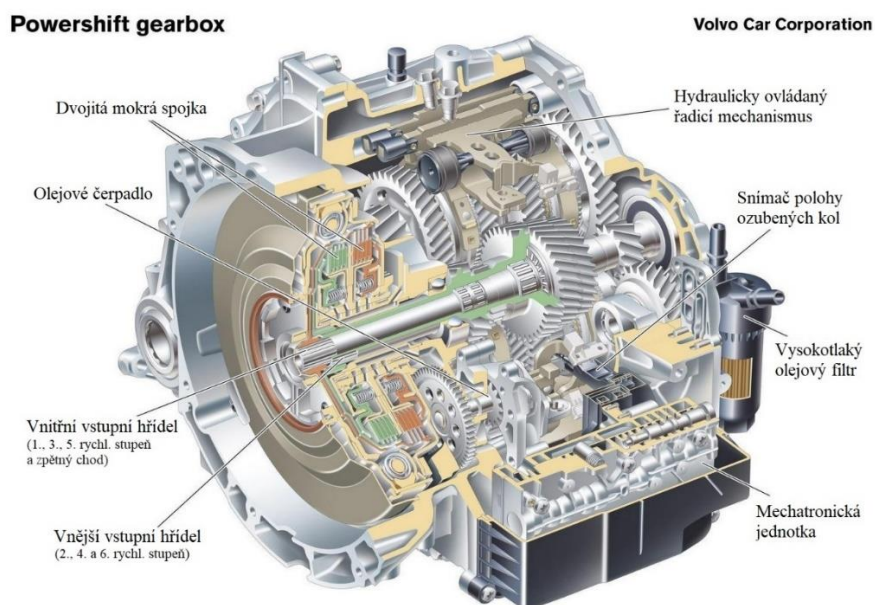
Obrázek 3-22 Sedmistupňová DSG převodovka 0AM [77]

Tento koncept lze nalézt zejména u značek koncernu VW Group: Volkswagen, Audi, Škoda, Seat, Porsche a v modifikované verzi i u Bugatti. Převodovka DSG byla použita například i ve vozidle Škoda Octavia RS.[41]

Koncept DSG Volkswagen se objevuje pod jinými názvy u ostatních automobilek (viz Tabulka 1), např. DualTronic, PowerShift, EDC, S-Tronic, DKG.[41]

3.3.11 POWERSHIFT – FORD, VOLVO

Společnost Getrag vyvinula dvouspojkovou převodovku PowerShift, která vychází z DSG, pro automobilky jako např. Ford, Volvo a Mitsubishi. Jedná se o šestistupňovou poloautomatickou převodovku využívající princip dvou spojek jako u DSG. Výhodou oproti klasické automatické převodovce je nižší spotřeba pohonných hmot a nižší emise CO₂. Převodovky PowerShift vyrábí firma Getrag ve svém závodě na Slovensku.[78]



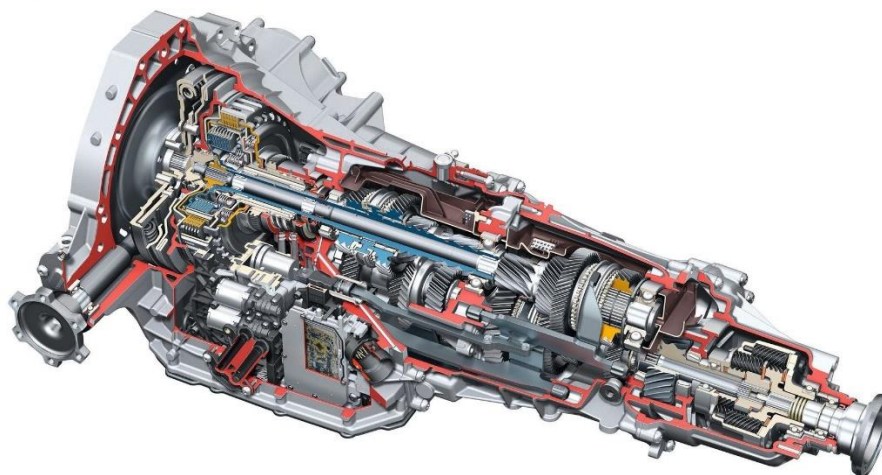
Obrázek 3-23 Převodovka Powershift [78]

3.3.12 S-TRONIC – AUDI

Tato převodovka dříve nesla název DSG, ale s příchodem nových vícešupňových převodovek byla přejmenována. Lze ji nalézt v nových modelech automobilů firmy Audi. V současnosti se vyrábí v provedení jako šestistupňová nebo sedmistupňová dvouspojková automatická převodovka. Některé S-tronic jsou takřka kopiemi DSG instalovaných výrobcem Volkswagen Group.[79]

Audi S tronic 7-Gang

Audi S tronic 7 speed
03/08



Obrázek 3-24 Sedmistupňová převodovka Audi S-tronic [80]

3.3.13 TIPTRONIC (PDK) – PORSCHE

Jedná se o elektronicky řízené automatické převodovky. Tento systém je shodný jako systém DSG, ale v kvalitnějším provedení. Tiptronic označuje Porsche jako PDK a je používán i v současných modelech značky Audi, např. Audi A8, S4 a další.[81]

Tiptronic se od S-tronic kromě počtu řadicích stupňů příliš neliší. Ve srovnání s S-tronic nabízí sportovnější a agresivnější jízdu, kdežto Tiptronic upřednostňuje spíše ekonomické hledisko.[81]

3.3.14 DKG – BMW M3

Tato dvouspojková sedmistupňová automatická převodovka DKG (Doppelkupplungsgetriebe) se systémem DriveLogic pro model BMW M3 byla představena v roce 2008. Systém DriveLogic umožňuje rychlé závodní a také plynulé ekonomické řazení. Řazení probíhá pomocí řadicí páky nebo přes pádla u volantu. Tento systém rovněž vycházel ze systému DSG od společnosti Volkswagen.[82]

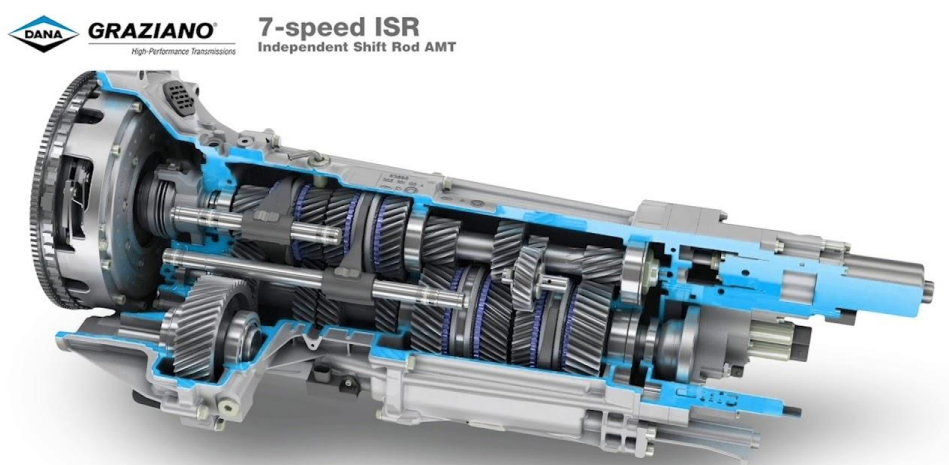
3.3.15 G-TRONIC – MERCEDES BENZ

Firma Mercedes uvedla na trh v roce 2003 sedmistupňovou automatickou převodovku 7G-Tronic, které předcházela 5G-Tronic z roku 1996. Umožňuje vícenásobné řazení na nižší rychlostní stupeň (tzv. podřazování), které v případě potřeby upustí od sekvenčního řazení. Poté navázala převodovkou 7G-tronic se sedmi převodovými stupni a v roce 2013 s

devítistupňovou automatickou převodovku 9G-Tronic. Na to později reagovala společnost ZF také devítistupňovou automatickou převodovkou.[83][84]

3.3.16 ISR – LAMBORGHINI

System ISR (Independent shifting rods) znamená nezávislé řadicí vidličky. Jedná se o robotizovanou jednospojkovou převodovku, která zkracuje oproti dvouspojkovým převodovkám řadicí čas až na polovinu, ale pořád se jedná o AMT. Převodovka má 7 stupňů, zpětný chod a byla zkonstruována pro model Lamborghini Aventador v roce 2011. Oproti běžné manuální převodovce, kde jsou kola jednotlivých převodových stupňů uspořádána vedle sebe (např. druhý a třetí), jsou u této převodovky ozubená kola umístěna paralelně a řazena nezávislými řadicími tyčemi. Zatímco jedna řadicí tyč vyřadí jeden rychlostní stupeň, druhá již může řadit další. Převodovka má tři režimy: komfortní řazení (Strada), dynamické řazení (Sport) a plně automatické, určené pro závodní okruhy (Corsa).[85]



Obrázek 3-25 Sedmistupňová převodovka ISR AMT vozidla Lamborghini Aventador [86]

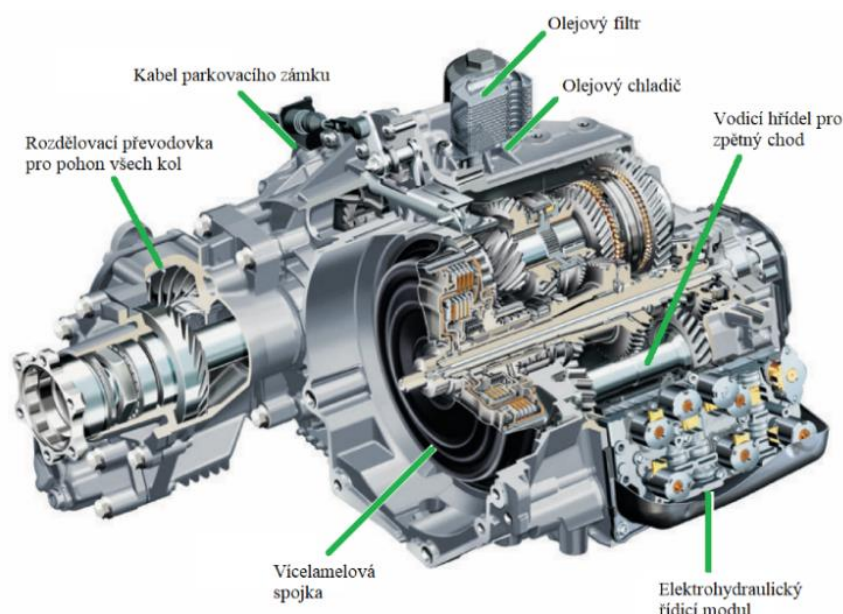
4 ŠKODA OCTAVIA II RS

Konstrukce automobilu Škoda Octavia II navazuje na předchozí model Škoda Octavia I. Nová konstrukce byla navržena firmou ŠKODA AUTO, a. s. v roce 2004 ve spolupráci s mateřským koncernem VW Group. Sportovní provedení řad, Škoda Octavia II RS (Racing sport) bylo představeno v září roku 2005 a v té době se jednalo o nejrychlejší vůz automobilky. Byla dodávána s benzínovým motorem 2.0 TFSI – 147 kW a později (od roku 2006) doplněna i o naftovou motorizaci 2.0 TDI – 125 kW. Tehdejší nová Škoda Octavia obdržela ocenění „Nejkrásnější auto roku 2004“, „Auto roku 2004“ a „Auto roku 2005“.[3] Výroba vozu Škoda Octavia RS II. generace trvala do roku 2013.[87]



Obrázek 4-1 Škoda Octavia RS Facelift [88]

Pro přestavbu v rámci této práce byla použita šestistupňová manuální převodovka z vozidla Octavia Combi RS 2.0 TDI CR DPF – 125 kW. Toto vozidlo je dodáváno i ve variantě s šestistupňovou automatickou převodovkou DSG s označením DQ 250 (02E). Varianta TDI PD se 125 kW byla uvedena v roce 2006 a v roce 2008 ještě před faceliftem (změnou vzhledu) i varianta CR, tedy se vstřikováním Common-rail. Byla to první CR varianta značky Škoda. Předchozí systém používal u vstřikovacího systému PD (Pumpe-düse), tedy čerpadlo-tryska. Nový systém používá trysky s osmi vstřikovacími otvory. V roce 2008 byla dále přidána i varianta s novým dieslovým motorem 2.0 TSI.[89][90]



Obrázek 4-2 Šestistupňová DSG převodovka 02E [13]

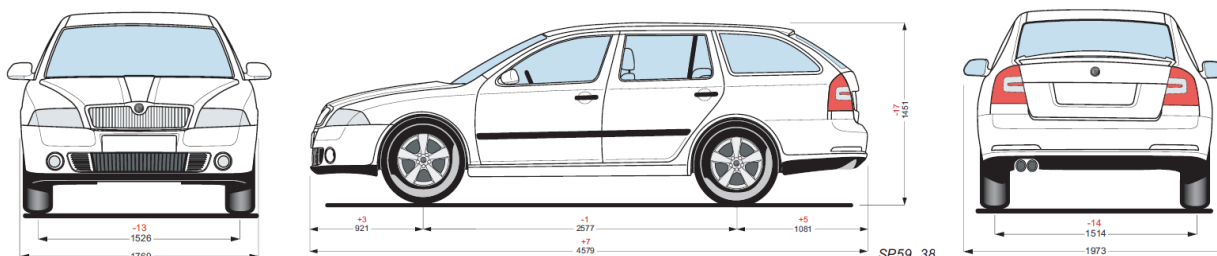
4.1 TECHNICKÁ SPECIFIKACE VOZIDLA

V tabulce níže jsou uvedeny základní technické specifikace vybraného vozidla Škoda Octavia II RS. Pro srovnání jsou zde uvedeny i parametry automatické převodovky DQ250.

Tabulka 2 Základní technická data automobilů Škoda Octavia Combi RS [3][91]

Motor		2,0 l TDI CR - 125 kW	
Kód motoru		CEGA	
Výroba od		06/08	
Zdvihový objem	[cm ³]	1968	
Počet válců	[-]	4	
Vrtání	[mm]	81	
Zdvih	[mm]	95,5	
Kompresní poměr		16,5:1	
Ventilový rozvod		DOHC	
Palivo		motorová nafta s min. cetanovým číslem 49	
Specifikace motorového oleje		VW 507 00	
Jmenovitý výkon	[kW]	125 (při 4200 ot/min)	
Maximální točivý moment	[Nm]	350 (při 1750 až 2500 ot/min)	
Objem palivové nádrže	[l]	55	
Převodovka		MQ 350 šestistupňová ručně řazená převodovka	DQ 250 šestistupňová automatická převodovka
Maximální rychlost	[km/h]	224	222
Zrychlení z 0 na 100 km/h	[s]	8,4	8,4
Spotřeba paliva			
Město		7,9	7,9
Mimo město	[l/100 km]	4,8	4,9
Kombinace		5,9	6,0
Emisní hodnoty			
CO2 kombinace	[g/km]	155	159

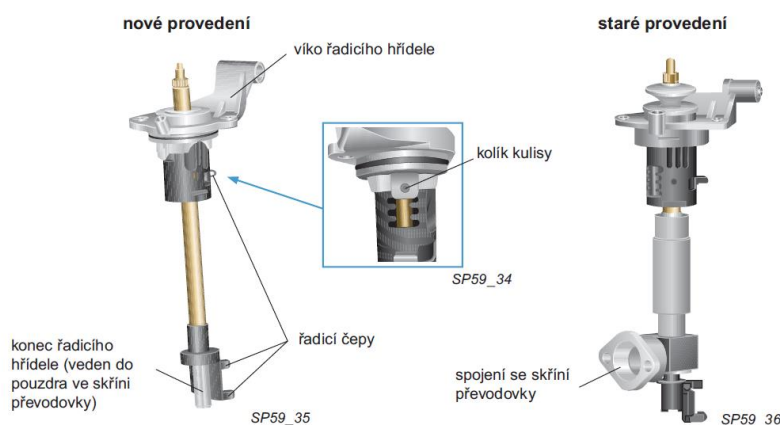
Obrázek níže popisuje základní parametry vozidla společné pro všechny automobily Škoda Octavia Combi RS, jako např. délku, šířku, výšku, rozvor, rozchod kol a další.



Obrázek 4-3 Rozměry vozidla Škoda Octavia Combi RS [89]

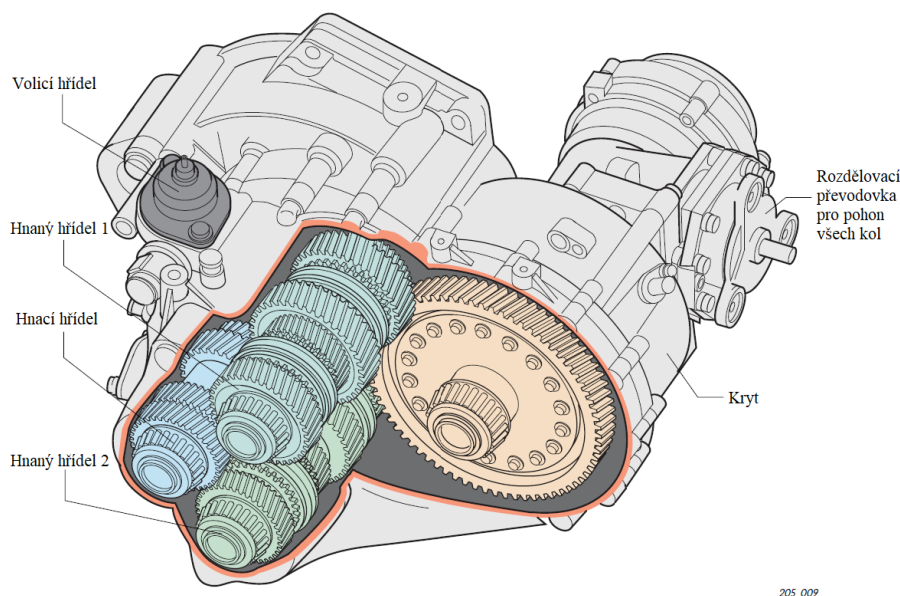
4.2 PŘEVODOVKA 02Q

Do vozidel Škoda Octavia RS II. generace je montována šestistupňová převodovka 02Q, která vychází z šestistupňové převodovky 02M použité u vozidel Škoda Octavia I. generace. Převodovka 02Q má v podstatě stejné uspořádání vnitřních dílů jako 02M. Z důvodu zlepšení pohybu řadicího hřídele došlo ke změně hřídele řazení a chodu řadicích vidliček. Dále bylo změněno uložení hnacího hřídele z kuželíkových ložisek na kuličková a válečková ložiska, tedy z pevného uložení na přechodné uložení. Také byl zlepšen přístup ke vstupnímu hřídeli. Dříve bylo potřeba demontovat celou převodovku, nové řešení umožňuje přístup přes zavíkový otvor. Poslední změnou bylo odstranění snímače rychlosti vozidla.[89][92]



Obrázek 4-4 Modifikace hřídele řazení [89]

Převodovka 02Q byla uvedena v aktualizaci s označením 0FB. Další označení pro převodovku 02Q je MQ 350, to ale zahrnuje i 02M a 0FB. Konkrétní převodovka určená pro přestavbu má označení s kódem JMA. Tyto převodovky lze nalézt např. u řad Volkswagen Golf, Jetta, Passat, nebo modelů Audi Mk.[92]



Obrázek 4-5 Šestistupňová převodovka 02M [93]

Vysoký počet najetých kilometrů a nadměrná zátěž převodovky způsobují selhávání spojky, zejména u varianty motoru TSI. To se nejčastěji projevuje prokluzem. Dalším problémem této manuální převodovky je opotřebení, případně poškození synchronizačních stupňů. Tento problém se nejčastěji vyskytuje u druhého a třetího rychlostního stupně. Mezi další problémy patří například ohýbání řadicích vidliček způsobené agresivním řazením, nadměrná vůle ložiska vstupního hřídele nebo poškození ozubených kol otevřeného diferenciálu při „tvrdém“ řazení.[92]

4.2.1 PARAMETRY PŘEVODOVKY

Vypsání parametrů platí pouze pro šestistupňovou převodovku JMA. Další kódy převodovky 02Q jsou např. KDS, KNY, KXZ, NFN.[94] Převodové poměry rychlostních stupňů (viz Tabulka 3) jsou dány počtem zubů na jednotlivých spoluzabírajících kolech. Dvojice těchto spoluzabírajících kol tvoří jeden rychlostní stupeň.

Tabulka 3 Parametry převodovky 02Q JMA [95]

Mechanická převodovka	Šestistupňová převodovka 02Q s předním náhonem JMA
Výroba od-do	07/06-05/07
Převod: $z_2:z_1 = i$	
Rozvodovka 1. až 4. rychlosti	70:19 = 3.684
Rozvodovka 5. až 6. rychlosti	70:24 = 2.917
1. rychlost	49:13 = 3.769
2. rychlost	48:23 = 2.087
3. rychlost	45:34 = 1.324
4. rychlost	34:37 = 0.919
5. rychlost	37:41 = 0.902
6. rychlost	28:37 = 0.757
Zpátečka	36:13 x 23:14 = 4.549

5 KONSTRUKČNÍ NÁVRH

Tato práce je postavena na návrhu úprav konstrukce převodovky 02Q pro změnu mechanismu řazení z původního standardního systému na systém sekvenční. Přestavba převodovky na sekvenční řazení byla z praktického hlediska koncipována tak, aby se nový mechanismus rozměrově vešel do současné převodovky a počet ovlivněných dílů byl co nejmenší. Proto bylo nejprve nutné vytvořit kompletní model převodovky podle předlohy.

5.1 ODMĚŘENÍ SKŘÍNÍ POMOCÍ 3D SKENERU

Tvorba modelu pomocí klasického odměřování posuvným měřidlem a následného modelování v CAD softwaru je u konstrukčně složitých součástí velice zdlouhavá. Proto byla pro tvorbu modelů skříní a zjištění funkčních rozměrů zvolena metoda optického skenu, která je také rozměrově přesnější. Tento přístup je nazýván jako počítačem podporované reverzní inženýrství CARE (Computer Aided Reverse Engineering).[96] Některé díly skříní (např. nalisovaná pouzdra ložisek) byly pro zjednodušení součástí skenu.

5.1.1 SKENER ATOS COMPACT SCAN 5M, 2M

Jedná se o mobilní bezdotykový optický nedestruktivní 3D skener od firmy GOM. Tento skener disponuje vysokou přesností 3D měření, detailním skenováním s vysokým rozlišením, vysokou rychlostí skenování, možností kompletní analýzy rozměrů a dalším. Kombinuje technologii ATOS (Advanced topometric sensor) blue light se softwarem ATOS, případně bezplatným softwarem GOM Inspect. Díky této technologii je možné skenovat oblasti až do 1200 mm² bez ohledu na světelné podmínky.[97]



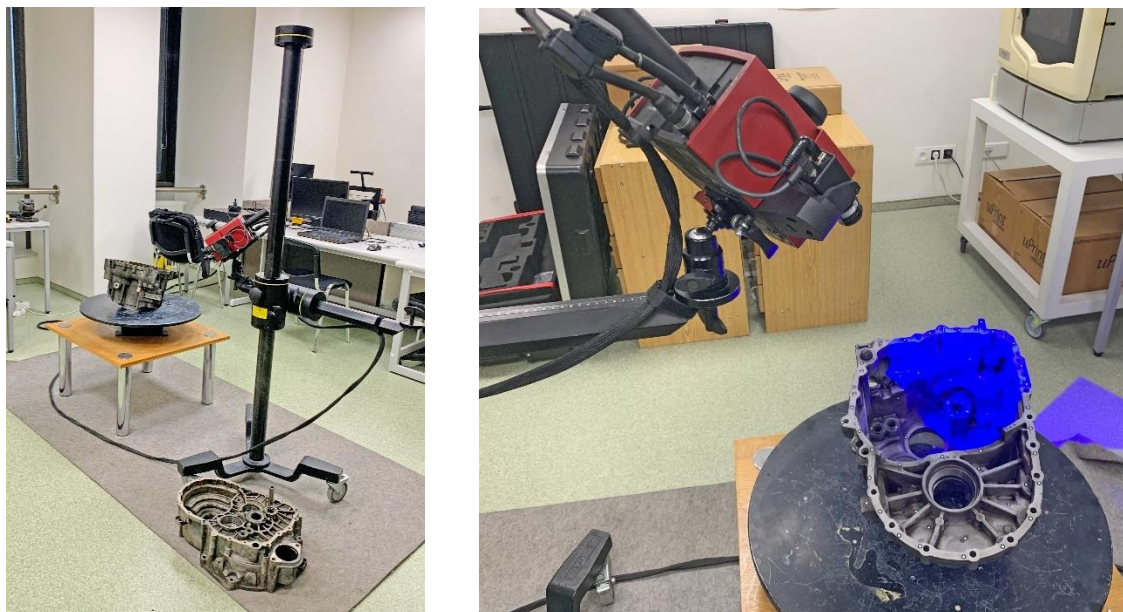
Obrázek 5-1 ATOS COMPACT SCAN 5M, 2M [97]

Optické skenery umožňují snímání objektů komplikovaných tvarů a také srovnání s vytvořeným modelem.[96]

5.1.2 METODIKA MĚŘENÍ

Měření je založeno na principu fotogrammetrie, fringe projection a optické triangulace, která slouží pro určení pozice souřadného systému (x,y,z) v prostoru daného bodu na povrchu objektu.[96][98]

Hlavní části skeneru jsou dvě kamery a projektor. Kamery promítají na povrch objektu pruhy světla, které jsou následně snímány. Stativ skeneru zajišťuje stabilitu senzoru a pohyb v pěti osách. Při jakémkoliv posuvu kamer během pohybu hlásí software nutnost zajištění stability (chybová hláška „Movement“).[98]



Obrázek 5-2 Metodika měření [zdroj: Autor]

5.1.3 PŘÍPRAVA NA 3D SKEN

Jelikož skener umožňuje velké množství rozsahů skenování, je nutno nejprve nastavit pozici kamer podle návodu a následně provést kalibraci. Kalibrace probíhá pomocí kalibračních desek dle instrukcí softwaru skeneru a příručky přístroje. Díky kalibraci skeneru dojde k vymezení pozic a orientaci kamer.[99]

Skříně bylo nejprve nutno kompletně očistit a odmastit, následně byla na tmavá a lesklá místa nanášena bílá vrstva křídového povlaku, kterou skener dokáže snímat jako plochu. Pro nanášení této vrstvy byl použit antireflexní křídový sprej MR 200.

Jakmile byla vrstva křídového povlaku kompletní, byly na skříně po celých jejich površích nalepeny jako referenční body malé kruhové nálepky. Pomocí těchto referenčních bodů jsou vzájemně polohovány jednotlivé skeny.[99]



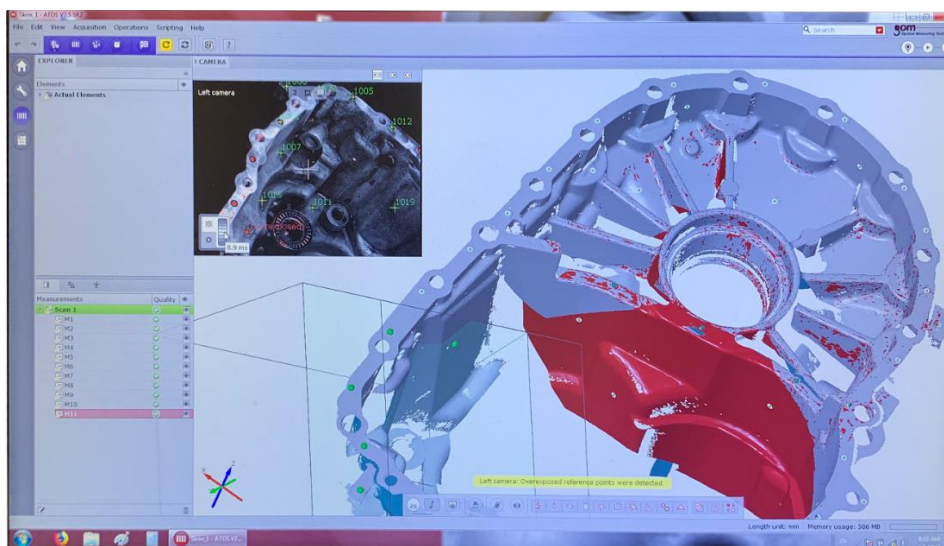
Obrázek 5-3 Skříň spojky [zdroj: Autor]



Obrázek 5-4 Skříň převodovky [zdroj: Autor]

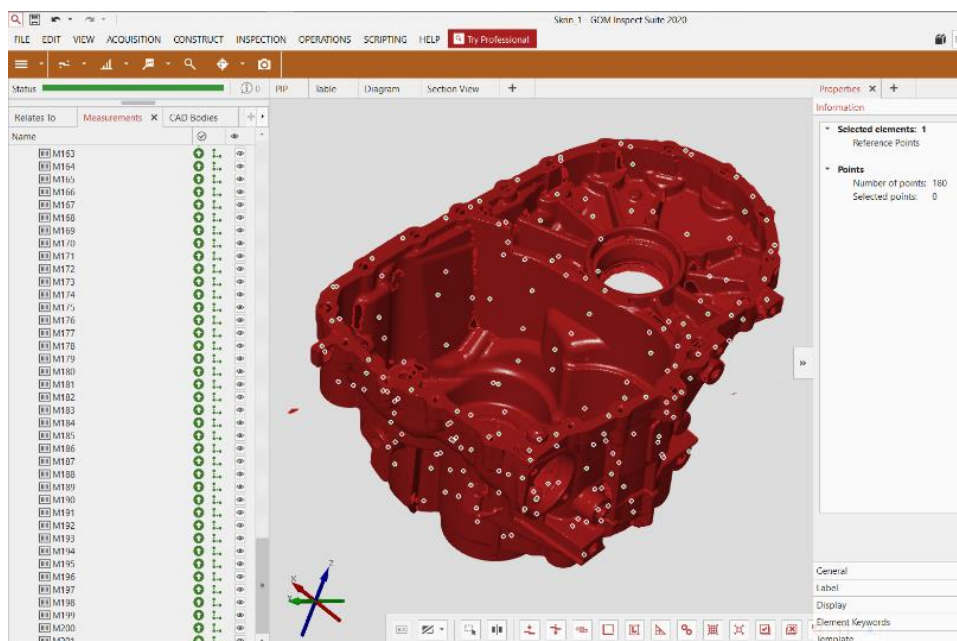
5.1.4 PRÁCE V PROSTŘEDÍ ATOS

System ATOS snímá tzv. mračno bodů pro každý sken, které slouží pro převod nasnímaných obrazů do 3D podoby. Pro provedení skenu je nutné, aby obě kamery zaznamenávaly minimálně 3 referenční body, které již jsou v systému zadány. Pro lepší viditelnost referenčních bodů je možno upravit intenzitu promítaného světla.[99]



Obrázek 5-5 Pohled kamery v průběhu skenování [zdroj: Autor]

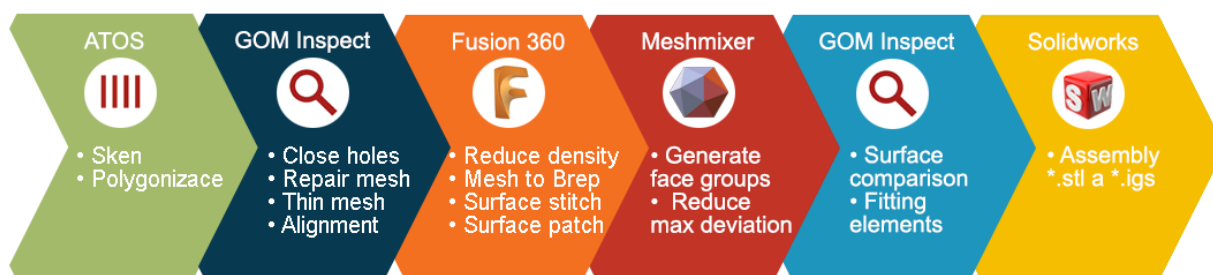
Počet skenů není nijak omezen, ale je vhodné zvolit optimální počet.[99] Obecně platí, že čím více skenů, tím je výsledek přesnější a objem naskenovaných dat je větší, což je pro následné úpravy náročnější. V případě skříně převodovky bylo provedeno 201 skenů pomocí 180 referenčních bodů a u skříně spojky 214 skenů pomocí 164 referenčních bodů. Během skenování byly postupně odstraňovány nežádoucí části skenu, např. podstava, na které byla skříň umístěna.



Obrázek 5-6 Struktura referenčních bodů naznačených skenerem na skříně převodovky [zdroj: Autor]

Po dokončení skenování byla vytvořena polygonální síť tvaru objektu ve formátu *.stl (Standard triangle language) pomocí příkazu „Polygonize and Recalculate“. Po zvolení tohoto příkazu byly nasnímané skeny konvertovány na síť trojúhelníků s rozdílnou hustotou v závislosti na zakřivení.[99]

Jelikož skener i přes vysokou přesnost skenování není schopen při umístění referenčních bodů přímo na objekt kompletně naskenovat například hluboké díry a dutiny, některé ostré hrany, nebo plochy, na které nepřilnul křídový nástřík, bylo nutné vzniklé defekty softwarově uzavřít.[99] Úpravy výsledného *.stl byly prováděny následujícím postupem (viz Obrázek 5-7)



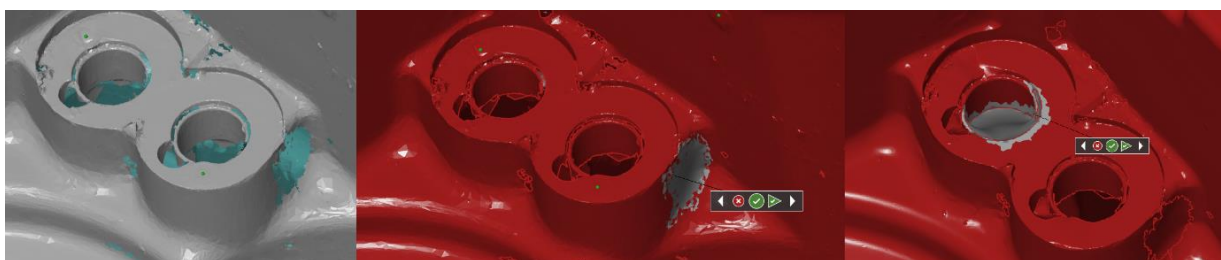
Obrázek 5-7 Schéma postupu úprav [zdroj: Autor]

5.1.5 ÚPRAVA MODELU V PROSTŘEDÍ GOM INSPECT

Úpravy vytvořené polygonální sítě lze provádět přímo v prostředí ATOS V7.5 SR2 nebo v prostředí GOM Inspect. Pro tuto práci byl zvolen bezplatný software GOM Inspect Suite 2020.[99]

UZAVÍRÁNÍ DĚR (CLOSE HOLES)

Uzavírání děr v tomto prostředí nefunguje zcela ideálně pro dlouhé průchozí otvory, protože systém se snaží otvor pouze uzavřít, místo vytvoření například dlouhé válcové díry. Z tohoto důvodu byly uzavírány pouze defekty, které se nepodařilo kompletně naskenovat. Důvodem nekompletního naskenování mohl být špatný nástřík, nedokonalé očištění součástí nebo chybné rozpoznání referenčního bodu.



Obrázek 5-8 Příklad uzavírání děr (zleva skutečnost, chybné uzavření, správné uzavření) [zdroj: Autor]

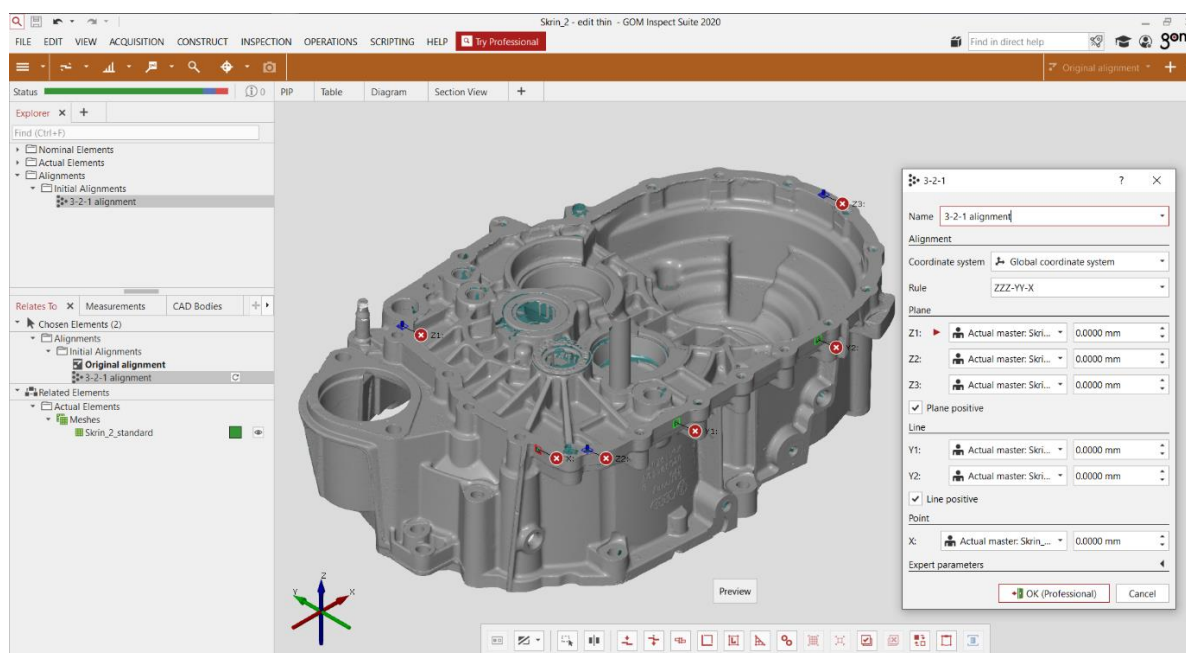
Pro nedokonalé naskenované části bylo voleno podle potřeby výplně z variant: Rough, Plane-based, Normal, Smooth, very smooth. U skříně převodovky byl počet děr redukován ze 170 na 63 a u skříně spojky z 1 659 na 237. Další díry byly opraveny v jiném softwaru (viz kapitola 5.1.6).

OPRAVA SÍTĚ (REPAIR MESH)

Tato funkce byla použita u referenčních bodů, které byly následně přestříkány křídovým sprejem, případně došlo k jejich odlepení. Software tyto body nedokázal rozpoznat a považoval je tedy za součást geometrie. V rozpoznávaných bodech vždy dochází k softwarovému odstranění tloušťky nálepky referenčních bodů.

ALIGNMENT

Vytvoření souřadného systému bylo provedeno pomocí příkazu „3-2-1 alignment“.



Obrázek 5-9 Vytvoření souřadného systému pomocí příkazu „3-2-1 alignment“ [zdroj: Autor]

REDUKCE POLYGONŮ (THIN MESH)

Tento příkaz slouží ke změně velikosti polygonů sítě, a tedy změně počtu uzlových bodů. Pro zachování detailů byl snížen počet uzlových bodů u skříně převodovky ze 4 816 888 na 1 milion a u skříně spojky z 6 916 108 uzlových bodů na 4 miliony.

EXPORT

System ATOS/GOM Inspect umožňuje exportovat data v mnoha formátech. Nejpoužívanějším formátem je *.stl, který je podporován většinou softwarů, např. FreeCad, Blender nebo MeshLab.

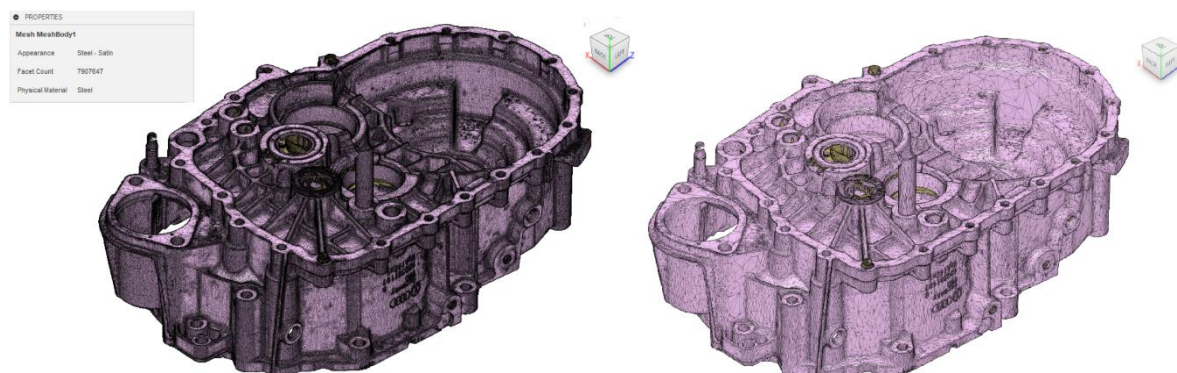
5.1.6 ÚPRAVA MODELU V PROSTŘEDÍ FUSION 360

Vzhledem ke stále velkému množství děr po úpravě v GOM Inspect byly nutné další úpravy. Ty byly prováděny v softwaru Autodesk Fusion 360 2020. Jelikož tento software podporuje *.brep (Boundary representation), je práce s facety uživatelsky snadnější. Dalo by se říct, že *.brep je opak Mesh (skenu). Je tvořen geometrickými a topologickými informacemi jako povrchové těleso (Surface Body).

Z důvodu velkého množství dat byly operace velmi časově náročné. Provedení příkazu často trvalo v rádech hodin.

REDUCE DENSITY

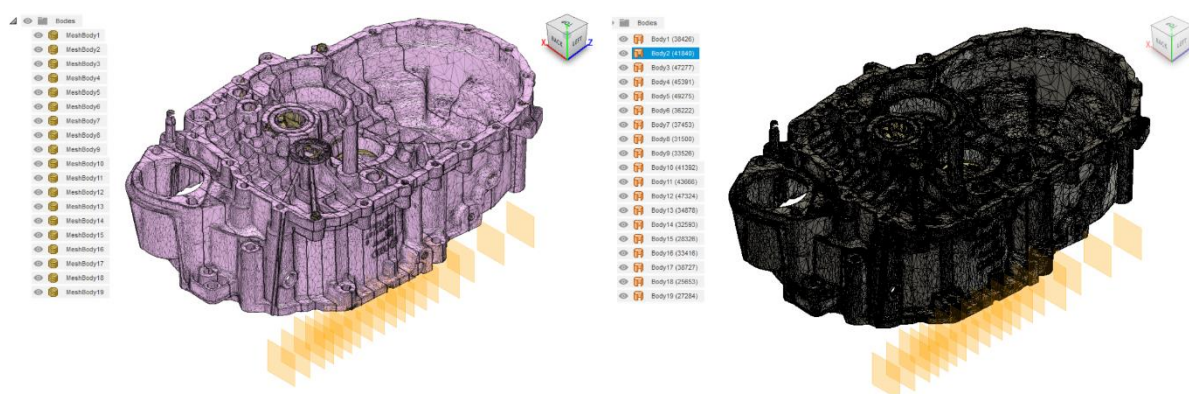
Jelikož export ze softwaru GOM Inspect, kde již proběhla redukce uzlových bodů, obsahoval stále velké množství facetů, tzn. ploch tvořících stěny objektu ohraničených hranami, zjednodušeně trojúhelníků, byla provedena redukce trojúhelníků. Tato redukce byla provedena jako adaptivní, aby se trojúhelníky přizpůsobily co nejlépe tvaru skříně.



Obrázek 5-10 Porovnání počtu trojúhelníků před a po příkazu „reduce density“ [zdroj: Autor]

PŘEVOD NA BREP

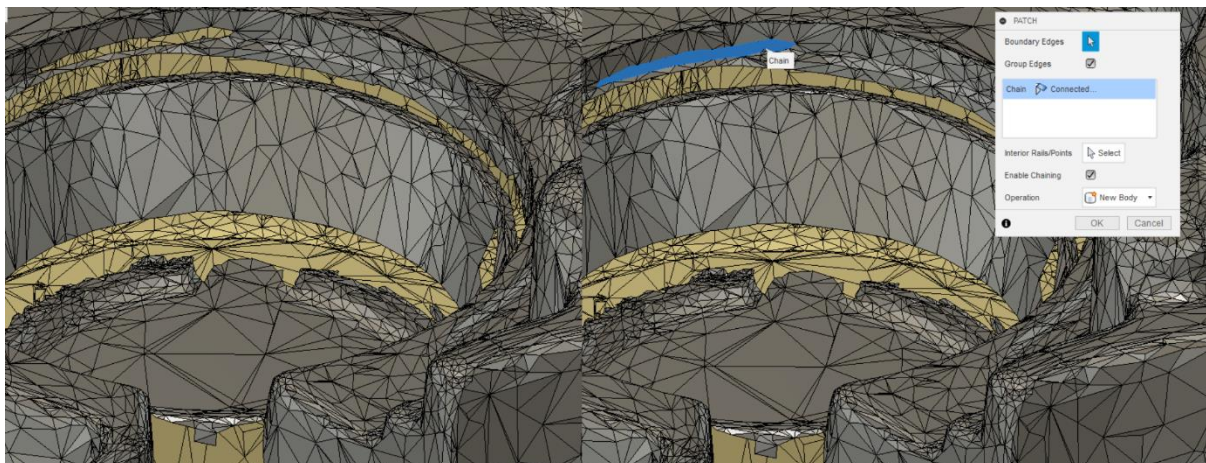
Aby bylo možné provádět úpravy, je nutné převést *.stl na *.brep. Pro převod na *.brep je nutno rozdělit Mesh na několik částí, u skříně spojky konkrétně na 19 částí. Rozdělení na jednotlivé části bylo provedeno pomocí příkazu „Plane cut“ a následného výběru „Split body“. Maximální počet těchto bodů v jedné části pro převod je 50 000. Pro převod Mesh na *.brep je nutno vypnout historii úprav pomocí příkazu „Do not capture design history“. Po převodu na *.brep byly tyto části opět spojeny pomocí příkazu „Stitch surface“. Toho spojení systém zpracovával velice dlouho z důvodu velkého počtu trojúhelníků. Spojení bylo nutné kvůli dalším úpravám, zejména u ploch s defekty.



Obrázek 5-11 Výsledný převod všech částí z Mesh (*.stl) na *.brep [zdroj: Autor]

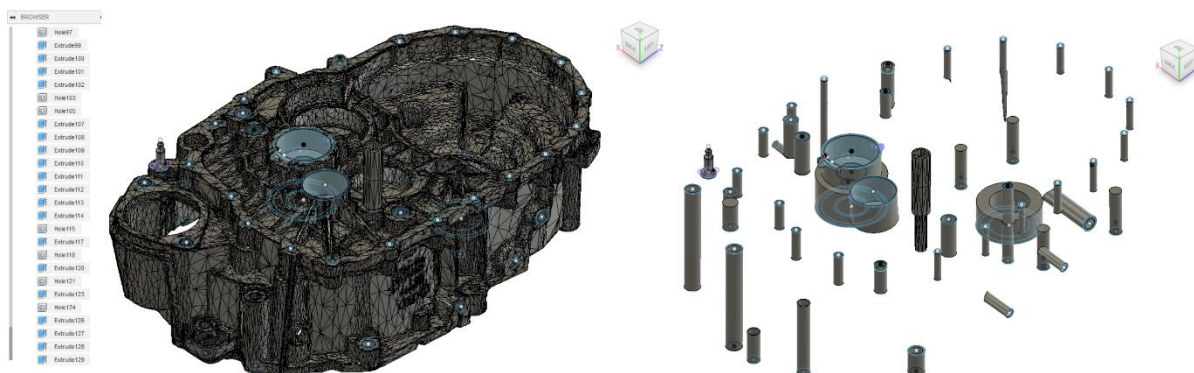
SURFACE PATCH

Tato funkce dovoluje opravit defekty, které systém GOM opravuje nevhodným způsobem. Místo zaslepení celé díry je přidán pouze „patch“ tedy záplata, pomocí příkazu „Patch surface“. Komplikací je to, že pro vytvoření této záplaty je nutné, aby se jednalo o uzavřenou smyčku. Požadované prvky tedy musí být nejprve spojeny pomocí „Stitch surface“, jelikož po rozdělení několika rovinami nebyly plochy jednotné.



Obrázek 5-12 Provedení příkazu „Patch surface“ s modře vyznačeným výsledkem [zdroj: Autor]

Neuzavřené smyčky lze řešit pomocí příkazu „lofted cut“. Další úpravy byly provedeny u hlubokých a průchozích děr. Tyto díry byly vytvořeny pomocí známého příkazu „Extrude“ (vysunutí), který je používán v téměř všech CAD softwarech. Takto bylo vytvořeno 124 dutin.



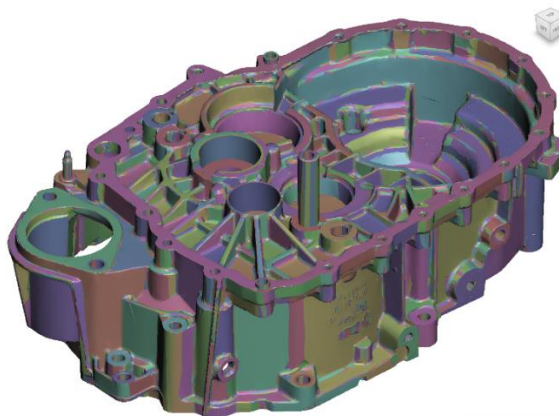
Obrázek 5-13 Úpravy pomocí vysunutí [zdroj: Autor]

EXPORT

Výsledný *.brep byl opět exportován do *.stl. Místo klasického exportu byl použit příkaz „3D Print“, který umožňuje volbu kvality výstupu. V tomto případě byl zvolen „high“ z důvodu zachování co nejkvalitnějšího tvaru geometrie.

5.1.7 ÚPRAVA MODELU V PROSTŘEDÍ MESHMIXER

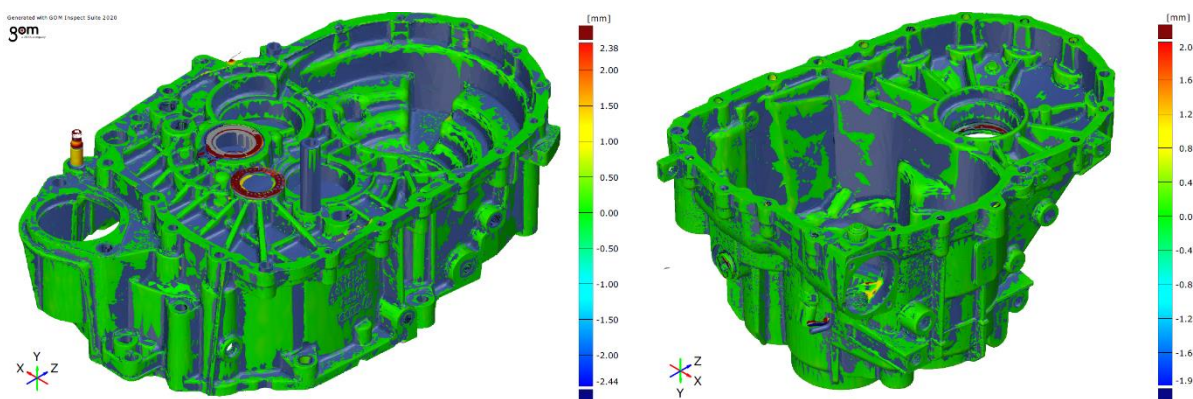
Export do dalšího prostředí po úpravách v Autodesk Fusion již nebyl nutný. Přesto byl ale zvolen z důvodu výhod dvou funkcí softwaru Autodesk Meshmixer 2017. Funkce „Generate face groups“ dokáže chytrě automaticky sjednotit, případně oddělit plochy. Další důležitou funkcí je snížení počtu trojúhelníků pomocí „max deviation“. Jedná se o inteligentní redukci trojúhelníků pomocí maximální odchylky. V tomto případě byla zvolena maximální odchylka 0,001 %, což výrazně snížilo velikost exportovaného *.stl.



Obrázek 5-14 Výsledek příkazu „Generate face groups“ [zdroj: Autor]

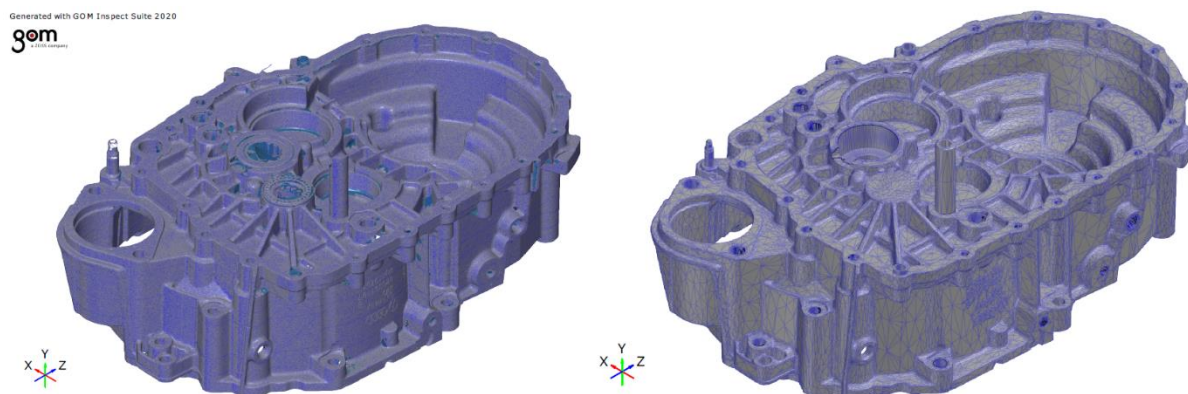
5.1.8 FINÁLNÍ KONTROLA

Pro finální kontrolu byl již upravený díl skříně importován opět do softwaru GOM Inspect Suite 2020. Rozměrová analýza spočívala v porovnání skenu Mesh s vytvořeným *.stl a byla provedena pomocí příkazu „Surface Comparison“.



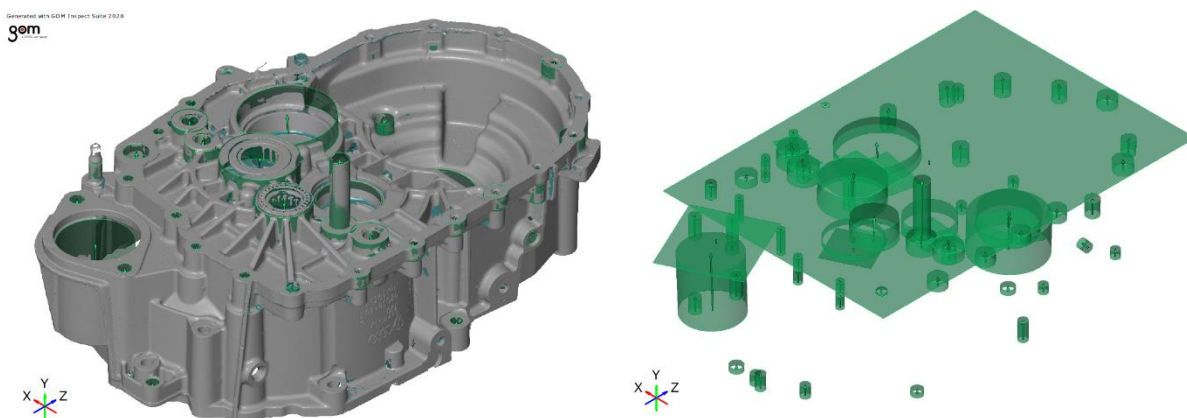
Obrázek 5-15 Výsledek příkazu „Surface Comparison“ [zdroj: Autor]

Z analýzy lze vidět, že odchylka skenu vůči upravenému *.stl je minimální. Největší odchylky (červená místa) jsou způsobeny uzavřením těchto geometrií, které byly naskenovány nepřesně, jelikož se jednalo o lesklé povrchy.



Obrázek 5-16 Srovnání původní polygonální sítě skenu (vlevo) a finálního *.stl (vpravo) [zdroj: Autor]

Dalším důvodem zpětného importu do toho softwaru bylo vytvoření referenčních geometrií skenu (Mesh) tak, aby odpovídal souřadnému systému finálního *.stl. Geometrie skříní byly vytvořeny pomocí příkazu „Fitting cylinder“ a „Fitting plane“ exportovány s příponou *.igs (Initial graphics exchange specification) a následně vloženy do programu Solidworks jako referenční plochy.



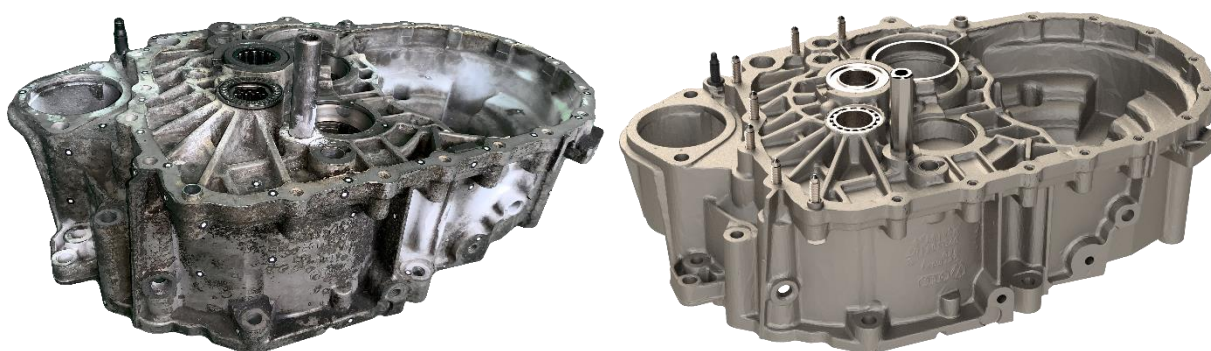
Obrázek 5-17 Referenční plochy [zdroj: Autor]

Další možností byl export *.igs několika řezů geometrie a následné klasické modelování nebo nahrazení formátu *.stl plochami (např. v programu ProEngineer), což kvůli velkému množství dat nebylo možné. Program Solidworks dokáže importovat maximálně 500 000 facetů, ale už při rozpoznávání více než 20 000 facetů je problémový.

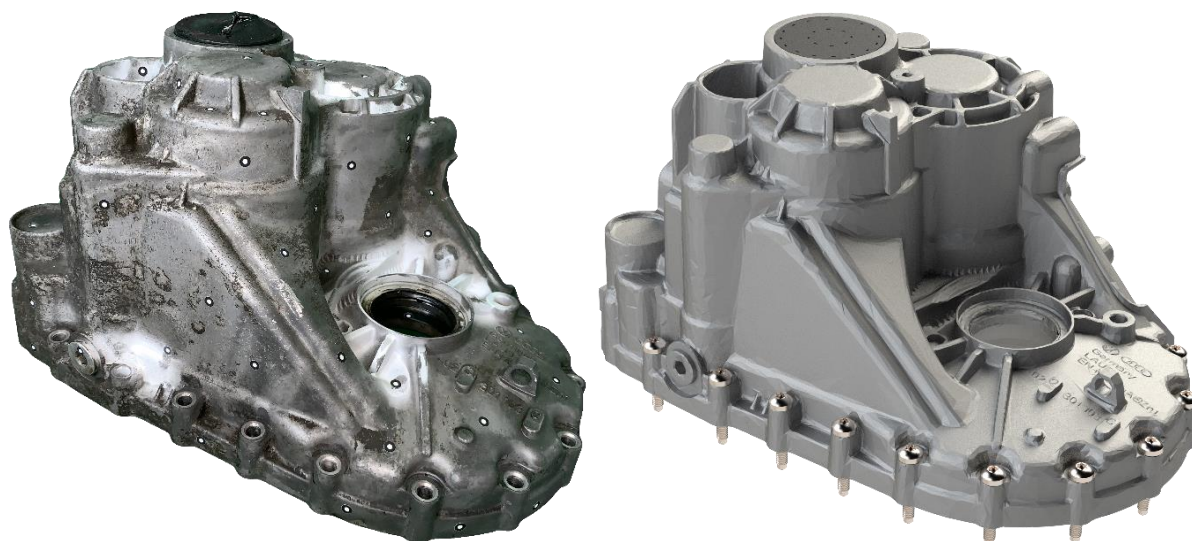
Výsledkem skenu byly tedy přesné geometrie ve formátu *.stl, které byly následně importovány do prostředí Solidworks pouze jako grafické těleso. Při jiné formě importování, například jako povrchové nebo objemové těleso, by došlo k výraznému zpomalení softwaru.

Výsledné *.stl bylo vloženo do sestavy společně s referenční geometrií *.igs a následně byla pomocí doplňkového modulu Solidworks Visualize vygenerována renderová grafika.

Stejný postup byl použit i pro úpravy skříně převodovky.



Obrázek 5-18 Skříně spojky – porovnání skutečnosti a modelu [zdroj: Autor]



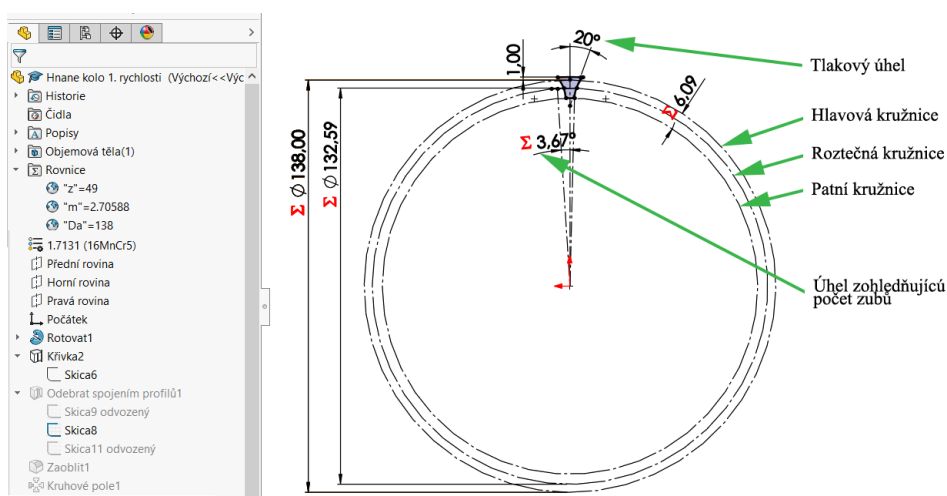
Obrázek 5-19 Skříň převodovky – porovnání skutečnosti a modelu [zdroj: Autor]

5.2 MODELOVÁNÍ VNITŘNÍCH ČÁSTÍ PŘEVODOVKY

Tyto části bylo nutno vymodelovat z důvodu zástavby do současné převodovky a původního záměru minimálních změn současné konstrukce.

Pro tvorbu 3D modelů jednotlivých částí převodovky byl zvolen program Solidworks Premium 2019 SP3.0. Jednotlivé součásti byly měřeny pomocí digitálního posuvného měřidla s EČ 1047004–4119 a rozsahem 0-150 mm. V tomto případě se již jedná o tzv. solid body, tedy o objemové těleso.

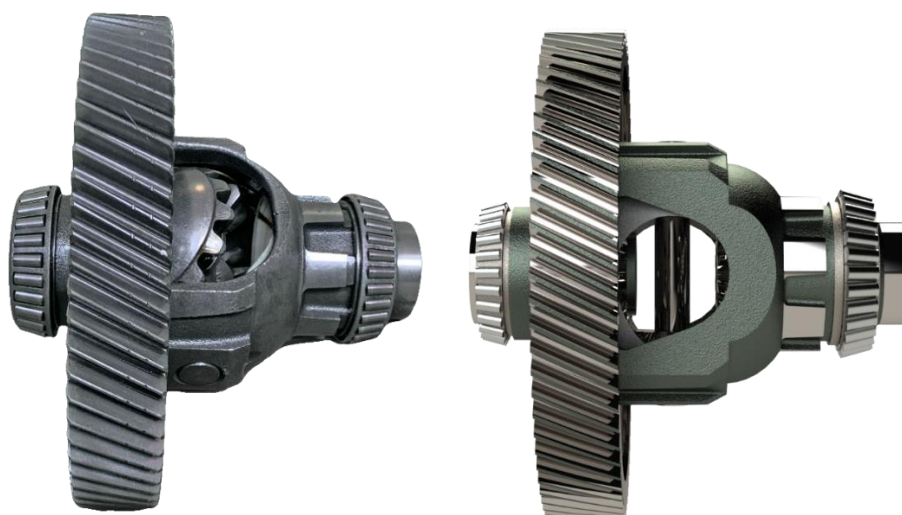
Ozubení těchto částí byla vytvořena podle převodových poměrů a jedná se tedy o přesný model vzoru. Nejprve byl pomocí hlavové kružnice a počtu zubů vypočítán modul. Tyto hodnoty byly poté zapsány jako globální proměnné, což umožnilo snadnější výpočet dalších parametrů ozubených kol. Jelikož se jedná o šikmé ozubení, byly vytvořeny odvozené náčrty, které byly následně odebrány pomocí spojení profilů. Pro příklad je zde uveden náčrt hnaného ozubeného kola 1. rychlosti.



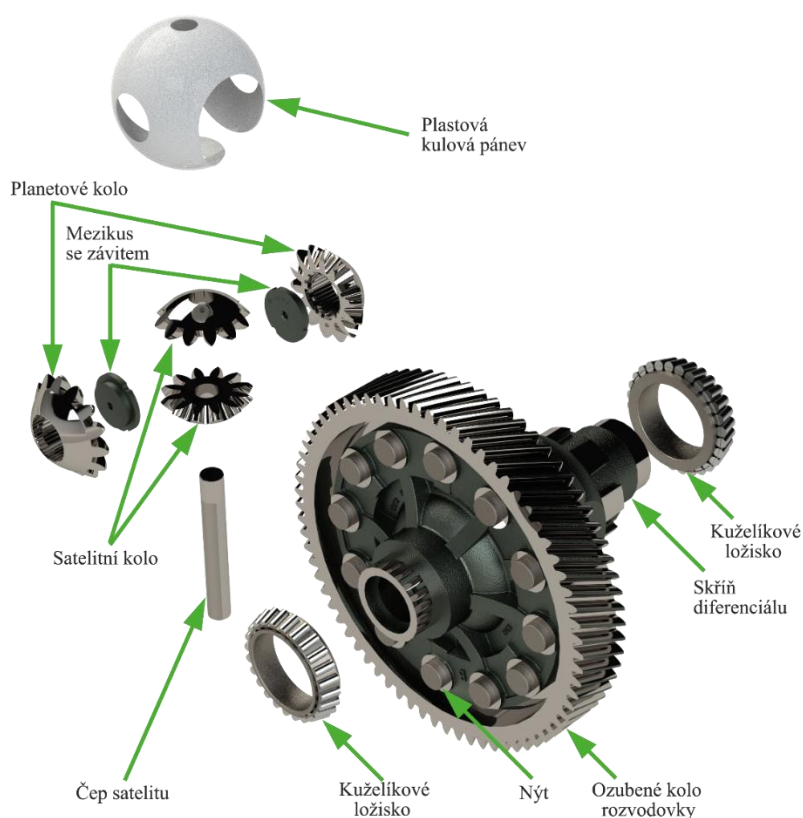
Obrázek 5-20 Příklad tvorby ozubení [zdroj: Autor]

5.2.1 DIFERENCIÁL

Jelikož diferenciál je součástí převodovky, bylo nutné jej z důvodu zástavby mechanismu do původní skříně vymodelovat také. Nejdůležitější částí bylo ozubené kolo rozvodovky, které spoluzabírá s 2 ozubenými koly, které jsou součástí hnaných hřídelů. Toto kolo je spojeno se skříní diferenciálu pomocí 12 nýtů. Jedná se o otevřený diferenciál, který je uložen ve skříní spojky pomocí kuželíkového ložiska. Krouticí moment je přenášen na diferenciál pomocí jednoho z hnaných hřídelů a dále pomocí přírubových hřídelů na náhon kol.

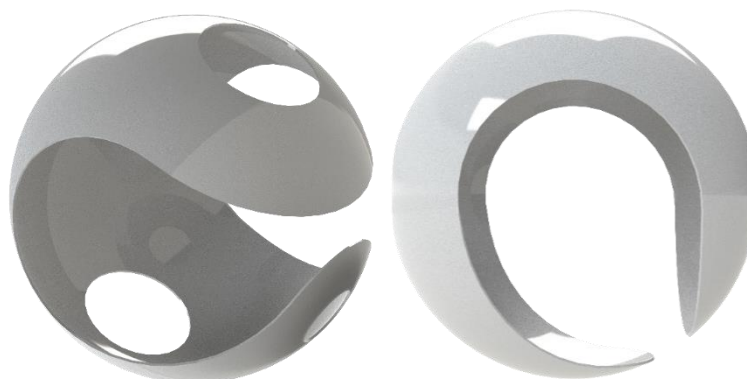


Obrázek 5-21 Sestava diferenciálu – porovnání skutečnosti a modelu [zdroj: Autor]



Obrázek 5-22 Rozpad sestavy diferenciálu [zdroj: Autor]

Nejsložitější součástí na vymodelování ze sestavy diferenciálu byla kulová pánev, jelikož tvar vybraný je konstrukčně velice složitý. To bylo řešeno pomocí několika rozdělených křivek a následným odebráním tloušťky.



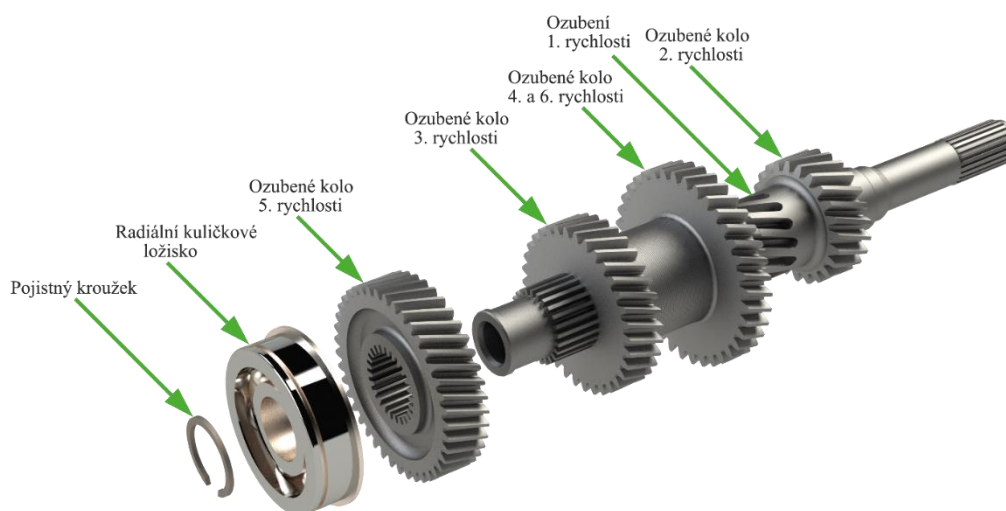
Obrázek 5-23 Kulová pánev [zdroj: Autor]

5.2.2 HNACÍ HŘÍDEL

Na tomto hřídeli jsou kola 3., 4. a 6., 1., 2. rychlostního stupně spojena pevně. To způsobuje neustálý pohyb všech kol v převodovce. Jediný rychlostní stupeň, který je spojen otočně, je 5. stupeň. Tento hřídel přenáší krouticí moment od motoru do převodovky. Ostatní součásti jsou na tento hnací hřídel nalisovány. Pro snížení hmotnosti je v ose hřídele vyvrtána slepá díra. Je uložen pomocí kuželíkových ložisek ve skříni spojky a skříni převodovky.



Obrázek 5-24 Sestava hnacího hřídele – porovnání skutečnosti a modelu [zdroj: Autor]



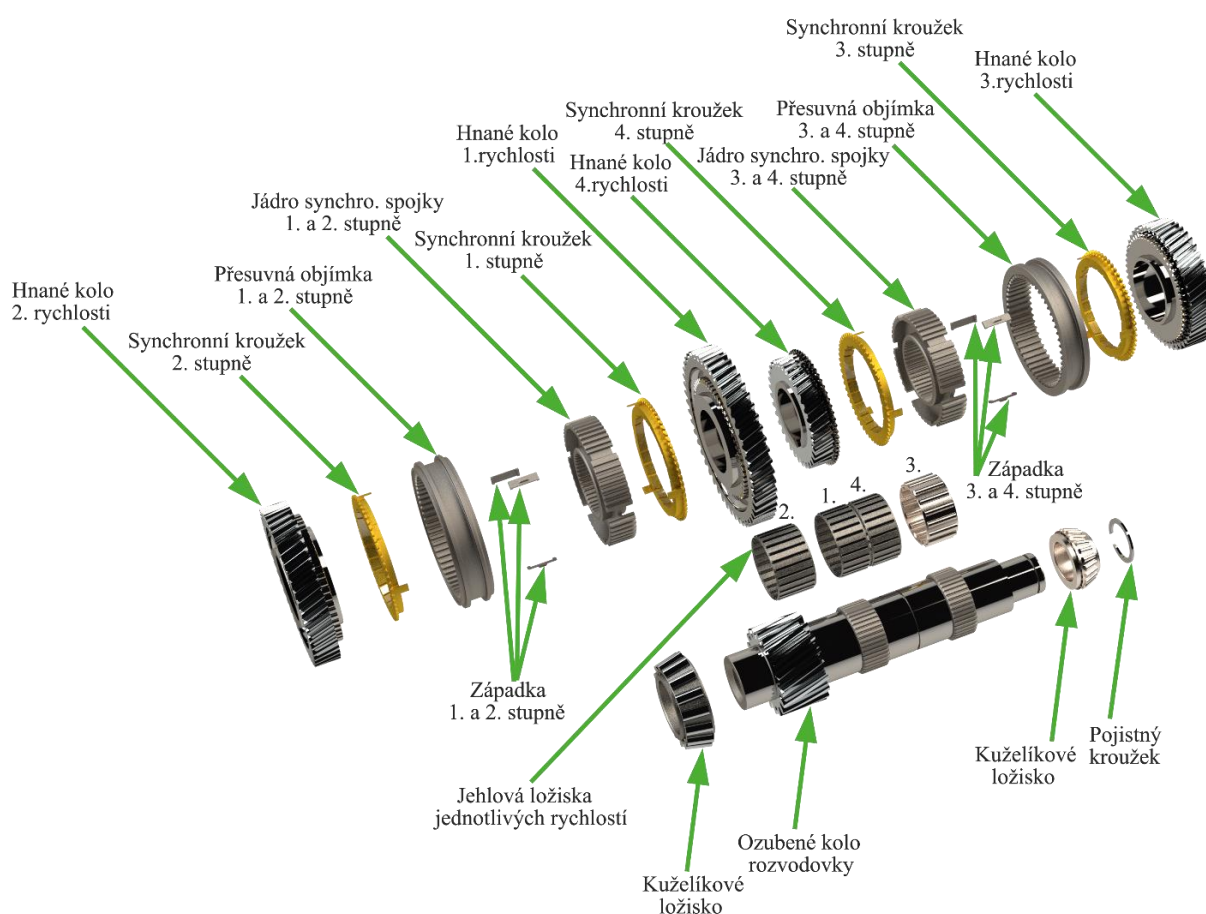
Obrázek 5-25 Rozpad sestavy hnacího hřídele [zdroj: Autor]

5.2.3 HNANÝ HŘÍDEL 1. AŽ 4. STUPNĚ

Na rozdíl od hnacího hřídele je většina kol převodových stupňů uložena otočně (pohyblivě). Řazení probíhá pomocí synchronizačních spojek. Měření bylo velmi náročné, jelikož kuželíková ložiska jsou na koncích hřídele nalisována, což znemožnilo rozložení ostatních součástí sestavy k přesnějšímu měření. Jádra synchronních spojek jsou na hřídeli spojena pevně na drážkování hřídele pomocí pojistných kroužků. Podobně jako hnací hřídel je hnaný hřídel 1. až 4. stupně uložen pomocí pouzder kuželíkových ložisek v obou skříních a hřídel je pro snížení hmotnosti dutý.



Obrázek 5-26 Sestava hnaného hřídele 1. až 4. stupně – porovnání skutečnosti a modelu [zdroj: Autor]



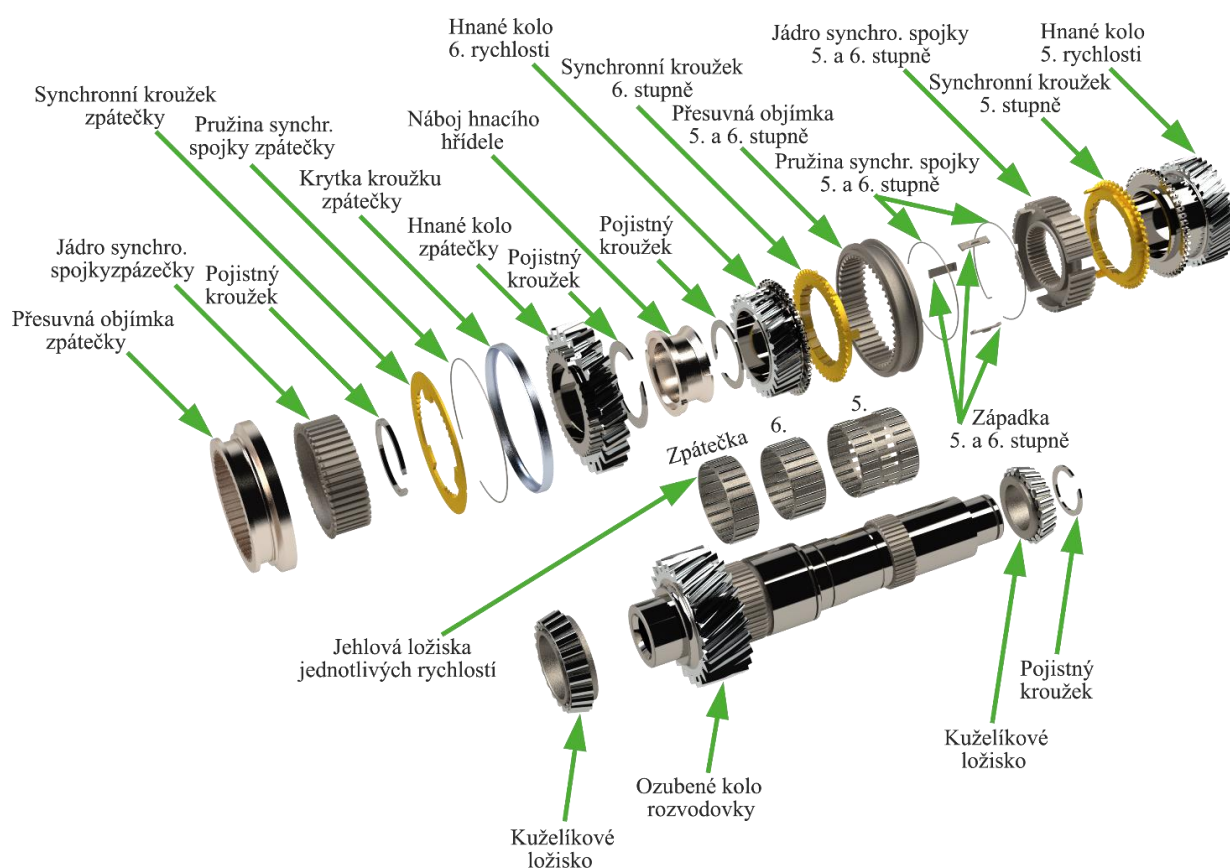
Obrázek 5-27 Rozpad sestavy hnaného hřídele 1. až 4. stupně [zdroj: Autor]

5.2.4 HNANÝ HŘÍDEL 5. AŽ 6. STUPNĚ

Obdobně jako u hnaného hřídele 1. až 4. stupně obsahuje tato sestava velké množství dílů. U této převodovky jsou použity dva hnané hřídele, což umožňuje použití kratšího hnacího hřídele, a tedy i celé převodovky, a tím úsporu materiálu. Stejně jako první hnaný hřídel je tento hřídel taktéž dutý.



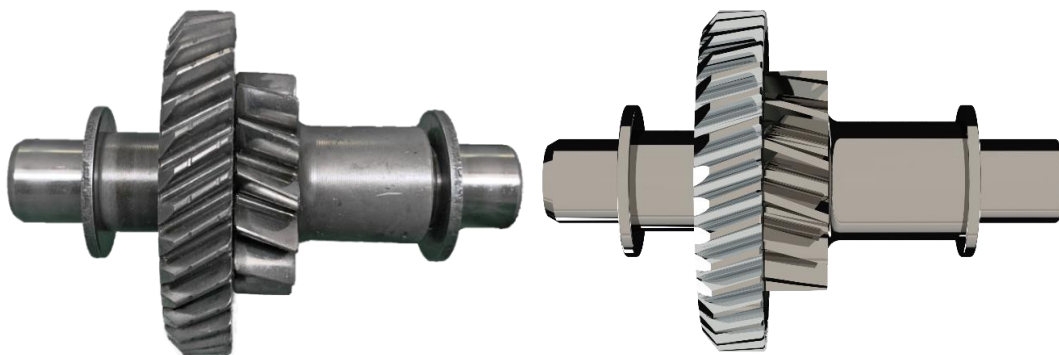
Obrázek 5-28 Hnaný hřídel 5. až 6. stupně – porovnání skutečnosti a modelu [zdroj: Autor]



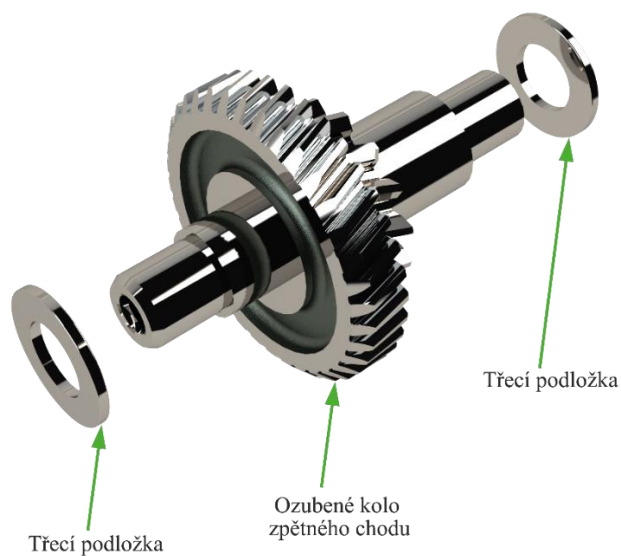
Obrázek 5-29 Rozpad sestavy hnaného hřídele 5. až 6. stupně [zdroj: Autor]

5.2.5 HŘÍDEL ZPÁTEČKY

Tento hřídel slouží k řazení zpětného chodu. Součástí hřídele jsou dvě ozubená kola, která mají šikmé ozubení v opačných úhlech, a slouží pro změnu směru otáčení. Je uložen v obou skříních pomocí jehlových ložisek a je rovněž dutý.



Obrázek 5-30 Hřídel zpátečky – porovnání skutečnosti a modelu [zdroj: Autor]



Obrázek 5-31 Rozpad sestavy hřídele zpátečky [zdroj: Autor]

5.2.6 VOLICÍ PÁKA

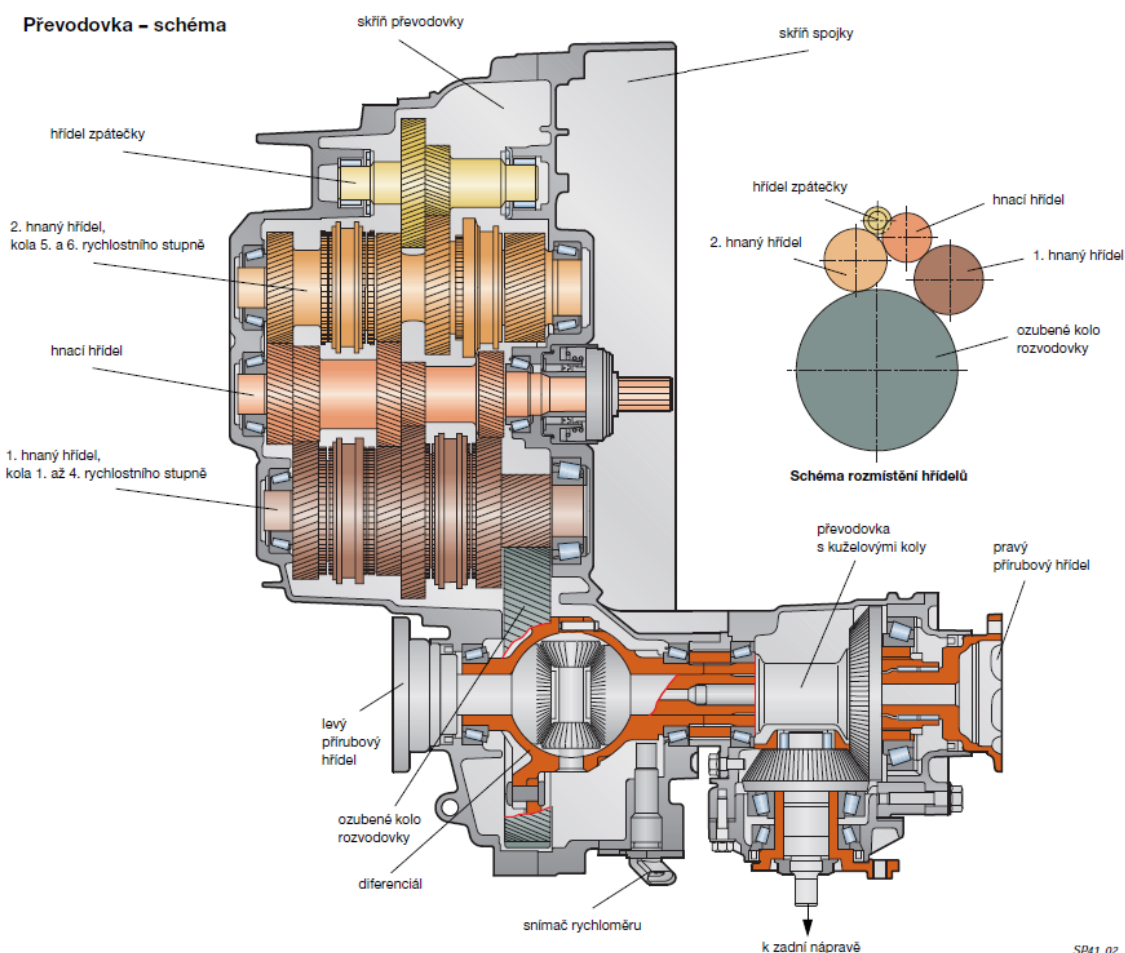
Tvar volicí páky, vzhledem k tomu, že se jedná o odlitek, je velmi komplikovaný a tvorba tohoto modelu byla časově velice náročná.



Obrázek 5-32 Volicí páka [zdroj: Autor]

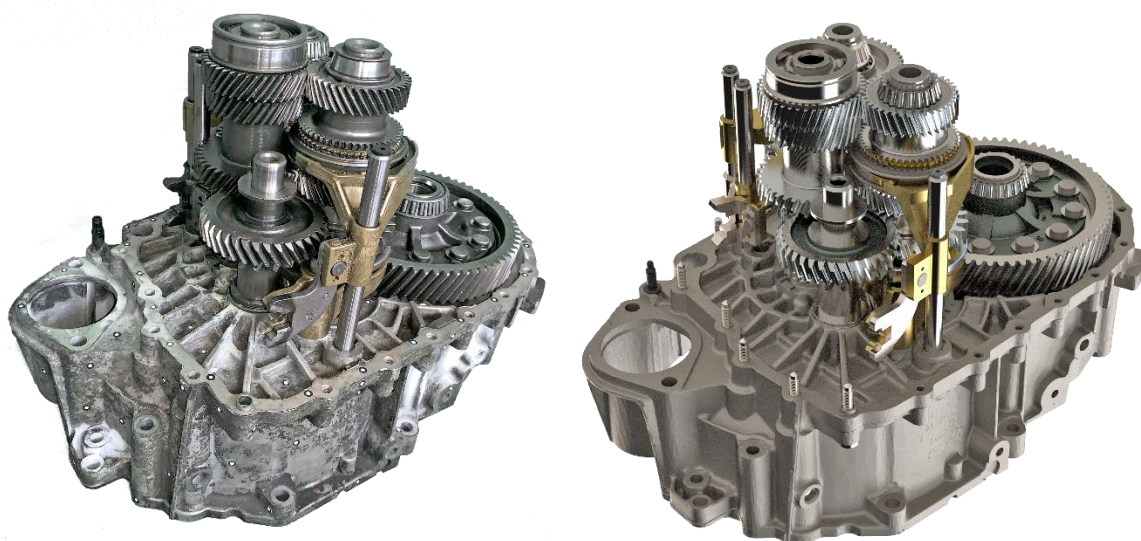
5.3 CELKOVÁ SESTAVA

Celková sestava se skládá z výše vymodelovaných podsestav, které jsou uloženy ve skříni spojky. Ta je pomocí šroubů a těsnění spojena se skříni převodovky. Všechny dopředné rychlosti včetně zpětného chodu jsou synchronizovány. Detailní popis jednotlivých částí je vidět ve schématu níže.

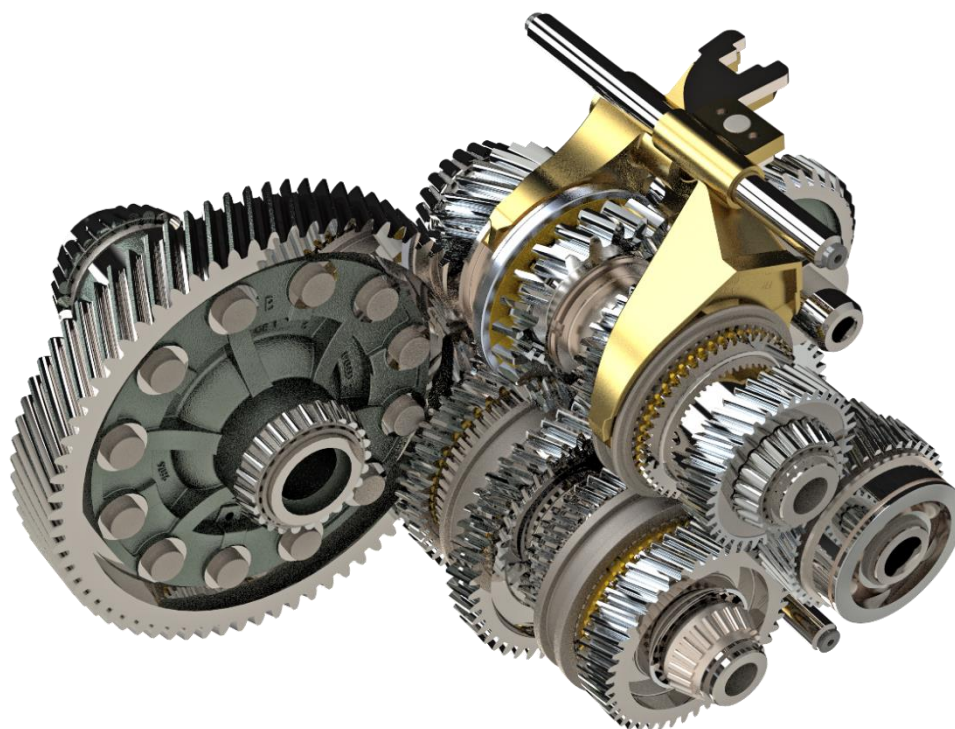


Obrázek 5-33 Schéma převodovky 02Q JMA [18]

Řazení probíhá pomocí řadicích vidliček, které posouvají unašeče, což má za následek zařazení nebo vyřazení rychlostního stupně prostřednictvím synchronizačních spojek. Tyto spojky mají zámkovou synchronizaci pomocí tzv. západky.



Obrázek 5-34 Celková sestava uložená ve skříni spojky – porovnání skutečnosti a modelu [zdroj: Autor]



Obrázek 5-35 Model vnitřních částí celkové sestavy původní převodovky [zdroj: Autor]

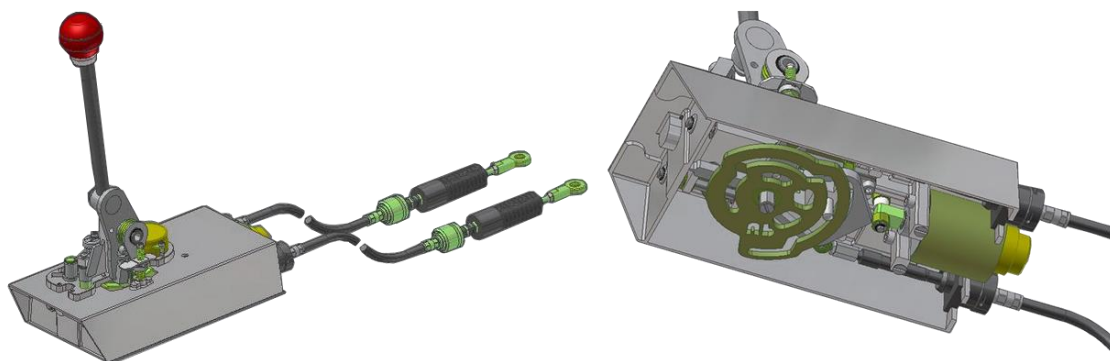
Řadicí vidličky jsou uloženy na řadicích tyčích a jsou spojeny s packami pomocí čepů. Na koncích těchto řadicích tyčí jsou pryžové tlumiče.



Obrázek 5-36 Sestavy řadicích vidliček [zdroj: Autor]

5.4 MOŽNOSTI REALIZACE SEKVENČNÍHO ŘAZENÍ

Ve všech případech je nutná změna kulisy řazení, tedy přepákování, jelikož samostatná změna mechanismu řazení nezajistí sekvenční pohyb. Je tedy nutná i změna ovládacího mechanismu. (viz kapitola 5.6.1).



Obrázek 5-37 Sekvenční páka SEQSHIFT [100]

5.4.1 POUHÁ ZMĚNA KULISY ŘAZENÍ

Toto řešení je realizováno pouze pomocí přepákování a nepřináší téměř žádné výhody kromě jiného pohybu páky řidičem. Výhodou tohoto řešení je to, že počet ovlivněných dílů (částí) převodovky je minimální.

5.4.2 AUTOMATIZOVANÁ PŘEVODOVKA

Toto řešení probíhá pomocí dodatečně montovaného zařízení, které ovládá běžnou třecí spojku a táhla řazení, čímž jsou voleny jednotlivé převody, a tím ulehčují řidiči řazení. Proto tyto převodovky nemají spojkový pedál. Často jsou tyto automatizované převodovky označovány jako sekvenční. Jejich výhodou je cena, protože se jedná pouze o úpravu běžné manuální převodovky a dále také to, že nevyžadují výměnu oleje. O funkci rozhoduje zejména mechatronika (ovládací zařízení), kterou si automobilky často vyrábí samy. Ta může být ovládána buď elektromotorickým ovládním spojky, nebo elektrohydraulickým

ovládáním (u modernějších převodovek). Jejich nevýhodou je to, že řazení neprobíhá tak plynule, jako např. u DSG. Další nevýhodou je například tzv. „creep“, tedy nedostatečná schopnost vozidla navodit velmi nízkou rychlost, nebo nutnost přerušování toku hnací síly.[101]

5.4.3 AUTOMATICKÁ PŘEVODOVKA

Při volbě tohoto řešení se již nejedná o přestavbu, ale o kompletní výměnu převodovky. V současnosti je u osobních vozidel nejrozšířenější DSG (viz kapitola 3.3.10). Důvodem je možnost rychlého sportovního řazení a úspornější jízda než vozidel s manuální převodovkou.[33]

Automatická převodovka není navržena na závodní řazení, na rozdíl od realizace pomocí otočného hřídele. Řazení probíhá velice rychle, plynule a nehlukně. Využívá šikmého ozubení, bližších převodových poměrů a synchronizačních spojek. Tyto převodovky jsou zaplombovány, aby nebyla možná změna programů, kol, nastavení a další úpravy.[10]

5.4.4 VLASTNÍ OTOČNÝ HŘÍDEL

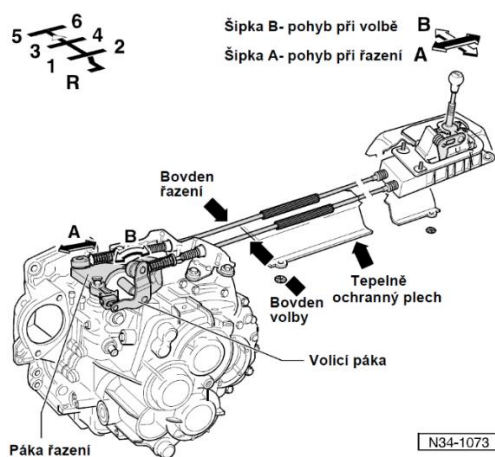
Návrh vlastního řadicího hřídele umožňuje vytvořit vlastní řešení kinematiky řazení, volbu vhodnějšího materiálu, odlehčení hřídele a další. K ovládní řadicího ústrojí slouží ovládací mechanismus, který řídí pohyb (pootočení) tohoto otočného hřídele. Tento pohyb může být přenesen pomocí odloučeného řazení, například pomocí táhel.

Je využíván zejména u závodních převodovek, kde je kromě otočného hřídele použito přímé ozubení a zubové spojky.

5.5 VYBRANÁ REALIZACE MECHANISMU

V průběhu vypracování práce bylo zjištěno, že do vozidel Škoda Octavia RS je již nabízena sekvenční varianta převodovky (zminěná DSG), proto by samotná změna pohybu řazení bez jakýchkoliv změn chování převodovky nedávala smysl. Byla tedy zvolena přestavba na závodní sekvenční převodovku a od původní myšlenky zachovat co nejvíce dílů původní převodovky bylo upuštěno. Závodní úprava převodovky s sebou nese několik změn (viz kapitola 5.6).

U zvolené převodovky je přenos řadicích pohybů k řazení jednotlivých stupňů proveden dvěma bowdeny (tedy lankovými táhly).



Obrázek 5-38 Řazení převodovky 02Q pomocí bowdenů [102]

5.6 KONSTRUKČNÍ NÁVRH PŘESTAVBY

V této části byl navržen zjednodušený konstrukční návrh přestavby, jelikož se jedná o téměř kompletní výměnu vnitřních částí převodovky. Vytvořené změny musí splňovat přesně stanovená limitní pravidla organizace FIA, například zákaz použití senzorů polohy hřídele, který by byl vhodný z důvodu správného zapasování zubové spojky. Tento zjednodušený konstrukční návrh byl vytvořen bez těchto limitních pravidel a jedná se tedy pouze o teoretický návrh autora.

Nejdůležitějšími změnami jsou implementace otočného hřídele s drážkami, změna ozubení z šikmého na přímé a dále výměna synchronizačního mechanismu ze spojek se synchronizací na zubové spojky.

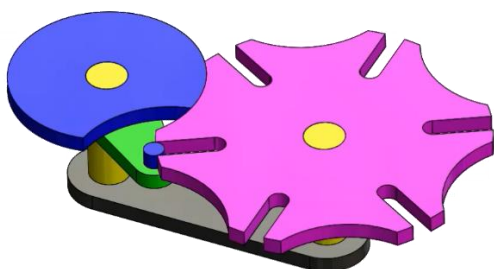
Přímé ozubení má oproti šikmému ozubení tu výhodu, že nevytváří tolik tepla způsobeného axiálním a radiálním tahem. Ložiska při použití přímého ozubení tedy nemusejí být tak pevná, aby vydržela axiální tahové zatížení. Přímé ozubení je také levnější. Nejvhodnější by byla ozubená kola s tvarem „V“, tedy se šípovitými zuby. Ty jsou ale z důvodu složité výroby velice nákladné.

S tímto řešením jsou spojeny problémy s přenosem vibrací a je tedy nutné použití tlumicího systému. Pro návrh takového tlumicího systému je nutné experimentální měření charakteristik vibrací převodovky. Většina těchto tlumicích mechanismů je řešena pomocí pryže. Vzhledem k rozsahu bakalářské práce je tento problém opomenut.

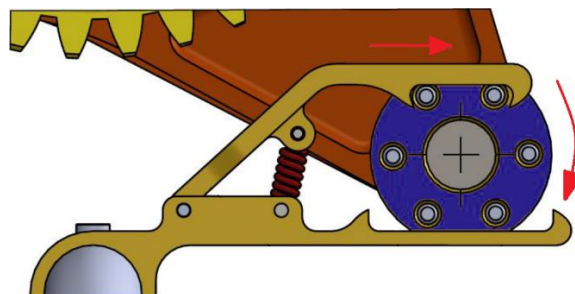
5.6.1 PŘEPÁKOVÁNÍ

Aby byl pohyb řadicí páky k ovládní řadicího mechanismu realizován pohybem pouze v jednom směru, je nutné přepákování, neboť samotný otočný hřídel nezajišťuje sekvenční pohyb řazení.

K zmíněnému přepákování je potřebný mechanismus, který dokáže převádět přímočarý pohyb páky na rotační pohyb hřídele. Nejčastěji je toto přepákování řešeno pomocí hřebenového převodu, což umožňuje jednoduchý převod. Tento převod vyžaduje částečné upravení převodové skříně. Existují i jiné, méně používané mechanismy, jako např. krokovací mechanismy: rohatka a západka, maltézský mechanismus (Geneva mechanism) a další.



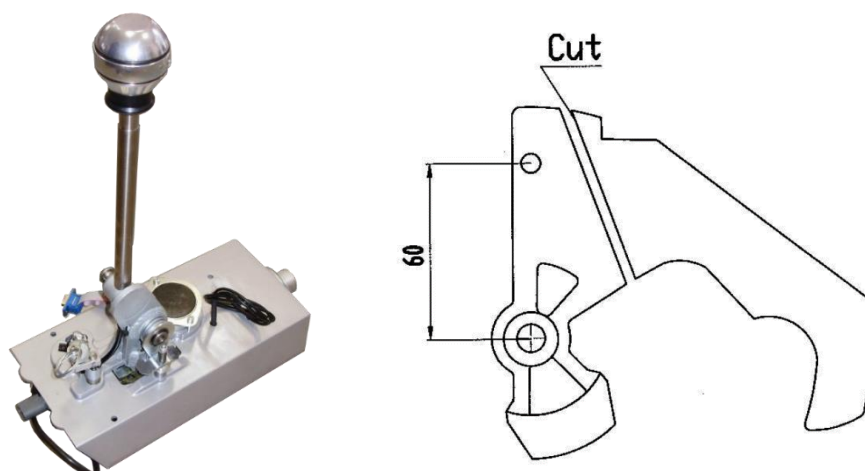
Obrázek 5-39 Maltézský mechanismus [103]



Obrázek 5-40 Páčkový mechanismus [104]

Pro tuto práci byla zvolena páka SEQSHIFT od firmy SQS racing. Toto řešení vyžaduje podrobné změření stávajících bowdenů, protože převodovky mívají často neoriginální bowdeny. Při měření stávajících bowdenů bylo zjištěno, že se jedná o originál, a jedinou nutnou úpravou je modifikace páky řazení, která je popsána v manuálu výrobce. Tuto páku

lze pořídit za necelých 40 tisíc Kč, cena zahrnuje i elektroniku zobrazující zařazený rychlostní stupeň.



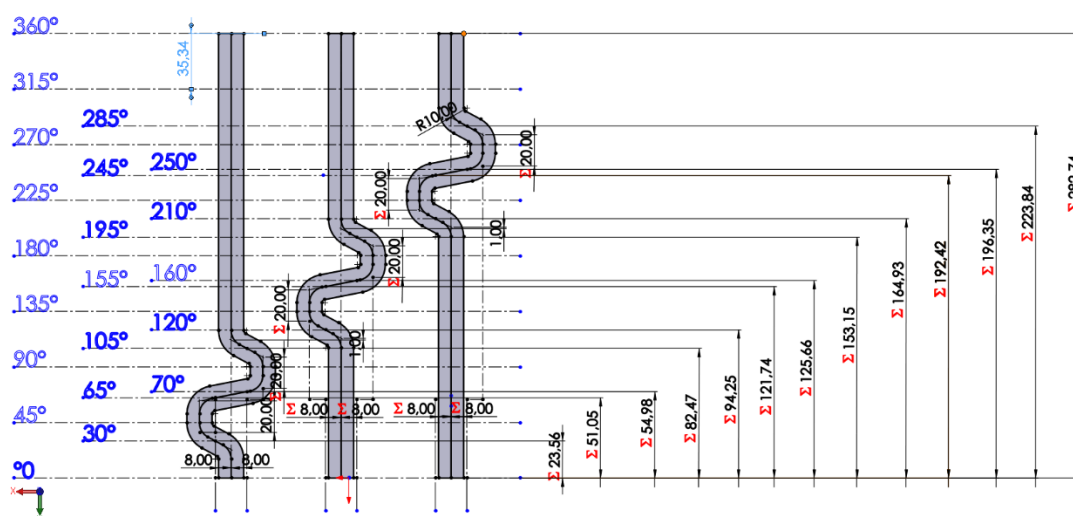
Obrázek 5-41 páka SEQSHIFT [105] Obrázek 5-42 Modifikace páky řazení [105]

5.6.2 OTOČNÝ HŘÍDEL

Otočný hřídel ovládá řadicí tyče pomocí drážek vytvořených po jeho obvodu. Tyto drážky musí být přesně rozmístěny, aby k řazení a vyřazení rychlostních stupňů docházelo v požadovaný moment. Tento hřídel je při řazení pootočen do úhlu odpovídajícího příslušnému rychlostnímu stupni (viz kapitola 2).

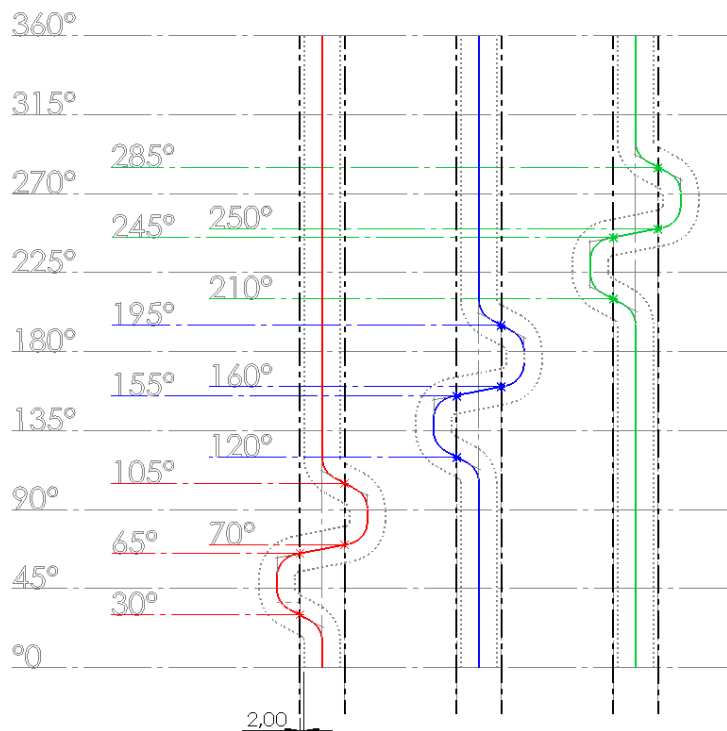
Návrh otočného hřídele (nebo také prostorové vačky) byl inspirován řadicím (otočným) hřídelem společnosti KAPS. Kvůli snížení hmotnosti byl zvolen dutý hřídel. Řešení kinematiky řazení je velmi složitý úkol, který se většinou doladuje na základě experimentálních měření.

Charakteristické křivky navržené geometrie byly načrtnuty v rovině a následně obaleny po obvodu otočného hřídele pomocí příkazu „nabalit“. Byly navrženy tak, aby se při řazení či vyřazení rychlostního stupně současně vyřazoval či zařazoval následující stupeň.

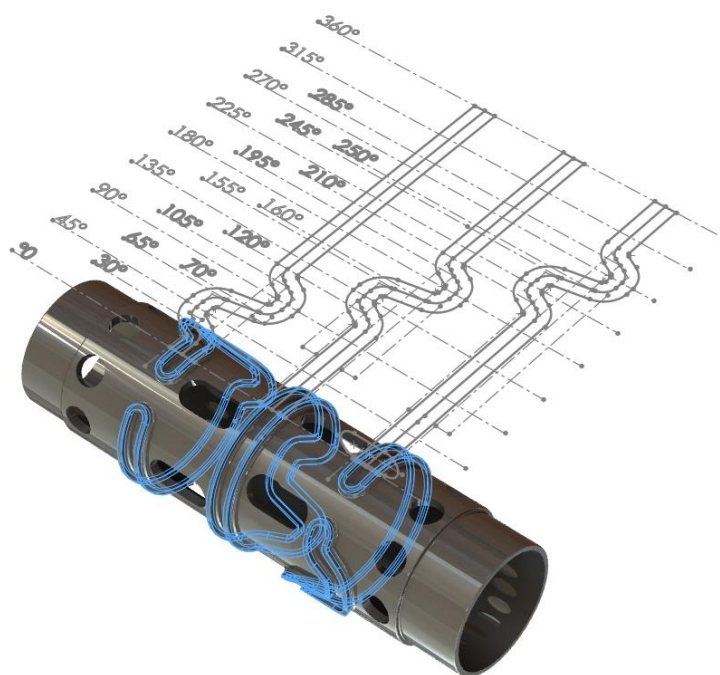


Obrázek 5-43 Náčrt řídicí funkce [zdroj: Autor]

Návrh charakteristických křivek probíhá pomocí SVAJ diagramů (S= displacement, V= velocity, A= acceleration, J= Jerk), které jsou používány u vačkových mechanismů.[106] V této práci nebyla prováděna experimentální měření ani výpočet matematických křivek pomocí SVAJ diagramů, a jedná se tedy pouze o hrubý náznak geometrie těchto drážek.



Obrázek 5-44 Obrázek 5-45 Barevně vyznačené řídicí funkce [zdroj: Autor]

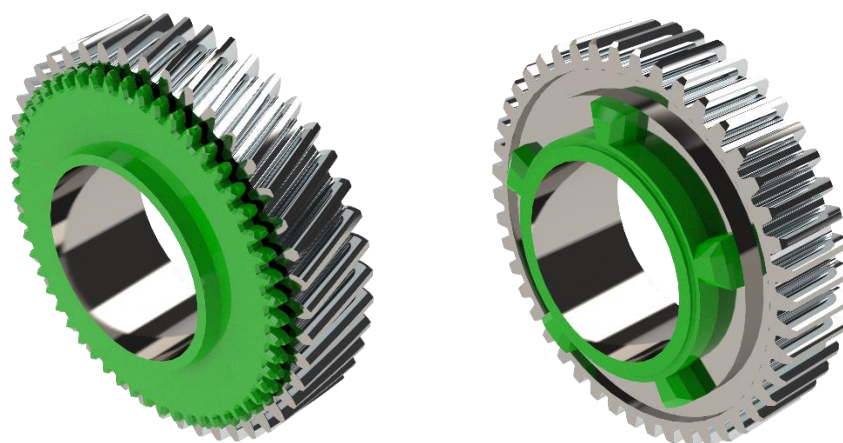


Obrázek 5-46 Navržený otočný hřídel s naznačenými charakteristickými řídicími křivkami [zdroj: Autor]

5.6.3 OZUBENÁ KOLA SE ZUBOVÝMI SPOJKAMI

Toto konstrukční řešení má oproti použitému řazení pomocí synchronizačních spojek několik rozdílů. Nejvíce patrný rozdíl je v hlučnosti řazení. Dále se odlišuje tím, že zubové spojky nemají synchronizační kroužky. To přispívá k rychlejšímu řazení, jelikož není nutné dokonalé srovnání otáček, a dochází také k úspoře místa a snížení hmotnosti. U závodních převodovek je toto řešení vhodnější, jelikož hlavním cílem je co nejrychlejší řazení a hlučnost řazení není v tomto ohledu důležitým parametrem.

Zubové spojení musí být pružné, jelikož při synchronizaci rozdílných úhlových rychlostí dochází k prudkému rázu a vybuzení oscilací celé soustavy.[106]



Obrázek 5-47 Porovnání původního ozubeného kola 3. rychlostního stupně s novým [zdroj: Autor]

Řazení by mělo probíhat co nejrychleji, aby čas prvního kontaktu, kdy dochází k největšímu zatížení zubů, byl co nejkratší.

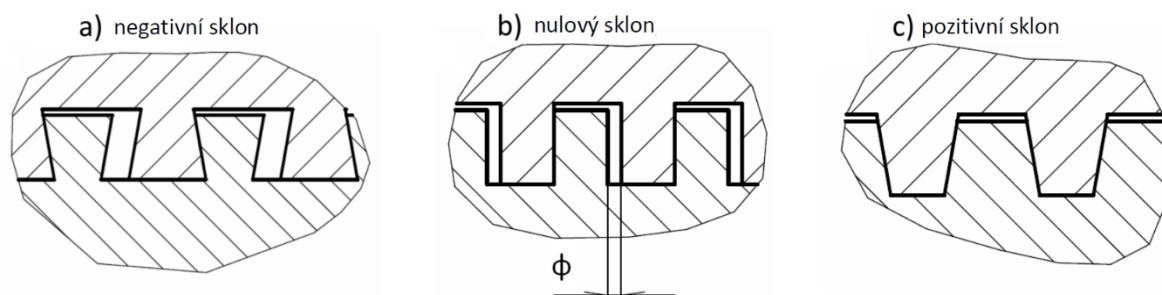
U synchronních převodovek mají přesuvníky velké množství jemných zubů, což umožňuje snadné zachycení do záběru. Oproti tomu závodní sekvenční převodovky mají obvykle 5 zubů, ale používané jsou i 3 nebo 6 zubů. V této práci byl zvolen obvyklý počet zubů, tedy 5. Čím menší počet zubů je použit, tím musí být tuby masivnější.[106]

Při pohybu páky řidičem dojde přes bowdeny k převodu přímočarého pohybu na rotační pohyb hřídele, čímž dojde k posunutí řadicí vidličky. To způsobí pohyb přesuvníku a dojde ke spojení zubů zubové spojky. Jednotlivé vidličky umožňují zařadit vždy dva rychlostní stupně.

Nejpoužívanější u zubových spojek je negativní úhel sklonu boku zubů. U negativního sklonu je pro zasunutí zubů nutná obvodová vůle Φ . Právě tato vůle je zdrojem rázů.[107]

Úhel boků zubů byl zvolen negativních 5° . Tento úhel nemá na řazení zásadní vliv, ale přispívá k samosvornosti zubového spoje a drží tak zubovou spojku v záběru.

Nulový úhel boku zubů (tedy obdélníkové zuby) není příliš používán a pozitivní sklon je používán tam, kde je nutné spojení bez obvodové vůle.[107]



Obrázek 5-48 Základní rozdělení zubových spojek s čelním ozubením dle sklonu boků zubů [107]

Některá ozubená kola lze vylisovat, ale vždy je nejméně kolo součástí hřídele, a proto je nutná i výměna všech hřídelů.

Dále byl navržen přesuvník, který byl inspirován přesuvníkem z vozidla F1

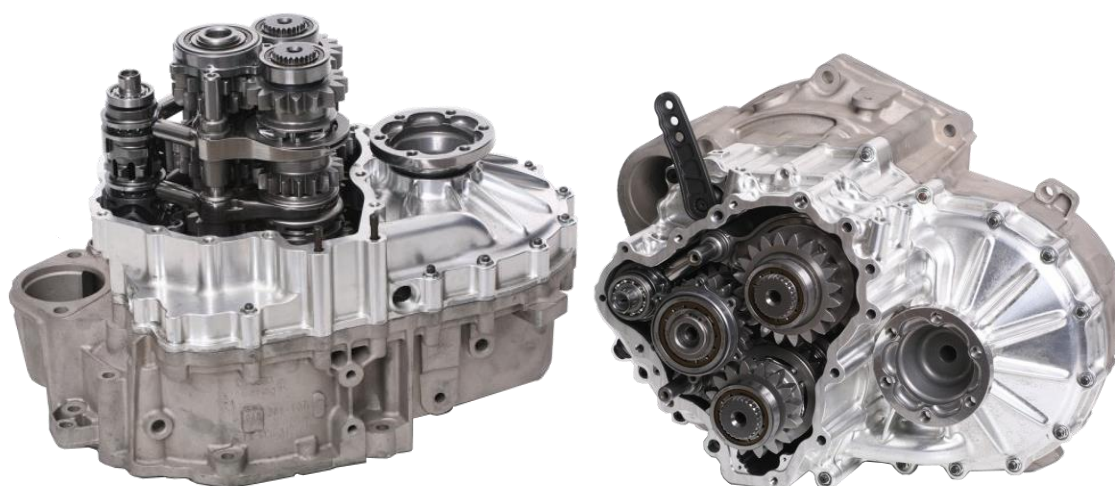


Obrázek 5-49 Přesuvník zubové spojky F1 [108] Obrázek 5-50 Vymodelovaný přesuvník [zdroj: Autor]

5.6.4 ZÁSTAVBA MECHANISMU DO PŘEDLOHY

Původní záměr zástavby mechanismu do původní převodovky nebyl proveden z důvodu zvolené realizace mechanismu, tedy kompletní přestavby převodovky.

Firma KAPS Transmission nabízí převodovku 02M i 02Q již přestavěné na sekvenční řazení.



Obrázek 5-51 Závodní sekvenční převodovka 02Q od společnosti KAPS [109]

6 PEVNOSTNÍ ANALÝZA

V této kapitole byl proveden zjednodušený pevnostní výpočet zubové spojky 3. převodového stupně.

Materiál ozubeného kola dle označování Škoda Auto, a. s. TL 4227, čemuž odpovídá norma ČSN 14220 oceli s označením 16MnCr5 (číselně 1.7131).

Pro výpočet byl zvolen maximální krouticí moment 175 Nm, což je polovina maximálního točivého momentu na vstupním hřídeli od motoru.

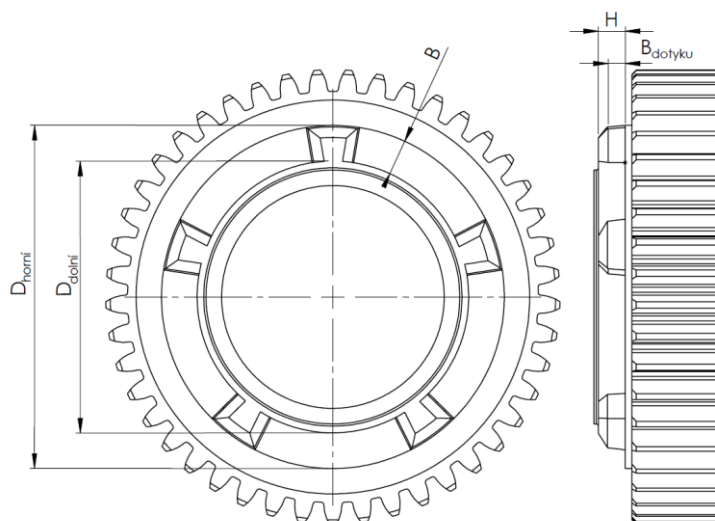
Materiálu 14 220 odpovídají tyto hodnoty dovoleného namáhání:

Tabulka 4 Materiálové vlastnosti oceli 14 220

Parametr	Označení	Hodnota
Maximální krouticí moment	M_{Kmax}	175 Nm
Dovolený kontaktní tlak	p_D	235 MPa
Dovolené napětí v ohybu	σ_D	300 MPa
Dovolené napětí ve smyku	τ_K	300 MPa

Tabulka 5 Parametry zubové spojky

Parametr	Označení	Hodnota
Převodový poměr	i	1,32
Počet Zubů	z	5
Horní průměr	$D_{horní}$	77 mm
Dolní průměr	$D_{dolní}$	61 mm
Šířka dotyku	B_{dotyku}	3,8 mm
Výška	H	6 mm
Šířka	B	8 mm



Obrázek 6-1 Vyznačení rozměrových parametrů zubové spojky [zdroj: Autor]

Na základě hodnot z výše uvedených tabulek byly vypočítány níže popsané veličiny mechanického namáhání.

6.1.1 KROUTICÍ MOMENT

$$M_K = M_{K_{max}} * i = 175 * \frac{45}{34} = 236,62 \text{ Nm} \quad (1)$$

6.1.2 TLAK V DOTYKU PŘESUVNÍKU A KOLA

$$p = \frac{\frac{\frac{M_K}{D_{horní} + D_{dolní}}}{4}}{1000} * \frac{D_{horní} - D_{dolní}}{2000} * \frac{B_{dotyku}}{1000} * z \quad (2)$$

$$p = \frac{\frac{\frac{231,6}{77 + 61}}{4}}{1000} * \frac{77 - 61}{2000} * \frac{3,8}{1000} * 5$$

$$p = 44,17 \text{ MPa}$$

BEZPEČNOST V DOTYKU

Minimální bezpečnost v dotyk $S_{H_{min}} = 1,5$

$$S_H = \frac{p_D}{p} = 5,32 > S_{H_{min}} \rightarrow \text{vyhovuje} \quad (3)$$

6.1.3 OHYB NA KOLE

$$\sigma_o = \frac{12 * M_K * \frac{H}{1000}}{\frac{D_{horní} + D_{dolní}}{2000} * z * \frac{D_{horní} - D_{dolní}}{2000} * \left(\frac{B}{1000}\right)^2} \quad (4)$$

$$\sigma_o = \frac{12 * 231,6 * \frac{6}{1000}}{\frac{77 + 61}{2000} * 5 * \frac{77 - 61}{2000} * \left(\frac{8}{1000}\right)^2}$$

$$\sigma_o = 94,41 \text{ MPa}$$

BEZPEČNOST V OHYBU

Minimální bezpečnost v ohybu $S_{F_{min}} = 1,5$

$$S_F = \frac{\sigma_D}{\sigma_o} = 3,18 > S_{H_{min}} \rightarrow \text{vyhovuje} \quad (5)$$

6.1.4 SMYK NA KOLE

$$\tau = \frac{\frac{2 * M_K}{\frac{D_{horní} + D_{dolní}}{2000} * \frac{B}{10000} * z * \frac{D_{horní} - D_{dolní}}{2000}}}{1\ 000\ 000} \quad (6)$$

$$\tau = \frac{2 * 231,6}{\frac{77 + 61}{2000} * \frac{8}{10000} * 5 * \frac{77 - 61}{2000}} \frac{1}{1\ 000\ 000}$$

$$\tau = 20,98 \text{ MPa}$$

BEZPEČNOST VE SMYKU

Minimální bezpečnost ve smyku $S_{K_{min}} = 1,5$

$$S_K = \frac{\tau_D}{\tau} = 14,3 > S_{H_{min}} \rightarrow \text{vyhovuje} \quad (7)$$

Ohyb a smyk na přesuvníku je vzhledem k stejným rozměrům dolního průměru a šířky stejný.

V tabulce níže jsou shrnuty výsledky výpočtů.

Tabulka 6 Shrnutí výsledků výpočtů

Způsob namáhání	Skutečná hodnota [MPa]	Dovolená hodnota [MPa]	Bezpečnost [-]
Tlak v dotyku	44,17	235	5,32
Ohyb	94,41	300	3,18
Smyk	20,98	300	14,3

I přes vyhovující bezpečnost tyto součásti spojky ze všech dílů převodovky nejčastěji vyměňovány, a to z důvodu velkých rázů.

ZÁVĚR

Hlavním cílem bakalářské práce bylo navrhnout mechanismus umožňující sekvenční řazení, který by se měl zastavět do původní vybrané převodovky. Zároveň počet změněných dílů měl být co nejmenší.

V rešeršní části práce byly popsány mechanismy řazení, vysvětlena problematika sekvenčního řazení a popsány vybrané sekvenční převodovky.

V průběhu tvorby práce bylo zjištěno, že vybrané vozidlo Škoda Octavia Combi RS je dodáváno také s dvouspojkovou převodovkou DSG, a proto by pouhá změna pohybu řazení postrádala smysl. Z tohoto důvodu bylo rozhodnuto, že přestavba bude koncipována jako přestavba na závodní převodovku, která umožňuje ještě rychlejší řazení. Toho je dosaženo za použití přímého ozubení a zubových spojek a jedná se tedy o téměř kompletní výměnu vnitřních částí převodovky.

Dále byl vytvořen kompletní 3D model původní převodovky, který měl být původně minimálně ovlivněn a který sloužil pro získání důležitých rozměrů. Hlavní rozměry byly změřeny pomocí optického skeneru ATOS. Pomocí tohoto skeneru byla naskenována skříň převodovky a skříň spojky. Výsledné skeny obsahovaly velké množství chyb, což bylo nečekanou překážkou, která si vyžádala rozsáhlé a časově náročné následné úpravy v pěti různých softwarech. Další komplikací bylo to, že hnané hřídele převodovky měly nalisovaná ložiska a nebylo tedy možné provést demontáž a bližší měření jednotlivých součástí.

Vzhledem k časové náročnosti a rozsahu bakalářské práce byl vytvořen pouze zjednodušený konstrukční návrh přestavby na závodní převodovku. Tento návrh popisuje napojení páky na stávající bowdeny, změnu z šikmého ozubení na přímé, výměnu synchronizačních spojek za zubové a návrh vlastního otočného hřídele. V poslední části této práce je zpracována pevnostní analýza ozubeného kola 3. rychlosti se zuby pro zubovou spojku.

Všechny cíle bakalářské práce byly splněny. Byl navržen zjednodušený konstrukční návrh přestavby, protože původní záměr přestavby se samotným přepákováním by vzhledem k již nabízené převodovce DSG neměl žádný přínos. Tuto práci je možné využít jako studijní materiál, jelikož vytvořený model je velice názorný a přesně odpovídá skutečnosti. Za další přínos lze považovat komplexní přehled autora v problematice sekvenčních převodovek.

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] KŠICA, Vratislav. *Automobily: Převody*. 2. vyd. Brno: Avid sro, 2009. ISBN 978-80-87143-12-4.
- [2] VLK, František. *Převodová ústrojí motorových vozidel: spojky: převodovky: rozvodovky: diferenciály: hnací hřídele: klouby*. Brno: Nakladatelství a vydavatelství Vlk, 2000. ISBN 80-238-5275-2.
- [3] SCHWARZ, Jiří. *Automobily Škoda Octavia II*. 2. Praha: GRADA Publishing, a. s., 2010. ISBN 978-80-247-2962-6.
- [4] KAPLAN, Zdeněk. *02 Převodovky*. Přednáška. Brno: Vysoké učení technické v Brně. 4. prosinec 2019
- [5] Převodovky DSG. *eluc.kr-olomoucky.cz* [online]. [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1478>
- [6] Sliding Mesh Gearbox: Components, Working, Advantages, Disadvantages, and Applications. *mechanicalnotes.com* [online]. [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://mechanicalnotes.com/sliding-mesh-gearbox/>
- [7] ZKUŠEBNA VOZIDEL, Ústav techniky a automobilové dopravy. *cv6 - Převodová ústrojí* [online]. Brno: Mendelova univerzita v Brně, Zkušebna vozidel. 22. březen 2011 [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://web2.mendelu.cz/autozkusebna/docs/mep/cv6.ppt>
- [8] MEDIA, Donut. Dog Boxes & Sequential Transmission | How it Works. *Youtube* [online]. 8. srpen 2018 [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=RikzgmPvmnE>
- [9] Zubová spojka. *auto.cz* [online]. [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/galerie/73661?foto=0>
- [10] EURO, FCP. Sequential Vs. DSG Transmissions: The Differences Explained. *Youtube* [online]. 11. duben 2019 [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=SenVX2LLicM>
- [11] ŠKODA. SSP 18 - Octavia prevodovky 02k 02j. *Self study programme* [online]. nedatováno, 30 [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: https://www.skoda-club.net/manual_download.php?id=84
- [12] GROUP, Schaeffler. *Intermediate Rings for Multi-Cone Synchronizer* [online]. 2007 [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://www.yumpu.com/en/document/view/4466737/intermediate-rings-for-multi-cone-synchronizer-schaeffler-group>
- [13] HARALD NAUNHEIMER, BERND BERTSCHE, JOACHIM RYBORZ, Wolfgang Novak. *Automotive Transmissions: Fundamentals, Selection, Design and Application*. Second Edi. Berlin Heidelberg Dordrecht London New York, Germany: Springer,

2011. ISBN 978-3-642-16213-8.
- [14] VOLKSWAGEN. SSP 237 - Manual gearbox 02T. *Self study programme* [online]. nedatováno, 32 [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://procarmanuals.com/vag-ssp-237-manual-gearbox-02t/>
- [15] ČECH, Jiří. Převodná ústrojí II. - vše o škodovkách. *skoda-techweb.cz* [online]. 2014 [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://www.skoda-techweb.cz/clanek.php?id=436>
- [16] Synchronmesh Gearbox Rear-Axle Type 741 (Showroom Poster). *hobbydb.com* [online]. září 1960 [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: https://www.hobbydb.com/marketplaces/hobbydb/catalog_items/synchronmesh-gearbox-rear-axle-type-741-showroom-poster
- [17] Co je to Bowden? Co znamená slovo, význam pojmu, termínu, hesla. *cojeto.superia.cz* [online]. [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://cojeto.superia.cz/technika/bowden.php>
- [18] ŠKODA. SSP 41 - NOVINKA šestistupňová mechanická převodovka 02M ve vozech. *Self study programme* [online]. nedatováno, 2–35 [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: https://www.skoda-club.net/manual_download.php?id=108
- [19] EXPLAINED, Engineering. Sequential Gearbox - Explained. *Youtube* [online]. 2012 [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=E1APhLQVtIE>
- [20] Jak funguje sekvenční převodovka. *ewrc.cz* [online]. 2006 [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://www.ewrc.cz/clanek/3441-jak-funguje-sekvencni-prevodovka/>
- [21] THROTTLE, Car. The Pros & Cons Of Sequential Gearboxes. *Youtube* [online]. 7. červenec 2017 [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=Up2vJS98Rgs>
- [22] Gears in a F1 car. *sciences-explained.wixsite.com* [online]. 22. květen 2017 [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://sciences-explained.wixsite.com/sciences-explained/single-post/2017/05/22/gears-on-f1>
- [23] Seamless Gearbox. *formula1-dictionary.net* [online]. [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: http://www.formula1-dictionary.net/seamless_gearbox.html
- [24] SERGEEV, Angel. 3D Printed F1 Gearbox. *motor1.com* [online]. 2020 [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://www.motor1.com/news/428153/3d-printed-f1-gearbox-video/>
- [25] TERAOKA, Shinji IkeyaMasao. Transmission and shift control system [online]. EP2650560A1. 2013. Dostupné z: <https://patents.google.com/patent/EP2650560A1/en>
- [26] FIA. Technické předpisy. *autoklub.cz* [online]. 2018, 47 [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: https://www.autoklub.cz/wp-content/uploads/2018/11/11997-e_technika_17.pdf
- [27] PETER ELLERAY. Sequential gearbox origins. *highpowermedia.com* [online]. 12. říjen 2009 [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://www.highpowermedia.com/Archive/sequential-gearbox-origins>

- [28] FIA. 2021 Formula 1 Technical Regulations [online]. 2020, 133 [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: https://www.fia.com/sites/default/files/2021_formula_1_technical_regulations_-_iss_7_-_2020-12-16.pdf
- [29] SANYTRÁK, Miroslav. Převodovka F1. *constructorsf1.com* [online]. 11. únor 2008 [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: <http://www.constructorsf1.com/clanky/prevodovka-1094.htm>
- [30] Gearbox. *formula1-dictionary.net* [online]. [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: <http://www.formula1-dictionary.net/gearbox.html>
- [31] SOMERFIELD, Matthew. Giorgio Piola's history of F1 steering wheel evolution. *motorsport.com* [online]. 9. září 2020 [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://www.motorsport.com/f1/news/f1-steering-wheel-history-story/4870986/>
- [32] COLLINS, Sam. Formula 1 Sequential gearboxes. *racecar-engineering.com* [online]. [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://www.racecar-engineering.com/tech-explained/formula-1-sequential-gearboxes/>
- [33] Dvouspojková převodovka DSG od Volkswagenu slaví 15 let. *autoweb.cz* [online]. 10. prosinec 2018 [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: [https://www.autoweb.cz/dvouspojková-prevodovka-dsg-od-volkswagenu-slavi-15-let-naucila-evropany-kupovat-automaty/](https://www.autoweb.cz/dvouspojкова-prevodovka-dsg-od-volkswagenu-slavi-15-let-naucila-evropany-kupovat-automaty/)
- [34] KUSYN, Martin. Sekvenční vs. dvouspojková převodovka. *autoweb.cz* [online]. 16. duben 2019 [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://www.autoweb.cz/sekvencni-vs-dvouspojková-prevodovka-proc-zavodni-vozy-nejdou-dobou-nepouzivaji-dsg/>
- [35] O převodovkách. *automatickeprevodovkypraha.cz* [online]. [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://www.automatickeprevodovkypraha.cz/o-prevodovkach.html>
- [36] Typy převodovek. *kaps.cz* [online]. [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://www.kaps.cz/sluzby/prevodovky/typy-prevodovek>
- [37] MASSON, Stuart. Different types of gearbox explained. *thecarexpert.co.uk* [online]. 27. říjen 2020 [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://www.thecarexpert.co.uk/different-types-of-gearbox-explained/>
- [38] ROBERT, Pepper. Automatic manuals. *practicalmotoring.com.au* [online]. 15. duben 2015 [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://practicalmotoring.com.au/car-advice/automatic-manuals-better-than-automatics-and-manuals/>
- [39] Semi-automatic transmission. *tractors.fandom.com* [online]. [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: https://tractors.fandom.com/wiki/Semi-automatic_transmission
- [40] LÁNÍK, Ondřej. Převodovka DSG: Podrobný popis. *auto.cz* [online]. 9. červen 2004 [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/prevodovka-dsg-podrobny-popis-16887>
- [41] DUSIL, Tomáš. Převodovky VW DSG v ojetinách: Jak jsou na tom se spolehlivostí?

- auto.cz* [online]. 28. červen 2018 [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/prevodovky-vw-dsg-v-ojetinach-jak-jsou-na-tom-se-spolehlivosti-122786>
- [42] Ferrari F355 F1. *theautochannel.com* [online]. 1998 [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://www.theautochannel.com/publications/magazines/sci/dec-jan-98/pg52.frame>
- [43] FERRARI. WM Ferrari F355 F1. *Uživatelská příručka* [online]. 1998, 222 [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://cardiagn.com/ferrari-f355-workshop-manuals-pdf>
- [44] GO4TRANS. Easytronic transmission. Design peculiarities. Pros and cons. *go4trans.com* [online]. 14. prosinec 2018 [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: [https://go4trans.com/technical-transmission-general-articles/easytronic-transmission.-design-peculiarities.-pros-and-cons.-typical-problems-and-tips-on-easytronic./](https://go4trans.com/technical-transmission-general-articles/easytronic-transmission.-design-peculiarities.-pros-and-cons.-typical-problems-and-tips-on-easytronic/)
- [45] OPEL. Opel Corsa. *Uživatelská příručka* [online]. 2013, 237 [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://www.autotipservis.cz/aftersales/manualy-opel.xhtml>
- [46] Opel: Světová premiéra převodovky Easytronic. *autoperiskop.cz* [online]. 23. srpen 2000 [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://autoperiskop.cz/opel-svetova-premiera-prevodovky-easytronic/>
- [47] Automated Manual Transmission (AMT). *x-engineer.org* [online]. [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://x-engineer.org/automotive-engineering/drivetrain/transmissions/automated-manual-transmissions-amt/>
- [48] ZEMMRICH, Thomas. Automated five-speed manual transmission - Easytronic 3.0. *Vocer story transmissions* [online]. 2014, 4 [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: https://autotechreview.com/media/attachments/34_39_ATR_Sep15.pdf
- [49] SRP, Pavel. Koncept Opel Astra Coupé OPC X-Treme slaví 20 let. *auto-mania.cz* [online]. 29. březen 2021 [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://auto-mania.cz/koncept-opel-astra-coupe-opc-x-treme-slavi-20-let-podobny-koncept-uz-asi-nikdy-nevznikne/>
- [50] Opel GT Concept Car. *pngpix.com* [online]. 2016 [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: <http://www.pngpix.com/download/opel-gt-concept-car-png-image>
- [51] WILSON, Greg. BMW SMG Převodovka. *kaps.cz* [online]. 2002 [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://www.kaps.cz/bmw-smg-prevodovku-1012>
- [52] SMG III - E60 M5 and E63 M6. *smsgociety.com* [online]. [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://www.smsgociety.com/model-overview/smg-iii-e60-m5-e63-m6/>
- [53] BMW. Sequential M transmission. *Uživatelská příručka* [online]. 2006, 31 [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://manualzz.com/doc/24259487/sbt-sequential-m-transmission-e60-m5--e63-m6>
- [54] VAVERKA, Lukáš. Dva pedály neznamenají vždy totéž: Čím se liší 5 různých typů automatických převodovek? *Autobible.cz* [online]. 8. květen 2019 [vid. 2021-03-30].

- Dostupné z: <https://autobible.euro.cz/dva-pedaly-neznamenaji-vzdy-totez-cim-se-lisi-5-ruznych-typu-automatickych-prevodovkek/>
- [55] HANKE, Petr. BMW M5 (F90) – Logický vývoj. *automobilrevue.cz* [online]. 26. leden 2018 [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: https://www.automobilrevue.cz/rubriky/testy/predstavujeme/bmw-m5-f90-logicky-vyvoj_46201.html
- [56] ALFAROMEIO. Alfa Romeo 156. *Uživatelská příručka* [online]. 2007, 358 [vid. 2021-04-20]. Dostupné z: <https://www.manualslib.com/download/542292/Alfa-Romeo-156.html>
- [57] 294 Alfa Romeo Selespeed transmission. *beyonddiscovery.org* [online]. 1. leden 2021 [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://www.beyonddiscovery.org/electronic-control/294-alfa-romeo-selespeed-transmission.html>
- [58] PABOUČEK, Jan. Tiptronic vs. Multitronic vs. Selespeed. *autorevue.cz* [online]. 9. březen 2002 [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: https://www.autorevue.cz/tiptronic-vs-multitronic-vs-selespeed_2
- [59] DEN. Sportronic převodovka: typické vlastnosti a technické charakteristiky. *club.autodoc.cz* [online]. 6. březen 2021 [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://club.autodoc.cz/magazin/sportronic-prevodovka-typicke-vlastnosti-a-technicke-charakteristiky>
- [60] ALFAROMEIO. Alfa Romeo 166. *Uživatelská příručka* [online]. 2004, 280 [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://manualsbrain.com/en/manuals/1792778/download/>
- [61] JIŘÍ ŽITNÝ, JOSEF BAREŠ, Pavel Němeček. *Samočinné převodovky* [online]. Přednáška. Liberec: Technická univerzita v Liberci, katedra motorů a vozidel. 12. březen 2010 [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: http://old.kvm.tul.cz/katedra/ped/Tiv/06-Samocinne_prevodovky.pdf
- [62] AUDI. SSP 228 - Variable automatic gearbox Multitronic 01J. *Self study programme* [online]. 100. Dostupné z: http://www.volkspage.net/technik/ssp/ssp/SSP_228_d1.pdf
- [63] MITSUBISHI. Mitsubishi Outlander Sport. *Uživatelská příručka* [online]. 2017, 353. Dostupné z: <https://carmanuals2.com/mitsubishi/outlander-sport-2018-owner-s-manual-110793>
- [64] HAMZA, Jan. Podrobně o novém modelu Ypsilon jehož prodej Lancia zahájila v červnu na našem trhu. *autoperiskop.cz* [online]. 30. červenec 2007 [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://autoperiskop.cz/podrobne-o-novem-modelu-ypsilon-jehoz-prodej-lancia-zahajila-v-cervnu-na-nasem-trhu/>
- [65] Semi-automat Dualogic ve Fiatech 500. *imofa.wordpress.com* [online]. 17. prosinec 2007 [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://imofa.wordpress.com/2007/12/17/semi-automat-dualogic-ve-fiatech-500/>
- [66] FIAT. FIAT PANDA 2007 169 / 2.G Dualogic. *Uživatelská příručka* [online]. 2007, 32 [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://www.carmanualsonline.info/flat-panda-2007->

- 169-2-g-dualogic-transmission-manual
- [67] Automatická převodovka Fiat Powertrain Technologies Dualogic. *drivelab.cz* [online]. [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://www.drivelab.cz/prevodovky/dualogic>
- [68] FIAT. Dualogic. *Uživatelská příručka* [online]. 2018, 32 [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://www.fiat.ie/content/dam/fiat/ie/documents/brochures/150.pdf>
- [69] The design and function of Toyota Multi-Mode transmission. *pmmonline.co.uk* [online]. 18. srpen 2013 [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://pmmonline.co.uk/technical/the-toyota-multi-mode-transmission-design-and-function/>
- [70] BLUEPRINT. MMT (Multi-mode transmission). *Blue Print info* [online]. 2014, 4 [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: https://oscaro.media/catalog/images/pdf/350/inf12215_gb.pdf
- [71] Multi mode manual transmission system. *Uživatelská příručka* [online]. 2012, 13 [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://vdocuments.site/reader/full/aygo-mmt-ops.html>
- [72] ČECH, Jiří. Převodná ústrojí III. - vše o škodovkách. *skoda-techweb.cz* [online]. 2014 [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://www.skoda-techweb.cz/clanek.php?id=437>
- [73] MOKŘÍŠ, Jakub. DSG převodovka: co to je a na jakém principu funguje. *portalridice.cz* [online]. 19. březen 2021 [vid. 2021-04-20]. Dostupné z: <https://www.portalridice.cz/clanek/co-je-dsg-prevodovka-jak-funguje>
- [74] AUDI. TT 3.2 quattro. *Self study programme* [online]. 2004, 41 [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: <http://www.billswebspaces.com/TT32.pdf>
- [75] ŠKODA. SSP 56 - Octavia DSG. *Self study programme* [online]. 2004, 58 [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: https://www.skoda-club.net/manual_download.php?id=1609
- [76] SAJDL, Jan. Převodovka DSG. *autolexicon.net* [online]. [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/prevodovka-dsg/>
- [77] VOLKSWAGEN. SSP 850123 - The 7-speed double clutch Transmission 0AM. *Self study programme* [online]. 2012, 72 [vid. 2021-04-16]. Dostupné z: <https://procarmanuals.com/self-study-program-850123-the-7-speed-double-clutch-transmission-0am/>
- [78] SAJDL, Jan. PowerShift. *autolexicon.net* [online]. [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/powershift/>
- [79] DEN. Co je to S tronic? Vlastnosti a technické parametry převodovky. *club.autodoc.cz* [online]. 26. listopad 2020 [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://club.autodoc.cz/magazin/co-je-to-s-tronic-vlastnosti-a-technicke-parametry-prevodovky>
- [80] Audi A4 převodovka S tronic 7 speed. *zpravy.aktualne.cz* [online]. 20. prosinec 2016 [vid. 2021-05-09]. Dostupné z: <https://zpravy.aktualne.cz/audi-a4->

- 2007/r~7486b81ec6a211e6aa860025900fea04/r~ab4792bcc60011e6b02c002590604f2e/
- [81] The Ultimate Guide to Audi Transmissions. *audihoffmanestates.com* [online]. [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://www.audihoffmanestates.com/research/tiptronic-vs-s-tronic.htm>
- [82] New BMW M DKG Transmission. *motor1.com* [online]. 17. leden 2008 [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://www.motor1.com/news/2494/new-bmw-m-dkg-transmission/>
- [83] 7G-tronic: Seven speeds for improved fuel consumption and driving pleasure. *mercedes-benz-media.co.uk* [online]. [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://www.mercedes-benz-media.co.uk/en-gb/releases/218>
- [84] DUCHOŇ, Jiří. ZF: devítistupňová převodovka je realitou. *autorevue.cz* [online]. 13. leden 2011 [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: https://www.autorevue.cz/zf-devitistupnova-prevodovka-je-realitou_2
- [85] TORRELLI, Claudio. Lamborghini Aventador — 7-Speed AMT with Fastest Gear Shift. *autotechreview.com* [online]. 2012, 4 [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: https://autotechreview.com/media/attachments/Technology___Lamborghini_Aventador_Transmission.pdf
- [86] DANAINCORPORATED. Dana Graziano - High Performance Transmissions - YouTube. *Youtube* [online]. 3. květen 2019 [vid. 2021-04-29]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=e5S_9AruOUA
- [87] Škoda Octavia RS II. generace (2005 – 2013): Profil ojetiny. *ojetinypodlupou.cz* [online]. [vid. 2021-04-16]. Dostupné z: https://www.ojetinypodlupou.cz/stm_review/skoda-octavia-rs-ii-generace-2005-2013-profil-ojetiny/
- [88] Škoda Octavia Combi RS. *olfincar.cz* [online]. [vid. 2021-04-16]. Dostupné z: <https://www.olfincar.cz/ojete-vozy/operativni-leasing/nabidka/octavia-combi-rs-2-0-tsi-rs-tsi-aut-7-dsg-2/>
- [89] ŠKODA. SSP 59 - Škoda Octavia RS. *Self study programme* [online]. 2005, 46 [vid. 2021-04-16]. Dostupné z: <https://procarmanuals.com/vag-ssp-59-skoda-octavia-rs/>
- [90] Škoda Octavia RS 2.0 TDI CR. *zavolantem.cz* [online]. 10. září 2008 [vid. 2021-04-16]. Dostupné z: <https://www.zavolantem.cz/skoda-octavia-rs-2-0-tdi-cr-common-rail-na-divoko/>
- [91] ŠKODA. Octavia A5 návod k obsluze. *Uživatelská příručka* [online]. 2011, 244 [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: https://ws.skoda-auto.com/OwnersManualService/Data/cz/Octavia_1Z/11-2008/Manual/Octavia/A5_Octavia_UsersManual.pdf
- [92] BROWN, Nathan. The Definitive Guide To VW/Audi 6-Speed Manual Transmissions (MQ350: 02M, 02Q, & 0FB). *blog.fcpeuro.com* [online]. 22. říjen 2020 [vid. 2021-04-

- 16]. Dostupné z: <https://blog.fcpeuro.com/definitive-guide-vw-audi-6-speed-manual-transmissions-mq350-02m-02q-0fb>
- [93] FRETZ, Robert J. a Ralph P. FRAVEL. SSP 205 - 6 speed manual gearbox 02M. *Self study programme* [online]. 28 [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: http://www.volkspage.net/technik/ssp/ssp/SSP_205.pdf
- [94] ŠKODA. *Informační přehled převodovek podle kódu ve vozidlech Škoda, VW, atd.* [online]. B.m.: octaviaclub.cz. květen 2019 [vid. 2021-04-16]. Dostupné z: <https://octaviaclub.cz/wp-content/uploads/2019/12/Tabulka-označení-a-rozdělení-převodovek-ke-stažení.xls>
- [95] ŠKODA. OCTAVIA II 2004 - Převodovka 02Q. *Dílenská příručka* [online]. 2004, 317 [vid. 2021-03-30]. Dostupné z: https://www.skoda-club.net/manual_download.php?id=430
- [96] PAL, D. K., L. S. BHARGAVA, B. RAVI a U. CHANDRASEKHAR. Computer-aided reverse engineering for rapid replacement of parts. *Defence Science Journal* [online]. 2006, 15. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/228360965_Computer-Aided_Reverse_Engineering_for_Rapid_Replacement_Parts_A_Case_Study
- [97] ATOS. Atos compact scan. *Uživatelská příručka* [online]. 2016, 12. Dostupné z: http://www.henindo.co.id/home/ATOS-Compact-Scan_EN_RevA.pdf
- [98] ROZSÍVAL, Jan. *Využití reverzního inženýrství pro výpočty aerodynamiky automobilu.* B.m., 2008. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=5601
- [99] Skenování s 3D skenerem. *Podklady ke studiu* [online]. nedatováno, 23. Dostupné z: http://www.iae.fme.vutbr.cz/userfiles/ramik/files/Studium/Podklady_ke_studiu/3D_skenování/E-learning-Skenovani_3D_skenerem.pdf
- [100] Sekvenční mechanismy řazení. *knobengines.com* [online]. [vid. 2021-04-30]. Dostupné z: <http://www.knobengines.com/index.php/cs/galerie/sekvenční-mechanismy-řazení/>
- [101] DUSIL, Tomáš. Automatizované manuální převodovky: Proč při řazení škubou? *auto.cz* [online]. 6. září 2016 [vid. 2021-04-30]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/automatizovane-manualni-prevodovky-proc-pri-razeni-skubou-97985>
- [102] ŠKODA. Převodovka 02Q. *Dílenská příručka* [online]. 2004, 178 [vid. 2021-04-30]. Dostupné z: https://www.skoda-club.net/manual_download.php?id=430
- [103] TUTORIAL, CAD CAM. SolidWorks tutorial Geneva mechanism (motion Study). *Youtube* [online]. 30. červenec 2016 [vid. 2021-04-30]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=XurhFvFhYxE>
- [104] ŠARDICKÝ, Jakub. *Konstrukční návrh sekvenčního řazení vozidla* [online]. B.m., 2005 [vid. 2021-04-30]. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=174408

- [105] SEQSHIFT - VW. *sqsracing.com* [online]. [vid. 2021-04-30]. Dostupné z: <http://www.sqsracing.com/produkt/4:4:sqs-sequent-shifter-vw-audi-seat-skoda>
- [106] VLČEK, Jan. *Optimalizace řazení soutěžního vozu* [online]. B.m., 2014 [vid. 2021-04-18]. Disertační práce. Západočeská univerzita v Plzni. Dostupné z: https://otik.zcu.cz/bitstream/11025/14953/1/Disertacni_prace_JV_v2.pdf
- [107] JASNÝ, Michal. *Návrh nového kompaktního řadicího mechanismu* [online]. B.m., 2017 [vid. 2021-04-19]. České vysoké učení technické v Praze. Dostupné z: https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/73330/F2-DP-2017-Jasny-Michal-DP_Jasny_2017_PDF.pdf?sequence=-1&isAllowed=y
- [108] ČERVENKA, Filip. *Bezsynchrónní převodovky motorových vozidel* [online]. B.m., 2013 [vid. 2021-04-30]. Vysoké učení technické v Brně. Dostupné z: <https://dspace.vutbr.cz/handle/11012/26999>
- [109] 02M/02Q Sequential gearbox. *kaps-transmissions.com* [online]. [vid. 2021-04-30]. Dostupné z: <https://www.kaps-transmissions.com/products-02m.html>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

B	[mm]	Šířka
B_{dotyku}	[mm]	Šířka dotyku
$D_{\text{dolní}}$	[mm]	Dolní průměr
$D_{\text{horní}}$	[mm]	Horní průměr
H	[mm]	Výška
i	[-]	Převodový poměr
$M_{K\text{max}}$	[Nm]	Maximální krouticí moment
p_D	[MPa]	Dovolený kontaktní tlak
z	[-]	Počet zubů
σ_D	[MPa]	Dovolené napětí v ohybu
τ_K	[MPa]	Dovolené napětí ve smyku
ABS		Anti-lock brake system
AMT		Automated manual transmission
ATOS		Advanced topometric sensor
BREP		Boundry representation
CAD		Computer aided design
CARE		Computer Aided Reverse Engineering
CR		Common-rail
CVT		Continuously Variable Transmission
DCT		Dual clutch transmission
DFN		Dolce Far Niente
DKG		Doppelkupplungsgetriebe (Dvojitá spojka)
DSG		Direct Shift Gear
EČ		Evidenční číslo
FIA		Fédération Internationale de l'Automobile
IGES		Initial graphics exchange specification
ISR		Independent shifting rods
MMT		Multi-mode manual transmission
MTA		Manuall transmission automated
PD		Pumpe-düse
PDK		Porsche Doppelkupplung (Dvojitá spojka Porsche)

RS	Racing sport
SMG	Sequential manual gearbox
STL	Standard triangle language
ZF	Zahnfabrik Friedrichshafen