



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

DIFERENCIÁLY OSOBNÍCH AUTOMOBILŮ

DEVELOPMENTS OF CAR DRIVE TRAIN

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

ONDŘEJ KOZÁK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. ZDENĚK KAPLAN, CSc.

BRNO 2010

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Ondřej Kozák

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

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

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

Diferenciály osobních automobilů

v anglickém jazyce:

Developments of Car Drive Train

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Obsahem práce je studium problematiky převodových ústrojí motorových vozidel a kompilace získaných poznatků s cílem vytvořit ucelený přehled moderních trendů vývoje diferenciálů osobních automobilů.

Cíle bakalářské práce:

Zpracovat ucelený přehled moderních trendů vývoje diferenciálů osobních automobilů.

Seznam odborné literatury:

Kaplan: Převodná ústrojí

Bosch: Automotive Handbook

Alfred Preukschat: Fahrwerktechnik - Antriebsarten

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Zdenek Kaplan, CSc.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2009/2010.

V Brně, dne 27.11.2009

L.S.

prof. Ing. Václav Píšteck, DrSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

Anotace

Tato práce obsahuje přehled diferenciálů osobních automobilů. V první části práce je uveden popis a rozdělení diferenciálů. Druhá část se věnuje diferenciálům současné produkce, a to zejména samosvorným diferenciálům s omezeným prokluzem.

Klíčová slova

Diferenciál, samosvorný diferenciál, uzávěrka diferenciálu

Annotation

This thesis contains a summary of automotive differentials and is divided into two parts. In the first part various sorts of differentials are described. The other part deals with differentials of current production, particularly limited slip differentials.

Key words

Differential, limited slip differential, differential lock

Bibliografická citace

KOZÁK, O. *Diferenciály osobních automobilů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 33 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Zdeněk Kaplan, CSc.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval zcela samostatně, pod vedením vedoucího bakalářské práce doc. Ing. Zdeňka Kaplana, CSc. Současně prohlašuji, že jsem v příloženém seznamu uvedl všechny použité zdroje.

V Brně dne 26. května 2010

.....

Ondřej Kozák

Poděkování

Rád bych poděkoval svým rodičům za podporu ve studiu, dále bych chtěl poděkovat doc. Ing. Zdeňku Kaplanovi, CSc. za rady a připomínky při vedení mé bakalářské práce.

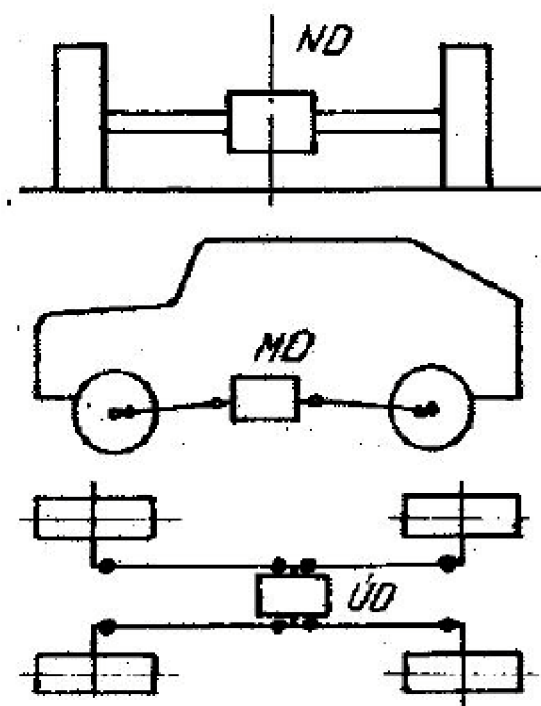
Obsah

1	Úvod.....	9
2	Otevřený diferenciál.....	11
	2.1 Kuželový diferenciál.....	11
	2.2 Čelní diferenciál.....	12
3	Diferenciál s uzávěrkou.....	13
4	Samosvorný diferenciál.....	14
	4.1 Vačkový diferenciál.....	14
	4.2 Diferenciál se zvýšeným třením.....	15
	4.2.1 Diferenciál Torsen.....	15
	4.2.2 Diferenciál Borg-Warner.....	16
	4.2.3 Diferenciál ASD.....	17
5	Současní výrobci diferenciálů.....	18
	5.1 Aktivní.....	18
	5.1.1 Elektronicky ovládaný.....	18
	5.1.2 Elektromagnetický.....	19
	5.2 Pasivní.....	21
	5.2.1 Závislé na rychlosti.....	21
	5.2.2 Závislé na momentu.....	25
	5.3 Řízené.....	29
	5.3.1 Elektronický uzamykatelný diferenciál.....	29
	5.3.2 Volně otáčející se zadní diferenciál.....	29
6	Závěr.....	31
	Seznam použitých zkratk.....	32
	Seznam použité literatury.....	33

1. Úvod

Diferenciál je převodné zařízení, které je součástí hnacího ústrojí automobilu a slouží k rozdělování točivého momentu. Tento moment je z hnací hřídele rozdělován zpravidla mezi dva výstupní hřídele. Diferenciály můžeme rozdělit dle jejich účelu v převodném ústrojí:

1. Nápravové diferenciály
2. Mezinápravové diferenciály
3. Ústřední diferenciály



Obr. 1: Nápravový (ND), mezinápravový (MD) a ústřední diferenciál (ÚD) [3]

Ve své práci se budu nadále věnovat nápravovým diferenciálům. Ty rozdělují točivý moment z hnací hřídele mezi dvě hnané hřídele, které vedou ke kolům automobilu bez ohledu na to, že kola mohou mít různé otáčky např. při průjezdu zatáčkou nebo při prokluzu jednoho z kol.

Kdyby obě kola poháněná nápravou byla umístěna na společné hřídeli, jak je uvedeno v [2], tak by obě kola měla stejné otáčky. Když automobil projíždí zatáčkou, každé kolo opisuje jinou dráhu a z důvodu stejných otáček by jedno kolo muselo zákonitě prokluzovat, což by vedlo k:

- a) nadměrnému opotřebení pneumatiky,
- b) vzrůstu ztráty výkonu o podíl vynaložený na práci při prokluzování a smýkání pneumatiky, což by vedlo i ke zvýšení spotřeby paliva,
- c) zhoršení ovladatelnosti vozidla.

Rozdíl v otáčkách kol způsobený rozdílnými dráhami valení se vyrovnává právě diferenciálem. Ten umožňuje kolům se točit různými otáčkami, aniž by se hřídele kol zkrucovaly smykovými silami. Když auto projíždí zatáčkou, vnitřní kolo má menší otáčky než vnější. Jelikož jsou centrální kola svázána satelitem, mají stejné otáčky, ale opačný směr. Jak je uvedeno na příkladu v [1], řekněme, že se centrální kola otáčejí rychlostmi 2 ot/min opačných orientací. Když se klec diferenciálu bude otáčet rychlostí 200 ot/min, pak se jedno centrální kolo bude otáčet rychlostí 198 ot/min a druhé 202 ot/min.

Diferenciály můžeme rozdělit do tří skupin:

1. otevřený diferenciál,
2. diferenciál s uzávěrkou,
3. samosvorné diferenciály.

Diferenciál je zařízení, které samozřejmě podléhá neustálému vývoji, při kterém je na něj kladeno mnoho požadavků. V následujícím přehledu zmíním ty nejpodstatnější z nich.

- Spolehlivost
- Přesný, rychlý a stálý chod
- Nízká hmotnost, hluk a vibrace
- Uzamykatelnost a samosvornost
- Elektronické řízení (moderní diferenciály)

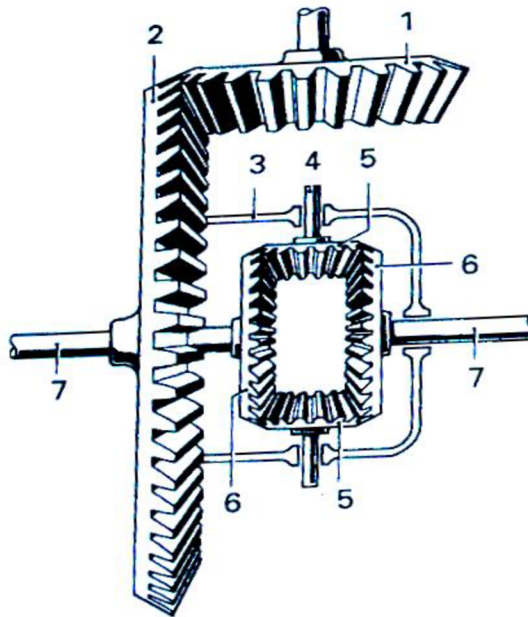
Vývoj diferenciálů jde stále kupředu a moderní diferenciály už jsou mnohem komplikovanější zařízení než v minulosti nejčastěji používané otevřené diferenciály. Do moderních automobilů jsou montovány především samosvorné diferenciály, proto jsem jim věnoval ve své práci majoritní část.

2. Otevřený diferenciál

Otevřený diferenciál může být řešen dvěma způsoby, a to pomocí kuželových nebo čelních kol.

2.1 Kuželový diferenciál

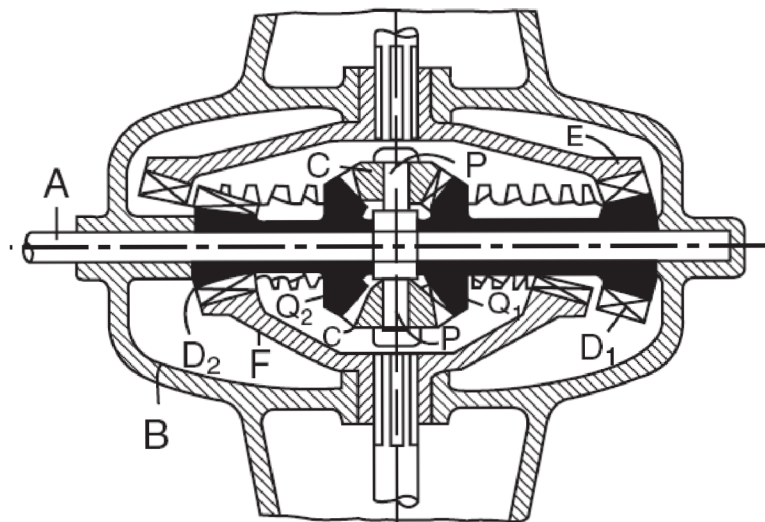
Jak je znázorněno na obr. 2 pastorek (1), který je připevněn k hnací hřídeli, je v záběru s talířovým kolem (2), ke kterému je připevněna klec diferenciálu (3). V kleci diferenciálu jsou pomocí čepů (4) umístěna kuželová ozubená kola tzv. satelity (5). Točivý moment je ke kolům automobilu převáděn pomocí dvou kuželových centrálních kol (6).



Obr. 2: Kuželový diferenciál 1[2]

Tento typ diferenciálu je nejrozšířenější diferenciál, kterým jsou vybaveny osobní automobily. V dnešní době je buď ve spolupráci s elektronickými systémy, které přibrzdí kola při prokluzu, anebo je nahrazován samosvorným diferenciálem.

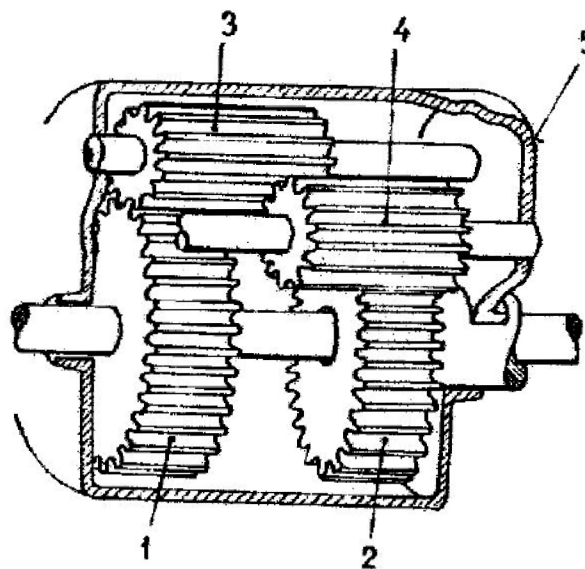
Diferenciál s kuželovými ozubenými koly může mít ještě jiné uspořádání, které je znázorněno na obr. 3.



Obr. 3: Kuželový diferenciál 2[1]

Hnací hřídel je spojena s hřídelí A, která prochází skříní B, ve které je podepřena. Ve středu hřídele A jsou umístěny čepy P, které unášejí satelity C. Ty zabírají s ozubenými koly Q_1 , Q_2 , které jsou spojeny i s koly D_1 , D_2 . Kolo D_1 je v záběru s větším centrálním kolem E a D_2 s menším F.

2.2 Čelní diferenciál



Obr. 4: Čelní diferenciál[3]

U tohoto typu diferenciálu mají centrální kola i satelity čelní ozubení. Otáčky i hnací moment se přenáší z klece diferenciálu (5) na čepy satelitů, satelity (3),(4) a nakonec na centrální kola (1),(2). Na rozdíl od kuželového diferenciálu jeden satelit není

v záběru s oběma centrálními koly, nýbrž polovinou své délky zabírá s druhým satelitem a druhou polovinou s centrálním kolem. Pro vyvážení bývají v diferenciálu umístěny dva páry satelitů navzájem umístěné o 180°.

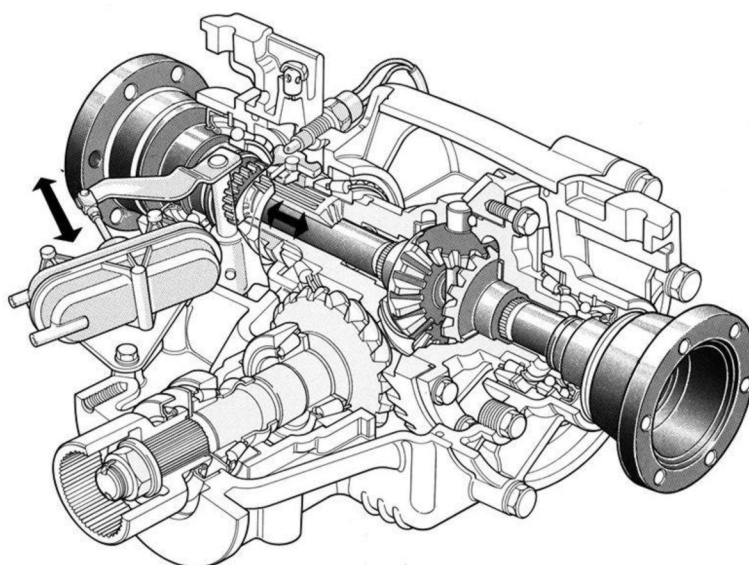
Všechny doposud zmíněné typy diferenciálů rozdělují přiváděný točivý moment na dva stejné výstupní momenty. Toto se může stát nevýhodou, pokud se automobil dostane na povrch se sníženou adhezí. Jak je popsáno v [2], když dojde k prokluzu jednoho kola, diferenciál stále rozděluje točivý moment na dva stejně velké výstupní, tzn. hnací síly na neprokluzujícím kole je stejně velká jako na kole prokluzujícím. Velikost této síly ovšem nemusí stačit na pohyb automobilu a ten se zastaví. Když vůz stojí, protáčející se kolo se otáčí dvojnásobnou rychlostí než klec diferenciálu. Tento nedostatek se řeší tzv. závěrem (uzávěrkou) diferenciálu.

3. Diferenciál s uzávěrkou

Uzávěrka diferenciálu se může řídit dvěma způsoby:

- a) mechanicky,
- b) automaticky.

Mechanicky řídit uzávěrku diferenciálu můžeme jenom v tom případě, je-li automobil v klidu a nepohybuje se. Nevýhodou těchto závěrů může být, když řidič po překonání překážky zapomene vypnout uzávěrku diferenciálu a vjede na pevný povrch. Takto by se automobil choval, jako by žádný diferenciál neměl a docházelo by k opotřebování pneumatik, zhoršení řízení a možné mechanické závadě na pohonném ústrojí.



Obr. 5: Kuželový diferenciál s uzávěrkou[4]

K zapojení uzávěrky dojde většinou tím, že se spojí jedno centrální kolo nebo jedna hnací hřídel s klecí diferenciálu. To je zpravidla ovládáno řidičem mechanicky, elektromechanicky nebo hydraulicky. U moderních poháněcích soustav se může uzávěr aktivovat automaticky, a to na základě signálu ze senzorů od kol vyslané řídicí jednotce tohoto ústrojí.

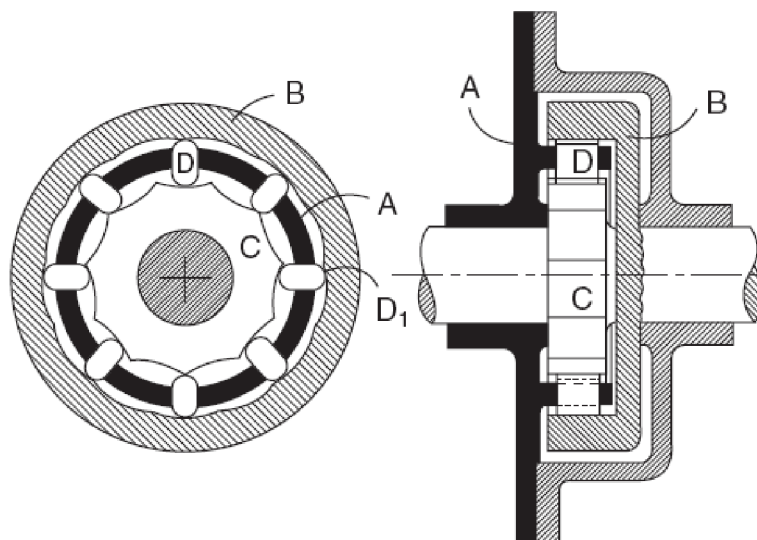
4. Samosvorný diferenciál

Ovládání uzávěrky diferenciálu řidičem znepříjemňuje řízení vozidla. Rozhodování zdali uzavřít diferenciál nebo ne můžeme vynechat, pokud máme v automobilu samosvorný diferenciál. Ten pracuje na principu zvyšování tření v diferenciálu.

Dle [2] můžeme rozdělit samosvorné diferenciály rozdělit na:

- a) vačkové diferenciály,
- b) diferenciály se zvýšeným třením (LS - Limited Slip).

4.1 Vačkový diferenciál



Obr. 6: Vačkový diferenciál[1]

Mechanismus vačkového diferenciálu se skládá z unášeče kluzných kamenů (A), který je na talířovém kole, dále pak z vačkových kol (B),(C), které jsou na hnacích hřídelích. Na obr. 6 jsou vačky znázorněny pod písmenem (D). Vnitřní tření kluzných kamenů v jejich vedení a na stykových plochách je určeno tak, že při natáčení nebo při nestejných adhezních podmínkách na jednom kole nápravy vznikne samosvornost.

Jak je uvedeno v [1] tento typ diferenciálu má výhody v jednoduchosti, malých nákladech na výrobu, lehké váze a kompaktnosti. Velkou nevýhodou je rychlé opotřebení součástí při zatížení. Z tohoto důvodu se tento typ diferenciálu prakticky nepoužívá. Jedna oblast jeho použití může být automobilový sport, jelikož rychlé opotřebení není na škodu, protože se diferenciál po několika závodech mění. Navíc pro zkušené závodníky je jízda s vačkovým diferenciálem velice citlivá a čitelná, což jim pomáhá k lepším výsledkům.

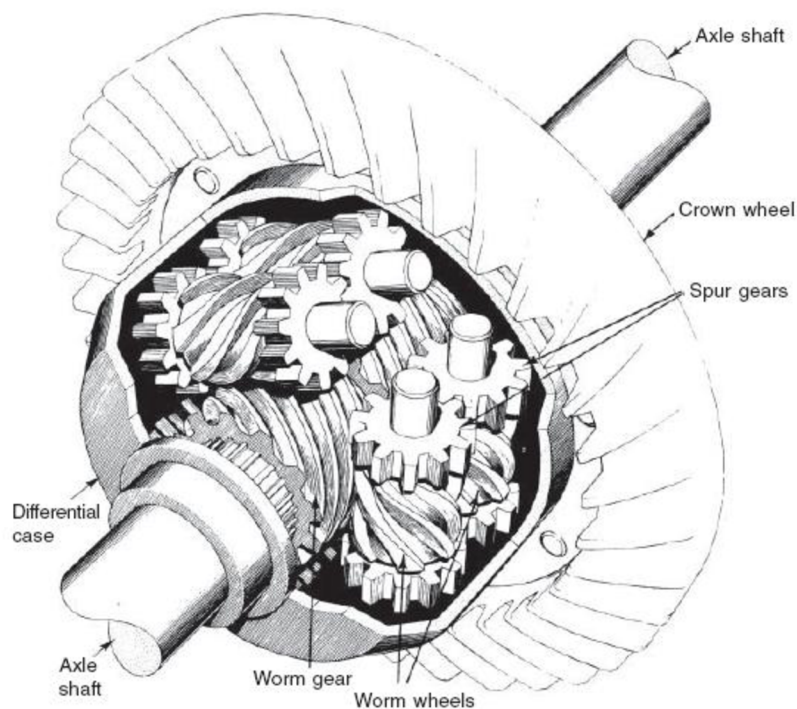
Podle uspořádání vaček můžeme vačkové diferenciály rozdělit na [2]:

- a) radiální (obr. 6),
- b) axiální.

4.2 Diferenciál se zvýšeným třením

4.2.1 Diferenciál Torsen

Diferenciál Torsen, jehož název vznikl spojením prvních písmen dvou anglických slov Torque Sensing (= citlivý na točivý moment), je kombinací čelního (nesamosvorného) diferenciálu a šnekového (samosvorného) diferenciálu a využívá skutečnosti, že základní šnekový převod může převádět sílu prakticky pouze ze strany šnekového kola [2].



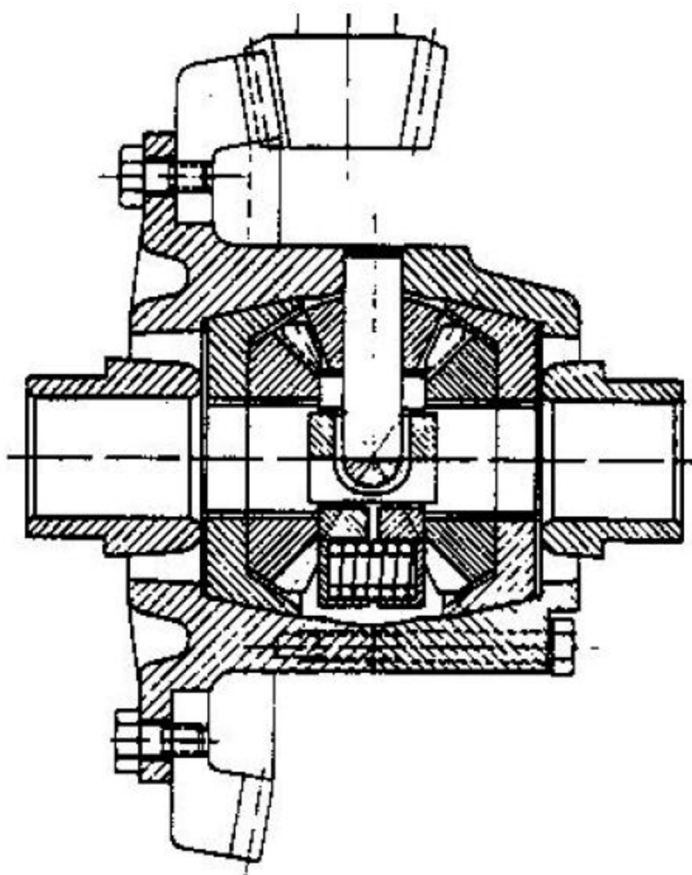
Obr. 7: Diferenciál Torsen[1]

Jak je uvedeno v [5], centrální šneková kola (worm gears) jsou v záběru se šnekovými satelity (worm wheels). Páry satelitů jsou navzájem propojeny čelním soukolím (spur gears). Při relativním pohybu výstupních hřídelů (axle shafts) nastává relativní pohyb ozubených kol, při kterém špatná účinnost šroubového ozubení vyvolá reakční točivý moment na kole s pohonem. Když náhle vzroste rozdíl v točivém momentu na hnacích hřídelích, např. když se jedno kolo začne protáčet, chová se diferenciál jako uzamčený. Na druhou stranu, když auto projíždí zatáčkou a točivý moment je téměř rovnoměrně rozdělován, šnekové satelity se začnou protáčet a hnací hřídele mají rozdílné otáčky [1].

K docílení samosvornosti můžeme také dojít tím, jak je uvedeno v [2], že zvýšíme tření mezi kuželovými koly, které jsou spojeny s hnacími hřídelemi kol a skříní diferenciálu.

4.2.2 Diferenciál Borg – Warner

Diferenciál Borg – Warner má umístěny mezi skříní diferenciálu a centrálními kuželovými koly třecí spojky. Třecí moment je vytvářen axiálními silami v záběru zubů a přítlačnou pružinou[4].

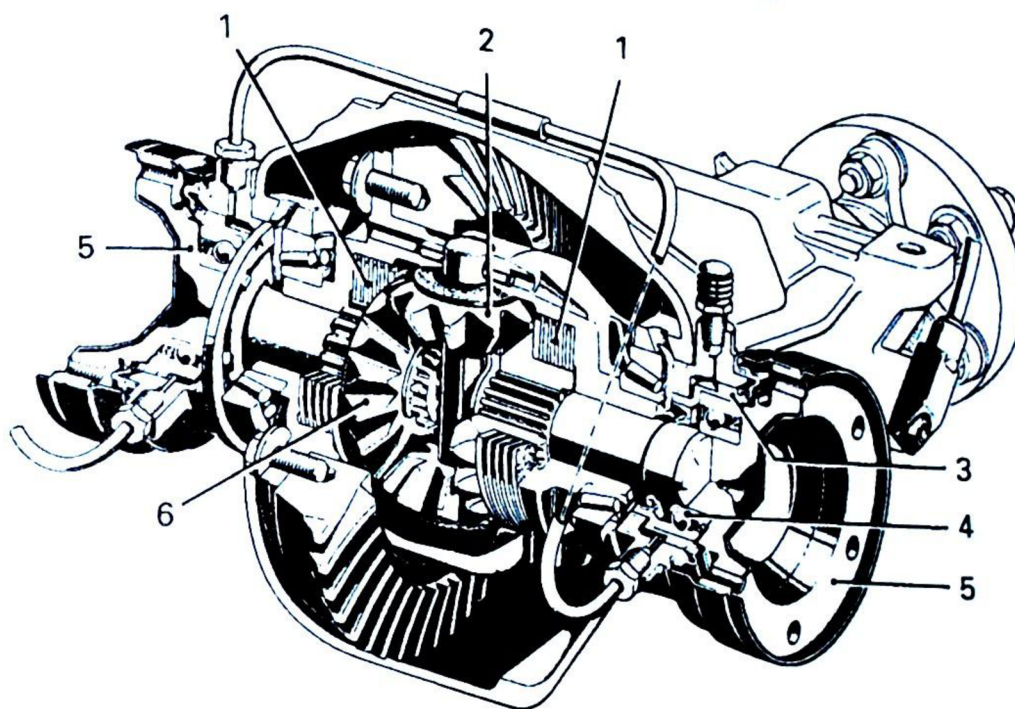


Obr. 8: Diferenciál Borg – Warner[4]

Moderní automobily jsou vybaveny různými elektronickými systémy proti prokluzování kol. Senzory, které snímají prokluz kol, zasílají informace řídicí jednotce automobilu a ta je po zpracování pošle do diferenciálu, který je řízen hydraulicky. Tato protiprokluzová regulace bývá označována dle výrobce např. ASR. Jeden příklad, který využívá tento systém, je diferenciál ASD od firmy Mercedes – Benz.

4.2.3 Diferenciál ASD

Diferenciál ASD (Automatisches Sperrdifferential) má dva symetrické uspořádané svazky lamel (1). Samosvorný účinek je docílen pouze silami v ozubení kuželových satelitů (2). Na obou stranách je prstencový píst (3), který je ovládán hydraulicky. Ten působí přes kuličkové ložisko (4) na hnací hřídel (5) a táhne je současně s centrálním kuželovým kolem ven. Tím se navyšuje přitlačná síla na svazek lamel a může dojít až k úplnému uzavření diferenciálu. Otáčky kol jsou porovnávány s otáčkami pastorku hnací rozvodovky a v případě odchylek od normálního odvalování zapne elektronika elektrohydraulický ventil, který ovládá uzávěrku diferenciálu. Diferenciál zůstane uzavřený také v případě, že auto zastaví a poté se rozjetí koná se zablokovaným diferenciálem, aby se zlepšila trakce automobilu. Automatické blokování diferenciálu je v činnosti jen po určitou střední rychlost, aby se zamezilo zhoršení ovladatelnosti automobilu [2].



Obr. 9: Diferenciál ASD [2]

5. Současní výrobci diferenciálů

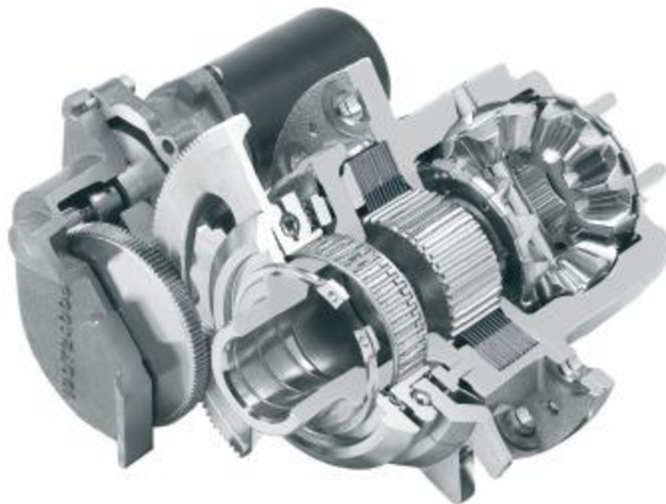
Mezi největší výrobce patří firma GKN Driveline, která je hlavním dodavatelem světových výrobců automobilů, zemědělských strojů a letadel. Tato firma od roku 2007 spolupracuje s firmou ZF Friedrichshafen na vývoji diferenciálů. Tento výrobce dělí své diferenciály do tří hlavních skupin.

1. Aktivní
2. Pasivní
3. Řízené

5.1 Aktivní

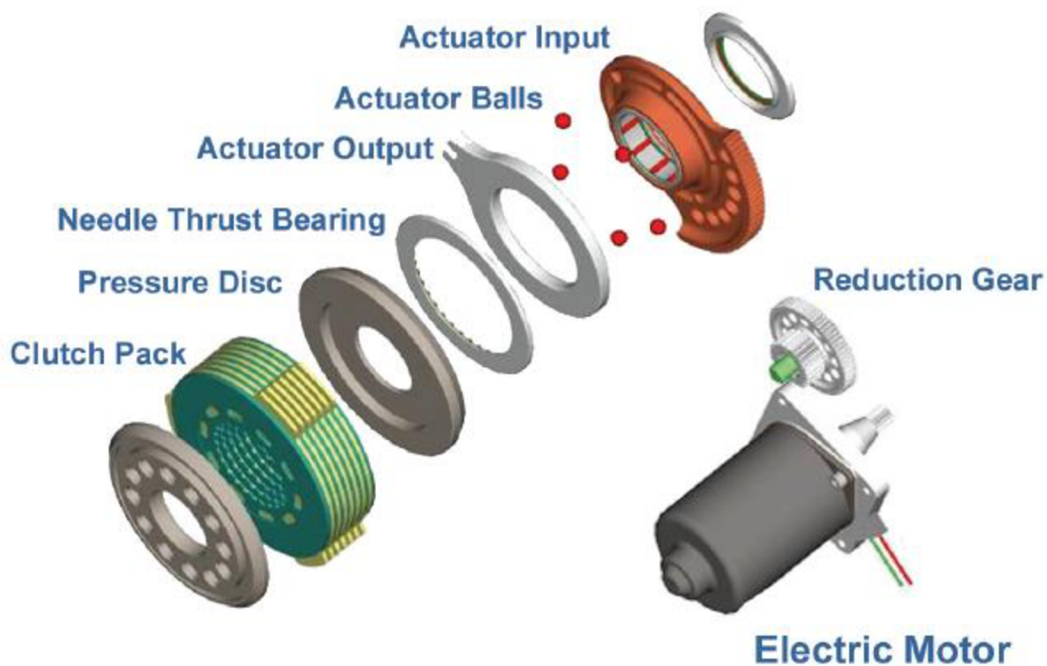
Tento typ diferenciálu obsahuje aktivní člen (elektromotor, elektromagnet), který ovládá chod diferenciálu. Tento člen je řízen řídicí jednotkou, která snímá otáčky kol, natočení volantu a polohu plynového pedálu [7].

5.1.1 Elektronicky ovládaný



Obr. 10: Elektronicky ovládaný diferenciál [6]

Diferenciál je vybaven elektromotorem, který ovládá vačkový převod. Natočením řídicího disku se přes řídicí kuličky zvýší přítlačná síla na přítlačný disk a tím se vymezí vůle na spojkových discích a dojde k záběru [6].



Obr. 11: Schéma mechanismu se spojkou [6]

- Rychlé a plynulé zapojení
- Velmi nízký odpor (snížení spotřeby)
- Rychlá odezva a vysoká přesnost ovládání
- Vhodné pro automobily s pohonem všech i dvou kol

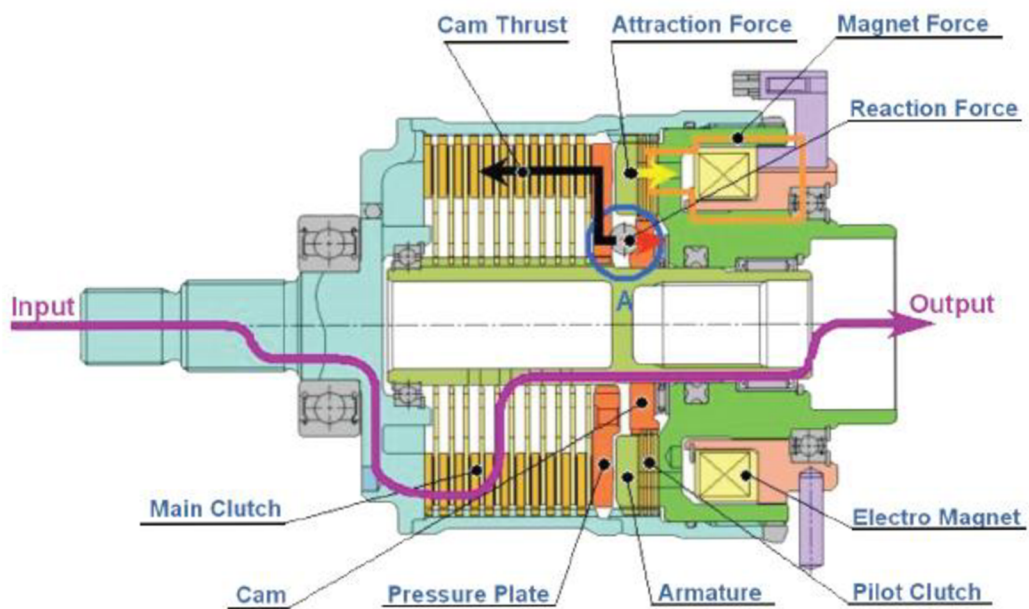
5.1.2 Elektromagnetický



Obr. 12: Elektromagnetický diferenciál [6]

Diferenciál je vybaven elektromagnetem, který vytváří magnetické pole, které přitlačí řídicí spojkou a ta přenese krouticí moment na vačkový disk. Dále se jako u

předchozího diferenciálu pomocí kuliček přenese síla na přítlačný disk, který vymezí vůli spojky a ta se dostane do záběru [6].



Obr. 13: Schéma elektromagnetického diferenciálu [6]

- Lepší trakce a ovládání vozidla
- Kompaktní rozměry
- Menší spotřeba energie
- Malá hmotnost
- Spolehlivost

5.2 Pasivní

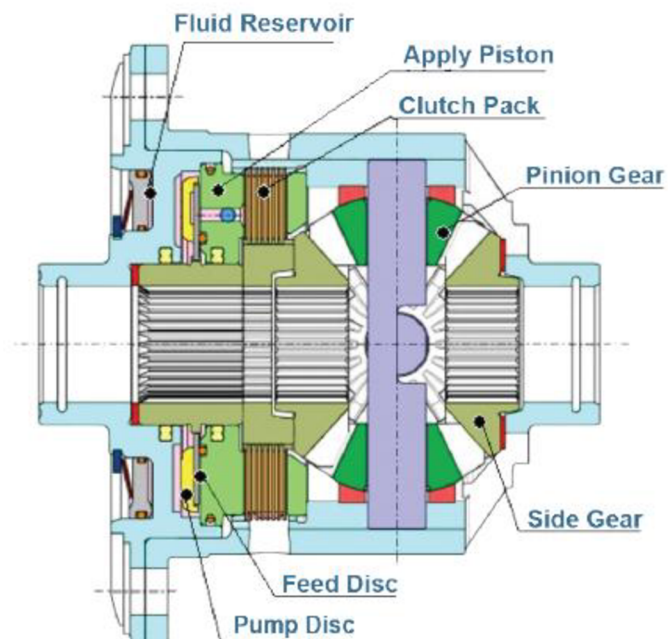
5.2.1 Závislé na rychlosti

- Visco Lok LSD



Obr. 15: Visco Lok LSD [6]

V diferenciálu je nádržka se silikonovou tekutinou, která pomocí pumpy vytváří hydraulický tlak úměrný rozdílu otáček poháněných kol. Rozdíl otáček mezi přívodním diskem a kapalinou, která je mezi tímto diskem a diskem pumpy, způsobuje smykové síly v kapalině směřující k pístu. Tyto síly stlačují píst a ten tlačí na lamely spojky. Stlačované lamely spojky vytvářejí uzavíraný točivý moment, který je následně převáděn na kolo s lepší trakcí [6].



Obr. 16: Schéma Visco Lok LSD [6]



Obr. 17: Tok tekutiny pumpou [6]

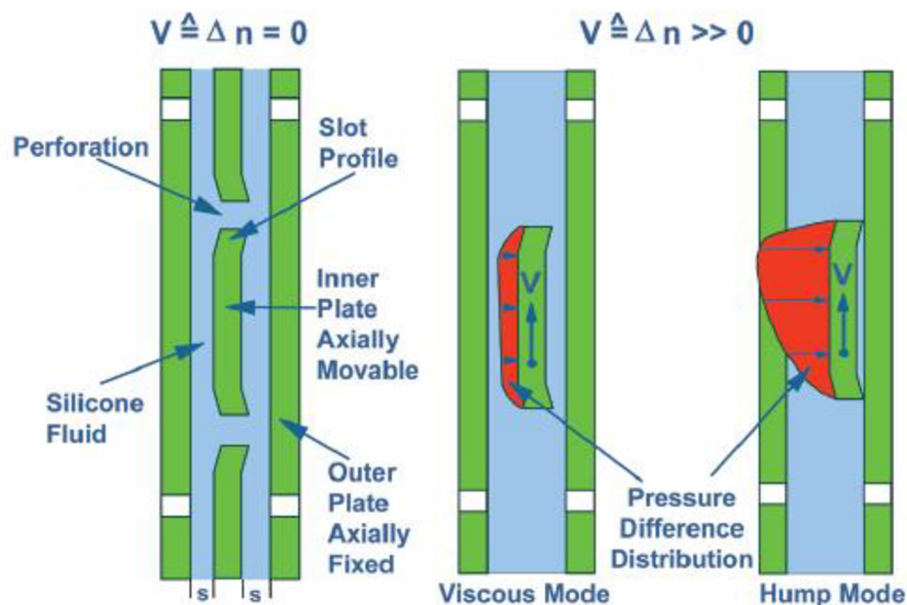
- Nastavitelné uzavírání (volbou silikonové kapaliny a počtem lamel ve spojce)
- Nejvyšší točivý moment v nadmíře momentu vzniklého smykovým napětím
- Bez vnějšího ovládání
 - Samosvorný diferenciál s viskózní spojkou



Obr. 18: Viscous LSD [6]

Tento diferenciál je vybaven viskózní spojkou, která způsobuje tření a dokáže diferenciál i úplně uzavřít. Je montován do vozů BMW, Ford, Volkswagen a lehkých užitkových vozů. Viskózní spojka se skládá ze dvou druhů lamel a silikonové kapaliny, která je mezi nimi. Lamely s vnitřním ozubením jsou spojeny s hnací hřídelí a lamely s vnějším ozubením jsou spojeny se skříní diferenciálu. Lamely jsou děrované, aby se kapalina lépe rozmísťovala a tím se zvyšovala účinnost. Jakmile se kolo začne protáčet, lamely spojené s jeho hnací hřídelí se budou točit rychleji než lamely spojené s klecí, ale smykové síly v kapalině tomuto ději brání a přenáší točivý

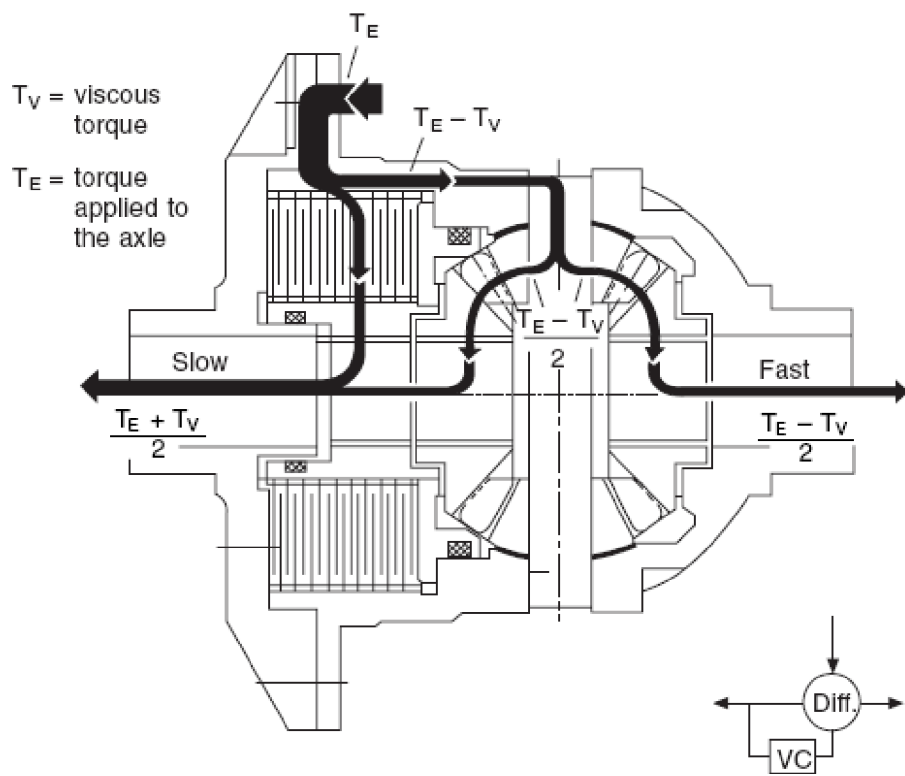
moment na neprokluzující kolo. Někdy může dojít k tzv. „kontaktnímu“ módu. Ten vzniká když se lamely přiblíží k sobě na tolik, že dojde ke kontaktu lamel. Tento mód je znázorněn na obr. 19 [1],[2].



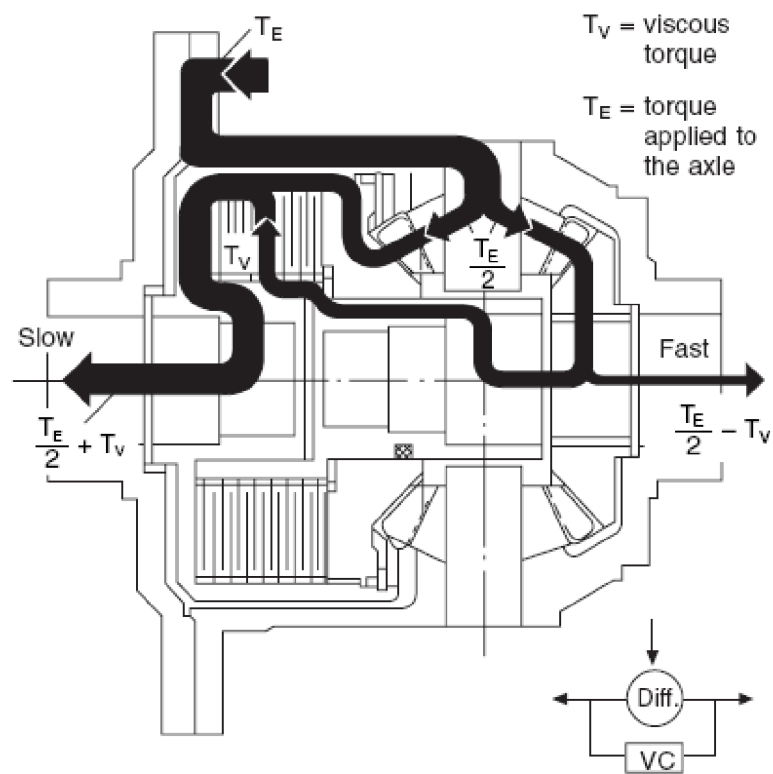
Obr. 19: Znázornění tzv. „kontaktního“ módu [6]

Diferenciál s viskózní spojkou můžeme uspořádat dvěma způsoby:

- a) viskózní spojka působí mezi klecí diferenciálu a hnacím hřídelem kola (obr. 20)
- b) viskózní spojka působí mezi oběma hnacími hřídeli kol (obr. 21)



Obr. 20: Diferenciál s uspořádáním klec – hřídel [1]



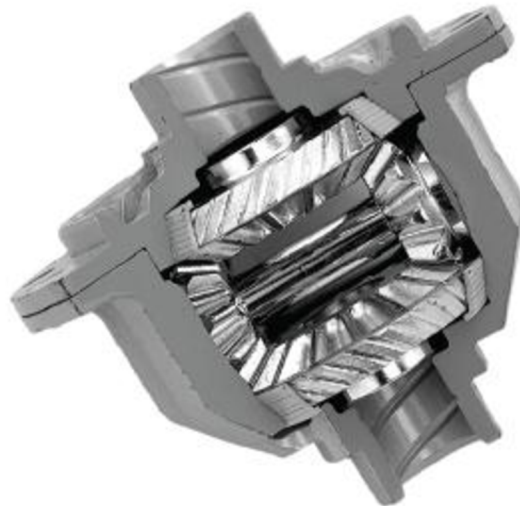
Obr. 21: Diferenciál s uspořádáním hřídel – hřídel [1]

Na obr. 20 a obr. 21 je znázorněn tok točivého momentu diferenciálem s viskózní spojkou. U diferenciálu s uspořádáním klec – hřídel se točivý moment odebírá viskózní spojkou ještě před tím, než se dostane na satelity a následně přes centrální kola na hnací hřídele kol. Tento odebraný moment je pak přidán kolu s menšími otáčkami. Na druhou stranu u diferenciálu s uspořádáním hřídel – hřídel je točivý moment přímo dodáván na satelity. Viskózní spojka pak odebírá točivý moment z hřídele s většími otáčkami a dodává ho hřídeli s nižšími otáčkami.

- Snižuje nežádoucí hluk a vibrace
- Vynikající spolehlivost
- Hliníková konstrukce pro redukci hmotnosti a nákladů

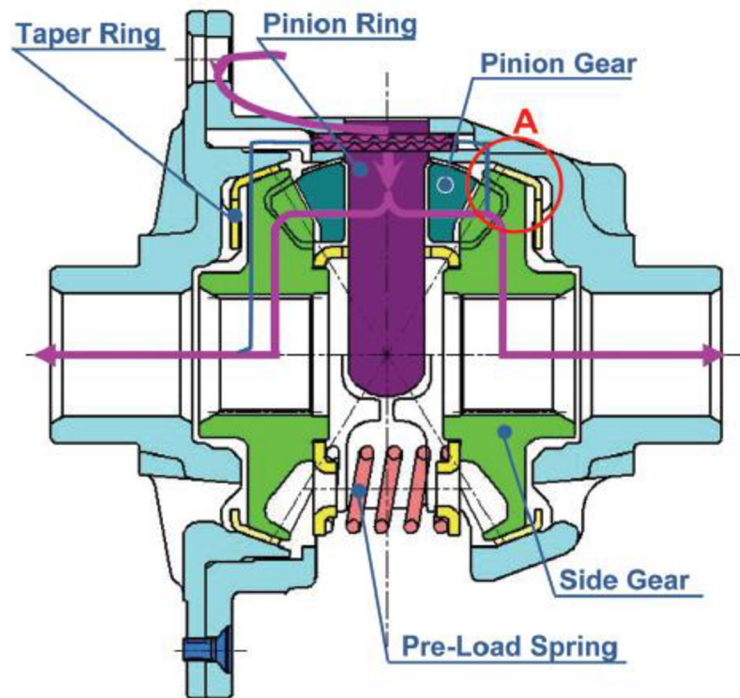
5.2.2 Závislé na momentu

- Super LSD

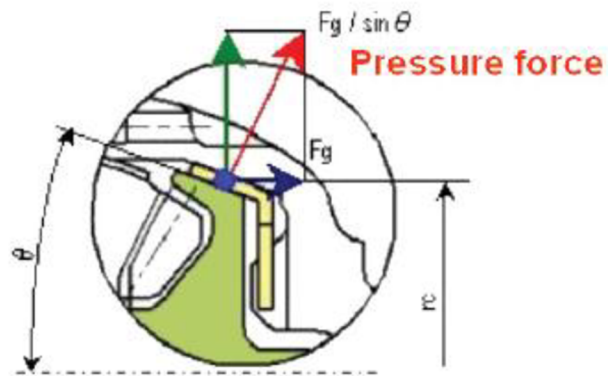


Obr. 22: Super LSD

Samosvornost je způsobena třením mezi třecími plochami centrálních kuželových kol a kuželovým kroužkem. Síla od pružiny je zvětšována pomocí úhlu kuželového kroužku [6].



Obr. 23: Schéma Super LSD [6]



Obr. 24: Pohled A ve schématu Super LSD [6]

- Snadná nahraditelnost otevřeného diferenciálu
- Kompatibilní s oleji do automatických i manuálních převodovek
- Nízká hmotnost
- Spolehlivost

- Šnekový LSD



Obr. 25: Šnekový LSD [6]

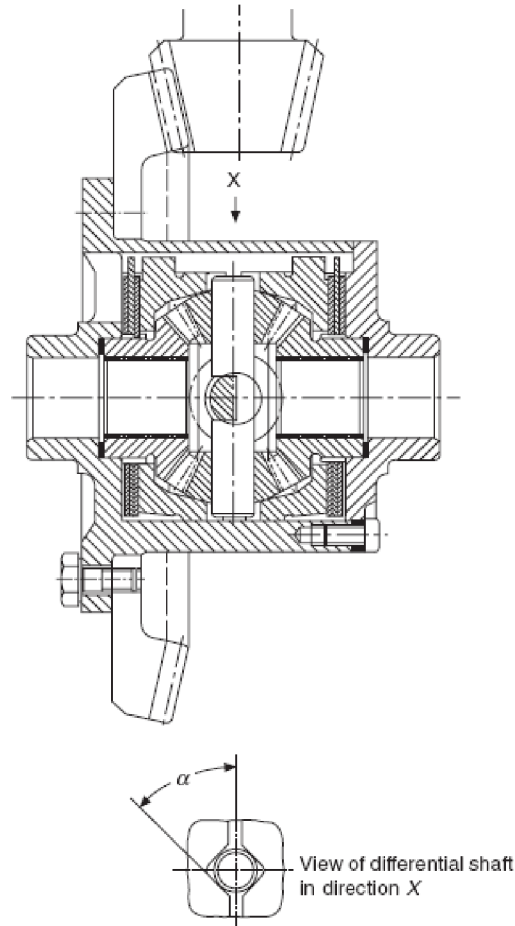
Tento diferenciál je vybaven šnekovým převodem, ve kterém vznikají radiální a axiální síly. Tyto síly zapříčiňují tření mezi satelity a klecí diferenciálu, stejně jako mezi centrálními koly a klecí diferenciálu. Tření ale vzniká i na povrchu zubů při záměru satelitů a centrálních kol [6].

- Snadná nahraditelnost otevřeného diferenciálu
- Stálý výkon s malými vůlemi – omezení mrtvého chodu
- Možnost vybavení elektronickou uzávěrkou

- Multi-plate LSD

V tomto diferenciálu je protáčení diferenciálu brzděno třecí lamelovou brzdou. Intenzita tohoto brzdění je úměrná přenášenému momentu.

Ze skříně diferenciálu se na kuželové satelity přenáší točivý moment přes přítlačné kroužky, které jsou unášeny skříní drážkováním na obvodě, ve kterém se mohou volně axiálně pohybovat. Mezi těmito dvěma kroužky je sevřen čep satelitů. Tyto kroužky mají otvor ve tvaru klínu, jak je vidět na pohledu X na obr. 26. Když vzniknou rozdílné otáčky na kolech, začnou se satelity protáčet a působením točivého momentu na čepy satelitů se začnou kroužky vzdalovat a tlačit na lamely brzdy. Lamely jsou spojeny s vnitřním drážkováním skříně i s vnějšími drážkami na kuželových kolech spojených s hnacími hřídeli, jejichž protáčení brzdí v závislosti na přetáčeném momentu [2].



Obr. 26: Multi-plate LSD [1]

Klínovité výřezy na kroužcích jsou orientované v obou směrech, takže lamelám každé strany náleží dvojice satelitů. Úhlem klínu α můžeme měnit samosvornost diferenciálu. Tento typ diferenciálu má čtyři satelity a vždy dva protilehlé jsou na společném čepu. Tyto čepy leží, jak už jsem zmiňoval, v klínovitých výřezích kroužků. Při přenosu točivého momentu obvodová síla na skříní diferenciálu vytlačuje čep v axiálním směru, čímž vyvozuje prostřednictvím satelitu zvýšený tlak na centrální kolo.

- Přizpůsobitelnost rozdělování momentu požadovanému výkonu
- Snadná nahraditelnost stávajícího LSD

5.3 Řízené

5.3.1 Elektronický uzavíratelný diferenciál



Obr. 27: Elektronický uzavíratelný diferenciál [6]

Tento typ diferenciálu je vybaven elektromagnetem, který pomocí vytvořeného magnetického pole přitáhne jedno centrální kolo. To se pomocí zubové spojky připojí ke skříni diferenciálu. Tímto se celý vnitřní mechanismus diferenciálu začne otáčet společně se skříní [6].

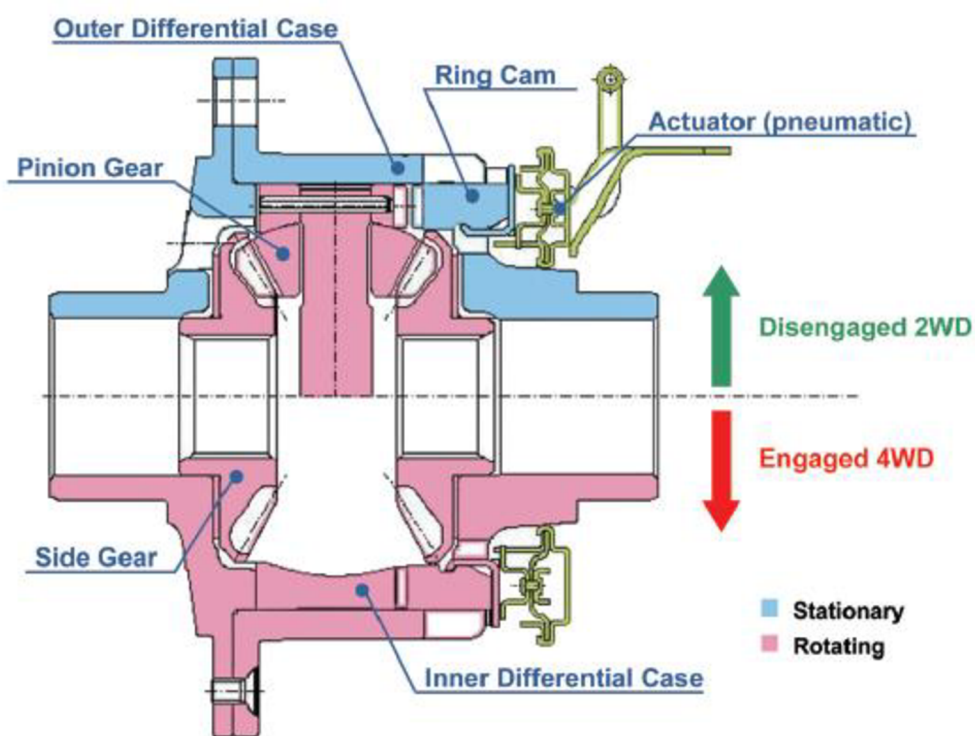
- Maximální trakce
- Použitelné na obou nápravách
- Bez nutnosti použití speciálních olejů
- Jednoduchý a spolehlivý systém uzavírání
- Lze kombinovat se všemi druhy LSD

5.3.2 Volně otáčející se zadní diferenciál

Tento zadní diferenciál umožňuje volné otáčení nehnaných kol v případě, kdy je auto poháněno pouze předními koly (2WD). Jakmile je požadavek pohánět i zadní kola (4WD), je pomocí pneumatického aktuátoru zasunut vačkový kotouč do vnitřní skříně diferenciálu. Tím se propojí vnější skříň diferenciálu, která je už poháněna, s vnitřní skříní, ve které jsou umístěny centrální kola. Po spojení těchto dvou částí se začnou pohánět i zadní kola. Tento diferenciál nemá samosvorný účinek, ten se nahrazuje elektronickým systémem např. ESP, ASR atd. [6].



Obr. 28: Volně otáčející se zadní diferenciál



Obr. 29: Schéma spojování částí diferenciálu [6]

- Velmi snadná odpojitelnost jednotlivých náprav
- Snadná montáž na většinu náprav s pouze malými úpravami uchycení
- Minimální hluk, vibrace a opotřebení ozubení z důvodu stejných otáček v celém systému
- Bez nutnosti použití speciálních olejů

6. Závěr

Téma své bakalářské práce jsem si vybral z důvodu svého velkého zájmu o automobily a průmysl s nimi spojený. Zároveň bylo toto téma vypsáno ústavem, na kterém chci pokračovat ve svém studiu.

Na začátku své práce jsem se věnoval popisu funkce diferenciálu, požadavkům na něj kladeným a sestavil základní rozdělení. V této práci jsem se měl věnovat moderním trendům vývoje diferenciálů osobních automobilů, proto jsem této problematice věnoval majoritní část.

Oblast moderních diferenciálů mě velice zaujala, a to zejména možnost jejich řízení a spolupráce s dalšími elektronickými systémy automobilu. Bohužel toto nebylo náplní mé práce, proto bych toto téma doporučil jako samostatnou bakalářskou práci.

Seznam použitých zkratek

- ASD - Automatisches Sperrdifferential
- ASR - Antriebs Schlupf Regelung
- ESP - Electronic Stability Programme
- GKN - Guest, Keen and Nettlefolds
- LSD - Limited Slip Differential
- ZF - Zahnradfabrik
- 2WD - Two-Wheel Drive
- 4WD - Four-Wheel Drive

Seznam použité literatury

- [1] GARRETT, T.K. The Motor Vehicle. 13 th edition. [s.l.] : SAE international, 2001. 1191 s
- [2] VLK, František. Převody motorových vozidel. 1. české vydání. Brno : ©František Vlk, 2007. 371 s. ISBN 80-239-6463-1.
- [3] KAPLAN, Zdeněk. Převodná ústrojí [online]. [cit. 2010-05-24]. Studijní opory. Dostupné z WWW: <<http://www.iae.fme.vutbr.cz/cs/studium/opory>>.
- [4] Diopan.cz [online]. 2005 [cit. 2010-05-10]. Diferenciály obecně. Dostupné z WWW: <<http://www.diopan.cz/citroenbx/diferencial.htm>>.
- [5] NĚMEČEK, Pavel. Katedra vozidel a motorů [online]. 2009 [cit. 2010-05-20]. Rozvodovky a diferenciály. Dostupné z WWW: <<http://www.ksd.tul.cz/studenti/texty/Kdms1/4-Rozvodovka+diferencial.pdf>>.
- [6] GKN driveline [online]. 2009 [cit. 2010-05-20]. Dostupné z WWW: <<http://gkndriveline.com/drivelinecms/opencms/en>>.
- [7] STÝBLO, Slavomír. Lidovky.cz [online]. 21.3.2008 [cit. 2010-05-24]. Konstruktor: Vše o diferenciálech. Dostupné z WWW: <http://auto2.lidovky.cz/clanek_lidovky.php?id_clanek=3263>.