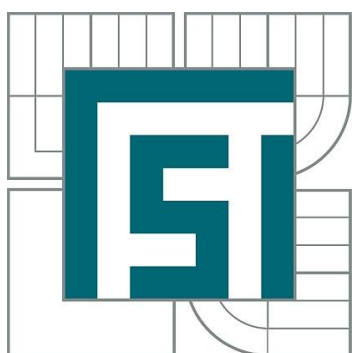


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

PŘEVODOVÁ ÚSTROJÍ NÁKLADNÍCH VOZIDEL A AUTOBUSŮ

GEARBOXES OF TRUCKS AND BUSES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

DAVID VÍTEK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. ONDŘEJ BLAŽÁK, Ph.D.

BRNO 2011

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): David Vítek

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

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:

Převodová ústrojí nákladních vozidel a autobusů

v anglickém jazyce:

Gearboxes of Trucks and Buses

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Zpracujte přehled konstrukčních řešení převodových ústrojí nákladních vozidel a autobusů.

Cíle bakalářské práce:

1. Zpracujte přehled konstrukčních řešení převodových ústrojí nákladních vozidel a autobusů.
2. Rozeberte v současnosti nejpoužívanější systémy.
3. Formulujte tendence vývoje v oblasti konstrukce převodových ústrojí nákladních vozidel a autobusů.

Seznam odborné literatury:

- [1] VLK,F. Převodová ústrojí motorových vozidel. ISBN 80-238-5275-2, Nakladatelství VLK, Brno 2001.
[2] VLK,F. Zkoušení a diagnostika motorových vozidel. ISBN 80-234-6573-0, Nakladatelství VLK, Brno 2000.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Ondřej Blaťák, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/2011.

V Brně, dne 26. 10. 2010

L.S.

prof. Ing. Václav Pištěk, DrSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty



ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá rešerší převodových ústrojí používaných v nákladních automobilech a autobusech. První část práce tvoří seznámení s jednotlivými částmi převodového ústrojí, s kterými se můžeme u nákladních automobilů a autobusů setkat, jejich princip a konstrukci. Druhá polovina práce se zabývá systémy, které používají nejznámější výrobci nákladních automobilů a autobusů, a také současnými trendy v této problematice.

KLÍČOVÁ SLOVA

Převodové ústrojí, nákladní automobil, autobus, spojka, převodovka, rozvodovka

ABSTRACT

This bachelor's thesis deals with background research of gearboxes of trucks and buses. The first part of this thesis forms familiarization with various parts of the transmission system, which we can see in trucks and buses, their principle and design. The second part deals with systems that use the best known manufacturers of trucks and buses, as well as current trends in this area.

KEYWORDS

Transmission, truck, bus, clutch, gearbox, axle drive



BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

VÍTEK, D. *Převodová ústrojí nákladních vozidel a autobusů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 55 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Ondřej Blažák, Ph.D..



ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

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

V Brně dne 25. května 2011

.....

Jméno a příjmení



PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce panu Ing. Ondřeji Blaťákovi, Ph.D. za připomínky a rady při tvorbě této práce a vstřícný přístup při konzultacích. Dále bych chtěl poděkovat lidem ze společnosti VOLVO, IVECO, MERCEDES a SCANIA za poskytnutí informací.

Děkuji



Obsah

1 Úvod	10
2 Převodové ústrojí	11
3 Spojky	13
3.1 Třecí spojka.....	13
3.1.1 Spojková obložení.....	15
3.1.2 Ovládací ústrojí spojky.....	17
4 Převodovky	19
4.1 Stupňové převodovky.....	19
4.1.1 Typy stupňových převodovek.....	19
4.1.2 Řadící a zajišťovací zařízení.....	22
4.2 Planetové převodovky	27
4.3 Samočinné hydromechanické převodovky	27
4.3.1 Hydrodynamické měniče točivého momentu	29
4.3.2 Planetová soukolí automatických převodovek.....	29
4.3.3 Řadící prvky automatických převodovek.....	30
5 Rozvodovky a pohon náprav	33
5.1 Jednostupňové rozvodovky	33
5.2 Dvoustupňové rozvodovky a vnější stálé převody	34
5.3 Diferenciály.....	35
5.3.1 Princip diferenciálu.....	35
5.3.2 Závěr diferenciálu.....	37
5.4 Pohon zdvojených náprav	40
6 Některé používané systémy	42
6.1 Nákladní automobily	42
6.1.1 Scania.....	42
6.1.2 Volvo.....	44
6.1.3 Mercedes.....	46
6.1.4 Iveco	46
6.2 Autobusy.....	47
6.2.1 Irisbus Iveco.....	47
6.2.2 SOR	48



6.2.3	Tedom.....	48
6.2.4	Volvo.....	48
6.2.5	Mercedes.....	48
6.2.6	Převodovka ZF AS-Tronic.....	49
7	Současné tendence	50
8	Závěr.....	51
9	Seznam použitých symbolů	52
10	Seznam obrázků	53
11	Seznam použitých zdrojů	55
11.1	Internetové odkazy.....	55



1 Úvod

I nejkonnější motor na světě bude k ničemu, pokud energie od motoru nebude bezpečně a hlavně efektivně přenesena na vozovku. To je primární funkcí převodového ústrojí. Krom toho, že přenáší točivý moment a výkon z motoru, musí také převodové ústrojí umožnit provoz vozidla v širokém rozsahu rychlostí - z klidu až do maximální rychlosti vozidla. Je tedy zřejmé, že musí být zahrnut i způsob, který odpojí motor od zbytku hnacího ústrojí, aby vozidlo zůstalo v klidu. Je také důležité, aby přenos byl navržen tak, aby splňoval mnohdy protichůdné požadavky. U nákladních automobilů a autobusů jsou těmito požadavky velký výkon a malá spotřeba paliva.

První část práce je věnována teoretickému rozboru jednotlivých částí a komponent převodového ústrojí, s kterými se můžeme u nákladních automobilů a autobusů setkat. Druhá část se pokouší alespoň z části dát přehled o v současnosti nepoužívanějších systémech výrobců s největším zastoupením na našem trhu a silnicích.



2 Převodové ústrojí

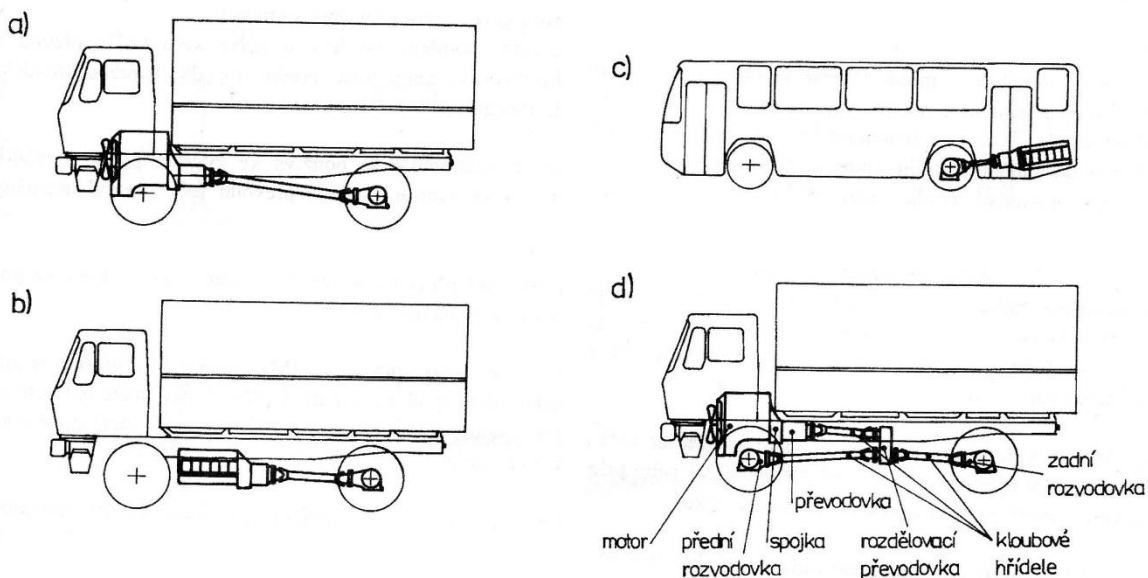
Převodovým ústrojím motorového vozidla se rozumí všechna ústrojí spojující motor s hnacími koly vozidla. Tato ústrojí slouží k přenosu točivého momentu, jeho přerušování nebo ke změně jeho velikosti nebo směru.

Podle způsobu přenosu točivého momentu můžeme následujícím způsobem rozdělit části převodových ústrojí:

- Pro krátkodobé přerušování točivého momentu – spojky
- Pro změnu velikosti točivého momentu – převodovky
- Pro stálé spojení – spojovací a kloubové hřídele
- Pro rozdělení hnacího momentu na levé a pravé kolo – rozvodovka a diferenciál
- Pro rozdělení hnacího momentu mezi přední a zadní nápravou – rozdělovací převodovky a mezinápravové diferenciály

U těžkých nákladních automobilů a autobusů se používá ke zvýšení počtu převodových stupňů ještě přídatná převodovka.

Na obr. 2.1 jsou znázorněny základní principy uspořádání hnacího ústrojí pro nákladní automobily a autobusy.



Obr. 2.1 Uspořádání hnacího ústrojí u užitkových vozidel: a) standardní pohon, b) motor mezi nápravami, c) zadní pohon, d) pohon všech kol [1]

Standardní koncepce má jako u osobních automobilů motor vpředu, za motorem je spojka, stupňová převodovka, nebo místo spojky a stupňové převodovky může být automatická převodovka, a spojovací hřídel je spojen s rozvodovkou na zadní nápravě. Motor umístěný za přední nápravou zvětšuje prostor v kabině pro osádku vozidla. U autobusů se dne již téměř výhradně používá motor umístěný za zadní nápravou, což má výhody jako například snížení hluku zatěžujícího řidiče a cestující, krátký spojovací hřídel, společný blok pro motor a převodovku a především možnost snížení podlahy pro snadnější nastupování, což je dnes požadavek mnoha podniků zajišťujících hromadnou dopravu. Může se ale i setkat s variantami a) a b), zejména u vozidel staršího data výroby, jak je možno vidět na obr. 2.2 a obr. 2.3.



Obr. 2.2 Uložení motoru v kabině řidiče u autobusu Škoda 706 RT, který byl vyráběn národním podnikem Karosa mezi lety 1958 a 1972



Obr. 2.3 Karosa ŠL 11 vyráběná v letech 1970 až 1981 s hnacím ústrojím uloženým mezi nápravami. Přístup k motoru je po otevření krytu za pravým předním kolem. Zvláštností hnacího ústrojí tohoto vozidla bylo uspořádání v pořadí: motor, spojka, kardan, převodovka, kardan, rozvodovka

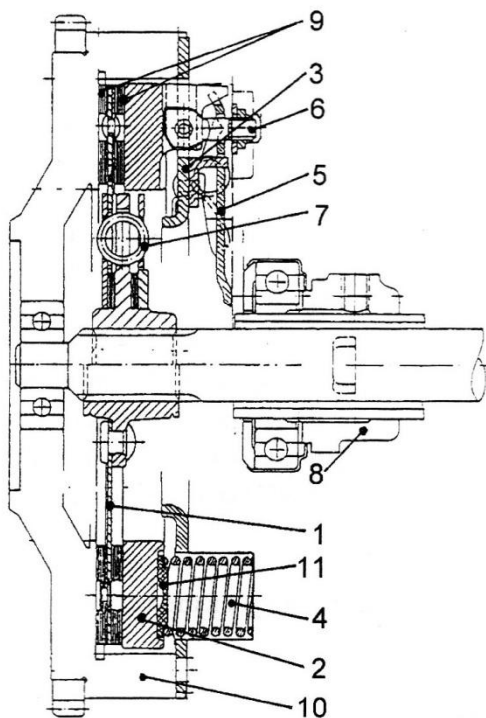


3 Spojky

Spojka je mechanismus, který slouží k přenosu točivého momentu motoru na další části převodového ústrojí. Vypnutím spojky docílíme přerušení přenosu točivého momentu z motoru na převodová ústrojí, což je nezbytné k řazení jednotlivých rychlostních stupňů. Přerušením přenosu výkonu je umožněno také stání vozidla při běžícím motoru a zařazeném rychlostním stupni. Pozvolným zapínáním spojky, spojeným s jejím prokluzováním, dojde k vyrovnání rozdílu otáček mezi otáčejícím se hřídelem motoru a dosud se nepohybujícím hřídelem převodového ústrojí, čímž je docíleno plynulého rozjezdu vozidla. Spojka také sloužit jako tlumič torzních kmitů motoru. Spojka může taky být využita jako ochranný mechanismus proti přetížení a to v podobě nevypínatelné jednokotoučové třecí spojky mezi motorem a převodovkou. Spojka musí být ovládána řidičem nebo automaticky. Ovládání spojky řidičem je umožněno prostřednictvím pedálu, který je spojen s ovládacím tzv. vypínacím mechanismem spojky. Každá spojka se skládá ze dvou částí, a to části hnací a části hnané. Nejčastěji používaným druhem spojky u nákladních automobilů a u autobusů je spojka suchá třecí.

3.1 Třecí spojka

Hnací částí třecí spojky je setrvačnick s přitlačným kotoučem. Hnanou částí pak je spojkový kotouč, Hnací a hnaná část jsou k sobě přitlačovány pružinami.



Obr. 3.1 Kotoučová suchá spojka: 1 – spojkový kotouč, 2 – přitlačný kotouč, 3 – štít spojky, 4 – přitlačná pružina, 5 – vypínací páka, 6 – regulační šroub vypínací páky, 7 – tlumící pružina, 8 – vypínací objímka s kuličkovým ložiskem, 9 – obložení, 10 – setrvačnick, 11 – izolační podložka [1]

Nosnou částí třecí spojky je deska nazývaná spojkový kotouč (1), který je vyroben z ocelového plechu. Tento plech má minimální pevnost okolo 800 až 900 MPa a svou jakostí se blíží pružinovému plechu, tedy tzv. planžetě.

Aby byl zvýšen součinitel tření, upevňuje se na spojkový kotouč obložení (9). Tloušťka obložení bývá různá, závisí zejména na zatížení spojky a provozních poměrech. Obvykle bývá tloušťka okolo 2,5 až 8 mm.

Na spojkový kotouč (1) je pružinou (4) tlačěn přitlačný kotouč (2). Vypínací objímka (8) s axiálním kuličkovým ložiskem slouží k vypínání spojky. Vypínací páčky (5) jsou spojeny s přitlačným kotoučem (2) pomocí

šroubů (6), jenž slouží k seřízení spojky. Štít spojky (3) je plechový z důvodu snížení hmotnosti. Celá spojka je připevněna k setrvačnicku motoru (10).

Spojkový kotouč (1) je axiálně posuvatelný díky drážkovému spojení mezi nábojem kotouče a hnacím hřídelem převodovky. Při vypnuté spojce tlačí vypínací objímka (8) na vypínací páčky (5) a ty přerušují styk přitlačného kotouče (2) se spojkovým kotoučem (1) a stlačují tlačné vinuté pružiny (4).

Suché třecí spojky můžeme podle typu použité přitlačné pružiny rozdělit do tří následujících skupin:

- Spojky s vinutými pružinami

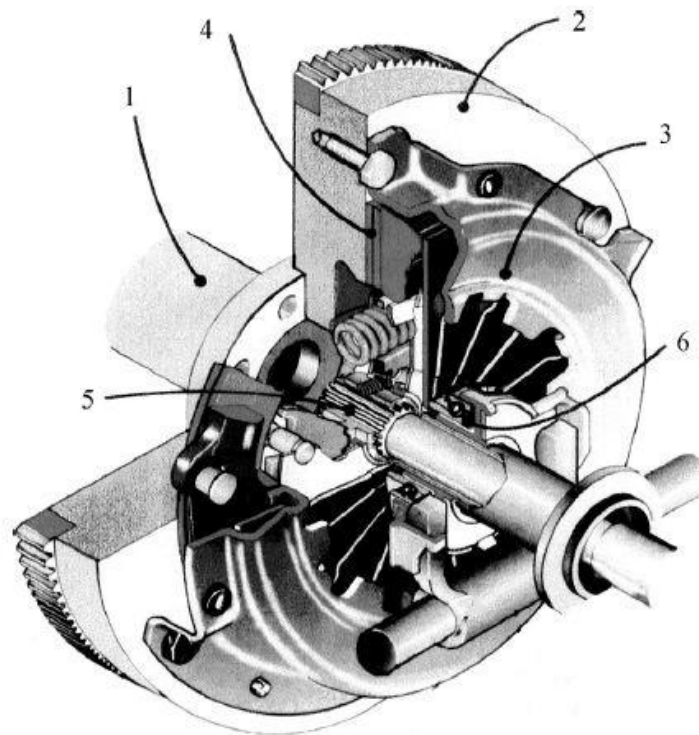


- Spojky s talířovou pružinou
- Spojky s membránovou pružinou

Pro spojky s vinutými pružinami je typický nepříznivý průběh silové charakteristiky, který je způsoben přítlačnou silou, která s opotřebením klesá. Z toho důvodu je nezbytné u nové spojky stanovit vyšší přítlačnou sílu, aby i při plném opotřebení spojky byla zajištěna dostatečná rezerva přenosu točivého momentu. Samozřejmě vlivem opotřebení stoupá i vypínací síla při vypnutí spojky.

Spojka s talířovou pružinou je také opatřena páčkovým vypínacím systémem. Její silová charakteristika je však výhodnější, podobně jako charakteristika membránové pružiny.

Spojka s membránovou pružinou nepotřebuje vypínací páčky, jelikož membránová pružina zastane i jejich funkci. V pružině jsou radiální zářezy, které zlepšují její charakteristiky. Konce drážek musí mít vhodně provedený tvar, neboť zde, na koncích drážek, vzniká největší napětí. Spojka s membránovou pružinou je dnes nejrozšířenějším typem spojky u nákladních automobilů a autobusů.



Obr. 3.2 Řez spojkou s membránovou pružinou: 1 – hřídel motoru, 2 – setrvačnick motoru, 3 - , 4 – spojkový kotouč, 5 – vstupní hřídel převodovky, 6 – vypínací ložisko [5]

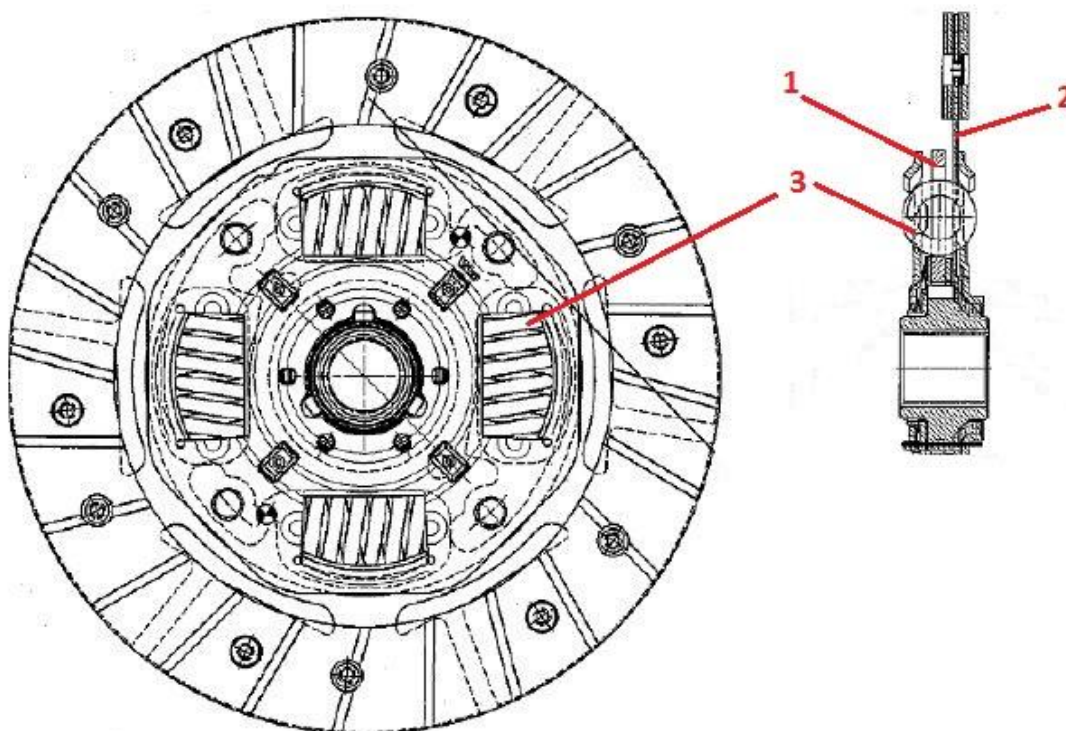
Podle způsobů vypínání membránové pružiny můžeme rozdělit spojky na spojky tlačné a spojky tažné. Tlačná spojka se vypíná stlačením membrány a tažná odtahováním membrány. Mnohem více jsou rozšířeny spojky tlačné. S tažnými spojkami se u nákladních automobilů a autobusů pravděpodobně vůbec nesetkáme.



Obr. 3.3 Spojkový kotouč a membránová pružina z autobusu Renault

U některých těžkých nákladních vozidel se můžeme setkat s dvoukotoučovou spojkou, u kterých lze použít menšího průměru kotouče.

Aby se torzní kmity, tedy chvění klikového hřídele, nepřenášelo do převodovky a ozubená kola nehlukla, bývá spojkový kotouč radiálně odpružen. Toto odpružení je provedeno radiálními pružinami (3) mezi spojkovým kotoučem a nábojem kotouče.



Obr. 3.4 Radiální odpružení spojkového kotouče: 1 – náboj, 2 - spojkový kotouč, 3 – tlumící pružina [5]

3.1.1 Spojková obložení

Třecí plochy jsou vystaveny smykovému, tahovému a obvodovému napětí. Musejí splňovat následující požadavky:



- dobrá mechanická pevnost,
- bezhlučný chod,
- odolnost proti opotřebení,
- použitelnost v širokém teplotním pásmu a tepelná odolnost,
- nízké opotřebení protilehlého třecího materiálu.

Následující vlivy určují součinitel tření obložení a opotřebování:

- materiál protilehlé třecí plochy,
- doba namáhání,
- rychlost skluzu,
- struktura materiálu obložení,
- přítlačný tlak.

Ve srovnání s brzdovým obložení jsou na spojková obložení kladeny větší požadavky. Spojková obložení rotují vysokými otáčkami na spojkovém kotouči, tudíž jsou zatížena odstředivou silou, která vede k rostoucímu napětí v obložení. Odolnost vůči prasknutí je tedy velmi důležitým kritériem při výběru a konstrukci spojkových obložení. Odolnost vůči prasknutí je závislá na více vlivech. Jsou jimi teplotní vlivy, jimž je spojkové obložení vystaveno, výrobní postup a průměr obložení.

Vysoký počet otáček vzniklý v důsledku chybného řazení, např. při podřazení na nesprávný převodový stupeň, ve spojení s maximálními teplotami musejí spojková obložení bez poškození přenést. Z tohoto důvodu musí být odolnost vůči prasknutí o stupeň bezpečnosti vyšší než maximální počet otáček, kterým je spojkové obložení vystaveno za normálních provozních podmínek.

Při výběru obložení má velký význam i hmotnost obložení, protože hmotnost obložení podstatně ovlivňuje hmotnostní moment setrvačnosti spojkového kotouče a tím i funkčnost převodovky a životnost synchronizace. Nejnovější trendy proto směřují k obložení s redukovanou hmotností. Drážkování obložení slouží k odvodu otěru z obložení, zajišťuje lepší cirkulaci proudu chladícího vzduchu a také působí proti zanášení protilehlé třecí plochy.

Převážná většina používaných obložení je vyrobena z organických látek. Do nedávna se používal jako materiál na výrobu organických obložení dvouvláknový azbest. Dnes se stále více používají a upřednostňují bezazbestové náhradní materiály, kterými jsou např. skleněná vlákna, uhlíková vlákna, minerální vlna a vlákna aromatických polyamidů. Jako nosný a plnicí materiál se používají materiály, které mají různé efekty:

- kovy, oxidy kovů a sulfidy kovů zlepšují procesy vulkanizace a tvrzení,
- kaolin, baryt, oxidy uhlíku a křemičitany obložení zpevňují,
- bavlna a pryskyřice redukují opotřebení a garantují konstantní součinitel tření,
- pryskyřice slouží jako spojovací materiál a ovlivňují součinitel tření.

Obložení můžeme rozdělit podle způsobu výroby na: lisovaná, tkaná, vinutá.

Obložení lisovaná se vyrábí smísením náhradních látek a plnicí hmoty, následně se vytvrdí ve formách za tepla a pod tlakem. Vzniklé polotovary mohou být samozřejmě dodatečně mechanicky opracovány. Výrobní postup je levný, výhodou je i stejnoměrné promísení vláken a plnicích látek a jsou také zajištěny konstantní vlastnosti obložení.

U tkaných obložení je jako základní substance využito dvouvláknových náhradních látek a z části také vláken cínu, mědi a mosazi. Materiál se spřádá do vláken a vlákna jsou tkána do sítí či mřížovitých forem. Potom společně s plnicí hmotou jsou také tyto polotovary vytvrzovány za vysokých teplot a talku. Výhodou tkaných obložení je vysoká odolnost vůči počtu otáček.



Vinutá obložení byla v minulosti vyráběna hlavně z azbestu. Azbestová vlákna byla dohromady s kovovými vlákny utkána do příze, napuštěna plnicí hmotou a spirálovitě navinuta. Hlavními výhodami tohoto výrobního způsobu byly vysoká odolnost vůči počtu otáček a nízká hmotnost obložení.

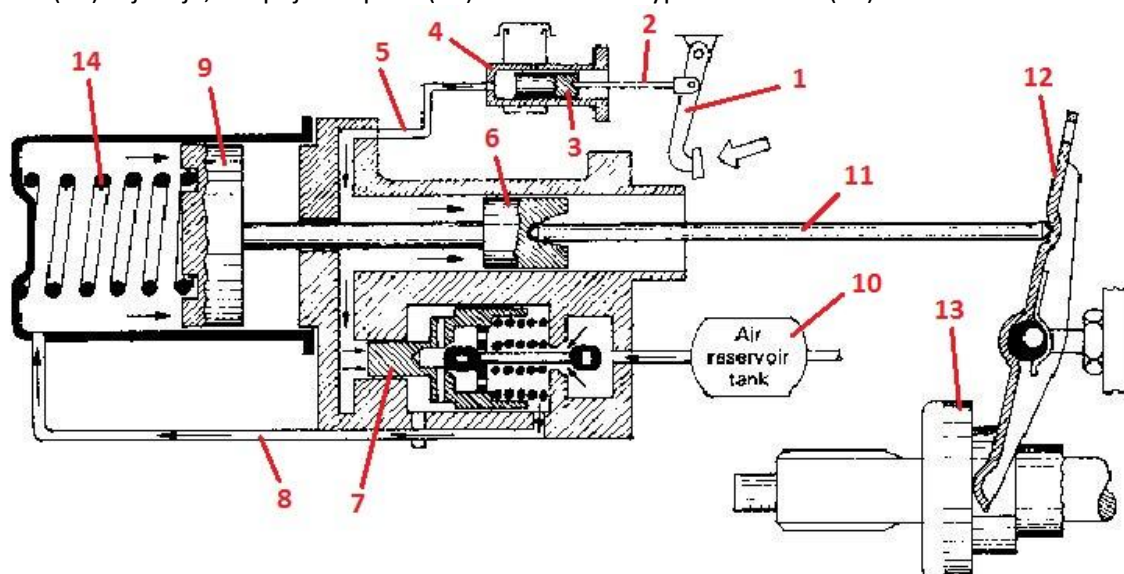
Anorganická spěkaná obložení můžeme rozlišit na obložení ze směsi ze spěkaného železa a ze spěkaného bronzu. Součinitel tření a charakteristiku obložení lze ovlivnit podílem zastoupení složky uhlíku, oxidu hliníku, křemene, magnezitu a mullitu.

Organická obložení mají zaručenou tepelnou odolnost asi do 300°C, zatímco anorganická obložení až do 600°C. Součinitel tření organických obložení se pohybuje mezi 0,26 až 0,30, zatímco u anorganických obložení dosahuje hodnoty až 0,5, což vede k podstatnému zvýšení přenosového výkonu, ale také k velkému opotřebení protilehlé třecí plochy. Spěkaná anorganická obložení mají taky poměrně velkou hmotnost, což způsobuje velký hmotnostní moment setrvačnosti spojkového kotouče.

3.1.2 Ovládací ústrojí spojky

Ovládací ústrojí spojky může být přímé, nebo nepřímé. Přímým se rozumí mechanický pákový převod. Toto řešení se dnes již nepoužívá. Je použito u starších vozidel jako je nákladní automobil Praga V3S, Škoda 706 RT a autobus Škoda RTO. Nepřímé vypínací ústrojí ovládané pedálem využívá hydraulického ústrojí, čímž je zmenšena potřebná působící síla na pedál spojky při vypínání spojky a spojka vypíná téměř současně s počínajícím sešlapováním pedálu. Pedálem je působeno na ovládací válec opatřený zásobní nádržkou. Při sešlápnutém pedálu je kapalina vytlačena z ovládacího válce a je hadicí přivedena do jednopístového pracovního válce, jehož píst ovládá vysouvací páku prostřednictvím tlačítka.

U nákladních automobilů a autobusů se k ovládání spojky využívá hydraulické ústrojí se vzduchovým posilovačem. Při sešlápnutí spojkového pedálu (1) je přiveden ojel přes hydraulický válec (4) na píst (6) a řídicí ventil (7), který přivádí vedením (8) tlakový vzduch na píst (9). Tlak vzduchu je úměrný hydraulickému tlaku. Pístnice (11) ovládá přes páku (12) vypínací ložisko (13). Pokud dojde k poruše posilovače, je spojka ovládána pouze hydraulickým ústrojím, ale je samozřejmě nutno vynaložit mnohem větší sílu na spojkový pedál. Případné opotřebení spojky je automaticky seřízeno pístem (6). Pružina (14) zajišťuje, že spojková páka (12) tlačí stále na vypínací ložisko (13).



Obr. 3.5 Hydraulické ovládání spojky se vzduchovým posilovačem: 1 – spojkový pedál, 2 – pístnice, 3 – píst, 4 – válec, 5 – hydraulické vedení, 6 – píst, 7 – řídicí ventil, 8 – vzduchové vedení, 9 – píst vzduchového válce, 10 – vzduchojem, 11 – pístnice, 12 – páka, 13 – vypínací ložisko, 14 – pružina [4]



Hydraulické vypínání spojky oproti mechanickému ovládní spojky má výhody souvisící především s komfortem. Ovládací síly jsou přenášeny na vypínací páku přes válec s dávkovacím zařízením. Obrovskou výhodou hydraulického systému je možnost překlenutí velkých vzdáleností mezi ovládním a vypínáním, což je nepostradatelné u dnešních autobusů, které mají motor umístěný až vzadu. Také nejsou na vypínací systém přenášeny kmity mezi podvozkem a hnacím ústrojím. Dalšími výhodami hydraulického ovládní spojky jsou dobrá účinnost, absence ztrát způsobených vůlemi a také minimální údržba.

Vypínací páčky třecí spojky popřípadě přímo membránová pružina jsou ovládný vypínacím ložiskem. Ve starších automobilech se můžeme setkat s grafitovými kroužky, ale dnes se používají pouze vypínací objímky s kuličkovým ložiskem.



4 Převodovky

Převodovka je mechanismus, který slouží ke změně přenášeného točivého momentu, zpravidla k jeho zvětšení. Slouží také ke změně smyslu přenášeného točivého momentu, což nazýváme zpětným chodem, čímž je umožněno couvání vozidla. V neposlední řadě je převodovka využívána k dlouhodobému přerušení přenášeného točivého momentu. Toto vše nám umožňují převody, ústrojí, která plynule nebo stupňovitě umožňují změnu rychlostního poměru.

Stupňové převodovky mohou být buďto převodovky s ozubenými čelními koly nebo převodovky s ozubenými planetovými koly. Jednotlivé rychlostní stupně se řadí ručně. Při změně jednotlivých rychlostních stupňů musí dojít k vypnutí spojky a následkem toho dojde k přerušení přenosu hnacího momentu. To je ohromná nevýhoda při jízdě ve stoupání, hlavně u těžších vozidel, jimiž jsou nákladní automobily a autobusy.

Plynulé převodovky umožňují plynulou změnu točivého momentu automaticky. Nejvíce využívanými jsou samočinné převodovky s hydrodynamickým měničem a lamelové spojky umožňují řazení bez přerušení přenosu hnacího momentu. Řazení převodových stupňů tedy skoro odpadá.

Nejdůležitějším úkolem převodovky je umožnit změnu převodu mezi motorem a hnacími koly vozidla tak, aby byl motor stále v optimálně vysokých otáčkách, při kterých má nejvyšší výkon, a to bez ohledu na rychlost jízdy vozidla. Výkon motoru je navrhován tak, aby vozidlo překonávalo při jízdě po rovině odpor valení, odpor vzduchu a ztráty v poháněcím ústrojí bez převodu v převodovce, tomuto říkáme přímý záběr, a při vysokých otáčkách bylo dosaženo nejvyšší rychlosti vozidla. Pokud se vozidlo pohybuje do stoupání, musí motor navíc krom valení, odporu vzduchu a ztrát překonávat tíhovou složku vozidla a nákladu. Motor nesmí být přetěžován, proto se musí snížit otáčky a výkon motoru klesá a nevládá překonávat všechny odpory, kterým je vystaven. Z těchto důvodů se musí v převodovce zařadit nižší rychlostní stupeň, tím se dosáhne opět vysokých otáček a taktéž plného výkonu motoru, kterým lze snáze překonávat zvýšení jízdní odpory.

Převodovka také plní spoustu dalších funkcí. Například zařazením zpětného chodu musí umožnit couvání vozidla. Při jízdě ze svahu může být převodovka využita k brzdění vozidla motorem. Brzdění motorem se provádí tak, že sjíždíme ze svahu při zařazeném stejném převodovém stupni, který bychom měli zařazený, pokud bychom svah vyjížděli. Převodovka také musí umožnit volný chod motoru, když vozidlo stojí a spojka je sepnutá. Při zařazeném chodu naprázdno, tzv. vyřazení, jsou všechna soukolí převodovky nastavena tak, aby hnací hřídel byl odpojen od hřídele hnaného a točivý moment nebyl přenášen. Nižší rychlostní stupeň zajišťuje pružnější jízdu, kterou oceníme například ve městě. Při nižším rychlostním stupni vozidlo disponuje větší akcelerací, snadněji předjíždí a je pohotovější při projíždění křižovatkami.

4.1 Stupňové převodovky

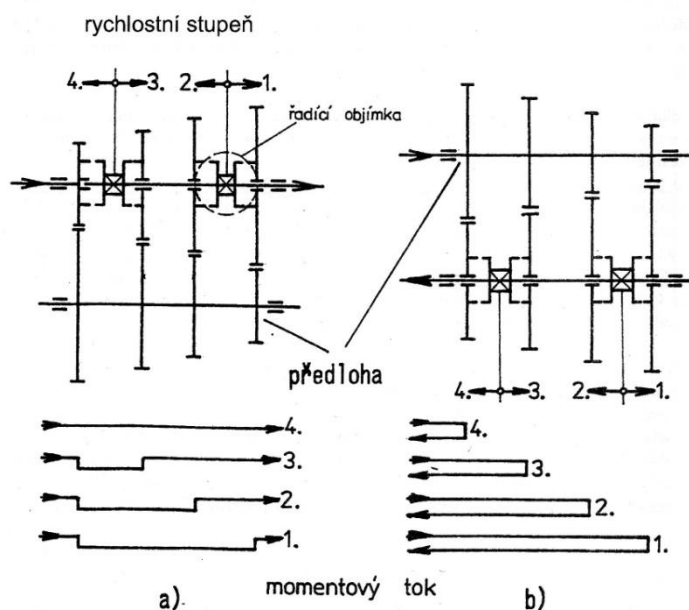
4.1.1 Typy stupňových převodovek

Vzhledem ke své jednoduchosti se u ručně řazených převodovek prosadily převodovky s předlohovým hřídelem. Mohou být dvouhřídelové tzv. neaxiální a nebo tříhřídelové tzv. koaxiální. U tříhřídelové převodovky má vstupní a výstupní hřídel společnou osu otáčení.

U dvouhřídelových převodovek je moment přenášen pro všechny rychlostní stupně vždy jen jedním párem ozubených kol. Díky tomu je účinnost takovéto převodovky velmi dobrá. Dvouhřídelová převodovka se nejčastěji používá u vozidel, které mají tzv. blokovou konstrukci, tedy motor u hnací nápravy. S touto konstrukcí se u nákladních automobilů a autobusů téměř nesetkáme.



Nejčastěji jsou nákladní vozidla vybavena tříhřídelovými převodovkami. U těchto převodovek se točivý moment přenáší malým ozubeným kolem, které je ve stálém záběru s největším kolem předlohového hřídele. Na předlohovém hřídeli je právě tolik ozubených kol, kolik je rychlostních stupňů a to i včetně zpětného převodu. Každé kolo na předlohovém hřídeli je v neustálém záběru s příslušným kolem na výstupním hřídeli. Tříhřídelová převodovka umožňuje tzv. přímý záběr. To je, když moment vstupující do převodovky od motoru hnacím hřídelem je přenesen zubovou spojkou na souosý, výstupní hřídel převodovky. Předlohový hřídel se v tento moment také otáčí, ale nepřenáší žádný moment. Při všech rychlostech jsou v záběru dva páry ozubených kol, jen při přímém záběru přenáší převodovka moment bez využití ozubených kol. Tato převodovka se používá, pokud je motor, převodovka a poháněná náprava v řadě za sebou. Setkáme se s nimi u většiny nákladních automobilů a autobusů s manuálně řazenou převodovkou.



Obr. 4.1 Druhy stupňových převodovek: a) tříhřídelová, b) dvouhřídelová [1]

U autobusů, ale hlavně u nákladních automobilů se používá široká škála převodovek. Převodovky jsou konstrukčně uzpůsobeny podle účelu vozidla a podle požadovaného výkonu. Můžeme se setkat v různých vozidlech s různým počtem rychlostních stupňů, od 4 až třeba po 18 rychlostních stupňů. Jednoskupinové převodovky mají od 4 do 7 převodových stupňů. Pro více rychlostních stupňů se využívají tzv. víceskupinové převodovky, dvouskupinové či třískupinové.

4.1.1.1 Skupinové převodovky

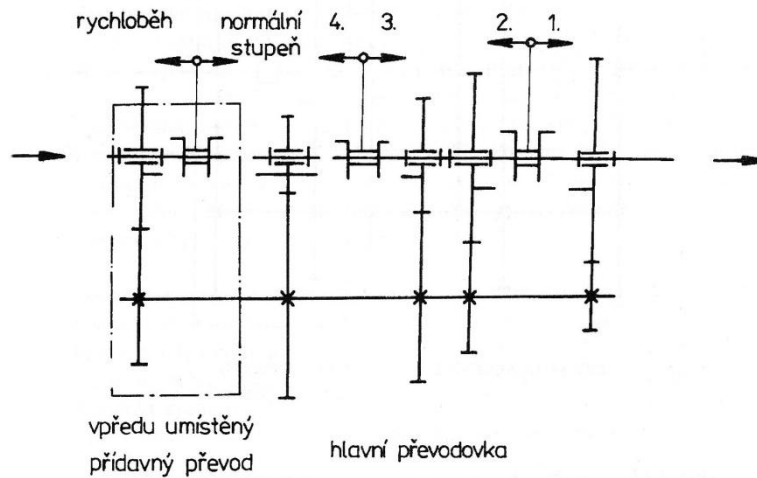
Stupňové převodovky můžeme rozdělit na jednoskupinové a víceskupinové.

Jednoskupinové převodovky disponují jedním vlastním párem ozubených kol pro každý převodový stupeň. Změna rychlostního stupně probíhá tak, že je uvolněna jedna řadící spojka a druhá je zapojena. Používají se u osobních automobilů, nákladních automobilů a autobusů většinou do 7 rychlostních stupňů. Výhodami jsou lehké řazení a volná volba převodů. Nevýhodami jsou množství ozubených kol a řadících prvků a s tím spojené konstrukční náklady.

Vícestupňové převodovky jsou složeny z více jednoskupinových převodovek, jejichž převody jsou navzájem různě kombinovány. Několik párů ozubených kol a řadících prvků je využíváno ve více rychlostních stupních. Výhodou tohoto systému je, že získáme větším množstvím rychlostních stupňů a nemusíme navyšovat počet párů ozubených kol a řadících prvků.



Dvoustupňové převodovky mají před nebo za hlavní převodovkou další řaditelný převod, který zdvojnásobuje počet rychlostních stupňů hlavní převodovky.

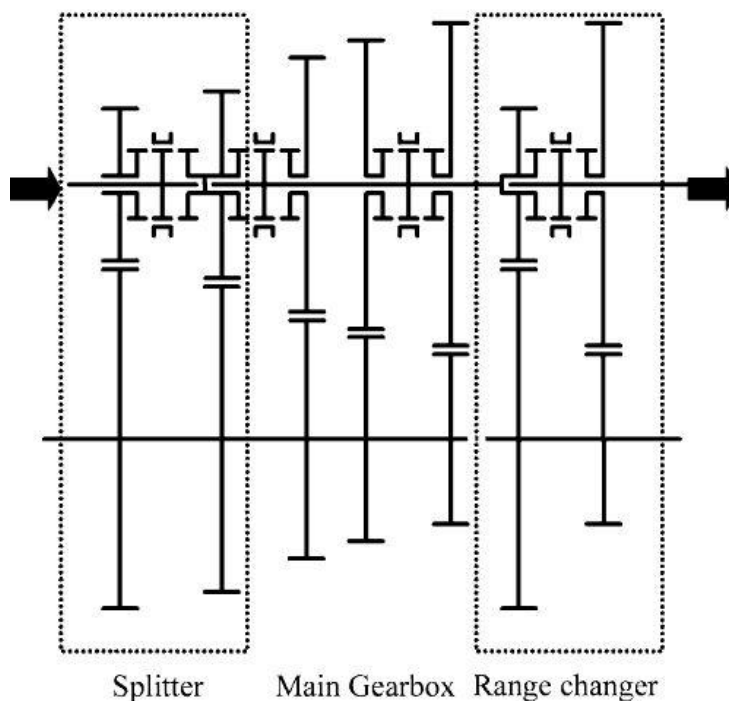


Obr. 4.2 Dvoustupňová převodovka s předním přídavným převodem [1]

Většinou je převod předřazené skupiny volen tak, že půlí převody hlavní převodovky. Jednoduchá konstrukce a malý převod přídavné skupiny jsou výhodou toho systému. Předřazenou převodovku není nutno používat, pokud není vůz plně naložen, čímž se šetří práce při řazení. Na druhou stranu nevýhodou je častější změna skupin, velké převody a nezbytné geometrické odstupňování hlavní převodovky, aby byly odstraněny nerovnoměrné rychlostní skoky.

Třístupňové převodovky mají přídavný převod vpředu i vzadu. Využívají se tam, kde je potřeba k provozu vozidla více než 10 rychlostních stupňů. Každý přídavný převod zdvojnásobuje počet rychlostních stupňů. Pokud máme tedy např. čtyřstupňovou hlavní převodovku a přídavná převod vzadu i vředu, dostaneme 16 převodových stupňů.

Předřazená skupina se označuje splitter z anglického slova *split*, což znamená dělit, či půlit. Zadní skupina se nazývá měnič řady, anglicky *range changer*.



Obr. 4.3 Schéma šestnácti rychlostní převodovky těžkého nákladního automobilu: Dvoustupňový splitter, čtyřstupňová základní převodovka a dvoustupňový měnič řady [5]

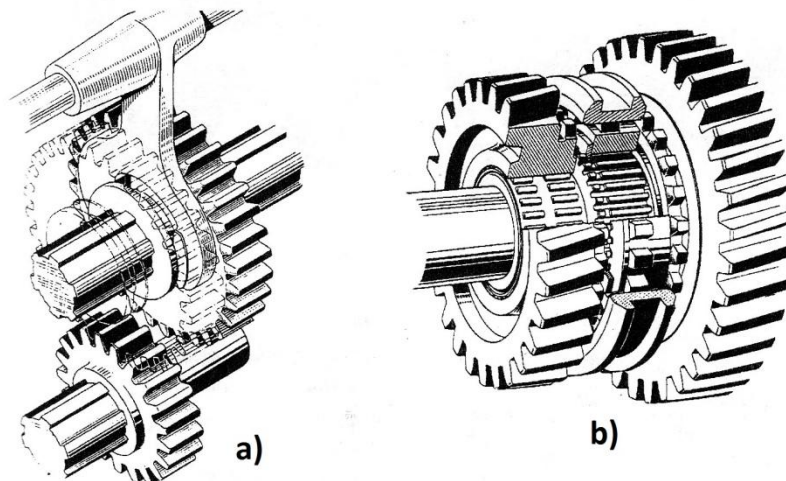
4.1.2 Řadící a zajišťovací zařízení

Zařazení potřebného rychlostního stupně a nastavení zbývajících do neutrální polohy, nebo nastavení všech do neutrální polohy u stojícího vozidla s motorem v chodu zajišťuje řadící zařízení.

Aby se ozubení nepoškozovalo a netrpělo rázy, je nezbytné, aby bylo dosaženo plynulého záběru při řazení rychlostních stupňů. Pokud chceme dosáhnout bezhlučného zařazení, musí obvodové rychlosti u spojovaných součástí být stejné.

Bezhluché zařazení jde nejobtížněji u posuvných ozubených kol, u nich jsou rozdíly v obvodových rychlostech velké. Nutno ale říci, že posuvná kola jsou nejstarším a nejjednodušším způsobem řazení ozubených kol. Dnes se již téměř nepoužívají s výjimkou zpětného chodu a někdy i pro 1. Rychlostní stupeň. Jedno kolo z dvojice je vždy pevné a druhé posuvné.

Nyní se používají zubové spojky. Pomocí nich se dosahuje snadnějšího řazení bez rázů v soukolí. Kolo, které se spojuje se spojkou, se může na hřídeli volně otáčet. Zubová spojka je na drážkovém hřídeli uložena posuvně. Spojka má vnitřní ozubení, které se zasune do vnějšího ozubení, které je na náboji kola. Jelikož ozubení spojky má poměrně malý průměr, tak obvodové rychlosti na obou součástech se vyrovnají mnohem snadněji.



Obr. 4.4 Řadící zařízení: a) řazení posuvným kolem, b) řazení zubovou spojkou [1]

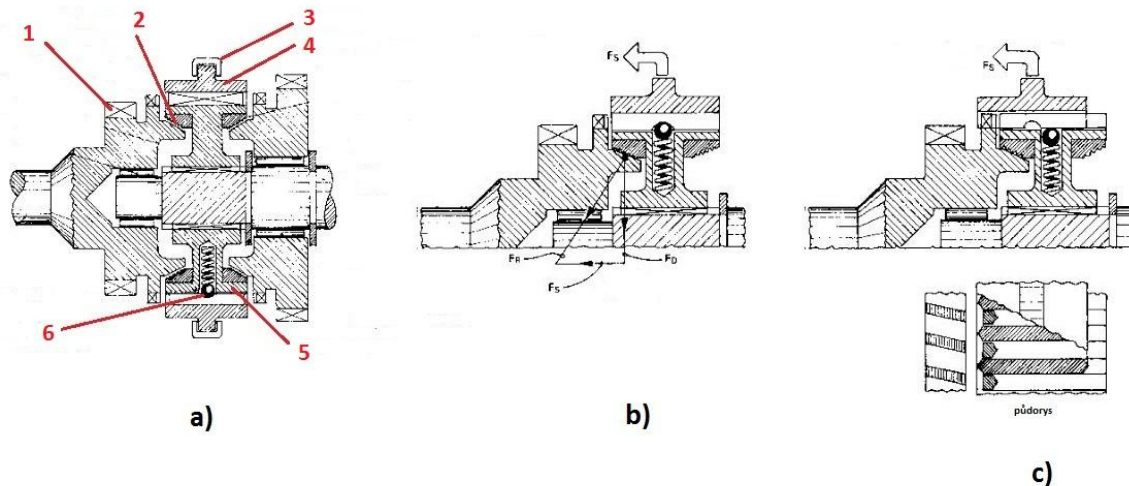
4.1.2.1 Synchronizace převodů

K vyrovnání rozdílů mezi obvodovými rychlostmi hnacího a hnaného ozubeného kola před jejich spojením slouží synchronizační zařízení. K vyrovnání rychlostí, tedy synchronizaci, dojde na základě tření kuželových ploch mezi ozubeným kolem a synchronizační spojkou.

Díky synchronizaci je řazení bezhlučné a rychlé. Dnešní převodovky mají synchronizovány všechny rychlostní stupně kromě zpětného chodu. U synchronizovaných převodovek jsou také všechna ozubená kola, až na zpětný chod, ve stálém záběru, díky čemuž nedochází k rázům. A díky šikmému ozubení je jejich chod tichý.

Normální, jednoduchá, synchronizace s pružně omezenou přitlačnou silou funguje následovně. Náboj řadící objímky je spojen s řadící objímkou prostřednictvím několika pružně zatížených kuliček. Kuličky jsou uloženy v obvodové drážce a vlivem pružné přitlačné síly zabráňují samovolnému posuvu řadící objímky. Při zařazení posunuje řadící vidlice řadící objímku k ozubenému kolu. Brzdový kužel spojený s řadící objímkou je tlačěn na třecí kužel spojkového tělesa. Vzniklým třením se vyrovnají otáčky. Doba řazení je závislá na přitlačné pružné síle. Velké přitlačná síla umožňuje krátké přestávky při řazení, malá pružná síla potřebuje delší přestávky [1]. Právě kvůli přestávkám nutným při řazení, kdyby nebyly dodrženy, tak se obvodové rychlosti nevyrovnaly, bylo od toho to systému upuštěno, respektive byla vymyšlena tzv. zajištěná nebo také cloněná synchronizace, u které není dovoleno zařadit dříve, než je vyrovnání obvodových rychlostí, tedy synchronizace, dokončena.

$$F_R = \sqrt{F_S^2 + F_D^2}$$



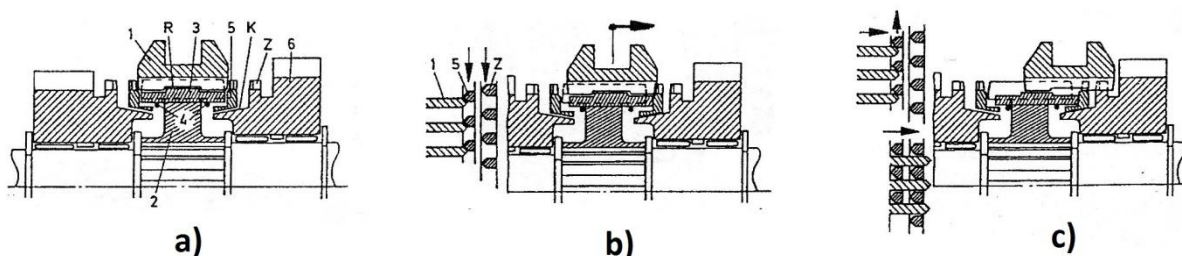
Obr. 4.5 Synchronizační spojka s pružně omezenou silou: 1 – ozubené kolo, 2 – brzdný kužel, 3 – řadící vidlice, 4 – řadící objímka, 5 – náboj řadící objímky, 6 – kulička a pružinka; a) volná poloha, b) synchronizace, c) zařazení převodového stupně [4]

Cloněná synchronizace funguje na stejném principu jako synchronizace jednoduchá. Je však navíc vybavena tzv. clonícím kroužkem. Ten zamezí zasunutí řadící objímky do unášeného ozubeného kola před vyrovnáním jejich obvodových rychlostí. Tento systém umožňuje tišší a rychlejší řazení.

Na synchronizačním tělese (2) je axiálně posuvná řadící objímka (1). Ta je při řazení posouvána ve směru unášečích ozubení (Z) na ozubeném kole (6). Přitom se zároveň posouvají tři jistící tělíska (3), která jsou pružnými jistícími kroužky (4) tlačena do prstencové drážky (R) v řadící objímce (1). Čelní plochy jistících tělísek přitlačují clonící kroužek (5) na třecí kužel (K) ozubeného kola (6). Otáčkovým rozdílem mezi převodovým kolem (6) a synchronizačním tělesem (2) vzniká brzdný moment, který vyvolává natočení do drážky (10) ve clonícím kroužku (5) [1]. Obr. 4.6

Tímto natočením jsou zešikmené zuby na clonícím kroužku (5) tlačeny do zešikmených zubů v řadící objímce (1) a další posuv je nemožný. Clonící (jistící) zařízení je uvedeno do činnosti [1]. Obr. 4.6

Třením mezi clonícím kroužkem (5) a třecím kuželem (K) se docílí vyrovnání otáček mezi synchronizačním tělesem (2) a převodovým kolem (6). Řídicí objímku (1) lze dále posunout a clonící kroužek (5) se natočí zpět do střední polohy a dojde k zasunutí vnitřního ozubení řadící objímky (1) do unášečích ozubení (Z) [1]. Obr. 4.6



Obr. 4.6 Jištěná synchronizace se clonícím kroužkem: 1 – řadící objímka, 2 – synchronizační těleso, 3 – jistící tělíska, 4 – pružné jistící kroužky, 5 – clonící kroužek, 6 – ozubené kolo, K – třecí kužel, Z – unášeč ozubení, R – prstencová drážka; a) volná poloha, b) synchronizace, c) zařazení převodového stupně [1]

Synchronizací je z konstrukčního hlediska mnoho druhů. Jako například: dvoukuželová synchronizace, lamelová synchronizace, pákové zesílená synchronizace anebo synchronizace s blokujícím čepem.



4.1.2.2 Zajišťovací zařízení

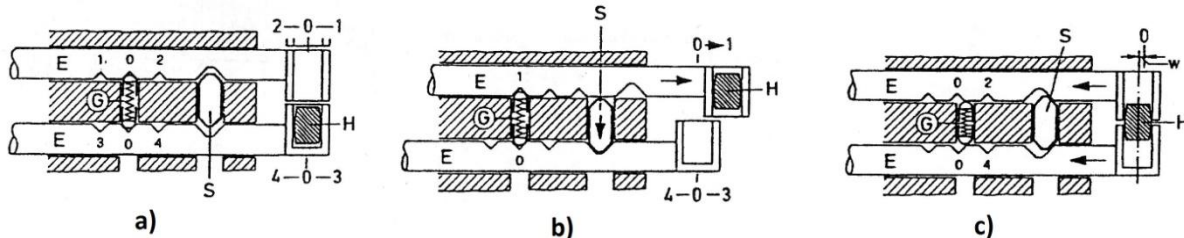
Aby nedošlo k samovolnému zařazení rychlostního stupně, nebo naopak aby nedošlo k jeho samovolnému vysunutí, je převodovka vybavena zajišťovacím zařízením. Také nám zabraňuje zařadit dva rychlostní stupně současně, protože pokud by se toto stalo, došlo by k poškození převodovky.

Pro názornost vedme příklad jen pro čtyřstupňovou převodovku.

Obr. 4.7 a) Obě řadící tyče jsou udržovány v poloze běhu naprázdno jisticím zařízením (G). Zámek (S), který nám nedovoluje zařazení současně dvou rychlostních stupňů, není v činnosti. Řadící páka (H) je zasunuta v řadící tyči pro III. a IV. rychlostní stupeň. To je typické pro běh naprázdno u čtyřstupňových převodovek.

Obr. 4.7 b) Je zařazen I. rychlostní stupeň. Zámek (S) znemožní pohyb řadící tyči (E) pro III. a IV. stupeň. Funguje to tedy tak, že díky zámku (S), může být z polohy pro běh naprázdno vysunuta jen jedna řadící tyč a druhá je zablokována.

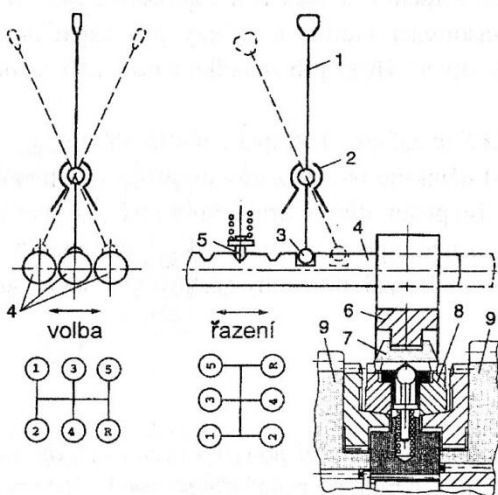
Obr. 4.7 c) Pokus o nesprávné zařazení. Obě řadící tyče jsou současně uvedeny do pohybu. Ovšem pohyb je po velmi krátké dráze (w) zablokován zámek (S). Je tedy znemožněno dořazení a tím i poškození převodovky.



Obr. 4.7 Zajišťovací zařízení pro čtyřstupňovou převodovku: E – řadící tyče, G – zajištění polohy posuvných kol nebo posouvacích objímek synchronizačních spojek, S – zámek pro pojištění proti současnému zařazení dvou rychlostních stupňů [1]

4.1.2.3 Řadící ústrojí

Zařazení rychlostního stupně můžeme rozdělit na dva pohyby. Je to pohyb volící a pohyb řadící. Pohybem volícím je vybrána řadící tyč, respektive řadící objímka, která má být řazena. Řadícím pohybem je uvedeno ozubené kolo do záběru.



Obr. 4.8 Přímé řazení pětistupňové převodovky třemi řadícími tyčemi: 1 – řadící páka, 2 – kulový kloub, 3 – řadící palec, 4 – řadící tyč, 5 – aretace, 6 – řadící vidlice, 7 – řadící objímka, 8 – synchronizace, 9 – volně uložené ozubené kolo [1]

Na *obr. 4.8* je znázorněn příklad pro synchronizovanou převodovku s přímým řazením pomocí tří řadících tyčí. Volba rychlostního stupně a převod ruční silou se děje řadící pákou (1) a kulovým kloubem (2). Řadící palec (3) zasahuje do drážek v jednotlivých řadících tyčích (4). Podélným pohybem řadící páky se axiálně posouvá řadící tyč a tím se řadí rychlostní stupeň [1].

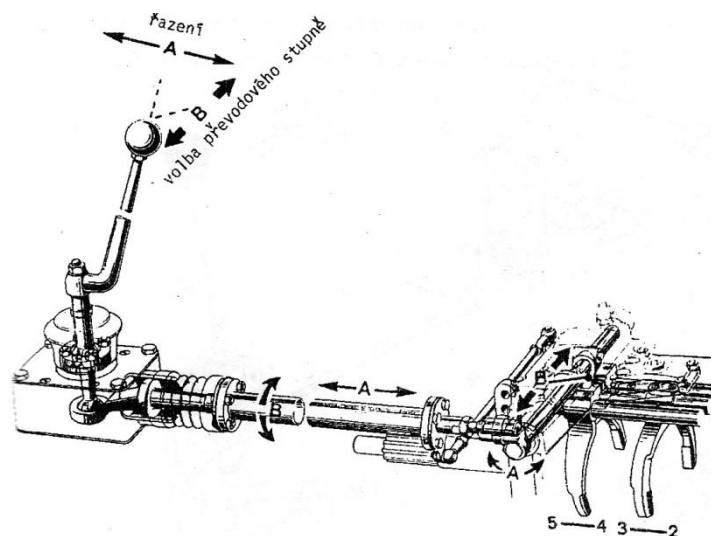
Řadící vidlice (6) je spojena s řadící objímkou (7). Řadící tyč má tři polohy řazení, protože každá řadící vidlice má možnost řadit dvě proti sobě uložené

ozubená kola. Polohy jsou tedy dvě koncové a jedna střední. Tyto polohy jsou zajištěny aretací (5).



Řazení můžeme rozdělit na přímé a nepřímé. Přímé řazení je prováděno přímo silou řidiče. Nepřímé řazení spočívá v tom, že řidič dá impuls a samotné řazení provede zvláštní řadící ústrojí např. elektronické.

Ideální případ je, když je řadící páka uložena přímo ve víku převodovky. Řadící tyče jsou uloženy ve skříni nebo také ve víku převodovky. S tímto provedením se ale u nákladních automobilů či autobusů neseznamujeme. Je nemožné, aby řadící páka byla uložena ve víku, protože u nákladních automobilů je převodová skříň umístěna až za kabinou a u autobusů až za zadní nápravou vozidla. V takovém případě musí být nějakým způsobem řadící páka s řadícím palcem propojena. Pro dlouhé vzdálenosti jako právě u autobusů, kdy je převodovka až vzadu, se využívají táhla a otočné spojovací hřídele. Ty mohou být dlouhé podle potřeby. U nákladních vozidel, kde vzdálenost mezi řadící pákou a převodovkou není tak velké jako u autobusů, lze využít, stejně jako u osobních automobilů, lankového ovládání. Jsou použita dvě lanka, jednou slouží ke zvolení rychlostního stupně a druhé k jeho zařazení.



Obr. 4.9 Dálkové mechanické ovládání převodovky pomocí otočného hřídele [1]

U těžkých vozidel je velké pravděpodobnost, že se setkáme s pneumatickými posilovači řazení. Bývají umístěny na skříni převodovky.

4.1.2.4 Valivá ložiska pro převodovky

Nejrozšířenějšími ložisky v automobilových převodovkách jsou valivá ložiska. Jen ojediněle se můžeme setkat s klznými ložisky nebo volným uložením ozubených kol.

Radiální kuličková ložiska jsou velice univerzální. Jejich výhodami jsou neveliký nárok na mazání, poměrně malá konstrukční šířka v axiálním směru, jednoduchá montáž bez potřeby následného seřizování. Tato ložiska však mají i velké množství nevýhod, kterými jsou např. pro větší zatížení dosti velký vnější průměr, senzitivita na znečištěný mazací prostředek a také nemožnost roztíratelnosti při montáži. Právě ona senzitivita na znečištěný mazací prostředek či převodový olej je největším



negativem u toho typu ložisek. Určitého zlepšení se dosáhlo použitím krycího víčka ložiska a umístěním magnetického šroubu do převodovky. Výraznější zlepšení však přišlo s utěsněnými kuličkovými ložisky. Ložiska jsou kryta buďto plechy a označují se Z nebo 2Z, nebo pryží a označují se RS. Ložiska s krycími plechy nebo těsněním po obou stranách jsou dodávána s náplní maziva, která postačuje na celou dobu trvanlivosti, a nevyžadují domazávání.

Válečková a jehlová. Jejich výhodami jsou vysoká radiální únosnost, při vhodném provedení také axiální zatížitelnost, možnost použití bez vnitřního kroužku a také jednoduchá montáž, protože tato ložiska jsou rozebíratelná.

Stále častěji se v převodovkách používají kuželíková ložiska. Jejich výhodami je, že mají malou výšku v příčném řezu, vysokou únosnost jak v radiálním, tak i v axiálním směru, mají jednoduché upevnění na skříně i na hřídeli, příznivý poměr nosnost/cena a také, že vnitřní kroužek se sadou kuželíků lze montovat odděleně. Nevýhodami těchto ložisek jsou: citlivost na znečištění mazadla, nutnost nastavení vůle při montáži, vliv různé tepelné vodivosti hřídele a skříně na provozní vůli ložisek a také citlivost na šikmé uložení a průhyb hřídele. Všechny tyto vyjmenované nevýhody můžeme do jisté míry snížit vhodnými opatřeními montáží a dimenzováním.

V případě kdy máme velká zatížení a stísněný radiální konstrukční prostor může být použito dvouřadých valivých ložisek.

Firmy jako SKF, TAG či TIMKEN nabízejí obsáhlý sortiment vysoce kvalitních převodkových ložisek a dodávají ložiska pro výrobce nákladních vozidel jako Mercedes, Volvo, Scania, Man a Iveco.



Obr. 4.10 Kuželíkové ložisko firmy TIMKEN

4.2 Planetové převodovky

Od konstrukcí planetových převodovek se téměř upustilo, protože tento druh převodovek je při větším počtu převodových stupňů velice složitý. Nejsou tedy v moc velké míře využívány u nákladních automobilů ani u autobusů. Podstatné však je, že planetová soukolí se u nákladních vozidel a autobusů využívají jako soukolí diferenciálů v rozvodkách, jako redukce uložená v kolech hnacích náprav a také jako přídatné převodovky.

4.3 Samočinné hydromechanické převodovky

Samočinné převodovky výrazně zlehčují obsluhu vozidla. Jednotlivé rychlosti stupně jsou řazeny automaticky. Je však nezbytné, aby řidič mohl během jízdy do řazení zasáhnout. Například když je při předjíždění potřeba zařadit rychle nevhodnější rychlostní stupeň, nebo při prudkém klesání může být potřeba zařadit nižší rychlostní stupeň, aby bylo dosaženo lepšího brzdění motorem. Na automatické převodovky jsou kladeny i mnohé další nároky, kterými jsou např.: plynulý rozjezd vozidla, plynulé řazení převodových stupňů, při běhu naprázdno se nesmí vozidlo samovolně pohybovat, vozidlo musí jít nastartovat jen při neutrálu a také při sešlápnutí plynového pedálu a tudíž plnému otevření škrticí klapky karburátoru musí být zařazen nižší převodový stupeň kvůli lepší akceleraci.



Zjednodušeně můžeme říci, že samočinné hydromechanické převodovky se skládají z následujících částí: hydrodynamický měnič točivého momentu, planetového soukolí, řadicích prvků, kontrolního systému a pracovní kapaliny.

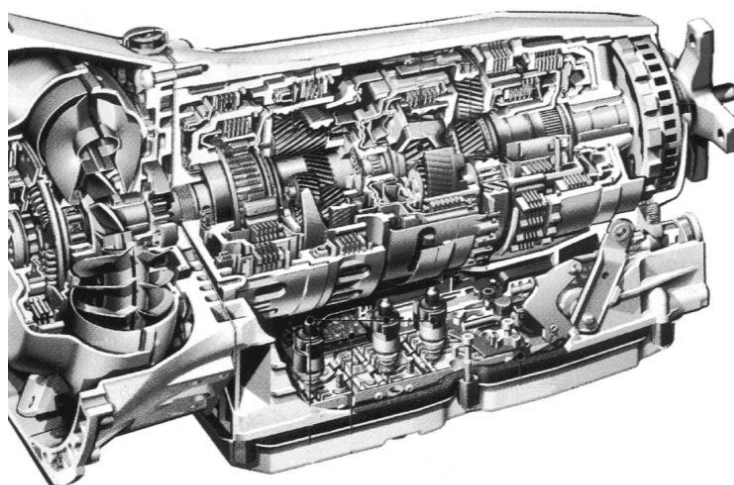
Řidič může do řazení zasáhnout buďto prostřednictvím volící páky, nebo volících tlačítek. Řazení pak probíhá samočinně na základě předem zvoleného provozního režimu jízdy.

Nejčastějšími polohami volící páky či tlačítek jsou: R – reserve neboli zpětný chod, N – neutrál neboli chod naprázdno a poloha pro spouštění motoru, D – drive pro normální jízdu. Potom ještě mohou být polohy: P - parkování, L – low pro jízdu do stoupání, 1 – pouze pro 1. Rychlostní stupeň, 2 – pouze pro 1. a 2. Rychlostní stupeň, 3 – pouze 1. až 3. Rychlostní stupeň.



Obr. 4.11 Volící tlačítka automatické převodovky: Vlevo volící tlačítka automatické převodovky autobusu TEDOM C12 G, vpravo tlačítka automatické převodovky autobusu SOR NB 12 CITY

Řidič také může mít možnost volit mezi několika jízdními, respektive řadicími programy. Obvykle bývají dva nebo tři. Například u automatické převodovky Powertronic ve vozidlech VOLVO může řidič zvolit program „Economy“, který optimalizuje spotřebu paliva. K řazení tedy dochází v těch nejehospodárnějších otáčkách. Druhým programem je „Performance“, ten se používá, pokud je požadován vysoký výkon motoru, k řazení dochází ve vysokých otáčkách.



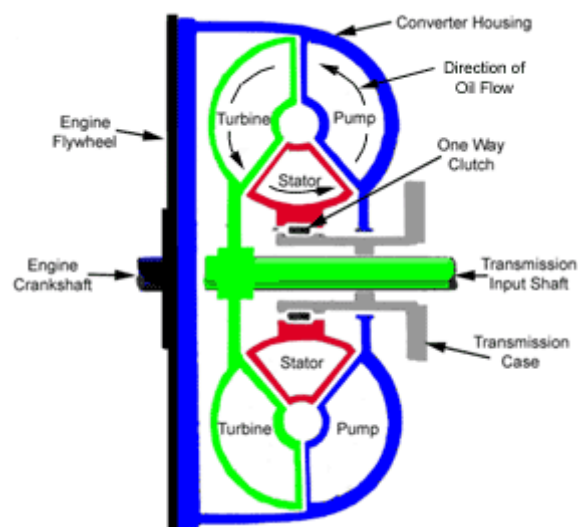
Obr. 4.12 Řez automatickou převodovkou klasické konstrukce



4.3.1 Hydrodynamické měniče točivého momentu

Účelem hydrodynamické spojky není moment zvětšit, ale pouze jej přenést. Hydrodynamický měnič se skládá z lopatkových věnců turbíny a čerpadla a třetím lopatkovým věncem je tzv. reakční člen, nebo také rozvaděč či stator. Tento rozvaděč je napevno spojen se skříňí měniče. Proud oleje směřuje od čerpadla do turbíny, z turbíny do rozvaděče a z něho zpět do čerpadla. Pro takovéto uspořádání je typické, že proudové poměry, které jsou na čerpadlovém kole, jsou téměř nezávislé na proudou v turbínovém výstupu, který se přesto mění vlivem odlišných výstupních otáček. To je způsobeno právě tím, že rozvaděč je pevný a uspořádaně přivádí proud opět na čerpadlové kolo. Čerpadlo se spojuje s klikovým hřídel, pokud je tedy přidán plyn, čerpadlo se roztočí a nažene olej na turbínu, která je napojena na vstupní hřídel převodovky, a roztočí ji.

Pokud se čerpadlo otáčí rychleji jak turbína, měnič přenáší větší momenty. Při vyšších otáčkách má však hydraulický měnič horší účinnost. Z toho důvodu bývá stator uložen na volnoběžce. Ve chvíli kdy otáčky čerpadla a turbíny jsou téměř vyrovnané, volnoběžka se uvolní a hydrodynamický měnič, se začne chovat jako hydrodynamická spojka, která sice neumí převádět větší momenty, ale při vyšších otáčkách má lepší účinnost.



Obr. 4.13 Schéma hydraulického měniče

4.3.2 Planetová soukolí automatických převodovek

Jednoduché planetové soukolí není dostačující k dosažení potřebných převodových poměrů. U osobních automobilů, kde postačují tři, respektive čtyři dopředné rychlostní stupně se využívá dvou, respektive tří planetových soukolí. U nákladních automobilů či autobusů jen čtyři rychlostní stupně nepostačují, vyžadujeme jich šest či osm. V takovém případě jsou potřeba čtyři planetová soukolí.



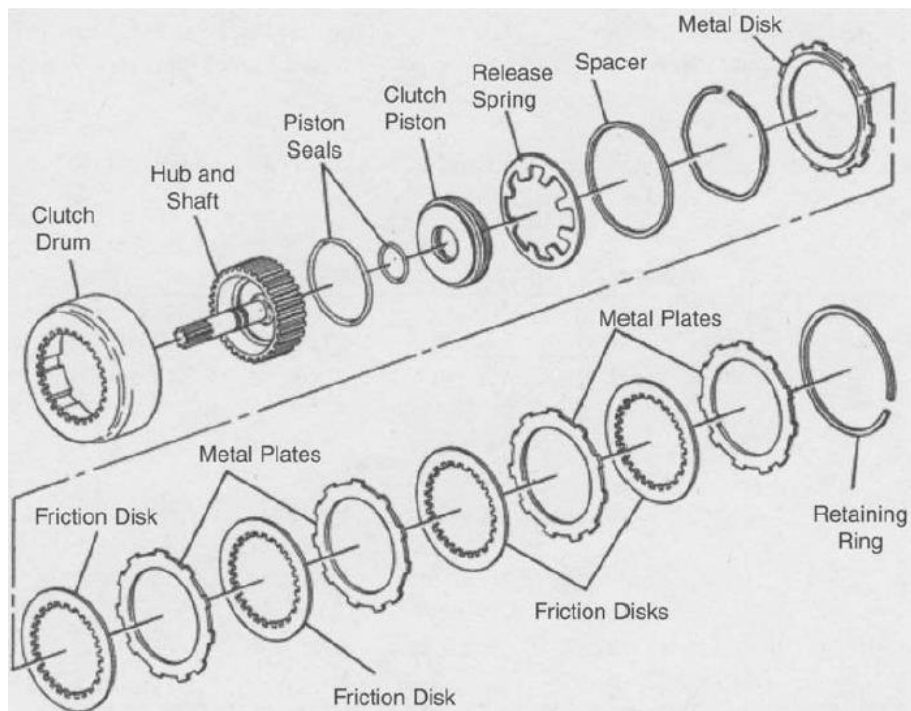
Obr. 4.14 Čtyři planetová soukolí automatické převodovky ZF 8-speed automatic transmission

Součástí takového planetového soukolí je centrální kolo, satelity a korunové kolo. Pomocí pásových brzd, volnoběžek a lamelových spojek jsou různým kolům ubírány stupně volnosti, tedy jsou blokovány, točí se jen některá ozubená kola. Tím je dosaženo přenesení momentu v požadovaném poměru. Systém blokování a zajišťování ozubených kol je specifický pro každou automatickou převodovku.

4.3.3 Řadící prvky automatických převodovek

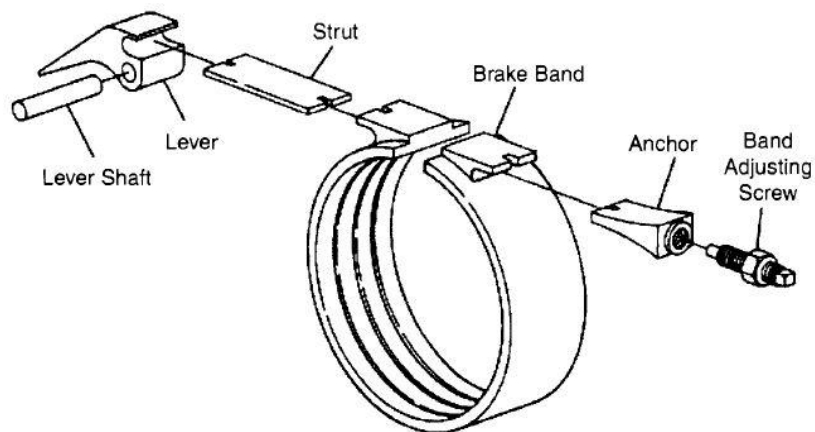
Po hydromechanických převodovkách je vyžadováno, aby řadili pod zatížením. K přeřazení převodových stupňů dochází skokovou změnou nýbrž plynule. To znamená, že převodové stupně se musí vzájemně překrývat, tedy jeden řadící člen je stále v činnosti a druhý už začal řadit. Využívá se prokluzu třecích řadících elementů. Třemi nejběžněji využívanými prostředky jsou lamelové spojky, pásové brzdy a volnoběžky.

Lamelová spojka *obr. 4.15* slouží k uzamčení planetárních prvků na vstupním nebo výstupním hřídeli, nebo k zafixování prvku tak, aby zůstal stacionární. Může být také použita zajištění dvou prvků dohromady, což má za následek přímý pohon. Lamelová spojka je hydraulicky ovládána prostřednictvím oleje působícího na píst. Zpětný pohyb je pak realizován vratnou, vinutou pružinou.



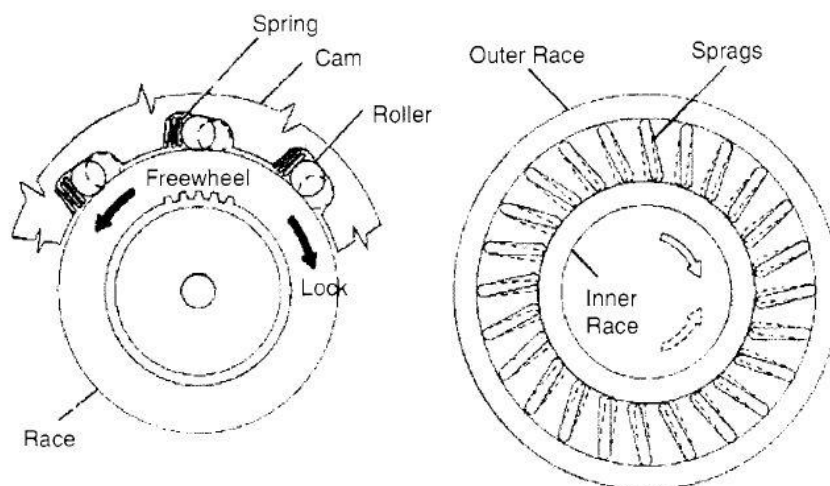
Obr. 4.15 Schematické zobrazení lamelové spojky [2]

Pásová brzda *obr. 4.16* slouží k zabrzdění elementů planetového soukolí, většinou však centrálních kol. Pásová brzda je také hydraulicky ovládaná, provedení však mohou být různá. Princip je takový, že tlak od oleje působí na píst, který přeneše sílu na brzdový pás. Tím je způsobeno zabrzdění centrálního kola. K opětovnému uvolnění brzdy dojde opět pomocí působení tlaku oleje, tentokrát na druhou stranu pístu, a vratnou pružinou.



Obr. 4.16 Pásová brzda [2]

Volnoběžky jsou velice oblíbené, protože jsou konstrukčně jednoduché a při malých rozměrech jsou schopné přenášet velký krouticí moment. Pokud točivý moment směřuje jedním směrem, tělíska se ve volnoběžce zaseknou a přenos kroutícího momentu je umožněn, pokud se však obrátí tok točivého momentu, tělíska jsou volná, volnoběžka se protáčí a k přenosu kroutícího momentu nedojde. U automatických převodovek se můžeme setkat s dvěma druhy volnoběžek. Volnoběžky článkové a válečkové.



Obr. 4.17 Volnoběžky; vpravo válečková volnoběžka, vlevo článková volnoběžka [2]



5 Rozvodovky a pohon náprav

Rozvodovka se sestává ze dvou částí, ze stálého převodu hnací nápravy a diferenciálu. Celé ústrojí je uloženo ve skříni rozvodovky. Ta je u dělených náprav, nezávislého zavěšení kol, většinou samostatná a je připevněna k samonosné karoserii nebo k rámu vozidla. U tuhých náprav je skříň rozvodovky součástí mostu hnací nápravy.

Stálý převod je zpravidla realizován kuželovým soukolím a jeho účelem je jednak zvětšit moment přivedený od převodovky, tedy zmenšení otáček, a také rozvedení hnacího momentu na obě hnací kola vozidla.

Již zmiňovaný diferenciál, který je také součástí rozvodovky, slouží k vyrovnání rozdílné obvodové rychlosti při jízdě v zatáčce a rozdělení točivého momentu na obě kola.

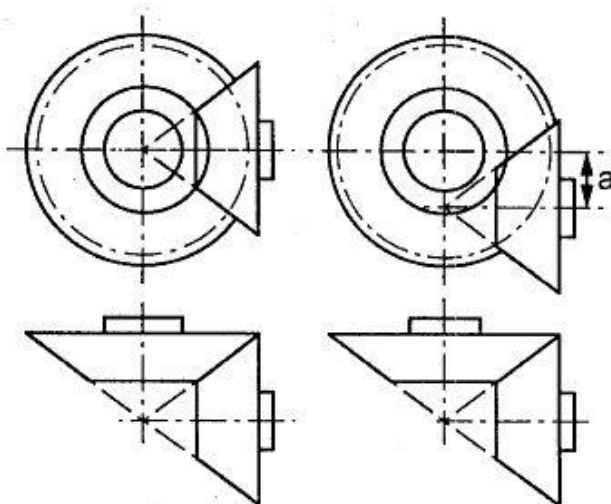
Má-li vozidlo poháněno více náprav, ať už je to přední i zadní náprava, nebo má zdvojenou nápravu, potom musí být mezi převodovkou a rozvodovkou umístěna rozdělovací převodovka. Rozdělovací převodovka je ústrojí, které rozděluje hnací výkon na obě nápravy.

5.1 Jednostupňové rozvodovky

Jednostupňová rozvodovka, někdy též označována jako jednoduchý stálý převod. Pro tento stálý převod se nejčastěji používá kuželové soukolí v různém provedení.

Přímé zuby jsou v tomto případě méně vhodné, neboť jsou citlivé na výrobní a montážní nepřesnosti a také na deformace při zatížení. Používají se obvykle jen v kuželových soukolích diferenciálů. Výhodou zakřivených zubů je, že mají nehučný chod, jsou méně citlivé na nepřesnosti výroby a montáže a také na deformaci vlivem zatížení. Umožňují dosáhnout většího převodového poměru a mají vysokou únosnost. Jejich nevýhodou však je, že u nich vznikají větší axiální síly jak u přímých zubů.

Hypoidní provedení neboli hypoidní kuželové soukolí se vyznačuje tím, že střední osa pastorku je posunuta směrem dolů vzhledem ke středu talířového kola tzn. Osa pastorku je pod osou talířového kola. Neustále zabírá více zubů, takže lze přenést velký točivý moment. Je tedy vhodné pro větší zatížení. Hypoidní soukolí má tichý chod a to díky vzniklému přídavnému podélnému skluzu.



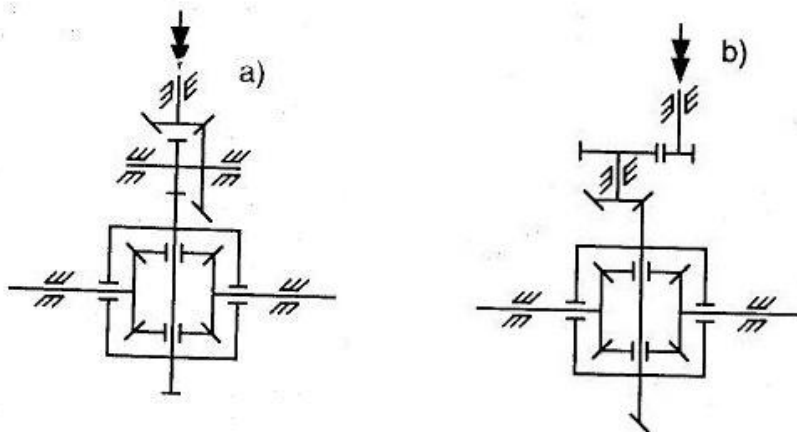
Obr. 5.1 Kuželová soukolí používaná v rozvodovkách: vlevo čelní kuželové soukolí, vpravo hypoidní kuželové soukolí [3]



Ozubená kola rozvodovky jsou trvale v záběru. Přenáší jak velké točivé momenty při nízkých převodových stupních (velkých převodech) tak i velké otáčky při vyšších rychlostních stupních (malých převodech). Požadovaná životnost musí být zajištěna, a proto musí být ozubená kola i ložiska vhodně dimenzována. Celý systém musí mít dostatečnou tuhost, neboť ta má velký vliv na celkovou tichost chodu a životnost. Obzvláště velký význam má tuhost uložení hnacího pastorku.

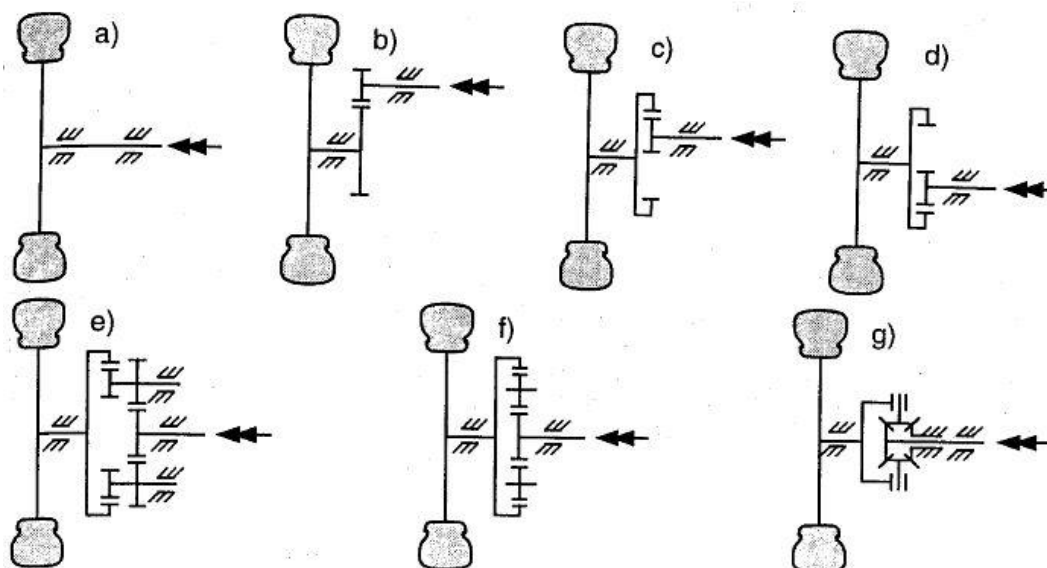
5.2 Dvoustupňové rozvodovky a vnější stálé převody

Pro těžká nákladní vozidla nebo nákladní vozidla určená do zhoršených terénních podmínek, u nichž jsou požadovány velké převodové poměry, mohou být převodové poměry dosažené jednostupňovými rozvodovkami nedostačující. Z toho důvodu se k základnímu kuželovému soukolí přidává ještě další převod. Některá konstrukční řešení jsou schematicky znázorněna na obr. 5.2 a obr. 5.3.



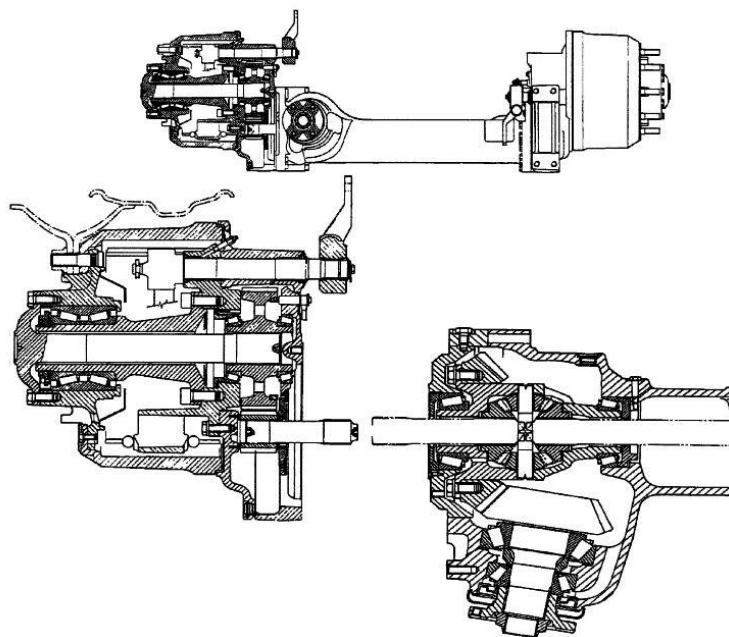
Obr. 5.2 Schéma dvojstupňové rozvodovky [3]

Dvojstupňová převodovka se skládá z jednoho převodu realizovaného čelním ozubením a druhým převodem kuželovým ozubením. Toto konstrukcí můžeme docílit velkého převodového poměru, celkový převodový poměr je dán součinem hodnot obou převodů. Tato konstrukce nám však umožňuje i variantu, kdy osa pastorku čelního ozubení bude nad osou čelního ozubeného kola, což je vhodné zejména pokud přenášíme výkon i na druhou hnanou nápravu.



Obr. 5.3 Schéma vnějších stálých převodů: a) bez vnějšího stálého převodu, b) čelní ozubené soukolí s vnějším ozubením, c) čelní ozubené soukolí s vnitřním ozubením, nad osou kola, d) čelní ozubené soukolí s vnitřním ozubením, pod osou kola e) dvojitě planetové soukolí, f) planetové soukolí, g) s kuželovými diferenciály [3]

Uspořádání vnějšího stálého převodu s čelním ozubeným soukolím s vnějším ozubením je vhodné pro automobily do terénu, u kterých je potřeba velká světlá výška. Obrácené uspořádání, kdy je osa nápravy pod osou kola se naopak používá u nízkopodlažních autobusů. Toto provedení se označuje jako portálová náprava



Obr. 5.4 Portálová náprava IVECO pro městské nízkopodlažní autobusy [5]

5.3 Diferenciály

5.3.1 Princip diferenciálu

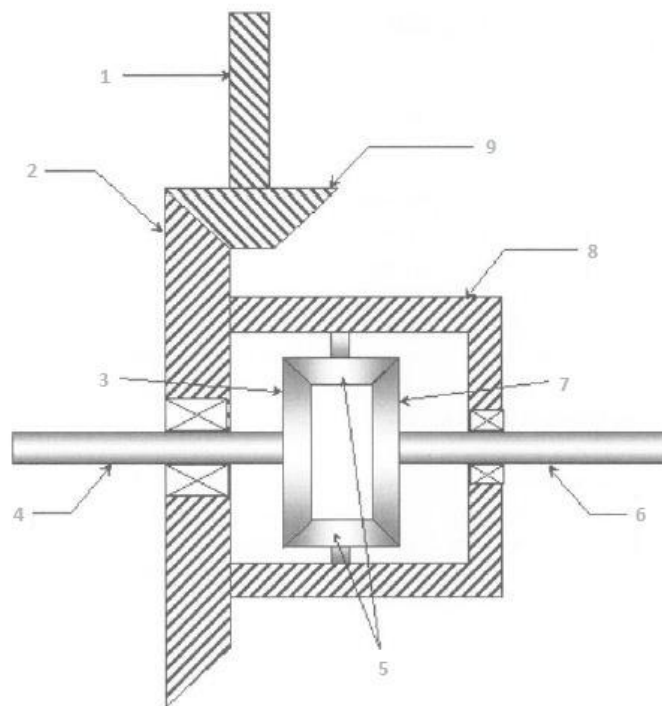
Při zatáčení respektive při průjezdu automobilu zatáčkou se vnější kolo pohybuje po větším poloměru a opisují delší dráhu než kola vnitřní, to znamená, že vnější kolo se otočí vícekrát. U nepoháněných náprav jsou kola volně otočná nezávisle na sobě, ale u poháněných náprav jsou obě kola na společné hnací hřídeli, tudíž mají stejné otáčky. Při průjezdu zatáčkou by potom docházelo ke kroucení



nápravy, respektive k prokluzu jednoho či obou kol. To potom vede k zvýšenému opotřebení pneumatik, horšímu řízení a také ke vzrůstu ztrát výkonu čímž se také zvýší spotřeba paliva.

Aby k tomuto nedocházelo, používá se diferenciální soukolí, tzv. diferenciál. Ten vyrovnává rozdíl otáček vnitřního a vnějšího kola a rozděljuje krouticí moment na obě kola v poměru 50:50. Talířové kolo stálé redukce se otáčí stále stejnými otáčkami, zatímco kola vozidla se otáčejí různými otáčkami, aniž by hřídele kol byly zkrucovány.

Na *obr. 5.5* je schéma diferenciálního planetového soukolí neboli kuželového diferenciálu. Diferenciál se skládá ze dvou planetových kol, která jsou spojena s hřídeli kol vozidla, a dvou satelitových kol, tzv. satelitů, která jsou volně otočná na čepu. Čep je upevněn ke skříni diferenciálu, která je pevně spojena s talířovým kolem.

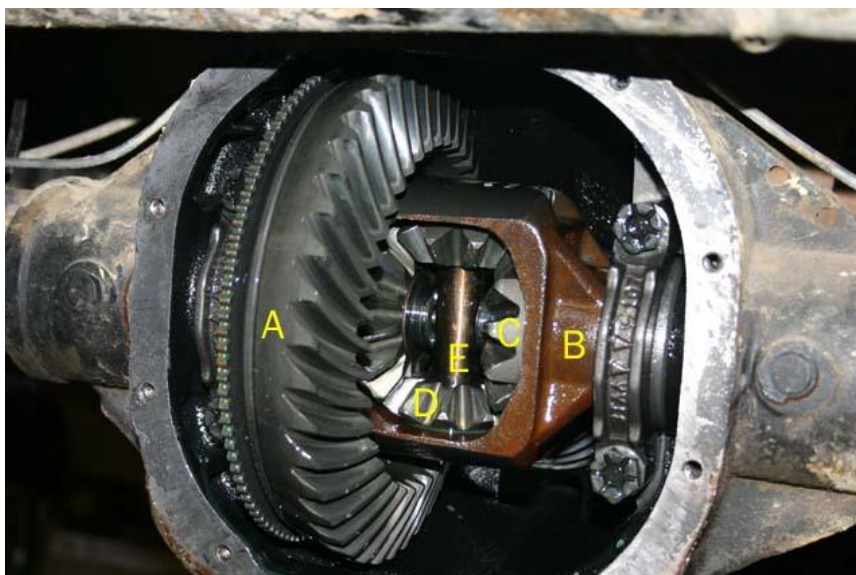


Obr. 5.5 Schéma diferenciálu: 1 – hnací hřídel, 2 – talířové kolo, 3 – planetové kolo, 4 – hnací hřídel levého kola, 5 – satelity, 6 – hnací hřídel pravého kola, 7 – planetové kolo, 8 – skříň, 9 – pastorek [2]

Pokud jede vozidlo po rovině, pravé i levé kolo mají stejnou rychlost, tudíž i obě planetová kola mají stejnou rychlost, resp. otáčky. V tu chvíli jsou satelity vzhledem ke kleci stacionární a pouze unášejí planetová kola. Planetová kola se otáčejí s klecí diferenciálu a tedy jako jeden celek s talířovým kolem. Pokud však vozidlo projíždí zatáčkou a pravé a levé planetové kolo mají rozdílnou rychlost, začnou se satelity otáčet. Tak je umožněno, aby se při průjezdu zatáčkou zpožďovaly otáčky vnitřního kola a současně se zrychlovaly otáčky vnějšího kola úměrně délkám dráh každého z nich, aby nedocházelo ke smyku, respektive skluzu kol a krutu nápravy. Rychlost talířového kola je stále stejná.

Druhou funkcí diferenciálu, jak již bylo zmíněno, je přenesení, respektive rozdělení krouticího momentu na hnací kola. Při klasickém uspořádání diferenciálu je točivý moment přenášen pastorkem na talířové kolo, z něj na čep satelitů diferenciálu a ozubením satelitů na planetová kola diferenciálu a poté hnacími hřídeli na kola vozidla. Satelity můžeme označit za rovnoramennou páku, která rozděljuje točivý moment stejným dílem na obě kola.

$$M_l = M_p = \frac{M_t}{2}$$



Obr. 5.6: Diferenciál: A - talířové kolo, B – skříň (klec), C – planetové kolo, D – satelitní kolo, E – čep satelitních kol

5.3.2 Závěr diferenciálu

Jak již bylo zmíněno výše, standardní diferenciál rozděljuje přiváděný moment M_t na dva stejně velké výstupní točivé momenty a to nezávisle na otáčkách. Pokud jsou nevhodné adhezní podmínky, rovnost momentů se projeví nevhodně.

Pokud součinitel přilnavosti povrchu hnaných kol je rozdílný, pak hnací síly na povrch vozovky závisí na menším z nich. Pokud nastane situace, kdy jedno z kol se dostane na kluzký či sypký povrch, kterým může být led, sníh nebo písek, kolo se začne protáčet. Ovšem i v takovéto situaci rozděljuje diferenciál točivý moment stejnosměrně, takže hnací síla na druhém kole nemůže být větší než v tom, které prokluzuje. Tento výkon většinou není dostačující, aby se vozidlo z takovéto situace dostalo. Je tedy potřeba v také situaci nějakým způsobem vyřadit diferenciál z funkce, aby mohlo být využito možného hnacího momentu.

Závěr (či uzávěr) diferenciálu slouží k zablokování planetových kol diferenciálu, tak že se nemohou relativně pohybovat vůči kleci diferenciálu a diferenciál je nucen se pohybovat jako celek. Pokud tedy potom dojde k prokluzu jednoho z kol, je celý točivý moment přenesen na kolo, které je na drsnějším povrchu. Je vyvinuta síla, která je již většinou postačující k vyproštění vozidla. Je pochopitelné, že závěr diferenciálu musí být ihned po překonání nesnází opět vyřazen z činnosti, jinak by se vozidlo chovalo jako bez diferenciálu.

Často se setkáme s blokací diferenciálu pomocí přesuvné objímky. Může být aktivována ručně nebo automaticky a to mechanicky, magneticky, pneumaticky nebo hydraulicky. Objímka je posuvná po drážkách na jednom z hnacích hřídelí kol. Po jejím zasunutí je klec diferenciálu pevně spojena s planetovým kolem. Tím je zamezeno i otáčení satelitům. Diferenciál je zavřen.



Obr. 5.7 Rozvodovka Karosa c734: 1 – talířové kolo, 2 – klec diferenciálu, 3 – drážky pro zasunutí uzávěrky diferenciálu, 4 – řazení uzávěrky diferenciálu

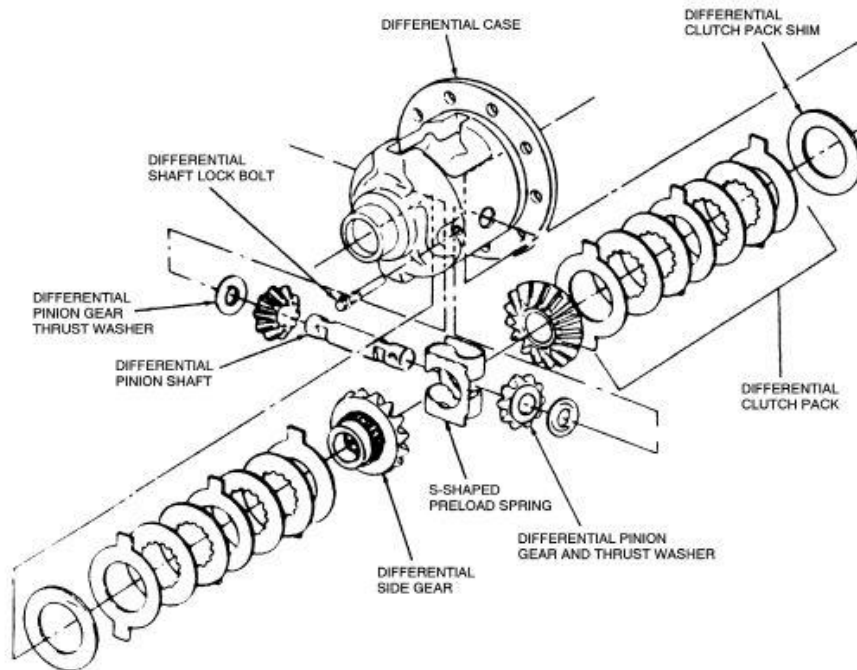
Významnou skupinu také tvoří tzv. samosvorné diferenciály. Jejich princip spočívá ve zvýšení tření v diferenciálu.

Samosvorné diferenciály můžeme rozdělit do tří základních skupin:

- Vačkové diferenciály
- Diferenciály se zvýšeným třením – limited slip
- Automatické diferenciály

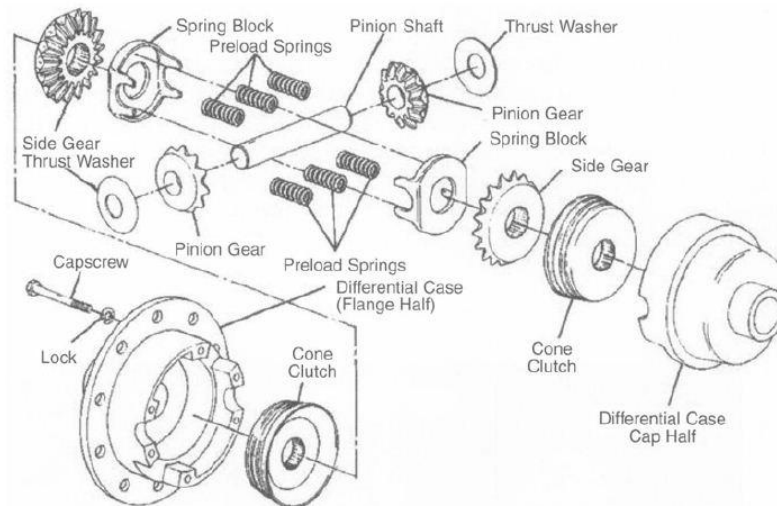
Princip vačkových diferenciálů je takový, že při zatačení nebo nestejně adhezi vznikne samosvornost. Toto provedení se dnes však již téměř nepoužívá.

Samosvorný diferenciál s viskózní (lamelovou) spojkou funguje tak, že při normálním zatížení je téměř bez účinku, ale silně uzavírá, jestliže se kolo protáčí. Uzavření je docíleno smykovou silou kapaliny mezi lamelami, které nejsou přitlačovány. Většinou se skládá z dvou sad lamelových spojek. Každá sada obsahuje třecí disky, které jsou spojené s planetovými koly, a plechové mezilamely, která jsou spojená s klecí diferenciálu.

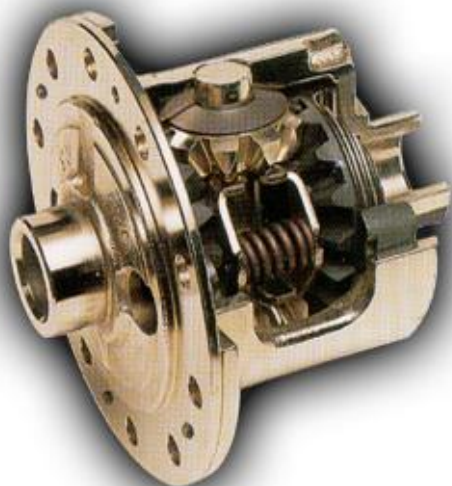


Obr. 5.8 Samosvorný diferenciál s viskózní spojkou (*limited slip diferenciál*)

Samosvorný kuželový diferenciál pracuje následovně. Planetové kolo je připevněno ke kuželu, který má na vnější hraně spirálové rýhy. Pokud se jedno z kol otáčí rychleji než druhé a tedy prokluzuje, způsobí to, že se kužel vtáhne do klece. To zajistí tření a přenos točivého momentu na druhé kolo.



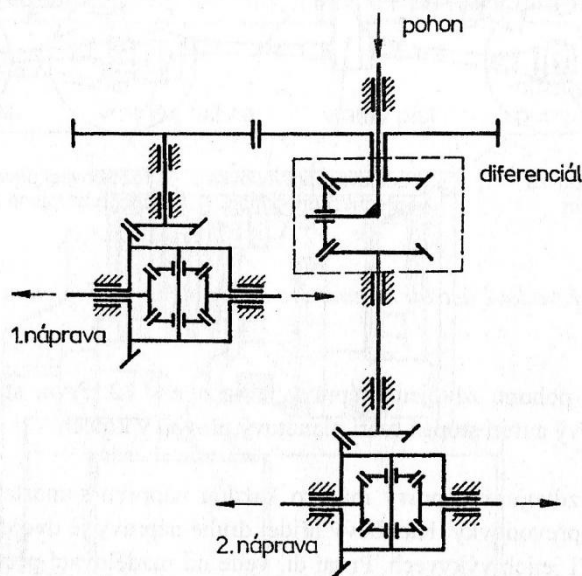
Obr. 5.9 Samosvorný kuželový diferenciál [2]



Obr. 5.10 Samosvorný kuželový diferenciál

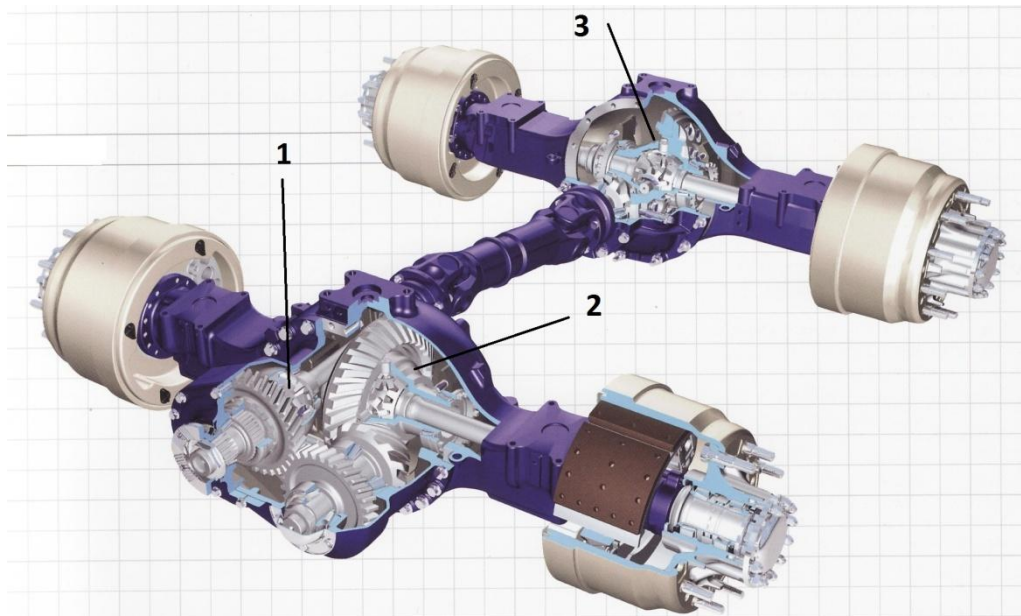
5.4 Pohon zdvojených náprav

Těžké nákladní automobily bývají vybaveny zdvojenými tzv. tandemovými nápravami, přičemž často bývají obě nápravy hnané. Hnací moment musí být v takové případě přiveden od první hnané nápravy i k druhé hnané nápravě. Je také potřeba, aby na obě poháněné nápravy byly točivé momenty rozdělovány rovnoměrně i při rozdílném zatížení nebo při rozdílném poměru kol. Z tohoto důvodu bývají tandemové nápravy vybaveny tzv. mezinápravovým diferenciálem. Hnací moment je přiveden k mezinápravovému diferenciálu a z jednoho výstupu je veden k rozvodovce první nápravy a z druhého výstupu k rozvodovce druhé nápravy, viz obr. 5.11.



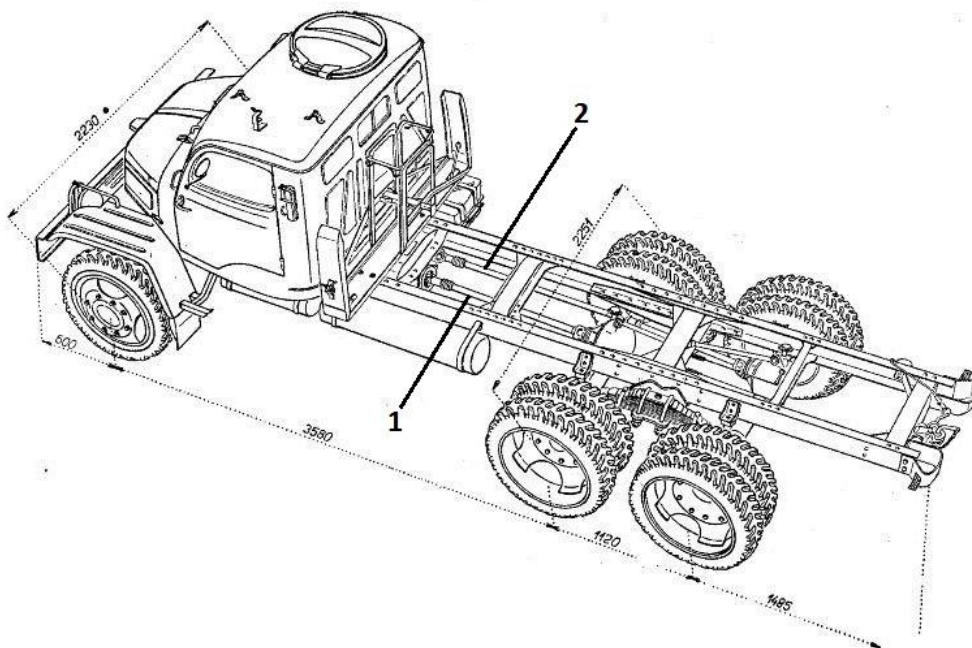
Obr. 5.11 Schéma třístupňového pohonu tandemové nápravy [1]

U třístupňového pohonu zdvojené nápravy je prvním převodem kuželové soukolí mezinápravového soukolí, druhý je čelní soukolí před první nápravou a třetím je kuželové soukolí v diferenciálu každé nápravy. Vstupní hřídel pohání unášec diferenciálu, jedno kuželové kolo je pevně spojeno s čelním ozubeným kolem, které přes převod pohání pastorek rozvodovky první nápravy, druhé kuželové kolo je hřídelem spojeno s pastorkem druhé rozvodovky. Diferenciál je samozřejmě vybaven uzávěrkou.



Obr. 5.12 Tandemová náprava VOLVO: 1 – mezinápravový diferenciál, 2 – rozvodovka první nápravy, 3 – rozvodovka druhé nápravy

Můžeme se však také setkat s tzv. paralelním pohonem zdvojených náprav. Tento paralelní pohon spočívá v tom, že pro každou nápravu vede z rozdělovací převodovky samostatný kloubový hřídel. Kloubový hřídel vedoucí k druhé nápravě bývá dvoudílný, aby nepřekážel první zadní nápravě při jejich výkyvech. Nevýhodou tohoto konstrukčního řešení je velký počet kloubů.



Obr. 5.13 Praga V3S: 1- kloubový hřídel pro první nápravu, 2 – kloubový hřídel pro druhou nápravu

U nákladních automobilů se často setkáme s označením jako například 4x2, 6x4 nebo 8x4. První číslo znamená celkový počet kol vozidla, druhé číslo udává počet hnaných kol vozidla.



6 Některé používané systémy

6.1 Nákladní automobily

6.1.1 Scania

Spojky

Scania používá ve svých vozidlech jen suché jednokotoučové třecí spojky s membránovou pružinou.

Převodovky

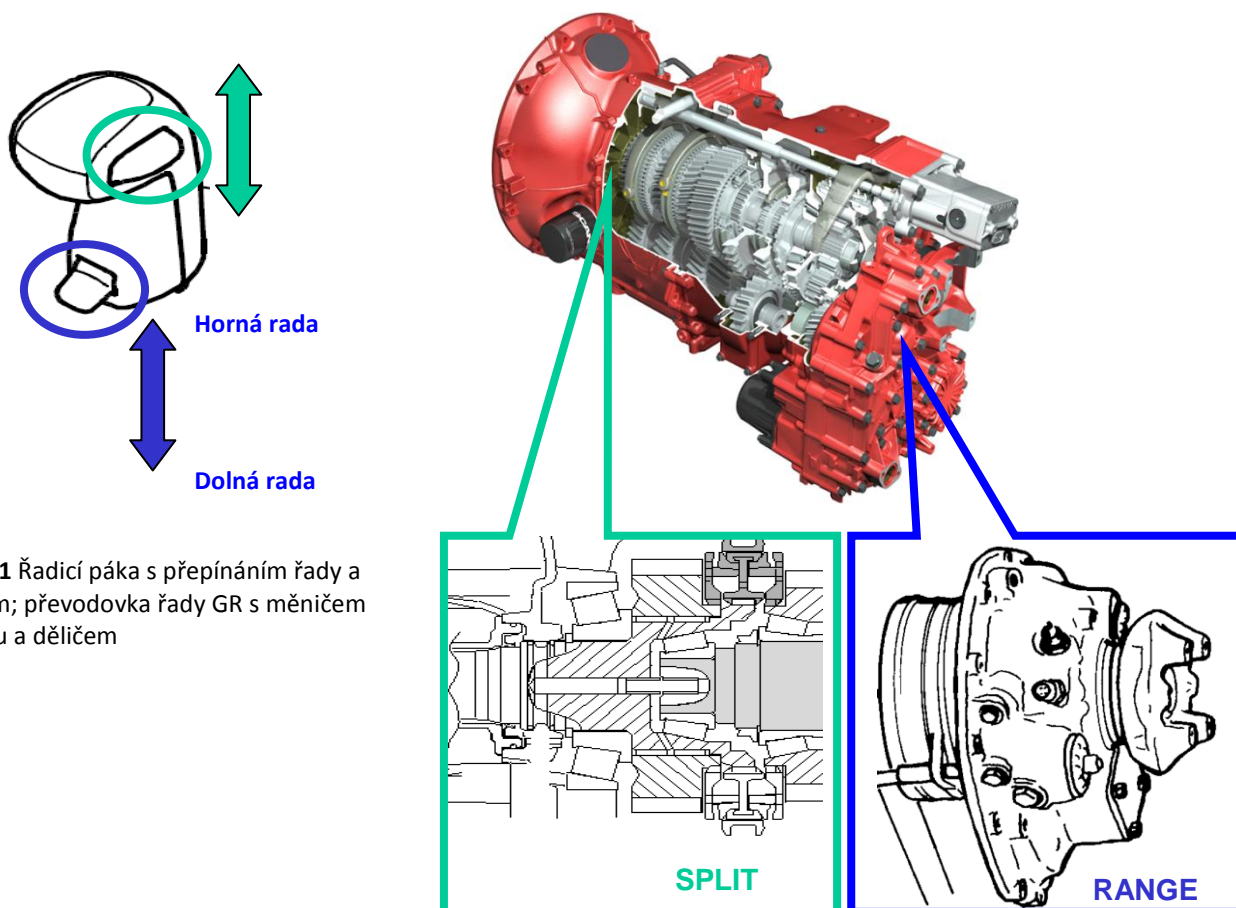
Co se týče automatických převodovek, využívá Scania převodovek firmy Allison. To však pouze ve velmi omezené míře. Scania má jinak vlastní mechanické převodovky. V případě potřeby jsou doplněny automatizovaným systémem Opticruise.

Převodovky řady **GA** jsou určeny pro lehčí nákladní vozidla, především rozvážková. Je to 6stupňová manuální převodovka, která umožňuje řazení jako v osobním automobilu.

Převodovky řady **GR** jsou určeny pro těžší a těžká vozidla. Sám výrobce je dělí na převodovky rozsahové a převodovky s děleným rozsahem. U rozsahových převodovek lze pouze přepínat mezi horní a dolní řadou, zatímco převodovky s děleným rozsahem jsou osazeny i děličem.

Range (rozsah) – Výstupní díl převodovky, planetový převod, umožňuje volit horní a dolní řadu převodů. Je umístěný na zadní části převodovky, ovládá se přepínačem na hlavici řadicí páky. Úlohou tohoto výstupního dílu je násobit počet rychlostních stupňů na výstupu z převodovky v porovnání s počtem soukolí pro jízdu vřed.

Split (dělič) – dělení rychlostních stupňů na tzv. malý a velký stupeň. Přepínání se uskutečňuje přepínačem na řadicí páce. Jedná se o dvouskupinovou převodovku s předním přidavným převodem.

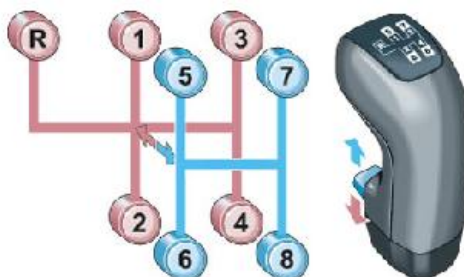


Obr. 6.1 Řadicí páka s přepínáním řady a dělením; převodovka řady GR s měničem rozsahu a děličem



Rozsahové převodovky:

GR875/GR875R: osmířychlostní převodovka s přepínáním řad. Základem je čtyřstupňová tříhřídelová převodovka doplněná planetovým měničem řady v zadní části převodovky, viz Obr. 6.1.

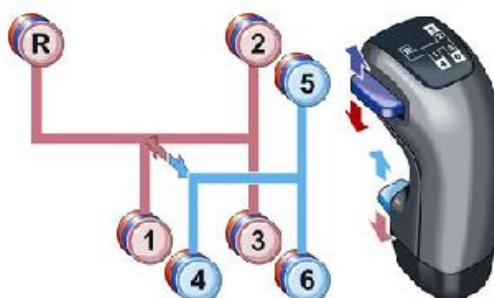


Obr. 6.2 Schéma řazení převodovky GR875/GR875R

GR905/GR905R: Od předchozí převodovky se liší pouze tím, že je doplněna o velmi pomalý tzv. plazivý převod.

Převodovky s děleným rozsahem:

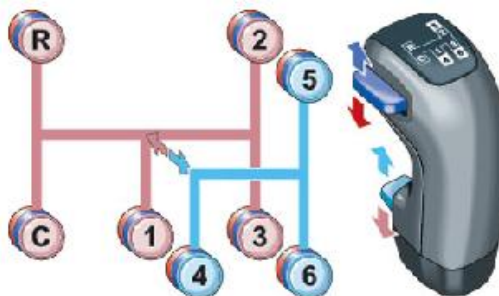
GRS895/GRS895R: dvanáctířychlostní převodovka. Základ tvoří třístupňová tříhřídelová převodovka, která je doplněna předním přidavným převodem (splitem) a planetovým měničem řady. Řazení se tedy realizuje přepínáním splitů (polostupňů) a řad, které jsou ovládané prepínači na řadicí páce. Přepnutí splitu se ukončí sešlápnutím spojkového pedálu. Synchronizací je vybaven i zpětný převodový stupeň a řidič ho může zařadit, i když vozidlo nestojí.



Obr. 6.3 Schéma řazení převodovky GRS895/GRS895R

GRS905/GRS905R: Od předchozí převodovky se liší pouze tím, že je doplněna o velmi pomalý tzv. plazivý převod, respektive dva velmi pomalé převodové stupně díky děliči.

GRSO905 / GRSO905R: Stejná jako předchozí převodovka, ale s tím rozdílem, že poslední převodový stupeň je do rychla (převodový poměr 0,80).



Obr. 6.4 Schéma řazení převodovky GRS905/GRS905R a GRSO905 / GRSO905R

Opticruise: Opticruise je automatický elektronický řadicí systém. Tento systém v podstatě z manuální převodovky Scania řady GA udělá automatickou (automatizovanou) převodovku. Systém Opticruise je k dispozici v plně automatickém provedení nebo s pedálem spojky. U vozidel s plně automatickým systémem Scania Opticruise chybí pedál spojky. Místo toho jsou tato vozidla vybavena automatickým



ovládáním spojky. U tohoto systému řidič používá pouze plynový a brzdový pedál. Zařízení pro elektrickou aktivaci spojky označované také jako ECA (Electrical Clutch Actuator) je namontováno k převodovce. Zařízení ECA tvoří elektrický motor, hydraulický systém (který se skládá z hlavního a vypínacího válce) a ovládací jednotka. Elektrický motor ovládá s vysokou přesností závitové vřeteno, které je spojeno s pístem na hlavním válci. Hlavní válec poté působí na vypínací válec, který ovládá páku spojky.

Funkce Opticruise je založena na moderním software, který přizpůsobí krouticí moment setrvačnicku podle rychlostních senzorů v kolech, v motoru a v převodovce.

Zadní nápravy

Scania má celou řadu vlastních náprav a rozvodovek. Všechny jsou konstruovány tak, aby k nim docházelo co k nejmenšímu tření a tím pádem i nižší spotřebě paliva.

6.1.2 Volvo

Spojky

K manuálním převodovkám jsou montovány tyto klasické třecí spojky s membránovou pružinou:

CS43B – O: jednokotoučová spojka

CS43B – OR: jednokotoučová spojka se zesíleným obložením

CS38B – O: dvoukotoučová suchá spojka

CS40B – O: dvoukotoučová suchá spojka

Obložení kotouče u variant O neobsahuje azbest ani olovo (O – organické složení). Varianta OR obsahuje zesílené obložení (R- reinforced). Dvoukotoučové spojky umožňují i přes relativně malý průměr přenášet velké točivé momenty. Kotouče jsou vybaveny odpruženými distančními podložkami. Tlak je rovnoměrně rozdělen po celém třecím segmentu, což napomáhá prodloužení životnosti.

Převodovky

Manuální převodovky:

V2009B: devítirychlostní převodovka s řazením řady. Základní jednotka má 4 stupně, převod pro velmi pomalou jízdu a jízdu vzad.

V2214B: čtrnáctistupňová převodovka s malou/velkou řadou a dělením. Nejvyšší převod je přímý. Max. točivý moment 2200 Nm.

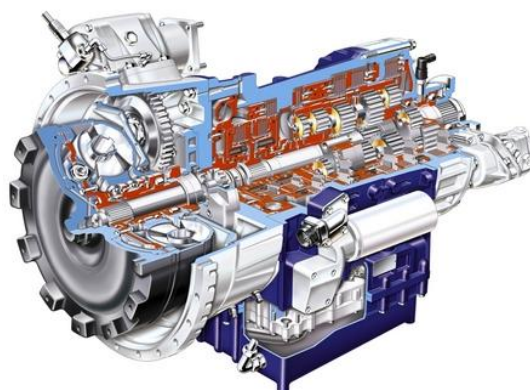
VO2214B: čtrnáctistupňová převodovka s malou/velkou řadou a dělením. Nejvyšší převod je do rychla. Max. točivý moment 2200 Nm.

V2514B: čtrnáctistupňová převodovka s malou/velkou řadou a dělením. Nejvyšší převod je přímý. Max. točivý moment 2500 Nm.

VO2514B: čtrnáctistupňová převodovka s malou/velkou řadou a dělením. Nejvyšší převod je do rychla. Max. točivý moment 2500 Nm.

Všechny manuální převodovky jsou tříhřídelové. Zadní jednotka pro řazení řady je planetového typu. Bowdenové řazení se samostatnými lanky pro pohyb v podélném a příčném směru umožňuje dosáhnout přesné polohy řazení s krátkým chodem. Díky patentované synchronizaci řazení se servo funkcí není třeba vynakládat velkou sílu

Powertronic: je plně automatická 6stupňová planetová převodovka. Umožňuje také manuální řazení. Výkon je přenášán přes uzamykatelný hydraulický měnič točivého momentu a několik planetových kol s brzdami a lamelovými spojkami, které uzamkají části planetových převodů. Řidič může zvolit ze dvou jízdních programů. Program „Economy“ pro optimální spotřebu paliva nebo program „Performance“ pro vysoký výkon.

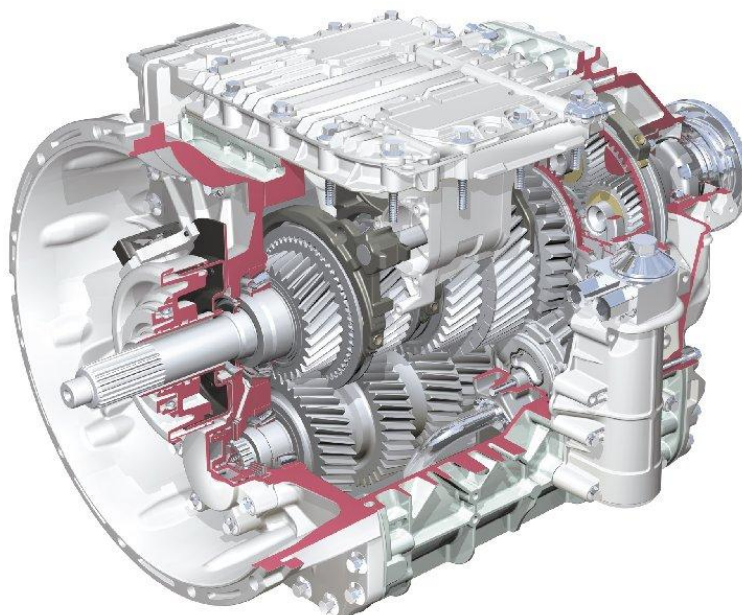


Obr. 6.5 Automatické převodovka Powertronic

I-shift: Je automatický systém změny převodových stupňů. Kombinuje to nejlepší z manuálního a automatického řazení. Jedná se o elektronicky řízený systém řazení navržený pro automatické řazení s možností manuálního řazení.

Systém I-Shift je dvanáctistupňová tříhřídelová převodovka s malou/velkou řadou a děličem (range/splitter). Dělič je integrován v základní převodovce. Řazení malé/velké řady je planetového typu a je umístěno za základní jednotkou.

Základní jednotka neobsahuje mechanickou synchronizaci. Namísto toho jsou motor a převodovka synchronizovány elektronicky prostřednictvím systému řízení motoru. Systém při řazení automaticky přidá plyn, jsou-li otáčky motoru příliš nízké, nebo naopak použije motorovou brzdou k rychlému snížení otáček.



Obr. 6.6 Přebodovka I-shift

Zadní nápravy

U Volva se můžeme setkat jak s jednoduchou nápravou, tak i s tandemovou nápravou. Obě dva druhy náprav využívají v rozvodovce hypoidní kuželové soukolí se zakřivenými zuby. Diferenciál je uzavírán přesuvnou objímkou. Jak jednoduchá, tak i tandemová náprava může být u vozidel, která jsou určena pro těžký náklad, vybavena redukcí v náboji kola. Redukce je tvořena válcovým planetovým převodem. Všechny zadní nápravy jsou vybaveny bezúdržbovými ložisky kol.



6.1.3 Mercedes

Spojky

Do nákladních automobilů Mercedes je montována buď jednokotoučová suchá třecí spojka s membránovou pružinou se zesíleným obložení, nebo do vozidel, která jsou vybavena motorem o výkonu větším než 260 kW, je montována dvoukotoučová suchá třecí spojka s membránovou pružinou.

Převodovky

G 85-6/6.7-0.73: Je šestistupňová manuální převodovka určená především pro lehké nákladní automobily.

G 221-9/16.2-1.0: Je osmírychlostní manuální převodovka. Skládá se ze základní 4stupňové převodovky a zadní části - měniče řady (range). Převodovka má navíc jeden převodový stupeň pro velmi pomalou jízdu.

G 211-12/14.93-1.0: Je dvanáctírychlostní manuální převodovka. Jejím základem je 3stupňová tříhřídelová převodovka doplněná vpředu o přídavný převod (splitter) a vzadu o měnič řady (range).

G 240-16/11.7-0.69: Je šestnáctírychlostní manuální převodovka. O předchozí převodovky se liší tím, že jejím základem je 4stupňová tříhřídelová převodovka.

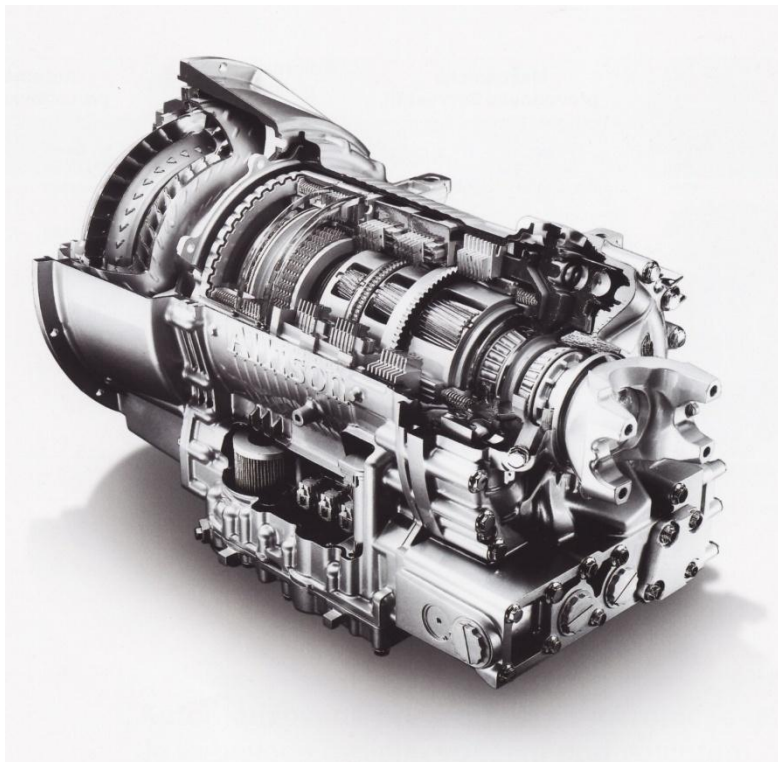
Automatické převodovky, se kterými se můžeme ve vozidlech Mercedes setkat, jsou od výrobce automatických převodovek Allison. Konkrétně Allison 3000P, což je šestistupňová automatická převodovka, a Allison 3000PR, což je pětistupňová automatická převodovka.

Powershit je elektronický systém, který může být dodáván k dvanáctírychlostním a šestnáctírychlostním manuálním převodovkám a udělá z nich automatizované převodovky. Elektronicky ovládá spojku, vozidlo má tedy jen plynový a brzdový pedál, elektronicky vyhodnotí, který rychlostní stupeň zařadí.

6.1.4 Iveco

Lehký nákladní automobil Eurocargo je vybaven hydraulicky ovládanou jednokotoučovou třecí spojkou s membránovou pružinou. Automobil může být osazen pětistupňovou, šestistupňovou nebo devítistupňovou synchronizovanou manuální převodovkou.

Těžký nákladní automobil Trakker a tahač návěsů Stralis mají také suchou třecí jednokotoučovou spojku s membránovou pružinou. Mohou být shodně vybaveny devítírychlostní nebo šestnáctírychlostní manuální převodovkou. Základ šestnáctírychlostní převodovky opět tvoří opět čtyřstupňová převodovka s dělícím převodem a měničem. V nabídce je i plně automatická šestírychlostní převodovka Allison 3200, v jejích útrokách nalezneme tři planetová soukolí. Poslední možností je automatizovaná dvanáctírychlostní převodovka EuroTronic. Jejím základem je třístupňová převodovka opět s dělícím převodem a měničem. Spojka je elektronicky ovládaná. Páka voliče je integrovaná pod volantem, lze volit mezi automatickým režimem jízdy, manuálním a speciálním režimem.



Obr. 6.7 Automatická převodovka Allison 3200 používaná v nákladních automobilech Iveco Stralis a Trakker

Tahač Stralis se montuje jen jednoduchá náprava s hypoidním ozubením pastorku a talířového kla pastorku. Těžký nákladní automobil Trakker může být vybaven jednoduchou nápravou, jednoduchou nápravou a redukcí n nábojích kol, tandemovou nápravou a tandemovou nápravou s redukcí v nábojích kol.

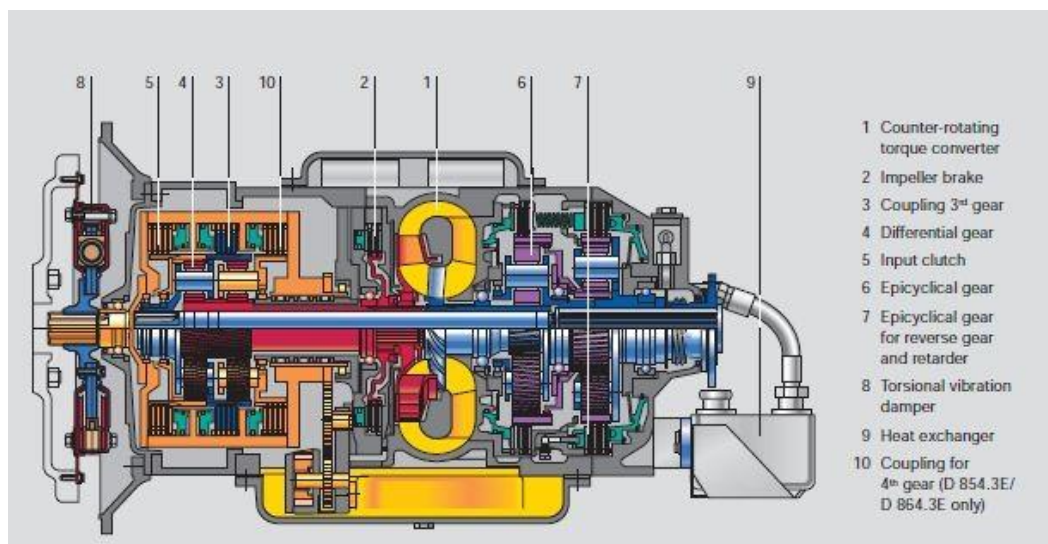
6.2 Autobusy

Stejně jako u nákladních automobilů se lišily převodovky pro malé vozy a těžké vozy, i u autobusů se budou lišit převodovky pro městské a meziměstské či zájezdové autobusy.

Městské autobusy Irisbus, Tedom, SOR i Mercedes jsou vybaveny zadní hnanou portálovou nápravou viz *obr. 5.4*.

6.2.1 Irisbus Iveco

Městské autobusy Crossway le city a Citelis jsou vybaveny automatickou čtyřstupňovou převodovkou VOITH DIWA.5



Obr. 6.8 Schéma automatické převodovky Voith

Meziměstské autobusy Crossway mohou být vybaveny následujícími převodovkami: šestirychlostní mechanická převodovka ZF 6S; čtyřrychlostní automatická převodovka VOITH DIWA.5; šestirychlostní automatická převodovka ZF 6HP; pětirychlostní automatická převodovka ZF 5HP; automatizovaná, 12rychlostní převodovka ZF AS-Tronic 12AS2301.

Zájezdové autobusy Evadys a Domino jsou vybaveny šestistupňovou tříhřídelovou mechanickou převodovkou ZF 6S.1600 nebo automatizovanou dvanáctirychlostní převodovkou ZF AS-Tronic (viz kapitola 6.2.7).

6.2.2 SOR

SOR do svých městských autobusů montuje převodovky Allison T280R nebo ZF Ecomat 6HP 594. Obě dvě jsou šestistupňové, automatické převodovky.

Meziměstské a zájezdové autobusy vybavuje SOR převodovkami ZF a to buď šestistupňovými manuálními ZF 6S 1010 BO, nebo šestistupňovými automatizovanými ZF 6 AS 1010 BO.

6.2.3 Tedom

V městských autobusech Tedom nalezneme buď čtyřrychlostní automatickou převodovku VOITH DIWA.5 stejně jako v městských autobusech Irisbus, nebo šestirychlostní automatickou převodovku ZF.

U linkových autobusů se potom můžeme setkat s šestirychlostní manuální převodovkou ZF, nebo také s automatickou převodovkou VOITH DIWA.5.

6.2.4 Volvo

Městské a meziměstské autobusy Volvo využívají taktéž čtyřrychlostní automatickou převodovku VOITH DIWA.5, nebo šestirychlostní automatickou převodovku ZF.

Dálkové autobusy Volvo využívají dvanáctirychlostní automatizované převodovky I-shift stejně jako nákladní automobily.

6.2.5 Mercedes

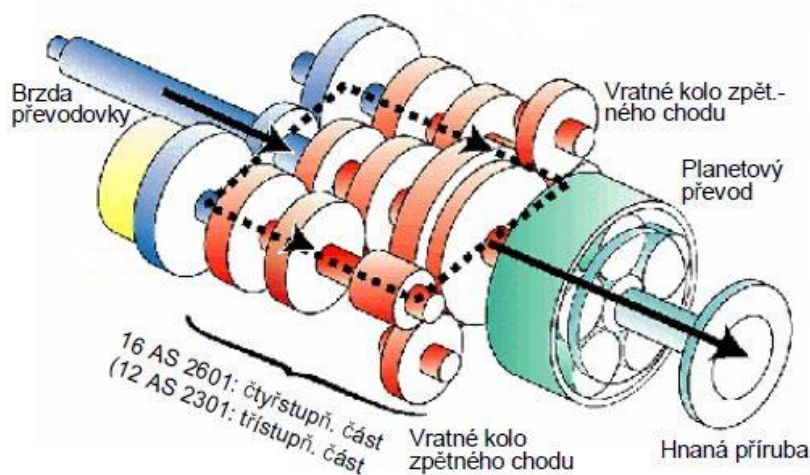
Městské a linkové autobusy Mercedes mohou být vybaveny automatickou převodovkou ZF Ecomat, která je šestistupňová, čtyřstupňovou automatickou převodovkou Voith, nebo vlastní manuální šestistupňovou převodovkou standardní tříhřídelové konstrukce.



Do dálkových autobusů se montují šestistupňové manuální převodovky vlastní výroby Mercedes-Benz GO 210, nebo automatizované dvanáctistupňové převodovky ZF AS-Tronic (viz kapitola 6.2.7).

6.2.6 Převodovka ZF AS-Tronic

U některých autobusů můžeme narazit právě na převodovku AS-Tronic od firmy ZF. Jde o systém, s kterým se setkáme dnes u mnoha nákladních vozidel, jako je třeba Opticruse u Scanie, I-shift u Volva nebo Powershift u Mercedesu. Jedná se tedy o tzv. automatizovanou převodovku. Princip automatizované převodovky spočívá v tom, že máme normální mechanickou stupňovou převodovku, u níž řazení jednotlivých převodových stupňů i ovládání spojky obstarává elektronika. I výběr převodového stupně přídí elektronické senzory. Řidič se tedy o řazení nemusí vůbec starat, pokud si nepřepne do manuálního režimu řazení, což je také možné. Konstrukce převodovky je následující: základem je třístupňová, respektive čtyřstupňová převodovka, před ní je umístěn dělicí převod (splitter) a za ní je umístěn měnič řady v podobě planetového převodu (range). Zvláštností konstrukce této převodovky je, že v základní převodovce není jeden předlohový hřídel, ale jsou tam dva identické předlohové hřídele, které slouží k rozvětvení výkonu. Převodovky AS-Tronic jsou tedy dvanáctirychlostní respektive šestnáctirychlostní.



Obr. 6.9 Převodovka ZF AS-Tronic: Modrá – dělicí převod, červená – základní část s dvěma předlohovými hřídeli, zelená – planetový převod



7 Současné tendence

Co se spojek týká, tak u stupňových převodovek a automatizovaných převodovek se používá osvědčená koncepce suchých třecích spojek s membránovou pružinou. Jeden posun to však je. A sice ten, že v rámci šetrnosti k životnímu prostředí se upouští od spojkových obložení založených na azbestu a olovu. Nahrazují je obloženími z materiálů, jako jsou skleněná vlákna, uhlíková vlákna, minerální vlna a vlákna aromatických polyamidů.

U konstrukčních řešení převodovek se projevuje tendencí několik. Dvěma hlavními jsou zjednodušení práce řidiče a ekonomičnost, kterou rozumíme snižování spotřeby paliva. Základním kamenem snížení spotřeby paliva je snížit hmotnost vozidla a tedy i převodového ústrojí, respektive samotné převodovky. U skříní převodovek je tedy kladen důraz na nízkou hmotnost, proto většina převodových skříní je odlévána z hliníkových slitin, jen tam kde je to opravdu nezbytné se používá litina. Je samozřejmé, že materiáloví inženýři stále hledají materiál, který by byl lehčí, ale také měl potřebné pevnostní charakteristiky.

Aby byla řidiče zjednodušena jeho práce, osazují se autobusy a nákladní automobily automatickými hydromechanickými převodovkami (viz kapitola 4.3). Tyto převodovky však mají řadu nevýhod. První nevýhodou je fakt, že řadící prvky v těchto převodovkách využívají k řazení tření. Třením vzniká teplo, které je ztrátové. A čím větší ztráty v převodovém ústrojí, tím větší spotřeba paliva. Další nevýhodou je, že pro šest či osm převodových stupňů je potřeba minimálně čtyř planetových soukolí. Šest či osm převodových stupňů je však dostačujících jen pro lehké rozvážkové nákladní automobily nebo městské a příměstské autobusy. Pro těžká nákladní vozidla a dálkové autobusy většinou potřebujeme více jak osm rychlostních stupňů. To by znamenalo více planetových soukolí, větší rozměr převodové skříně, tudíž větší hmotnost a opět zvýšení spotřeby paliva.

Rozvoj elektroniky zasáhl do všech průmyslových odvětví, automobilového nevyjímaje. Právě elektronika a elektronické systémy dali konstruktérům převodovek pro nákladní automobily možnost zacelit díru mezi manuálními stupňovými převodovkami a hydromechanickými automatickými převodovkami. Vznikly tzv. automatizované, nebo také někdy nazývané jako robotizované převodovky. Můžeme se s nimi setkat v dvanácti nebo sešnáctirychlostním provedení. Jejich konstrukce zde již byla v minulé kapitole popsána. Jedná se v podstatě o třískupinovou stupňovou převodovku doplněnou o elektronické systémy a software. Jejím základem je tříhřídelová tří nebo čtyřstupňová převodovka, před ní je umístěn dělicí převod (splitter) a za ní planetový převod (range). Spojka je elektronicky ovládána, takže zcela odpadá spojkový pedál a spojka je také méně opotřebována. Díky elektronickým sensorům v kolech, motoru a převodovce je vždy zvolen ten nejvhodnější rychlostní stupeň, takže díky tomu je neutralizována špatná manipulace a veškeré riziko příliš nízkých nebo vysokých otáček je eliminováno. To vede pochopitelně ke snížení spotřeby paliva. Pozitivem také je, že je zvýšena bezpečnost, protože řidič se může plně věnovat řízení vozidla. Je možné přepnout i do režimu manuálního řazení.

V oblasti hnaných je používaná koncepce popsána v kapitole 5. Snahou konstruktéru rozvodovek a diferenciálů je co nejvíce snížit tření, které opět vede ke zvýšení spotřeby vozidla. Vhodná konfigurace náprav pomáhá omezit váhu, zlepšit ovladatelnost a snížit opotřebení pneumatik a náklady na přepravu. Proto výrobci nákladních automobilů nabízí celou řadu různých konfigurací. Počínaje klasickým 4x2, přes 6x4, 8x4, 6x6 až po pětinápravové 10x4. U autobusů je využíváno konfigurace 4x2, nebo u delší a těžších vozů 6x2. Moderní městské nízkopodlažní autobusy využívají portálové nápravy *obr. 5.4*, pro snížení světlé výšky vozidla.



8 Závěr

Zpracoval jsem přehled konstrukčních řešení nejdůležitějších částí převodových ústrojí nákladních automobilů a autobusů. Těmito částmi jsou spojky, manuální, respektive stupňové převodovky, automatické hydromechanické převodovky a rozvodovky.

Při rozebírání v současnosti nejpoužívanějších systémů jsem zjistil, že převodová ústrojí v sobě navzájem typově odpovídajících vozidel různých výrobců jsou koncepčně velice podobná. Z hlediska převodovek můžeme vozidla rozdělit do dvou skupin. Do první skupiny patří lehká, převážně rozvážková nákladní vozidla a autobusy všech kategorií: městské, linkové a dálkové autobusy. Tato skupina využívá šestistupňových nebo devítistupňových manuálních převodovek, nebo automatických hydromechanických převodovek s čtyřmi, pěti, šesti nebo osmi převodovými stupni. Do druhé skupiny patří těžké nákladní automobily. U nich nelezeme dvanácti nebo šestnáctistupňové třískupinové převodovky, které navíc mohou být automatizovány.

Jako do všech průmyslových odvětví i do konstrukce převodovek v nemalé míře v dnešní době zasahuje elektronika a elektronické systémy. Právě elektronické systémy umožňují například elektronické ovládání spojky. To vede jednak k jejímu menšímu opotřebení a k zjednodušení ovládání vozidla pro řidiče. Zásadní věcí však je, že příchod elektroniky dal vzniknout automatizovaným převodovkám. Ty mají jednoduchou konstrukci a účinnost stupňových převodovek. Navíc elektronický systém sám zvolí nejvhodnější rychlostní stupeň, což je velice efektivní a hospodárné.



9 Seznam použitých symbolů

F_S	Tahová síla od řadící vidlice	N
F_D	Brzdná síla na brzdny kužel	N
F_R	Výsledná síla na brzdny kužel	N
M_t	Točivý moment přivedený na skříň diferenciálu	Nm
M_l	Točivý moment přivedený na levé kolo automobilu	Nm
M_p	Točivý moment přivedený na pravé kolo automobilu	Nm



10 Seznam obrázků

Obr. 2.1 Uspořádání hnacího ústrojí u užitkových vozidel [1]	11
Obr. 2.2 Uložení motoru v kabině řidiče u autobusu Škoda 706 RT	12
Obr. 2.3 Karosa ŠL 11	12
Obr. 3.1 Kotoučová suchá spojka [1]	13
Obr. 3.2 Řez spojkou s membránovou pružinou [5]	14
Obr. 3.3 Spojkový kotouč a membránová pružina z autobusu Renault	15
Obr. 3.4 Radiální odpružení spojkového kotouče [5]	15
Obr. 3.5 Hydraulické ovládání spojky se vzduchovým posilovačem [4]	17
Obr. 4.1 Druhy stupňových převodovek: a) tříhřídelová, b) dvouhřídelová [1]	20
Obr. 4.2 Dvoustupňová převodovka s předním přídavným převodem [1]	21
Obr. 4.3 Schéma šestnácti rychlostní převodovky těžkého nákladního automobilu [5]	22
Obr. 4.4 Řadící zařízení: a) řazení posuvným kolem, b) řazení zubovou spojkou [1]	23
Obr. 4.5 Synchronizační spojka s pružně omezenou silou [4]	24
Obr. 4.6 Jištěná synchronizace se clonícím kroužkem [1]	24
Obr. 4.7 Zajišťovací zařízení pro čtyřstupňovou převodovku [1]	25
Obr. 4.8 Přímé řazení pětistupňové převodovky třemi řadícími tyčemi [1]	25
Obr. 4.9 Dálkové mechanické ovládání převodovky pomocí otočného hřídele [1]	26
Obr. 4.10 Kuželíkové ložisko firmy TIMKEN	27
Obr. 4.11 Volící tlačítka automatické převodovky	28
Obr. 4.12 Řez automatickou převodovkou klasické konstrukce	28
Obr. 4.13 Schéma hydraulického měniče	29
Obr. 4.14 Čtyři planetová soukolí automatické převodovky ZF 8-speed automatic transmission	30
Obr. 4.15 Schematické zobrazení lamelové spojky [2]	31
Obr. 4.16 Pásová brzda [2]	31
Obr. 4.17 Volnoběžky; vpravo válečková volnoběžka, vlevo článková volnoběžka [2]	32
Obr. 5.1 Kuželová soukolí používaná v rozvodkách [3]	33
Obr. 5.2 Schéma dvojestupňové rozvodovky [3]	34
Obr. 5.3 Schéma vnějších stálých převodů [3]	35
Obr. 5.4 Portálová náprava IVECO pro městské nízkopodlažní autobusy [5]	35
Obr. 5.5 Schéma diferenciálu [2]	36
Obr. 5.6: Diferenciál	37
Obr. 5.7 Rozvodovka Karosa c734	38
Obr. 5.8 Samosvorný diferenciál s viskózní spojkou (limited slip diferenciál)	39
Obr. 5.9 Samosvorný kuželový diferenciál [2]	39
Obr. 5.10 Samosvorný kuželový diferenciál	40
Obr. 5.11 Schéma třístupňového pohonu tandemové nápravy [1]	40
Obr. 5.12 Tandemová náprava VOLVO	41
Obr. 5.13 Praga V3S	41
Obr. 6.1 Řadící páka s přepínáním řady a dělením; převodovka řady GR s měničem rozsahu a děličem	42
Obr. 6.2 Schéma řazení převodovky GR875/GR875R	43
Obr. 6.3 Schéma řazení převodovky GRS895/GRS895R	43



Obr. 6.4 Schéma řazení převodovky GRS905/GRS905R a GRSO905 / GRSO905R	43
Obr. 6.5 Automatické převodovka Powertronic	45
Obr. 6.6 Převodovka I-shift.....	45
Obr. 6.7 Automatická převodovka Allison 3200 používaná v nákladních automobilech Iveco Stralis a Trakker.....	47
Obr. 6.8 Schéma automatické převodovky Voith.....	48
Obr. 6.9 Převodovka ZF AS-Tronic.....	49



11 Seznam použitých zdrojů

- [1] **VLK, F.:** Převodová ústrojí motorových vozidel. Nakladatelství VLK, Brno 2001. ISBN 80-238-5275-2.
- [2] **STONE R., BALL J. K.:** Automotive engineering fundamentals. SAE International, Warrendale 2004. ISBN 0-7680-0987-1.
- [3] **LECHNER G., NAUNHEIMER H.:** Automotive transmission. Springer, 1999. ISBN 3-540-65903-X.
- [4] **HEISLER H.:** Advanced vehicle technology. Butterworth-Heinemann, Oxford 2002. ISBN 0-7506-5131-8.
- [5] **GENTA G., MORELLO L.:** The automotive chassis, Volume 1: Components design. Springer, 2009. ISBN 978-1-4020-8674-8.

11.1 Internetové odkazy

- [6] <http://www.volvotrucks.com/trucks/czech-market/cs-cz/trucks/Pages/trucks.aspx>
- [7] <http://www.volvotrucks.com/trucks/global/en-gb/trucks/new-trucks/Pages/productGuide.aspx>
- [8] <http://www.scania.cz>
- [9] <http://scania.com/products-services/trucks/>
- [10] <http://web.iveco.com/czech/produkty/Pages/mainpage.aspx>
- [11] http://www.zf.com/corporate/en/products/product_range/commercial_vehicles/commercial_vehicles.html
- [12] <http://www.renault-trucks.cz>
- [13] <http://www.daf.com>
- [14] http://www.mercedes-benz.cz/content/czechia/mpc/mpc_czechia_website/czng/home_mpc/truck_home/home/trucks.flash.html
- [15] http://mhdzive.cz/index.php?option=com_phocagallery&view=category&id=1179&Itemid=380
- [16] <http://www.tezas.cz/autobusy-irisbus-iveco>
- [17] http://www.voithturbo.de/vt_en_paa_road_Autr.htm
- [18] <http://bus.tedom.cz/>
- [19] http://www.zf.com/corporate/en/products/innovations/as_tronic/as_tronic_bus/as_tronic_bus.html