



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

DIFERENCIÁLY OSOBNÍCH AUTOMOBILŮ

PERSONAL CAR DIFFERENTIALS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

András Csémi

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Zdeněk Kaplan, CSc.

BRNO 2017

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student:	András Csémi
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce:	doc. Ing. Zdeněk Kaplan, CSc.
Akademický rok:	2016/17

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

Diferenciály osobních automobilů

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Úkolem závěrečné bakalářské práce je komplexní studium převodového ústrojí moderních osobních automobilů se zvláštním zřetelem na samosvorné diferenciály.

Cíle bakalářské práce:

Cílem řešení zadání závěrečné bakalářské práce je vytvořit ucelený přehled samosvorných diferenciálů osobních automobilů s vlastním kritickým hodnocením principů, konstrukčních řešení, předností a nedostatků jednotlivých provedení.

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.

SHIGLEY, Joseph Edward, MISCHKE, Charles R. a BUDYNAS, Richard G. (ed.). Konstruování strojních součástí. Přeložil Martin HARTL. V Brně: VUTIUM, 2010. 1159 s. ISBN 978-80-214-2629-0.

ACHTENOVÁ, Gabriela. Převodná ústrojí motorových vozidel: diferenciály a děliče momentu. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2015. 56 s. ISBN 978-80-01-04855-9.

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

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.
ředitel ústavu

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

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce je vypracována na téma diferenciálů osobních automobilů se zvláštním zřetelem na samosvorné diferenciály. První část je věnována popisu převodového ústrojí. Poté následuje hlavní část o diferenciálech, jejich rozdělení, popis konstrukcí a princip funkce, a to se zaměřením na samosvorné typy. Cílem práce bylo vytvoření přehledu o svorných diferenciálech.

KLÍČOVÁ SLOVA

Diferenciál, samosvorný diferenciál, Torsen, LSD

ABSTRACT

This bachelor's thesis deals with the topic of car differentials with special attention to self-locking differentials. The first part is dedicated to the description of the powertrain. Then the main part is about the differentials, their division, the description of the constructions and the principle of function, with a focus on self-locking types. The aim of the thesis was to create a summary of self-locking differentials.

KEYWORDS

Differential, limited-slip differential, Torsen, LSD

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

CSÉMI, A. *Diferenciály osobních automobilů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2017. 38 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Zdeněk Kaplan, CSc..

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

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

V Brně dne 26. května 2017

.....

András Csémi

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych rád poděkoval doc. Ing. Zdeňkovi Kaplanovi, CSc. za cenné rady a připomínky při vedení mé bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval své rodině za jejich podporu při mém studiu.

OBSAH

Úvod	9
1 Převodná ústrojí	10
2 Spojky	11
3 Převodovky	12
4 Hnací hřídele a klouby	14
4.1 Podélné hnací hřídele	14
4.2 Příčné hnací hřídele	14
4.3 Hnací klouby	15
5 Rozvodovky	17
5.1 Stálý převod	17
5.2 Diferenciály	19
6 Diferenciály	20
6.1 Kuželový diferenciál	20
6.2 Čelní diferenciál	21
6.3 Závěr diferenciálu	22
7 Samosvorné diferenciály	23
7.1 Kuželový diferenciál s přidavnými třecími členy	23
7.2 Diferenciály s kapalinovým ovládním svornosti	25
7.3 Šnekový diferenciál	27
7.4 Diferenciály Torsen	27
7.5 Diferenciály bez ozubených kol	30
7.6 Diferenciály s vnějším ovládním svornosti	31
7.7 EDS	33
7.8 Mezinápravové diferenciály	34
8 Shrnutí a vlastní hodnocení	35
Závěr	36
Použité informační zdroje	37
Seznam použitých zkratk a symbolů	38

ÚVOD

Tato bakalářská práce se zabývá studiem převodového ústrojí se zaměřením na samosvorné diferenciály. Diferenciál je součástí každého moderního automobilu. Slouží k přenosu točivého momentu na hnací kola a při průjezdu zatáčkou umožní rozdílné otáčky kol. Pokud jedno z hnacích kol stojí na povrchu s nepříznivou adhezí, otevření diferenciálu dovolí tomuto kolu vyšší otáčky, nelze přenášet dostatečnou hnací sílu na vozovku, druhé kolo a vozidlo v nejhorsím případě zůstane stát. Závěr diferenciálu vyřadí z činnosti diferenciál a kola se otáčejí spolu. Řízení závěru diferenciálu při jízdě namáhá řidiče, a proto byly vyvinuty samosvorné diferenciály. Tyto typy již pracují bez zásahu řidiče.

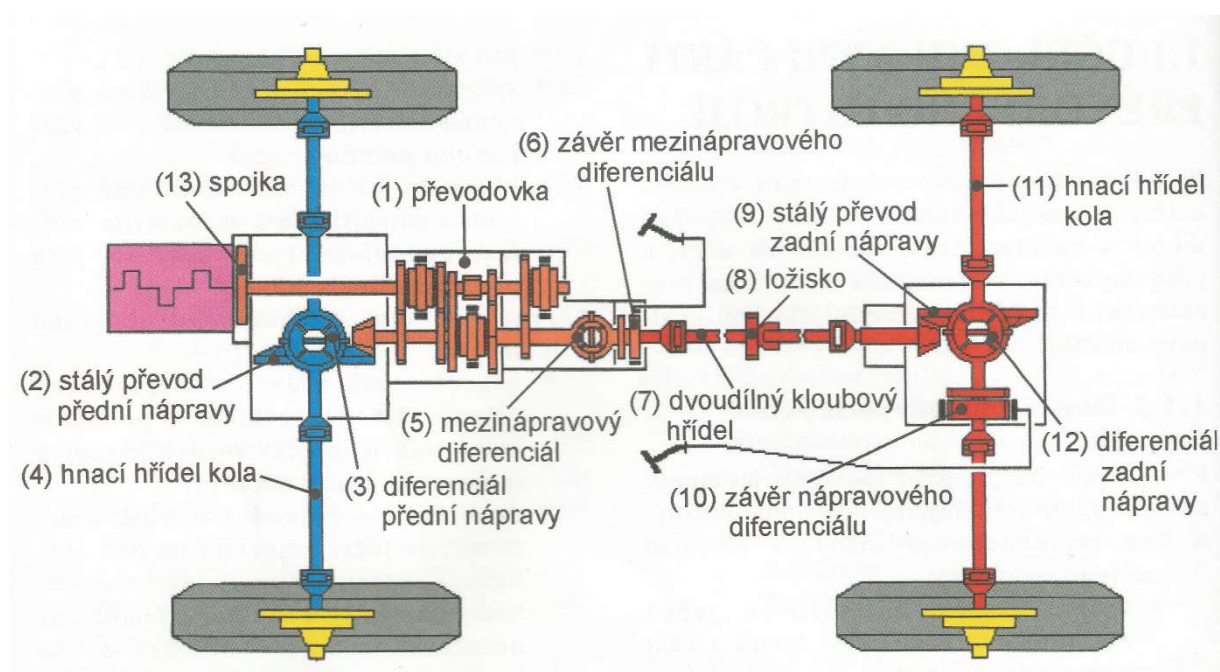
Vybral jsem toto téma kvůli velkému zájmu o automobily a automobilový průmysl, který se den za dnem rozvíjí, a jsme s ním každý den ve styku. Zatímco o ostatních agregátech převodového ústrojí, jako například o převodovkách či spojkách, každý něco ví, fungování diferenciálů je po lide méně známé. Cílem této práce je vysvětlení jich působení.

1 PŘEVODNÁ ÚSTROJÍ

Převodná ústrojí automobilu zahrnují všechna ústrojí, která spojují motor s hnacími koly a podílí se na přenosu točivého momentu od motoru na hnací kola. Podle potřeby musí tyto agregáty umožnit změnu velikosti, smyslu otáčení, nebo přerušování přenosu točivého momentu. [1] [3]

Převodná ústrojí můžeme rozdělit z hlediska způsobu přenosu točivého momentu do těchto kategorií: [2]

- krátkodobé přerušování přenosu točivého momentu – **spojky**
- změna velikosti točivého momentu – **převodovky**
- rozdělení přenášeného hnacího momentu – **diferenciály a rozdělovací převody**
- stálé spojení – **spojovací a kloubové hřídele**



Obr. 1 Převodná ústrojí automobilu s pohonem všech čtyř kol [1]

2 SPOJKY

Spojka je ústrojí, které slouží ke spojení a přenosu točivého momentu mezi dvěma částmi převodného ústrojí. Vypnutím spojky je zastaven přenos momentu mezi spojenými částmi, což je nepostradatelné k řazení rychlostních stupňů. Postupným zapínáním spojky, spojeným s jejím prokluzováním, je dosaženo plynulého rozjezdu vozidla. Spojka se dělí na část hnací a hnanou a má vlastnost tlumení torzních kmitů motoru. [2] [3]

Dělení spojek podle způsobu spojení: [1]

- **Pevné** – spojují hřídele trvale.
- **Výsuvné** – umožňují přerušování spojení hřídelů.

Dělení podle vzájemného silového spojení: [1] [2]

- **Třecí** – mechanickou, odstředivou nebo elektromagnetickou silou jsou hnací a hnaná část přitlačovány k sobě.
- **Hydraulické** – přenos pohybu je prováděn prostřednictvím hydrodynamických vlastností kapalin.
- **Elektromagnetické** – pohyb se přenáší v elektromagnetickém poli jemným feromagnetickým práškem.

Dělení podle konstrukčního uspořádání: [3]

- **Kotoučové** – někdy nazvané jako suché. Pracují v suchém prostředí a mají jeden, popřípadě dva nebo tři kotouče.
- **Lamelové** – vyšší počet menších kotoučů (lamel) pracujících v oleji.

Dělení podle způsobu ovládnutí: [2]

- **Mechanické** – ovládané řidičem.
- **Automatické** – ovládané elektronickým obvodem řízeným servomechanismem automaticky.

Na spojky vozidel jsou kladeny základní požadavky, které musí splnit, a to přenos většího momentu než je maximální točivý moment motoru, plynulý rozjezd vozidla, spolehlivý přenos momentu, možnost ovládnutí spojky malými silami, dlouhá životnost či nenáročnost obsluhy i údržby.[3]

3 PŘEVODOVKY

„Převodovky slouží ke změně (zpravidla zvětšování) přenášeného točivého momentu a jeho dlouhodobému přerušení („neutrál“) i ke změně jeho smyslu (zpětný chod – couvání). Dosahuje se toho převody, tj. ústrojím, které stupňovitě nebo plynule umožňují změnu rychlostního poměru.“ [2]

Účelem převodovky je zabezpečit základní jízdní funkce vozidla. Spalovací motor má určitý rozsah pracovních otáček. V tomto rozsahu má motor určitý točivý moment, který se mění v závislosti na otáčkách, tj. není konstantní. Točivý moment přinášený z motoru ke hnacím kolům musí být změněn převodovkou, aby byl pohyb vozidla zabezpečen za všech podmínek, které se mohou vyskytnout. Točivý moment přivedený na kola musí být vyšší v případě rozjezdu, zrychlování či stoupání, než při rovnoměrné jízdě po rovině. [1] [3]

Pro rychlou jízdu jsou požadované vysoké otáčky hnacích kol a pro jízdu s nízkou rychlostí nebo při rozjezdu nízké otáčky kol. Převodovka mění otáčky motoru podle potřeby otáček hnacích kol. Tím je zabezpečeno, aby mohl motor pracovat v rozsahu pracovních otáček, kde je schopen dodávat požadovaný výkon. Velkým převodem docílíme nízkých otáček, zatímco malým převodem vysokých otáček hnacích kol. [1]

Aby vozidlo mohlo stát při běžícím motoru, musí být přerušen přenos točivého momentu. Převodovka je v neutrálu – není zařazen žádný rychlostní stupeň. [1]

Převodovka může být vybavena zpětným rychlostním stupněm, aby umožnila změnu smyslu otáčení hnacích kol, tj. couvání vozidla. [1]

Požadavky kladené na převodovky: [3]

- vysoká mechanická účinnost
- malé rozměry a nízká hmotnost
- výrobní jednoduchost
- dlouhodobá spolehlivost a životnost
- nízká úroveň hluku vibrací

ROZDĚLENÍ PŘEVODOVEK

V této podkapitole je uvedeno rozdělení převodovek podle druhů převodů, podle způsobu změny převodového poměru a podle druhu řazení rychlostních stupňů.

Rozdělení převodovek podle druhů převodů: [3]

- **Převodovky s ozubenými koly** – dále se dělí podle uspořádání ozubených kol:
 - Dvouhřídelové
 - Tříhřídelové
 - Planetové
- **Řemenové převody** – mezi řemenice je vložen klínový řemen. Moment je přenášen třením.
- **Třecí převodovky** – převody mají vytvořeny třecími koly.

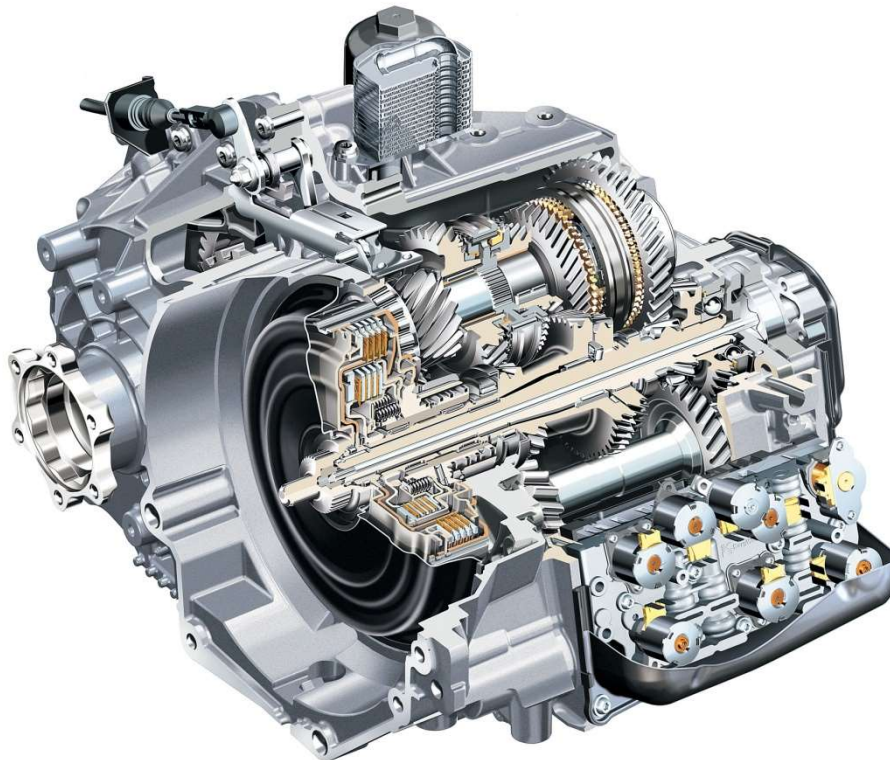
- **Hydrostatické převody.**
- **Hydrodynamické měniče.**
- **Elektrické převody.**

Rozdělení podle způsobu změny převodového poměru: [3]

- **Převodovky stupňové** – do této skupiny patří převodovky s ozubenými koly. Změna převodového poměru je stupňová. Při řazení stupňů se přeruší přenos točivého momentu.
- **Převodovky plynulé** – zde patří moderní řemenové převody, hydrodynamické měniče, hydrostatické převody, elektrické převody. Vyznačují se plynulou změnou převodového poměru.

Rozdělení podle druhu řazení rychlostních stupňů: [3] [2]

- **Převodovky s přímým řazením** – řazení rychlostních stupňů je ovládáno přímo řidičem.
- **Převodovky s nepřímým řazením** – ovládané řidičem prostřednictvím pomocného ústrojí (hydraulické, pneumatické, elektromagnetické...)
- **Automatické** – řazení rychlostních stupňů je automatické podle jízdních podmínek, ale je možnost zásahu řidiče.



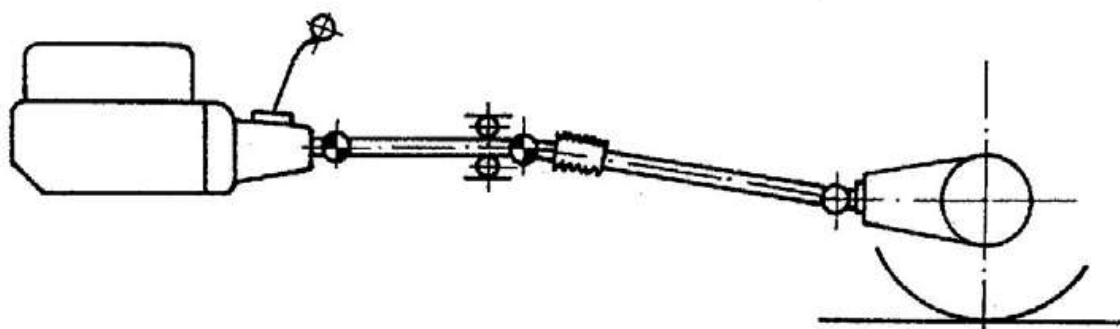
Obr. 2 Řez převodovkou DSG [7]

4 HNACÍ HŘÍDELE A KLOUBY

Kloubové hnací hřídele slouží ke stálému spojení a ke stálému přenosu točivého momentu mezi částí převodného ústrojí. Tyto části jsou od sebe odděleny a nemají souosé hřídele, nebo mění svou vzájemnou polohu. Vyskytují se kloubové hřídele s jedním, dvěma nebo třemi klouby. Nejčastěji používané jsou se dvěma klouby. Na obrázku je znázorněno uspořádání hnacího ústrojí u standardní koncepce – motorem vpředu a zadním pohonem. [2] [3]

Požadavky kladené na kloubové hřídele:

- „Spolehlivý přenos točivého momentu v požadovaném rozmezí výklonu os spojovaných částí.“
- *Synchronní pohyb spojovaných částí.*
- *Klidný chod – kritické otáčky hřídelí musí být vždy vyšší než maximální provozní otáčky.“ [3]*



Obr. 3 Kloubový hřídel se třemi klouby [3]

4.1 PODÉLNÉ HNACÍ HŘÍDELE

Jsou to hřídele pro standardní pohon. Skládají se z tenkostěnné trubky, jejíž přední konec je drážkováním trubky připojen na hnaný unašeč předního kloubu a zadní konec má přivařený k unašeči druhého kloubu. Při vertikálních výkyvech nápravy drážkované spojení umožňuje změnu délky hřídele. [2]

4.2 PŘÍČNÉ HNACÍ HŘÍDELE

„Úkolem příčných hřídelů je přenášet hnací moment z diferenciálu na hnací kola a vyrovnávat přitom rozdíly délek náprav při propružení“ [2]

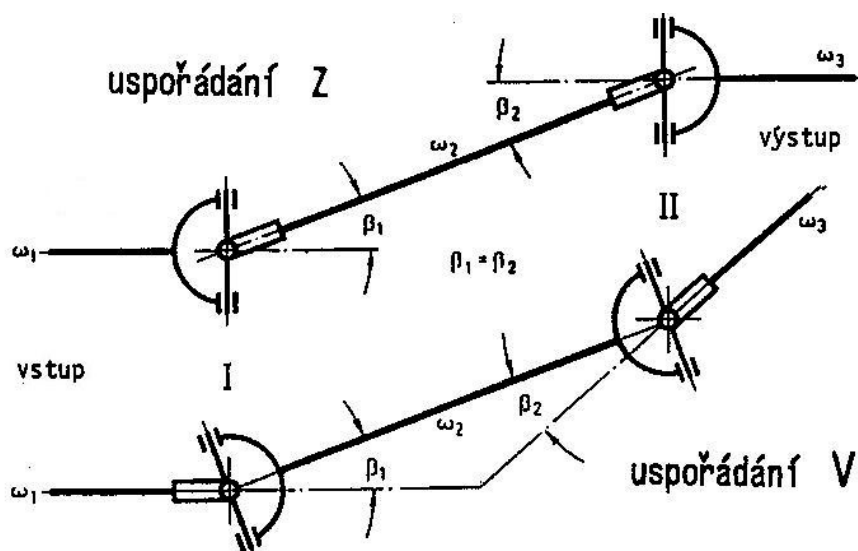
U hnacích hřídelů předních kol se musí brát do úvahy další problémy ovlivňující říditelnost předních kol, aby tyto hnací hřídele splnily výše zmíněný požadavek.

Hnací hřídele předních kol musí splňovat: [2]

- přenášení sil z diferenciálu na kola
- vyrovnání délek při propružení nápravy
- při natočení předních kol do rejdu jejich stejný chod

4.3 HNACÍ KLOUBY

Pro rotační spojení dvou různoběžných hřídelů slouží hnací klouby. Nejstarším konstrukčním prvkem v konstrukci automobilu je sférický mechanismus – křížový (kardanův) kloub. Pro dosažení rovnoměrnosti chodu se používají dva křížové klouby, hnací hřídele se uspořádají do tvaru **Z** nebo **V** a obě vidlice středního hřídele a všechny tři hřídele musí ležet ve stejné rovině. Ze dvou tvarů je nejčastěji používaná forma **Z**. Stejnoběžné klouby se liší křížovým zkráceným spojovacím hřídelem. [2]



Obr. 4 Uspořádání kloubových hřídelů pro odstranění nerovnoměrnosti otáčení [3]

KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ KLOUBŮ U DNEŠNÍCH AUTOMOBILŮ: [2]

Křížové klouby:

- **S úplnou miskou ložiska** – obsahují vyměnitelná ložisková pouzdra
- **S miskovými ložisky** – zalisovaná ložisková pouzdra, bez možnosti demontáže

Stejnoběžné (homokinetické) klouby:

- **Rzeppův-Birfieldův kloub** – jedná se o kloub se šesti kuličkami. Nejrozšířenější homokinetický kloub na světě. Kuličky se odvalují ve vidlicích kloubu po kruhových drahách a přenášejí točivý moment tímto způsobem.

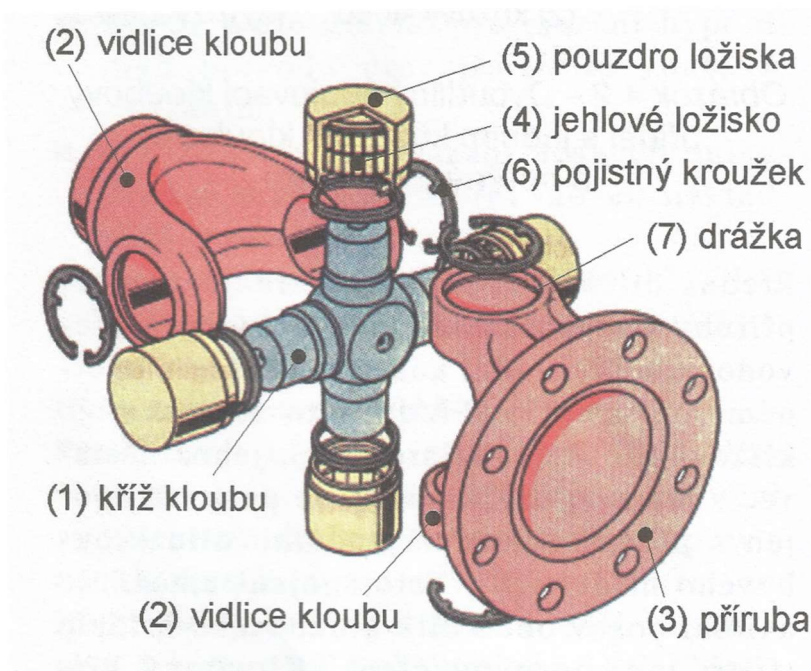
- **Kulový kloub Bendixův-Weissův** – obsahuje čtyři kuličky, které se pohybují v nekoncentrických drážkách a nacházejí se naproti sobě ve vidlicích.
- **Hvězdicový kloub (kloub Tripode, „tripoidní“ kloub)** – je opatřen trojramennou hvězdicí a vyznačuje se dobrou nosností a snadnou montáží.
- **Rychloběžné klouby s posuvem** – vyznačují se vynikající centrovatelností a dlouhým posuvem. Vhodné pro použití na hřídelích s malým přenášeným momentem. Při synchronizaci zvládnou otáčky do 9000 min^{-1} .

Nemazané klouby:

- **Kloubové disky** – spojovacím článkem unašeců je pružný kotouč z tkaniva spojeného pryží. Kvůli vlastnostem, jako jednoduchá výroba, podpora tlumení kmitů, vysoká zatížitelnost, malé rozměry a malá nevyváženost, jsou vhodné pro použití v pohonných jednotkách.
- **Pryžové klouby** – jsou to relativně levné klouby, které nevyžadují žádnou údržbu. Výhodné pro kloubové hřídele s malým vychýlením při provozu. Pryžové klouby jsou schopny tlumit kmitání při rotaci a minimalizovat rázy při rozjezdu a řazení díky své pružnosti.

Kombinace:

- **Elastický kloub** – je kombinací tělesa z tvrzené pryže se dvěma vidlicemi kloubu Tripode. Vyznačuje se tichým chodem a tím, že nevyžaduje údržbu.



Obr. 5 Rozebíratelný křížový kloub [1]

5 ROZVODOVKY

Rozvodovka je ústrojí, které zahrnuje stálý převod hnací nápravy a diferenciál. Tato ústrojí jsou uložena ve skříni rozvodovky. Skříň je součástí mostu hnací nápravy u tuhých náprav, nebo je samostatně upevněna k rámu či karosérii u dělených. [2]

Rozvodovka je částí hnací nápravy a má za úkol: [1]

- **Přenést a zvětšit točivý moment** – aby byl hnací moment přivedený na kola dostatečný pro jízdní podmínky, musí být zvětšen točivý moment na výstupu z převodovky.
- **Snížit otáčky hnacích kol** – chceme-li dosáhnout požadované rychlosti osobního vozidla při daném momentu, otáčky na výstupu z převodovky se musí snížit pomocí stálého převodu.
- **Rozvést točivý moment na kola vozidla** – pokud je motor uložen podélně a hnací hřídele kol jsou vždy umístěny kolmo k podélné ose vozidla, přenos točivého momentu je prováděn kuželovým stálým převodem. Při příčném uložení motoru jsou hřídele paralelně, tedy se může používat stálý převod s čelními ozubenými koly.

5.1 STÁLÝ PŘEVOD

Stálý převod je součástí hnacího ústrojí všech motorových vozidel. Je umístěn nejčastěji spolu s diferenciálem, v blízkosti hnacích kol. Hlavními úkoly stálého převodu jsou snížení otáček hnacích kol a zvětšení točivého momentu přenášeného na kola, aby vozidlo překonalo jízdní odpory. [2] [3]

„Při své činnosti musí stálý převod splňovat následující požadavky:

- *zajistit potřebný převodový poměr*
- *mít malé rozměry*
- *mít nízkou hmotnost*
- *zabezpečit plynulý chod bez rázů*
- *vykazovat nízkou hlučnost*
- *mít vysokou mechanickou účinnost*
- *zajistit dlouhodobou funkční spolehlivost a dlouhou životnost.“ [3]*

Druhy stálých převodů dle druhu ozubení a celkového uspořádání: [1]

S kuželovými ozubenými koly:

- jednoduchý jednostranný převod
- jednoduchý dvoustranný převod nesouosý
- jednoduchý dvoustranný převod souosý

S kuželovými a čelními ozubenými koly:

- dvojnásobný sloučený převod

- vnitřní dvojnásobný dvoustranný převod
- vnější dvojnásobný dvoustranný převod

S čelními ozubenými koly

- jednoduchý jednostranný převod
- dvojnásobný jednostranný převod

KONSTRUKČNÍ PROVEDENÍ STÁLÝCH PŘEVODŮ

Pro získání dlouhodobé provozní spolehlivosti je velmi důležité dosáhnouti dobrého záběru ozubených kol. U osobních automobilů je nejčastěji používáno kuželové soukolí, ale toto soukolí může mít různé provedení.[2]

Přímé zuby jsou citlivé na výrobní a montážní nepřesnosti a deformace při zatížení, z čehož vyplývá, že mají menší únosnost a vyšší úroveň hluku. Na druhou stranu v ozubení vzniknou jen malé axiální síly. Používají se pouze pro soukolí kuželových diferenciálů. [2]

Obloukové zuby – profil zubů je tvořen částí oblouku nějaké křivky, blíží se evolventě. Mají vyšší únosnost, životnost a nižší úroveň hluku. Podle tvaru boční čáry zubů známe ozubení s kruhovými oblouky, paloidní ozubení a ozubení eloidní. [2] [3]

Hypoidní soukolí – běžně se používá u osobních automobilů, hlavně proto, že osa pastorku je pod osou talířového kola. Díky tomu je poloha kloubového hřídele níže, a proto i těžiště vozidla. Hypoidní ozubení je vhodné pro větší zatížení a vyznačuje se tichým provozem. [2] [3]



Obr. 6 Stálý převod s hypoidním soukolím [8]

5.2 DIFERENCIÁLY

Diferenciál, nebo celým názvem diferenciální planetové soukolí je převodné ústrojí, které je součástí rozvodovky. Diferenciál má za úkol umožnit rozdílné otáčky hnacích kol a rozdělit točivý moment na hnací hřídele, nebo mezi nápravy. [3]

ROZDĚLENÍ DIFERENCIÁLŮ

Podle účelu v převodném ústrojí:

- **Nápravové diferenciály**
- **Mezinápravové diferenciály**
- **Ústřední diferenciály**

Podle konstrukčního provedení:

- **Kuželové diferenciály**
- **Čelní diferenciály**
 - **Diferenciály s uzávěrkou**
 - **Samosvorné diferenciály**
 - **Symetrické diferenciály**
 - **Nesymetrické diferenciály**

V dalších částech této práce se budu soustředit na diferenciály. Jedna část se bude zabývat diferenciály všeobecně, jejich popisem funkce a kvalitativních vlastností. Druhá část bude věnována podrobněji samosvorným diferenciálům osobních motorových vozidel.

6 DIFERENCIÁLY

ROZDÍLNÉ OTÁČKY HNACÍCH KOL

Kola mohou mít rozdílné otáčky například v zatáčce, kdy se vnější kolo odvaluje po větším poloměru, tzn. musí překonat delší dráhu. Tento jev se musí brát v úvahu nejen při průjezdu zatáčkou, ale také při nerovnoměrném zatížení kol, při nerovné vozovce, nebo při různém tlaku v pneumatikách. Nepoháněná kola se mohou otáčet různými rychlostmi, tudíž jsou volně otočná. Kdyby byla obě hnací kola na stejném hřídeli, měla by kola stejné otáčky. To by zapříčinilo prokluz některého kola, což je z hlediska životnosti pneumatik a zatížení převodního ústrojí nežádoucí. Dojde také ke zvýšení ztrát výkonu kvůli zvýšení práce při smyku pneumatiky a ke zhoršení jízdních vlastností. Rozdílné otáčky kol zapříčiněné valením těchto kol na nestejných dráhách, například v zatáčkách, jsou vyrovnány pomocí diferenciálního soukolí. V našem případě vyrovnání znamená, že skříň diferenciálu – talířové oko stálého převodu – se otáčí stálými otáčkami, zatímco kola se otáčejí různými, bez namáhání hřídele kol smykovými silami. Ústrojí, které umožňuje požadované rozdílné otáčky, se nazývá diferenciál. [1] [2]

ROZDĚLENÍ TOČIVÉHO MOMENTU NA OBĚ HNACÍ KOLA

Přenést točivý moment na hnací kola je funkcí diferenciálního soukolí. Při běžném uspořádání diferenciálu se točivý moment přenáší pastorkem na talířové kolo, přes skříň diferenciálu na čep satelitu. Pomocí ozubení satelitu se přenáší na planetová kola diferenciálu, která jsou spojena s hnacím hřídelem a přes ně na hnací kola vozidla. Satelity diferenciálu tvoří rovnoramennou páku. Diferenciál rozděluje točivý moment rovnoměrně na hnací kola nezávisle na otáčkách. [1] [2]

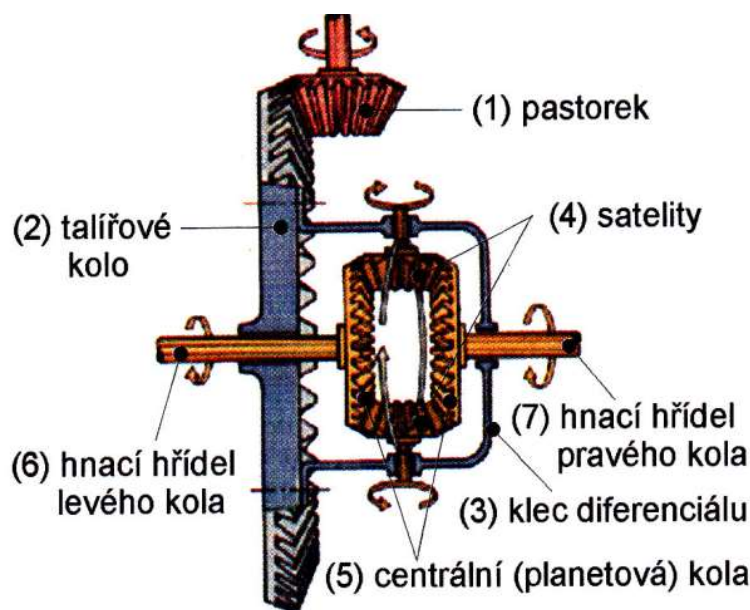
6.1 KUŽELOVÝ DIFERENCIÁL

Kuželový hnací pastorek je v záběru s talířovým kolem. K talířovému kolu je připevněna klec diferenciálu. Klec a čep satelitů jsou spojeny. Na čepch jsou uložena ozubená kola tzv. satelity. Satelity jsou stále v záběru s centrálními koly, která jsou spojena s hřídelem kola. Protože centrální kola jsou spojena satelity, při stálých otáčkách talířového kola může mít jedno centrální kolo o určitý počet vyšší otáčky a druhé kolo o stejný počet nižší otáčky. Provádí se to vzájemným natáčením planetových kol. Když se otáčí celý mechanismus vpřed, jedno kolo je zrychlováno a druhé zpouzdřováno přídavným otáčením. Tato otáčení by znamenala, že planetová kola se točí proti sobě, avšak satelit váže tyto pohyby kupředu, z čehož vyjde, že tato přídavná otáčení jsou stejná, jen smysl mají opačný. Spojení je uvedeno pomocí drážkování nebo použitím posuvného kloubu. U užitkových vozidel se používá křížový čep, ale u automobilů nejčastěji jeden čep se dvěma satelity. [1] [2]

Při jízdě v přímém směru mají obě kola stejnou rychlost, a tedy stejné otáčky. To znamená, že stejné otáčky mají i hnací hřídele a obě centrální kola. Točivý moment se převádí přes pastorek na talířové kolo. S talířovým kolem se otáčí i klec diferenciálu a satelity

na čepech. Satelity spojují centrální kola a klec. Satelity pouze obíhají, mají stejné otáčky jako klec a kolem své osy neotáčejí. Centrální kola a klec mají stejné otáčky. Točivý moment se rozděluje na centrální kola a na kola vozidla. [1]

Když vozidlo vjede do zatáčky, kolo na vnitřní části zatáčky se zpomaluje, a kvůli tomu se zpomaluje jeho hnací hřídel a centrální kolo. Satelity se začnou odvalovat po zpomaleném centrálním kole. Tím se začne urychlovat centrální kolo spojené s kolem na vnější dráze. Satelity vykonávají otáčivý a oběžný pohyb. O kolik se zpomalí kolo vnitřní, o tolik se zrychlí kolo vnější. [1]

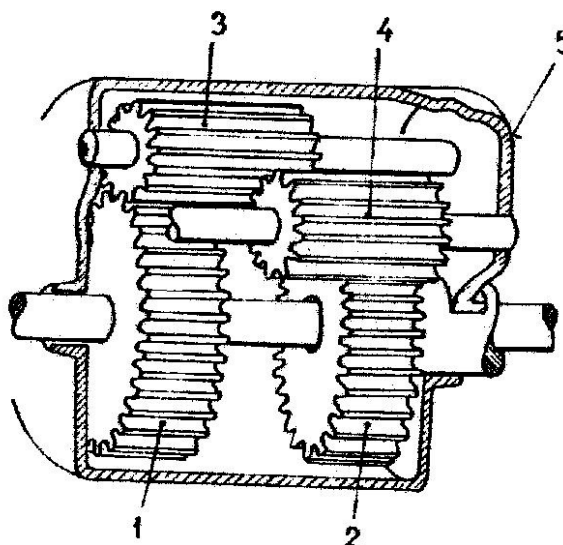


Obr. 7 Schéma kuželového diferenciálu s kuželovým stálým převodem rozvodovky [1]

6.2 ČELNÍ DIFERENCIÁL

Klec diferenciálu je poháněna stálým převodem. V kleci jsou umístěny čepey čelních satelitů s přímým ozubením. Satelity jsou v záběru s centrálními koly, která jsou spojena s hnacími hřídeli. Satelity jsou obvykle čtyři nebo šest. Jedna polovina satelitu je v záběru s jedním centrálním kolem a druhá polovina s druhým satelitem, který je v záběru s druhým centrálním kolem. [1]

Činnost je stejná jako u kuželového diferenciálu. Satelity vykonávají stejný otáčivý i oběžný pohyb při jízdě v zatáčce. [1]



Obr. 8 Schematické znázornění čelního diferenciálu: (1,2) čelní centrální kola, (3,4) satelity, (5) skříň diferenciálu [3]

6.3 ZÁVĚR DIFERENCIÁLU

Závěr diferenciálu má za úkol vyřadit z činnosti diferenciál. Na klzké vozovce, na měkkém terénu nebo na ledě je působení diferenciálu nežádoucí. Diferenciál umožní otáčení kol s odlišnou rychlostí. Prokluzující kolo se může otáčet s dvojnásobnými otáčkami, přičemž se druhé kolo zastaví. Není schopno přenášet dostatečnou hnací sílu a využívat výkon motoru na pohyb stroje. V takovém případě je nutno vyřadit diferenciál z činnosti, a to s pomocí závěru diferenciálu. [1]

7 SAMOSVORNÉ DIFERENCIÁLY

Obsluha uzávěrky diferenciálu komplikuje řízení vozidla. Proto se u některých vozidel používají samosvorné diferenciály. Při jízdě po vozovce s dobrou adhezí funguje obyčejně kuželový nebo čelní diferenciál. Když se začne jedno kolo otáčet rychleji než druhé, nebo začne prokluzovat, zvýší se tření v samosvorném diferenciálu, které neumožní volné protáčení kol vůči sobě, ale jen určitý rozdíl otáček kol. [1] [3]

Podle konstrukčního provedení se samosvorné diferenciály dělí na: [3]

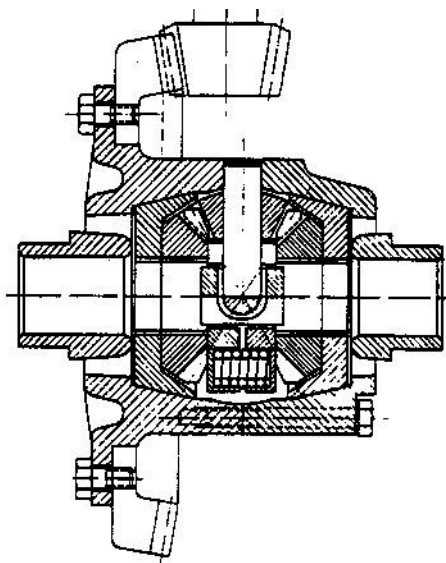
- **Vačkové diferenciály.**
- **Diferenciály se zvýšeným třením,**
- **Automatické diferenciály**

7.1 KUŽELOVÝ DIFERENCIÁL S PŘÍDAVNÝMI TŘECÍMI ČLENY

Nejčastěji používaným diferenciálem je kuželový. Ke zvýšení svornosti se do soustavy přidávají různé třecí elementy. Přítlačná síla může být konstantní, nebo úměrná momentu přenášenému. [4]

7.1.1 BORG WARNER

Diferenciál Borg Warner využívá kuželové třecí spojky ke zvýšení činnosti diferenciálu. Prstence kuželů jsou spojeny s hřídeli kol drážkováním. Kuželové plochy spojky dosedají na obrobenou klec. Přidané vinuté pružiny, působící na planetová kola, vytvoří třecí moment spolu s axiálními silami v záběru kuželových kol. [2] [4]



Obr. 9 Samosvorný diferenciál Borg Warner [3]

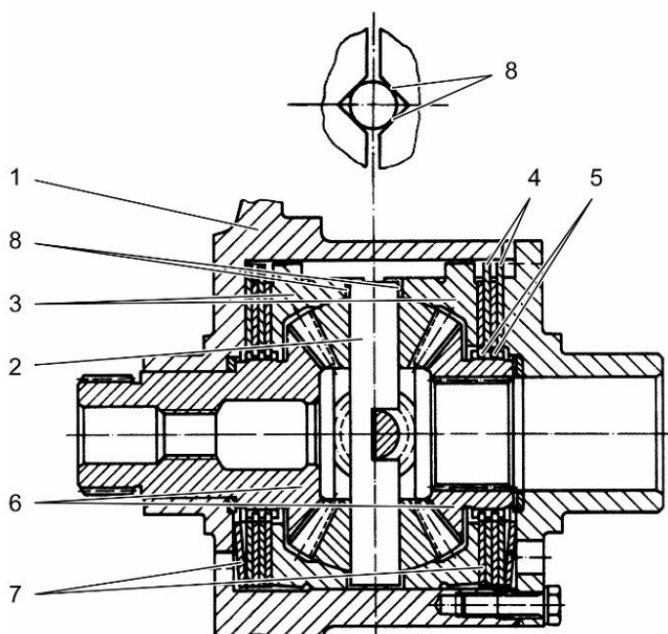
7.1.2 SVORNÝ DIFERENCIÁL MERCEDES-BENZ 190

Vícemelové spojky, na zvýšení svornosti, jsou umístěny mezi skříní a planetovými koly. Ovládání je stejné jako u diferenciálu Borg Warner. V případech, kdy je potřebná konstantní nenulová svornost, je použita talířová pružina k zabezpečení předpětí. [4]

7.1.3 LOK-O-MATIC

Je dalším typem kuželového diferenciálu, který využívá lamelové spojky ke zvýšení svornosti. Svornost závisí pouze na velikosti přenášeného momentu, nebo na přítlaku použité talířové pružiny. Tento přítlak způsobí konstantní třecí moment, který nezávisí na přenášeném momentu. Zajištění malé stálé svornosti je výhodou při jízdě na neoptimálních površích, ale na druhou stranu je nežádoucí například při pomalé jízdě zatáčkou nebo při parkování. Lamelové spojky jsou rovnoměrně rozmístěné na obou stranách klecí. Čep přenáší točivý moment na přítláčné kroužky. Axiálně posuvné kroužky se otáčejí spolu s klecí. Čep satelitu je uzavřen mezi kroužky v klínové drážce. Obvodová síla působící na skříně diferenciálu při přenosu točivého momentu vytlačuje čep z drážky – vzniká axiální síla, která odtlačuje kroužky ke spojkám. Spojky jsou z jedné strany spojeny s klecí, z druhé strany s planetovými koly s drážkami. Vzniklé tření snižuje rozdíl rychlosti otáčení výstupních hřídelů. Třecí moment je přímo úměrný přenášenému momentu. [2] [4]

Legenda: 1 – Klec, 2 – Čep satelitů, 3 – Přítláčné kroužky, 4 – Vnější lamely, 5 – Vnitřní lamely, 6 – Planetová kola, 7 – Talířová pružina, 8 – Klínová drážka



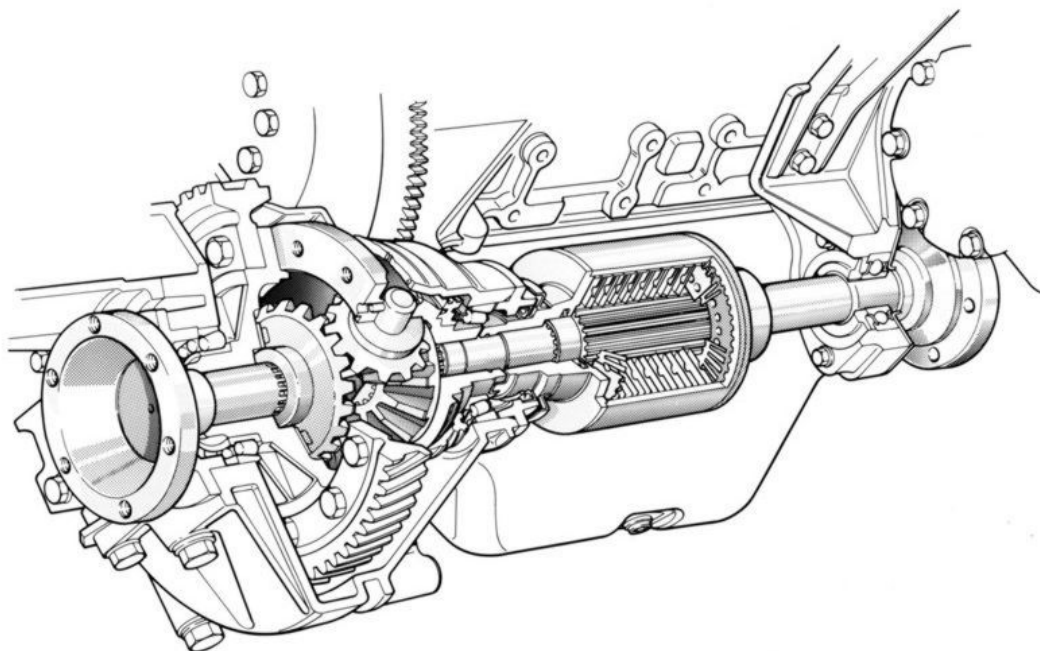
Obr. 10 Diferenciál Lok-o-matic. Horní polovina diferenciálu bez předpětí, spodní polovina s předpětím talířovými pružinami [4]

7.2 DIFERENCIÁLY S KAPALINOVÝM OVLÁDÁNÍM SVORNOSTI

Tato podkapitola se zabývá diferenciály, které využívají kapalinové tření ke zvýšení jejich svornosti. Diferenciály, využívající kapalinové tření, mají proměnnou svornost. Hodnota svornosti nezávisí na velikosti přeneseného točivého momentu, ale na rozdílu úhlové rychlostí. Jsou to diferenciály samočinné – nepotřebují vnější energii na přeměnu své charakteristiky. [4]

7.2.1 DIFERENCIÁLY S VISKÓZNÍ SPOJKOU

Skříň tohoto diferenciálu obsahuje nejen diferenciál mechanický, ale jeho funkčnost je podporována pomocí viskózní spojky. Výstupní členy jsou unášeč a planeta, přičemž je poháněno korunové kolo – jedná se o nesymetrický mezinápravový diferenciál. Mezikus diferenciálu je spojen drážkováním s vnitřními lamelami a uvnitř jsou rotačně uloženy vnější lamely. Je dále spojen s unášečem planetového soukolí a na něm je nasazeno planetové kolo. Pokud dojde k rozdílu otáček na hřídelích, unášeč a planetové kolo se otáčejí proti sobě, a tím unáší paket lamel spojky. Uvnitř spojky, mezi lamelami, vzniká odpor proti relativnímu otáčení, což je vyvoláváno tlakem kapaliny. Dojde k zvýšení točivého momentu přenášeného i při dlouhotrvajícím protáčení výstupních hřídelů – má vlastnosti diferenciálu se 100 % závěrem. Nevýhodou tohoto typu diferenciálu je neschopnost ovládnutí řidičem, tudíž zůstane uzavřen až do poklesu tlaku uvnitř. Tento stav může způsobit vznik parazitních sil. Z jiného pohledu dosahování svornosti až do 100 %, a to postupně, je značnou výhodou. [4] [6]



Obr. 11 Diferenciál s viskózní spojkou [9]

7.2.2 DIFERENCIÁLY S HYDROSTATICKÝM OVLÁDÁNÍM SVORNOSTI

Tyto typy diferenciálů jsou využívány jako mezinápravové. Ozubení slouží jako čerpadlo generující moment na kolech. Diferenciál se skládá z planetového kola, obvykle ze tří satelitů, unašeče a z korunového kola. Unašeč u tohoto typu slouží jako skříň čerpadla. Jako vstupní člen slouží unašeč a výstupní jsou planeta a koruna. Planetové kolo a satelity jsou utěsněné unašečem – planetové soukolí. Planetové soukolí pracuje jako čerpadlo zubové. Olej je přiváděn do systému korunovým kolem a unášen mezi vnějším průměrem unašeče a hlavovým průměrem korunového kola. Kvůli rozdílným otáčkám výstupních hřídelů, se korunové kolo a planetové kolo proti sobě otáčejí a olej je veden zubovými mezerami k záběru planetového kola a satelitů. Tlak oleje uvnitř skříně vyvolává síly v záběru. Tyto síly působí na rameno vůči středu ozubených kol – vznikají hydrostatické momenty. Vzniklé momenty působí proti směru otáčení kol. [4]

7.2.3 DIFERENCIÁLY S LAMELOVOU SPOJKOU A ČERPADLEM

Visco-Lok

Tento typ diferenciálu je používán od roku 2000. Byl vyvinutý ve spolupráci značky BMW se společností GKN Viscodrive GmbH. Diferenciál se skládá z obyčejného kuželového nápravového diferenciálu a ze spojky Visco-Lok. Tato spojka je umístěna mezi jedním planetovým kolem a klecí diferenciálu a je spojena čerpadlem, které ovládá přítlačnou sílu. Čím je rozdíl uhlové rychlosti větší, tím má čerpadlo větší otáčky a tím je větší jmenovaná přítlačná síla na lamely spojky – větší svornost. Tato soustava je ještě doplněna talířovou pružinou, což zapříčiní stálý přítlak na spojku – diferenciál má stálou nenulovou svornost. V současnosti není BMW jedinou značkou, která vybavuje své automobily diferenciálem Visco-Lok, dokonce i čtyřkolky některých značek, jako například Outlander, jsou vybaveny Visco-Lokem. [4] [6]



Obr. 12 Diferenciál se spojkou Visco-Lok [10]

7.3 ŠNEKOVÝ DIFERENCIÁL

Tento typ diferenciálu patří mezi symetrické diferenciály. Nízká účinnost záběru šnekového soukolí způsobuje sníženou vlastní účinnost diferenciálu. Soukolí se skládá ze šnekového kola a šneku. [4]

Výhody:

- schopnost přenášení vysokých výkonů
- dosahovat vysoké převodové poměry v jednom stupni

Nevýhody:

- velký skluz v ozubení
- vyšší ztráty třením
- dražší a náročnější výroba
- kratší životnost

Úhel stoupání, počet zubů a tvar šneku a šnekového kola ovlivňují účinnost záběru. Účinnost soukolí klesá s klesajícím počtem zubů šneku. Kdyby měl válcový šnek jeden zub, v soukolí by ztratil 30 % energie působením tření v ozubení. Šnekové převody s globoidním šnekem mají vůči válcovým šnekům 2–3 krát větší únosnost. Ztráty u těchto typů soukolí jsou okolo 10 %. Třecí moment závisí na přenášeném točivém momentu u šnekového diferenciálu. Klec (vstupní člen) unáší šnekové satelity. Šneková kola jsou rovnoměrně rozmístěna po obvodu. Čtyři šneková kola jsou v záběru se čtyřmi globoidními šneky. Globoidní šneky pohání planetová výstupní kola.[4]

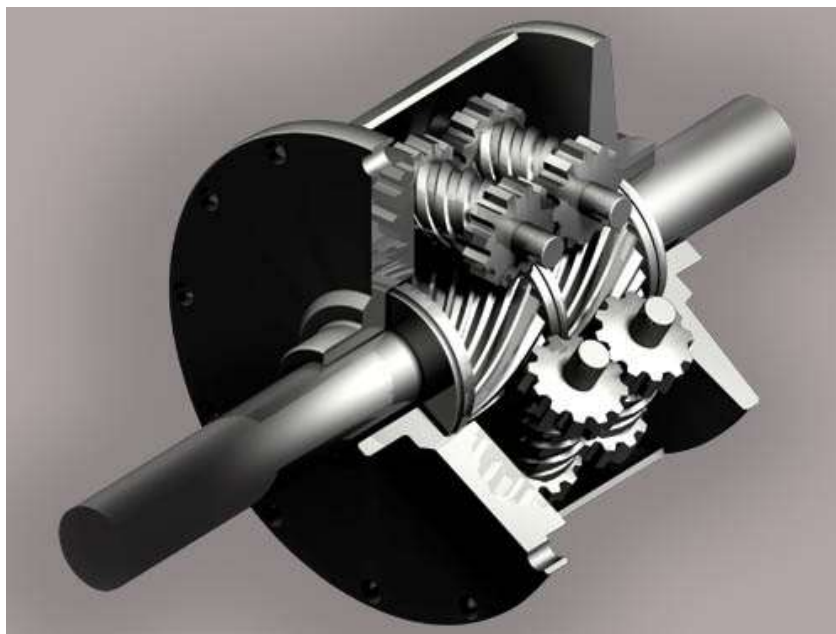
7.4 DIFERENCIÁLY TORSEN

V této kapitole následuje popis diferenciálu Torsen. Konstrukce prvního typu tohoto diferenciálu se podobá šnekovým diferenciálům. Slovo Torsen se skládá ze dvou výrazů, a to Torque Sensing, což v podstatě znamená snímání momentu. Velikost třecího momentu závisí na velikosti vstupního točivého momentu. Patenty původního typu A zakoupila společnost Gleason Corporation v roce 1982 od původního majitele Verna Gliessmana. Tento diferenciál byl používán v americkém vojenském vozidle AM General HMMWV v roce 1983. V současnosti se s ním setkáváme v mnoha terénních a osobních automobilech. [4]

7.4.1 TORSEN TYP A (TYP 1)

Klec diferenciálu je poháněna stálým převodem. Šneková kola, kterých je šest, se otáčejí spolu s klecí na čepech. Čepy šnekových kol jsou pevně ukotvené v klecí. Šneková kola mají k čelům připevněna ozubená kola. Ozubená kola s přímým čelním ozubením dvou souběžných šnekových kol do sebe zabírají. Jedním šnekem jsou v záběru tři šneková kola, rovnoměrně rozložená po obvodě diferenciálu. Výstupní hřídele jsou spojeny s diferenciálem přes drážkování dutých šneků. Šneky se vzájemně opírají a jsou axiálně zajištěny. [4] [5]

Pohybuje-li se vozidlo rovně a vozovka má dobrou adhezi, celý diferenciál se otáčí jako jeden celek. Pokud vozidlo vjede do zatáčky nebo se pohybuje na klzkém povrchu, začínají se šneky výstupních hřídelů otáčet s různými rychlostmi. Výsledkem toho mají i šneková kola rozlišné otáčky, které jsou s nimi v záběru a čelní ozubená kola se po sobě začnou odvalovat. Důsledkem toho se části pod zatížením budou otáčet různými rychlostmi. Záběr šnekových kol má nízkou účinnost. Ztráty v záběru šnekových kol se šneky, v záběru čelních ozubených kol a tření mezi klecí diferenciálu a čel šneků snižují vlastní účinnost. Točivé momenty nejsou rozděleny rovnoměrně mezi výstupy. Vlastní účinnost (svornost) tohoto diferenciálu se pohybuje mezi 20 až 60 % podle požadavků. Nastavenou svornost již měnit nelze. Protože velikost třecího momentu závisí na přenášeném momentu, když jej snížíme, svornost zaniká. Kvůli této vlastnosti může diferenciál Torsen efektivně pracovat i při používání protiblokovacích brzdových systémů ve vozidle. [4] [5]

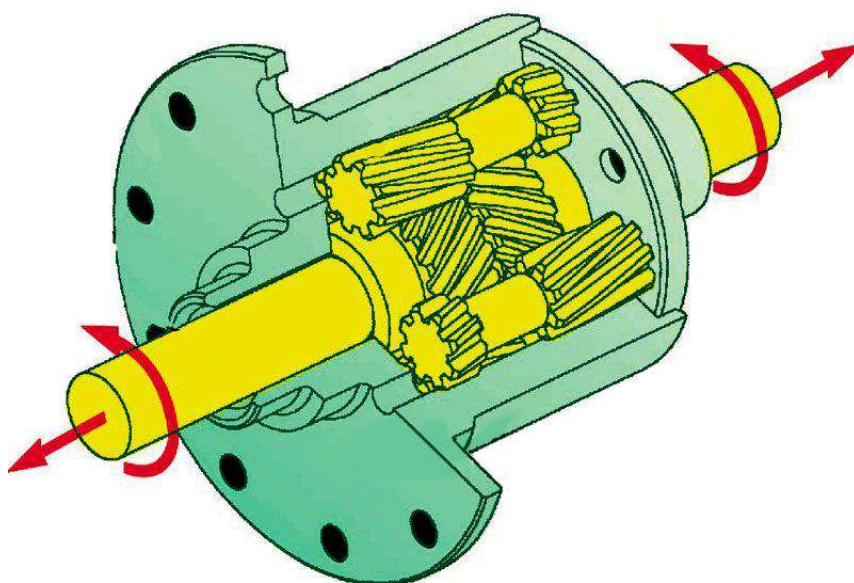


Obr. 13 Diferenciál Torsen typ A [11]

7.4.2 TORSEN TYP B (TYP 2)

Tento typ diferenciálu se konstrukčně podobá diferenciálu typu A, popsanému v předcházející kapitole, ovšem v tomto případě jsou čelní ozubená kola se šikmým ozubením, respektive ozubená kola s ozubením patentovaným pod názvem Equivex™, nahrazující šneky a šneková kola. V kleci diferenciálu, ve výřezech, leží dvojice spoluzabírajících satelitů bez čepů. Dvojice satelitů jsou rovnoměrně rozděleny po obvodu kleci. Satelity jsou vzájemně v záběru mezi sebou a každý s jedním planetovým kolem. Vstupním členem diferenciálu je klec a výstupními členy jsou planety. Šikmé čelní ozubení způsobí, že vznikají axiální síly při záběru, které přitlačují plovoucí satelity a planetová kola na třecí kroužky. Zdroje zvýšené svornosti u tohoto typu jsou dotek boků planetových kol a boků satelitů o klec diferenciálu, tření v záběru šikmého čelního ozubení a tření hlavových průměrů satelitů o výřezy, nacházející se v kleci diferenciálu. [4] [5]

Svornost diferenciálu Torsen typ B se pohybuje v rozmezí od 16 do 50 %. Svornost se dá nastavit při výrobě počtem satelitových dvojic, návrhem geometrie (úhel šikmého ozubení) či přidavnými třecími kroužky. Může být využíván jako nápravový i mezinápravový diferenciál kvůli rovnoměrnému rozdělení točivého momentu při jízdě v přímém směru. [4] [5]



Obr. 14 Diferenciál Torsen typ B [12]

7.4.3 TORSEN TYP C (TYP 3)

U tohoto diferenciálu, Torsen typ C, se vlastně jedná o planetový dělič momentu, jinak řečeno o nesymetrický planetový diferenciál. Jedná se o klasické uspořádání planetového soukolí, které se skládá z planetového kola, korunového kola, satelitů a unášeče. Satelity jsou v tomto případě uloženy podobně jako u typu B, bez čepů jsou umístěny ve výřezích v rameni unášeče – plovoucí satelity. Při rotaci satelitu v unášeči, a mezi výřezy tělesa unášeče a vnějším obvodem satelitu vzniká tření. Toto uložení zvyšuje svornost diferenciálu. Kromě předem zmíněného tření satelitů vůči unášeči, svornost zvyšuje i tření v záběru šikmých zubů soukolí. Šikmé ozubení zapříčiní vznik axiálních sil v soukolí. Vzniklé axiální síly přitlačují volně uložené planetové kolo ke třecím kroužkům. Vyladění vnitřní účinnosti podle požadavků a podle účelu používání osobního motorového vozidla je podobné jako u typu B a je možné počtem satelitů, tvarem třecích kroužků nebo navrhovanou geometrií ozubení. Když je potřeba, diferenciál může být vybaven závěrem. [4] [5]

Diferenciál Torsen typ C nebo rozdělovací převodovka tohoto typu byly poprvé používány v sériové výrobě v roce 2003 u vozidla Land Cruiser od světově známé značky

Toyota. Mezinápravový diferenciál ve voze Land Cruiser funguje tak, že při jízdě v přímém směru a bez prokluzu, je točivý moment rozdělen mezi přední a zadní nápravou v poměru 40 a 60 %. Při prokluzu jedné z náprav, při pohonu motorem, klesne vlastní účinnost diferenciálu a změní se poměr momentu mezi nápravami. Při brzdění motorem se smysl momentu obrátí a výsledkem toho i směr sil působících uvnitř diferenciálu. Změní se i rozdělení točivého momentu. [4]



Obr. 15 Diferenciál Torsen typ C [5]

7.5 DIFERENCIÁLY BEZ OZUBENÝCH KOL

Jak jsme zvyklí, přenos točivého momentu u diferenciálů osobních automobilů je úlohou ozubených kol, avšak to není v každém případě pravda. V této kapitole následuje popis speciálního typu mechanismu, kdy kotouče se speciálními váčkovitými výstupky nahrazují planetová kola. Nejčastěji se používají např. ve čtyřkolých motorkách. Diferenciály bez ozubených kol mají jednu velkou výhodu, a to jednodušší mechanismus vůči jiným typům svorných diferenciálů. Na druhé straně nevýhodou je větší hlučnost. [4]

VÁČKOVÝ DIFERENCIÁL S POSUVNÝMI KAMENY

Konstrukce váčkového diferenciálu s posuvnými kameny se skládá z klece a dvou výstupných kotoučů, mezi které jsou vloženy axiálně posuvné kameny. Výstupné kotouče mají váčkový profil, po kterém se kloužou kameny. Točivý moment je přiváděn na klec diferenciálu, čím jsou unášeny jmenované kameny. [4]

Pokud automobil pojíždí zatáčkou, vnější kolo má tendenci otáčet se rychleji. Kotouč, spojený s vnějším kolem se otáčí rychleji než kotouč, který je spojený s vnitřním, vůči střední rychlosti klece. Kámen je odtlačován směrem k rychlejšímu váčkovému kotouči. Když dosáhne druhého kotouče, náběžná hrana výstupku druhého kotouče začne kámen odtlačovat do opačného směru zpátky. Tento jev skončí, když se oba kotouče, a proto i obě kola otáčejí

stejnou rychlostí. Ke tření dochází mezi kameny a váčkové profily kotouče a mezi přilehlé kameny na bocích. Vše je u tohoto diferenciálu vytvořeno tak, aby docházelo k dotyku co nejvíce ploch při odlišných otáčkách výstupů. [4]



Obr. 16 Výstupní kotouč váčkový diferenciálu s posuvnými kameny [13]

7.6 DIFERENCIÁLY S VNĚJŠÍM OVLÁDÁNÍM SVORNOSTI

V této kapitole následuje popis diferenciálů, které se v konstrukci podobají svorným diferenciálům popsaným v předešlých kapitolách, které ke zvýšení svornosti využívaly tření v záběrech, nebo kapalinové tření. Přenášený moment na kolo se měnil v závislosti na rozdílu otáček, nebo na přenášeném momentu na výstupní hřídele. Tyto diferenciály obsahují též třecí elementy, jen přítláčná síla na lamely spojky bude řízena elektronickou řídicí jednotkou. Tato řídicí jednotka ve spolupráci s ostatními elektronickými systémy a podle dynamiky jízdy zastavuje svornost a velikost přenášeného momentu výstupními hřídeli. [4]

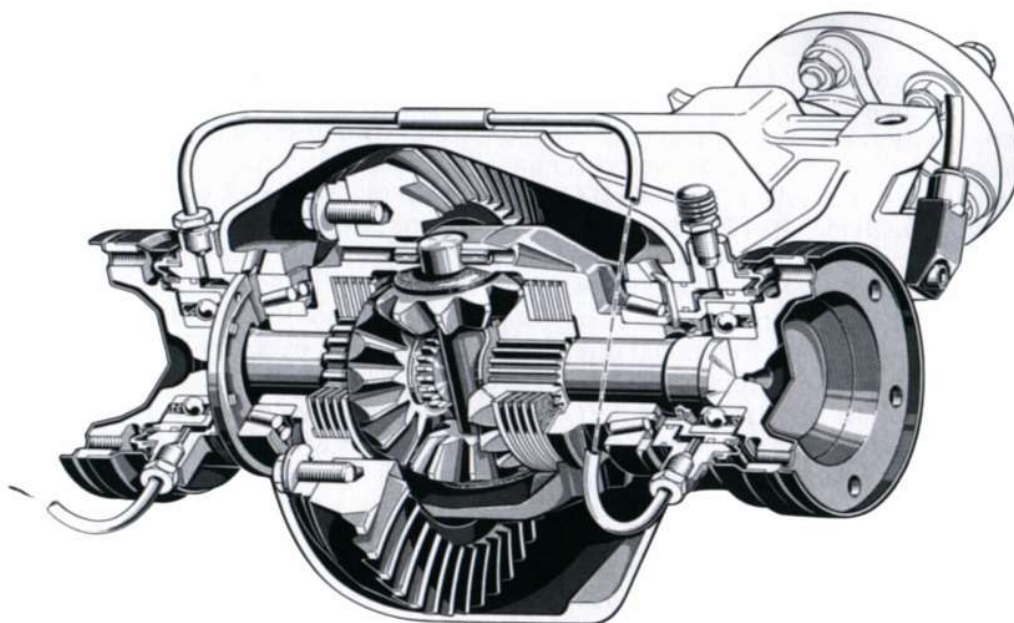
7.6.1 MERCEDES-BENZ ASD

Automatisches Sperrdifferenzial, zkratkou ASD, v češtině podstatě znamená svorný diferenciál s automatickým ovládním svornosti. Byl vyvinutý legendární stuttgartskou značkou Mercedes-Benz pro první generace vozidel pohonem 4Matic. Cílem bylo vyvinout systém, který pracuje bez zásahu řidiče, neovlivňuje rozložení brzdících sil a dynamiku vozidla při brzdění. Konečný diferenciál ASD se podobá kuželovému svornému diferenciálu s lamelovou spojkou, avšak v tomto případě se jedná o hydraulicky ovládané spojky. Axiálně posuvný paket vnějších lamel je uložen v drážkách kleci, zatímco vnitřní paket je spojen drážkováním s planetovými koly. [4] [6]

Když se začnou planety výstupních hřídelů otáčet různými rychlostmi, v záběru planet a satelitů vzniknou síly. Axiální síla působí na planety a tlačí je směrem k lamelovým

spojkám. Lamelová spojka je z hlediska svornosti diferenciálu navržena tak, aby pouze působením sil v záběru ozubených kol mohl diferenciál pracovat se svorností až do 35 %. U vnějších lamel jsou umístěny hydraulickým tlakem ovládané písty. Písty působí na hnací hřídele přes vnější kuličková ložiska a tlačí hřídele směrem ven z diferenciálu. Tato zvýšená přítlačná síla působící na lamely spojky a dovolí dosáhnout svornosti diferenciálem až do 100 %. [4] [6]

Tlak hydraulického systému je prováděn čerpadlem s radiálními písty. Čerpadlo je uloženo v motorovém prostoru v krytu řemenice klínového řemene motoru a je poháněno spalovacím motorem auta. Hydraulická ovládací jednotka obsahuje magnetický ventil, zpětný ventil a zásobník. Membránový zásobník je plněn tlakovým olejem, který je odebírán čerpadlem z olejové nádržky. Ze zásobníku tlakového oleje je veden přes magnetický ventil k lamelám spojky diferenciálu. Použitím zásobníku tlakového oleje je energetická náročnost systému snížena, protože čerpadlo se musí zapnout pouze v případě, poklesne-li velikost tlaku v zásobníku pod určitou hodnotu. Umožňuje také rychlejší ovládní diferenciálu. Od okamžiku, kdy se elektronická jednotka podle dynamiky jízdy rozhodne o zvýšení svornosti, může být diferenciál uzavřen již za 200 ms. Už 2 km/h rozdíl střední rychlosti přední a zadní nápravy může vyvolávat zásah jednotky. Hydraulický systém se vypne při brzdění vozidla a při rychlosti nad 35 km/h. [4] [6]

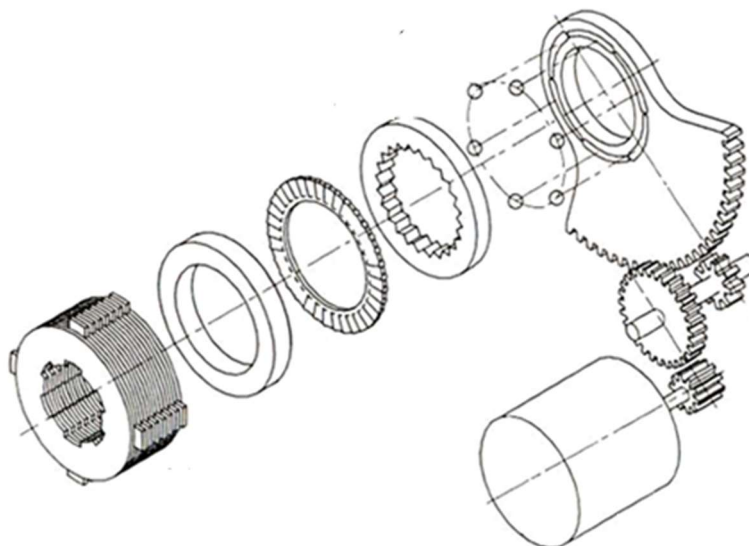


Obr. 17 Hydraulicky ovládaný kuželový svorný diferenciál Mercedes-Benz ASD [4]

7.6.2 ELEKTROMECHANICKY OVLÁDANÝ DIFERENCIÁL ZF, GKN POWERLOCK II

Jedná se o elektromechanicky ovládaný diferenciál s váčkovým mechanismem, kterým je vybavena například zadní náprava třetí generace vozidla Discovery, značky Land Rover. Jako základ slouží kuželový diferenciál, který je doplněn elektromechanicky ovládanou lamelovou spojkou. Vnitřní lamely spojky jsou nasazeny na drážkování jednoho planetového kola, zatímco vnější lamely jsou v kleci uloženy rotačně. Elektromotor natáčí ovládací kotouč s váčkovým mechanismem (kuličky v drážkách ledvinovitého tvaru). Výstupní kotouč je

pouze axiálně posuvný. Natočením vstupního kotouče se ve výstupním kotouči přemění rotační pohyb na posuvný a začne působit axiální síla. Výstupní kotouč je spojen s přítlačným kotoučem lamelové spojky přes jehlové ložisko. O velikosti přítlačné síly rozhoduje řídicí jednotka. [4] [6]



Obr. 18 GKN Powerlock II elektromechanický ovládací mechanismus [14]

7.6.3 EGERODISC-II + E-DIFF + GERODISC LSD

EGerodisc je diferenciál se zubovým čerpadlem ovládanou spojkou. V EGerodisc-II je tento diferenciál doplněn elektronicky ovládaným tlakovým ventilem. Tlakový olej je veden k pístu spojky přes řízený ventil. Tlak oleje a tím i přítlačná síla na lamely závisí na stupni uzavřenosti ventilu. [4]

7.7 EDS

Systém ABS/ASR nahradí činnost závěru diferenciálu. To je možné, pokud je protáčející se kolo brzděno dostatečně velkou silou nezávisle na řidiči. Prostřednictvím diferenciálu pak vznikne dostatečná hnací síla pro pohyb vozidla. Tato jednotka se nazývá EDS, avšak už se nejedná o skutečný diferenciál. [6]

V roce 1992 společnost Continental Teves navrhla systém ABS a EDS pro použití ve vozidlech VW Golf. Jedná se o spolupráci hydraulického systému ABS a brzdových komponentů. EDS je vedlejší funkce asistenčního systému ABS. Zasahuje řízeným brzděním hnacích kol, což má podobný účinek jako zavřený diferenciál. Při zásahu EDS má elektromotorem poháněné čerpadlo brzdové kapaliny nižší otáčky, z čehož plyne, že i kapalina má nižší tlak. [6]

Když je jedno hnací kolo na hranici proklouznutí kvůli nízké adhezi vozovky, ale rychlost vozidla je nižší než 40 km/h, snímač otáček kola to signalizuje. EDS signalizuje zásah elektromagnetických ventilů u kol, které se neotáčí a zapíná hydraulické čerpadlo.

Zavírají se brzdové válečky neproháněných kol a zvyšuje tlak u válečků protáčejících se kol. Důsledkem toho se tato kola brzdí. Ventily EDS se chrání vůči nadměrnému zvýšení tlaku. Dva ventily, fungující na základě rozdílu tlaku, zajistí postupný zásah systému EDS. Brzdný tlak je omezen na hodnotu 70 bar. Nad touto hodnotou brzdna kapalina teče zpátky do nádržky. Systém má vlastní diagnostiku. Při chybě provozu se vypne, ukáže se indikace poruchy a uloží se kód chyby. [6]

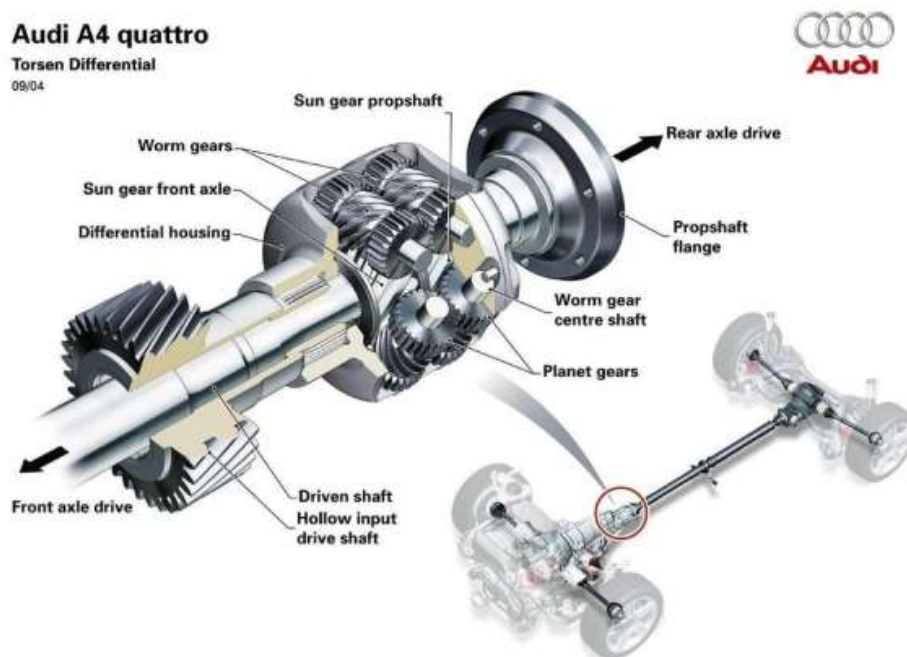
7.8 MEZINÁPRAVOVÉ DIFERENCIÁLY

Při zatáčení se vzhledem k větším poloměrům zatáčení předních kol, tyto kola otáčejí rychleji než zadní. Aby nedošlo ke zbytečnému namáhání hnacího ústrojí, je používán mezinápravový diferenciál. Vozidla se stálým pohonem všech kol jsou opárena mezinápravovým diferenciálem k vyrovnání rozdílu otáček mezi nápravami. Mezinápravový diferenciál má za úkol rozdělit hnací moment na kola přední a zadní nápravy. K zablokování se používají viskózní spojky nebo diferenciály s uzávěrkou působící v závislosti na momentovém toku. [2]

Při prokluzu předních nebo zadních kol řídicí jednotka na základě signálu z čidla otáček kol zablokuje mezinápravový diferenciál elektronicky ovládanou vícelamelovou spojkou. [2]

Jako centrální diferenciál se také používá samosvorný diferenciál šnekového provedení Torsen. Využívá fakt, že šnekový převod může přenášet sílu pouze ze strany šnekového kola. Šnek roztáčí šnekové kolo, ale šnekové kolo nemůže šnek roztočit. [2]

Diferenciál Torsen se sloužil jako mezinápravový diferenciál ve vozidlech B5 Passat a Phaeton značky VW se stálým pohonem všech kol 4Motion a ve vozidlech Audi s označením Quattro. [2]



Obr. 19 Mezinápravový diferenciál ve vozidle Audi A4 [15]

8 SHRnutí A VLASTNÍ HODNOCENÍ

V této kapitole následuje shrnutí pozitivních a negativních vlastností a uvedení vlastního názoru o diferenciálech osobních automobilů.

Vzhledem k jednoduchosti jeho konstrukce a fungování, je nejrozšířenější diferenciál kuželový, který může být namontován jako nápravový i mezinápravový. Čelní diferenciál v porovnání s kuželovým má menší vnější průměr klece, avšak je delší. Používá se, když se kvůli rozměrům nemůže použít čelní diferenciál. Oba diferenciály se vyznačují vysokou účinností, únosností a životností.

Otevřené diferenciály mají tu nevýhodu, že dovolují relativní protáčení kol, což je v zatáčce na vozovce s dobrou adhezí žádoucí, ale při jízdě na kluzké vozovce nebo v terénu nevýhodné. Otevřený diferenciál prokluzujícím kolu povolí vyšší otáčky a nelze přenášet dostatečnou hnací sílu na vozovku. Proto se otevřené diferenciály vybavují nějakým systémem na zvýšení tření, tj. zvýšení svornosti.

Samosvorné diferenciály vybavené třecími spojkami mají nevýhodu v opotřebením lamel spojky. Opotřebením snižuje svornost, úplným opotřebením dostáváme vlastně otevřený diferenciál s nulovou svorností a je nutnost repasování.

Diferenciály s viskózní spojkou využívají stříh kapaliny ke zvýšení svornosti. Spojka a s ní i diferenciál zůstanou uzavřeny až do poklesu tlaku kapaliny uvnitř spojky, až do doby, kdy už možná není potřeba, což zbytečně namáhá soustavu.

U šnekového diferenciálu Torsen záběrem šnekových kol a šneků vnikají ztráty, skluz v ozubení snižuje životnost diferenciálu. Nevýhodou je i dražší výroba šnekového soukolí.

Podle mého názoru je nejgeniálnějším provedením samosvorného diferenciálu právě Torsen. Tření vznikne pouze v záběru kol bez přídavných třecích členů a bez vnějšího řízení. K sevření využívá vlastnost záběru šneků a šnekového kola. Zatímco ostatní samosvorné systémy dovolují určitý prokluz, u Torsena je sevření okamžité.

Diferenciály s vnějším ovládním svornosti spojují výhody otevřeného a samosvorného diferenciálu a mohou dosáhnout svornosti až do 100 %. Obsahují třecí elementy, ale velikost přítláčné síly na tyto elementy je řízena elektronicky. Výhodou je ovládním svornosti v závislosti na jízdních podmínkách podle vyhodnocení více faktorů dynamiky jízdy. Nevýhodou je složitější systém, což vede k vyšší pravděpodobnosti výskytu závad.

ZÁVĚR

Tato bakalářská práce je vypracována na téma diferenciály osobních automobilů. Má rešeršní charakter a cílem bakalářské práce bylo vytvořit přehled diferenciálů osobních automobilů se zvláštním zřetelem na samosvorné diferenciály. První část je věnována popisu funkce převodného ústrojí, podrobněji rozvodovek. Potom již následuje samotný popis diferenciálů. Na začátku samotný účel a nároky na ně kladené, poté otevřené diferenciály a popis jejich konstrukce a funkce.

Další část práce je věnována vysvětlení konstrukce a fungování samosvorných diferenciálů, které jsou samosvorné mechanicky, nebo nějakým vnějším ovládním svorností, a jejich kladným a záporným vlastnostem. Nejdůležitější výhodou použití tohoto typu diferenciálů je, že pracují bez zásahu řidiče. Řidič není namáhán manuálním ovládním závěru diferenciálu. Je to nejobsáhlejší část práce.

Vybral jsem toto téma kvůli velkému zájmu o automobily a automobilový průmysl. Téma o samosvorných diferenciálech mě zaujalo a cíl práce je podle mého názoru splněn.

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] JAN, Zdeněk, Bronislav ŽDÁNSKÝ a Jiří ČUPERA. *Automobily*. 2., aktualiz. vyd. Brno: Avid, 2009. ISBN 978-80-87143-12-4.
- [2] VLK, František. *Převody motorových vozidel*. Brno: František Vlk, 2006. ISBN 80-239-6463-1.
- [3] FAU Opory pro bakaláře [dokument pdf]. [cit. 2017.05.01]
- [4] TŮMOVÁ, Gabriela. *Převodná ústrojí motorových vozidel*. V Praze: České vysoké učení technické, 2011. ISBN 978-80-01-04855-9.
- [5] *JTEKT Torsen North America, Inc.* [online]. New York: JTEKT Torsen, 2017 [cit. 2017-04-01]. Dostupné z: <https://torsen.com/how-it-works/>
- [6] KŐFALUSI, Pál. *Futómű rendszerek mechatronikája* [online]. Budapest, 2014 [cit. 2017-05-12]. Dostupné z: http://www.mogi.bme.hu/TAMOP/futomu_rendszerek_mechatronikaja/ch05.html.
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem.
- [7] Řez převodovkou DSG. In: *Carwow* [online]. [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <https://www.carwow.co.uk/guides/glossary/dsg-gearbox-explained>
- [8] Stálý převod s hypoidním soukolím. In: *Autorubik* [online]. [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <http://www.autorubik.sk/clanky/rozvodovka-vozidla>
- [9] Citroen BX 1.9 GTi 16V Diferenciály. In: *Diopan* [online]. [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <http://www.diopan.cz/citroenbx/diferencial.htm>
- [10] Visco Lok. In: *Cucharrera Quads* [online]. [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <http://www.cucharreraquads.com/diferencial-delantero-de-bloqueo-automatico-visco-lok/>
- [11] TORSEN DIFFERENTIAL. In: *Popularmechanics* [online]. [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <http://www.popularmechanics.com/cars/how-to/a250/1302716/>
- [12] T-2. In: *Adwiki* [online]. 2013 [cit. 2017-05-11]. Dostupné z: <http://www.awdwiki.com/en/torsen/>
- [13] Cam & Pawl Differential. In: *ENG-TIPS.com* [online]. [cit. 2017-05-11]. Dostupné z: <http://www.eng-tips.com/viewthread.cfm?qid=336408>
- [14] GKN Powerlock II elektromechanikus működtetésű differenciálzár. In: *Digitális Tankönyvtár* [online]. [cit. 2017-05-11]. Dostupné z: http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2011-0042_futomu_rendszerek_mechatronikaja/ch05s11.html
- [15] Audi's Quattro system with Torsen center differential. In: *YouWheel.com* [online]. [cit. 2017-05-17]. Dostupné z: <http://blogs.youwheel.com/2014/04/04/luxury-sedan-awd-system-review-part-2/>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

<i>ABS</i>	Antilock Braking Systém (Protiblokovací systém)
<i>ASD</i>	Automatisches Sperrdifferenzial (Automatický samosvorný diferenciál)
<i>ASR</i>	Anti-Slip Regulation (Protiprokluzový systém)
<i>DSG</i>	Direct Shift Gear
<i>EDS</i>	Elektronische Differenzialsperre (Elektronická uzávěrka diferenciálu)
<i>LSD</i>	Limited-slip differential (Samosvorný diferenciál)