

Česká zemědělská univerzita v Praze

**Katedra vozidel a pozemní dopravy
Technická fakulta**



Vývoj diferenciálů motorových vozidel

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vypracoval:
Vedoucí bakalářské práce:
Rok:

Martin Hošek
Petr Miler, Ing., Ph.D.
2012

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra vozidel a pozemní dopravy

Technická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Hošek Martin

Obchod a podnikání s technikou

Název práce

Vývoj diferenciálů motorových vozidel

Anglický název

Differential gear development of motor vehicles

Cíle práce

Cílem práce je vytvořit literární rešerši s vlastními komentáři zabývající se problematikou diferenciálů motorových vozidel.

Metodika

- prostudovat základní literaturu v oblasti diferenciálů motorových vozidel
- kontaktovat významné organizace zabývající se danou problematikou
- provést globální literární rešerši v dané problematice
- vlastní rozbor problematiky diferenciálů motorových vozidel
- návrh doporučení a předpokládaný vývoj u diferenciálů motorových vozidel

Osnova práce

1. Úvod
2. Historický vývoj v oblasti diferenciálů motorových vozidel
3. Popis jednotlivých typů a princip činnosti diferenciálu
4. Speciální typy diferenciálů a jejich použití
6. Doporučení a závěr

Rozsah textové části

30 stran

Klíčová slova

diferenciál, účinnost diferenciálu, uzávěrka diferenciálu

Doporučené zdroje informací

1. František Vlk, Převodová ústrojí motorových vozidel, Brno : Vlk, 2003, ISBN 80-239-0025-0
2. František Vlk, Převodová ústrojí motorových vozidel : spojky, převodovky, rozvodovky, diferenciály, hnací hřídele, klouby, Brno : Nakladatelství a vydavatelství Vlk, 2000, ISBN 80-238-5275-2
3. Alfred Bolek, Části strojů. Díl 2, Převody a převodová ústrojí, Praha : Nakladatelství Československé akademie věd, 1963,
4. Pavel Biskup, Dynamický diferenciál, Automobil revue 1211-9555 Roč. 52, č. 6 (červen 2008), s. 56-57 52:6 200806

Vedoucí práce

Miler Petr, Ing., Ph.D.

Termín zadání

listopad 2010

Termín odevzdání

duben 2012

doc. Ing. Boleslav Kadleček, CSc.

Vedoucí katedry



V Praze dne 9.2.2011

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan fakulty

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: „Vývoj diferenciálů motorových vozidel“ vypracoval zcela samostatně, s použitím uvedené literatury a pod vedením vedoucího bakalářské práce Ing. Petra Milera, Ph.D.

V Řitce dne 28. března 2012

.....

Martin Hošek

Poděkování

Velmi rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Petru Milerovi, Ph.D. za potřebné rady, připomínky a vedení při psaní mé bakalářské práce. Dále moc děkuji svým rodičům za neustálou motivaci a podporu během studia.

Abstrakt

Cílem této bakalářské práce je představení diferenciálů motorových vozidel. V první části se krátce ohlédneme za jejich historickým vývojem. Druhá část nám pak uvede do podvědomí jednotlivé typy, tedy diferenciály běžné, samosvorné, inteligentní a dynamické, přičemž si popíšeme jejich konstrukci a princip, na kterém vykonávají svoji činnost.

Klíčová slova:

Diferenciál, účinnost diferenciálu, uzávěrka diferenciálu

Differential gear development of motor vehicles

Summary

The aim of this Bachelor thesis show differentials of motor vehicles. In the first part briefly looking back for their historical evolution. The second part of us then the subconscious individual types, thus locking the differentials of the normal, intelligent and dynamic, will describe their construction and the principle on which they pursue their activities.

Key words:

Differential, the effectiveness of differentials, differential lock

Obsah

1	Úvod	1
2	Historický vývoj diferenciálu motorových vozidel	2
3	Běžné typy diferenciálů.....	3
3.1	Standartní (otevřený) diferenciál.....	3
3.1.1	Kuželový diferenciál.....	3
3.1.2	Čelní diferenciál.....	6
3.2	Závěr diferenciálu (uzávěrka diferenciálu)	7
3.3	Diferenciály s omezenou svorností (samosvorné diferenciály)	9
3.3.1	Svorný diferenciál s třecí lamelovou spojkou (Lok-O-Matic).....	10
3.3.2	Svorný diferenciál Borg Warner (Spin Resistant)	12
3.3.3	Šnekový samosvorný diferenciál	13
3.3.4	Samosvorný diferenciál Torsen	14
3.3.5	Diferenciály bez ozubených kol	20
3.3.6	Diferenciály s kapalinovým ovládáním svornosti	22
3.3.7	Diferenciály s vnějším ovládáním svornosti.....	25
4	Inteligentní diferenciály	30
4.1	Systém ATTS (Honda).....	30
4.2	Systém AYC a S-AYC (Mitsubishi)	32
5	Dynamické diferenciály	33
5.1	Dynamický diferenciál DPC (BMW).....	33
5.2	Sportovní diferenciál	34
5.3	Diferenciál SH-AWD (Honda)	35
5.4	Diferenciál ACD (Mitsubishi).....	36
6	Závěr	37
	Použitá literatura.....	38

1 Úvod

Při jízdě motorovým vozidlem po rovné silnici se nám kola poháněné nápravy otáčejí stejnoměrně. Ovšem jedeme-li po komunikaci s nerovným povrchem nebo vedeme-li svůj vůz do zatáčky, může dojít ke smyku kol, zvýšenému namáhání pneumatik a převodového mechanismu, či ke zhoršení ovladatelnosti automobilu. Proto je zapotřebí, aby se kola otáčela v odlišných rychlostech. Vjíždíme-li například do zatáčky je vyžadováno, aby se vnitřní kolo točilo menší rychlostí, než kolo vnější. K tomuto účelu se mezi hnací kola vkládá diferenciál. Toto převodové zařízení, jenž je hlavní částí rozvodovky, slouží jako redukce rozdělující kroutící moment vedený z motoru přes převodovku na hnaná kola. Umožňuje tak kolům se vůči sobě „zpožďovat“ a „předbíhat“, což zapříčiňuje jejich rotaci v rozdílných rychlostech. V běžném silničním provozu se taktéž naskytne situace, kdy se jedno s poháněných kol dostane na podklad se sníženou adhezí. Toto kolo se tak protáčí a prokluzuje, zatímco kolo pohybující se po povrchu s kvalitní přilnavostí se otáčí pouze takovou rychlostí, jenž dokáže právě ono prokluzující kolo v dané situaci přenést na povrch silnice. K odstranění těchto nežádoucích stavů a zvýšení trakčních schopností za snížené přilnavosti se diferenciály doplňují o závěr diferenciálu, popřípadě se v automobilech používají diferenciály s omezenou svorností, takzvané samosvorné diferenciály.

Cílem této bakalářské práce je seznámit vás s jednotlivými typy diferenciálu, jejich konstrukcí a principem na kterém vykonávají svoji činnost.

2 Historický vývoj diferenciálu motorových vozidel

V této kategorii si stručně představíme důležitá data a historické milníky diferenciálu, jež vedly ke zdokonalování této části do podob, s nimiž se setkáváme u dnešních moderních vozidel.

Za vynálezce diferenciálu je považován francouzský konstruktér Onésiphore Pecquer, který v roce 1828 představil produkt, jenž se posléze začal využívat u tehdejších parních strojů. Roku 1865 je pak evidován americký patent kuželového diferenciálu, pracujících v parních žacích strojích. V 70. letech 19. století přicházejí vídeňský profesor Siegfried Marcus (1873) s modelem Strassenwagen (předělaný kočár s dřevěnými koly), jehož stroj je obohacen o řadu zajímavých zařízení, jako jsou spojka a diferenciál, a Angličan James Starley s integrovaným diferenciálem (1876), který později, přesně tedy roku 1886 použije Karl Benz do svého automobilu Benz patent Motorwagen číslo 1, prvního prodáváného vozidla se spalovacím motorem. Počátkem 20. století (1903) se objevují holandští bratři Jacobus a Hendrik-Jan Spijkerové s automobilem Spyker Grand Prix Racer s pohonem všech kol a mezinápravovým diferenciálem. V předválečném období se v Německé třetí říši vyvíjí řada nejnovějších konstrukcí, mezi nimiž je i kolíčkový diferenciál, hojně instalovaný do vozidel VW 82 a VW 166. Píše se rok 1958 a Američan Vernon Gleasman vynalézá samosvorný diferenciál Torsen (Torque Sensitive), vycházející ze šnekového diferenciálu, použitý u osobních automobilů až rokem 1986 a to automobilkou AUDI, která tak nahradila běžný otevřený diferenciál s manuální uzávěrou, využívaný u systému Quattro. Prvním sériově vyráběným vozem se stálým pohonem všech kol a mechanickým ovládáním svornosti mezinápravového diferenciálu, se tak stal model FF, vyráběný firmou Jensen. 80. léta (1985) pak přinesla na autosalonu ve Frankfurtu, představení systému 4Matic od automobilky Mercedes, s mezinápravovým diferenciálem a automatickou elektrohydraulickou uzávěrou ASD, jenž sleduje otáčení hnacích i nehnacích kol. Od počátku 90. let se pak do kurzu dostávají i inteligentní diferenciály, jako je systém ATTS od firmy Honda, představený na autosalonu v Tokiu (1991), či systém AYC a S-AYC od Mitsubishi-Motors, prvně montovány do vozu Lancer Evolution IV [1, 3, 4].

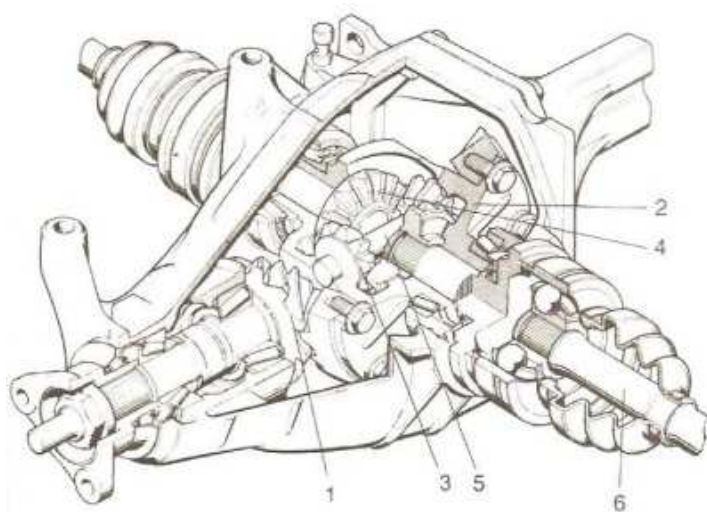
3 Běžné typy diferenciálů

Základní typy diferenciálů, bychom mohli rozdělit na diferenciály standardní neboli otevřené, diferenciály samosvorné a diferenciály se závěrkou.

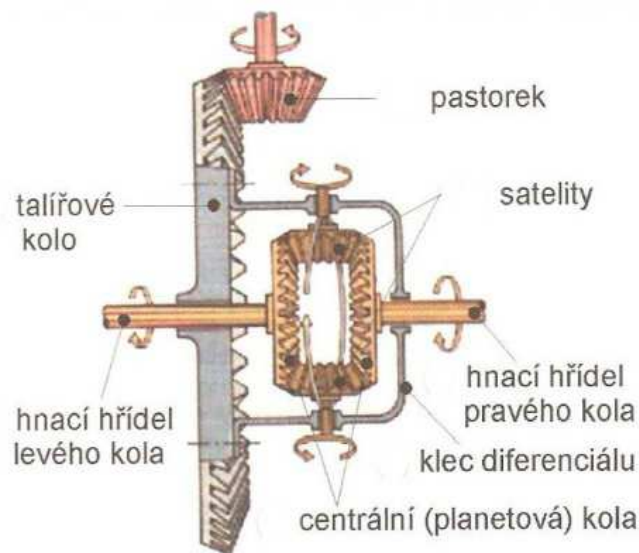
3.1 Standardní (otevřený) diferenciál

3.1.1 Kuželový diferenciál

Pro svoji jednoduchost se jedná o nejmasověji používaný typ diferenciálu u motorových vozidel. Základní části kuželového diferenciálu jsou: klec, kuželová centrální ozubená kola (4), která jsou spojena s hřídeli hnacích kol (6) a volně otočné satelity (3), což jsou kuželová ozubená kola s přímým ozubením, uložené na čepích. Samotné čepy satelitů (5) se nacházejí v kleci, neboli skříni diferenciálu (2), která je napevno uložena společně s talířovým kolem stálého převodu (1). Planetová (centrální) kola, jsou ve stálém záběru se satelity. S jedním čepem se dvěma satelity se setkáváme ve většině případů u osobních motorových vozidel, kdežto s čepem křížovým se čtyřmi satelity, převážně u těžkých užitkových automobilů. Z klece (skříně satelitů) je pomocí čepů satelitů, přenášen výkon na satelity, kde se dále rozděluje mezi obě centrální planetová kola. Za pomoci drážkování, u tuhé hnací nápravy nebo použitím posuvného kloubu u hnací nápravy výkyvné, dochází ke spojení hnacího hřídele kola s veškerými centrálními planetovými koly.

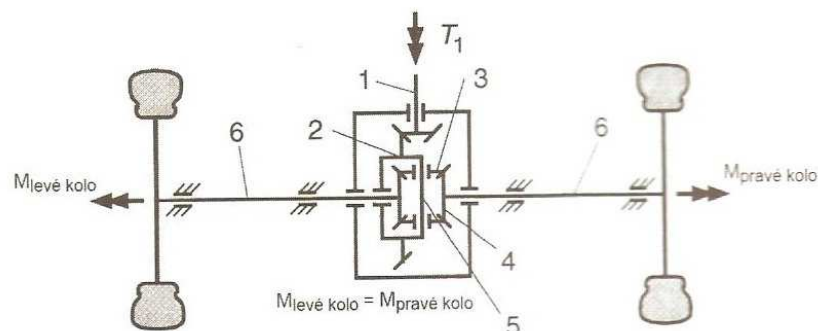


Obr. 1: Diferenciál s kuželovým stálým převodem
z automobilu Opel [1]



Obr. 2: Schéma kuželového diferenciálu s kuželovým stálým převodem rozvodovky [5]

- Princip činnosti kuželového diferenciálu:** U jízdy v přímém směru, budou otáčky hnacích hřídelů kol a obou centrálních kol totožné, pokud hnací kola provádějí stejnou dráhu, při plnění stejných otáček. Na talířové kolo stálého převodu se transformuje veškerý krouticí (točivý) moment z kuželového hnacího pastorku. Musíme zmínit, že se neotáčí pouze talířové kolo, ale i satelity a skříň diferenciálu. Ovšem v běžném provozu, se také setkáváme s případem, kdy satelity vykonávají práci, takzvané nepohyblivé zubové spojky, mezi centrálními planetovými koly a skříní (klecí) diferenciálu. V daném příkladě se samotné satelity neotáčejí, ale jenom kolem primární osy převodu, stejně jako skříň diferenciálu, obíhají. Na samotná kola vozidla se hnací (krouticí) moment přenáší přes hnací hřídele a obě planetová kola, na nichž se točivý moment rozděluje. Skříň diferenciálu a kuželová centrální planetová kola mají naprosto stejné otáčky.



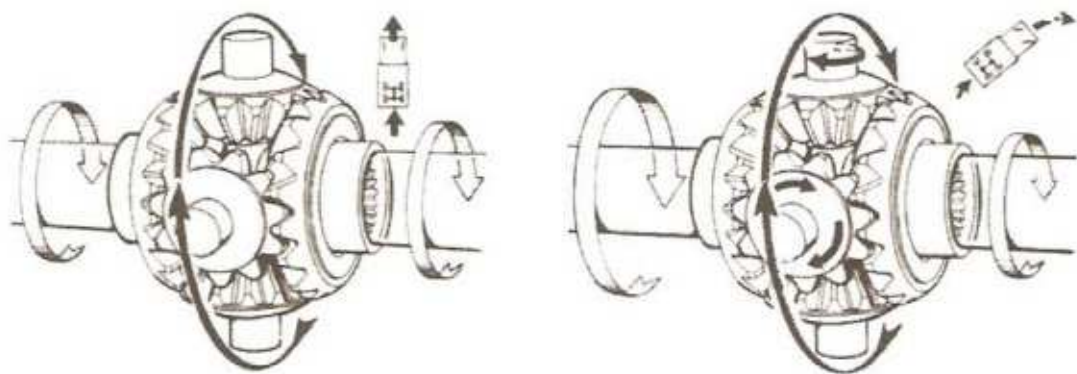
Obr. 3: Schéma kuželového nápravového diferenciálu [2]

Při jízdě v zatáčkách se začne vnější kolo jedoucí po delší dráze otáčet rychleji a satelity, které jsou rovněž v pohybu, začnou o totožnou část vnitřní kolo nápravy, které opisuje kratší dráhu zpožďovat, což znamená, že se kolo zpomaluje. Pro otáčky externího kola platí tedy vztah: $n_e = n + \Delta n$ a $n_i = n - \Delta n$ u výpočtu kola vnitřního, při čemž n

jsou otáčky skříně diferenciálu a Δn je rozdíl mezi klecí diferenciálu a otáčkami interního kola. Při zpožďování interního kola se rovnoměrně zpomaluje, jak centrální planetové kola, tak i hnací hřídel. Kuželová planetová kola nyní slouží k odvalování a otáčení se pro obíhající satelity, které tím pádem zrychlují druhé centrální kolo, společně s hnací hřídelí a ve výsledku i kolo, valící se po vnějším oblouku. Ke společnému otáčení s klecí diferenciálu, využívají satelity oběžný pohyb a na čepech satelitů pohyb otáčivý. Ze

vzorce $n_k = \frac{n_l + n_p}{2}$, kdy n_k jsou otáčky skříně diferenciálu a n_l, n_p otáčky levého

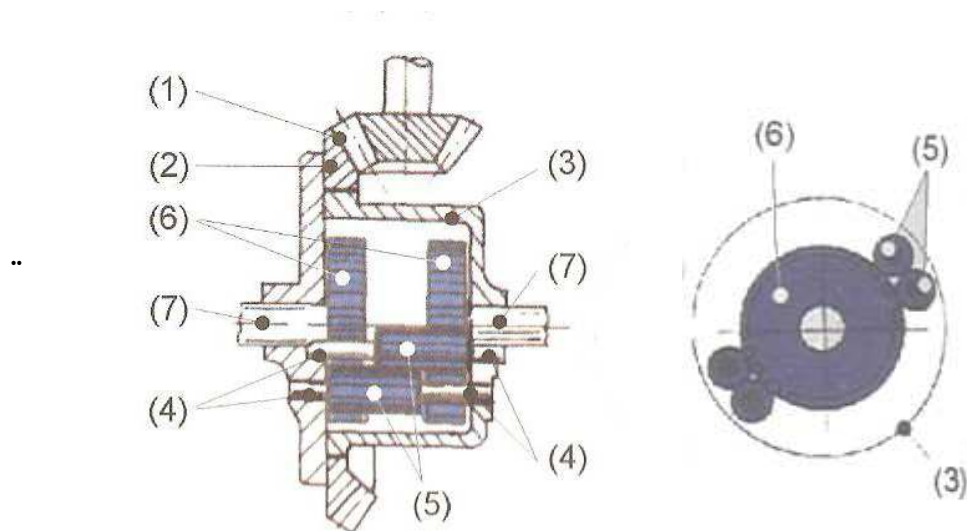
a pravého kola platí, že o co se zpožďuje interní (vnitřní) kolo, o to se zrychluje externí (vnější) kolo, jelikož obě planetová kola, mají shodný počet zubů. Poté co vozidlo zdolá zatáčku, satelity ukončí svoje otáčení se na čepech a vrátí se do pozice, kdy plní funkci zubové spojky mezi centrálními planetovými koly a klecí (skříní) diferenciálu [2, 5].



Obr. 4: Schéma funkce kuželového diferenciálu [2]

3.1.2 Čelní diferenciál

Začneme-li v porovnání s diferenciálem kuželovým, tak čelní diferenciál je tvořen, z menšího vnitřního průměru klece, je také o něco delší a stejně jako diferenciál kuželový oplývá slušnou vlastní účinností, která ovšem znamená, že při užití v terénních vozidlech, je nutno doplnit o závěr nebo mechanismus pro vzrůstající svornost. Obdobně jako diferenciál kuželový, pracuje čelní diferenciál na stejném principu, jak při průjezdech v zatáčkách, tak i v přímém směru. Již z názvu samotného diferenciálu vyplývá, že veškerá kola budou vybavena čelním ozubením. Základní součástí je opět klec, neboli skříň diferenciálu (3), poháněná soukolím stálého převodu rozvodovky (1 a 2) a dále sloužící jako unášec satelitů. Čepy čelních satelitů (4), jež jsou uloženy ve skříni diferenciálu, mají přímé ozubení. Samotné satelity (5) jsou v záběru s centrálními planetovými koly (6) a prochází přes ně vstupní moment, který se na nich dále dělí. Planetová kola přicházejí do kontaktu s hnacími hřídeli (7) obou kol nápravy. Oproti diferenciálu kuželovému, se satelity u čelního diferenciálu párují do navzájem zabírajících dvojic, které však nezabírají do ozubení obou planetových kol. Pro větší přehled by se dalo říct, že jeden satelit zabírá s jedním planetovým kolem a druhým satelitem, jenž zabírá do zbylého centrálního kola. Tímto způsobem je zaručeno, že otáčky jednoho centrálního kola se budou vůči skříni diferenciálu snižovat a u druhého centrálního planetového kola o stejnou část zvyšovat. U čelního diferenciálu se většinou můžeme setkat s čtyřmi nebo šesti satelity, které bývají vzájemně založené o 180° [1, 6, 7].

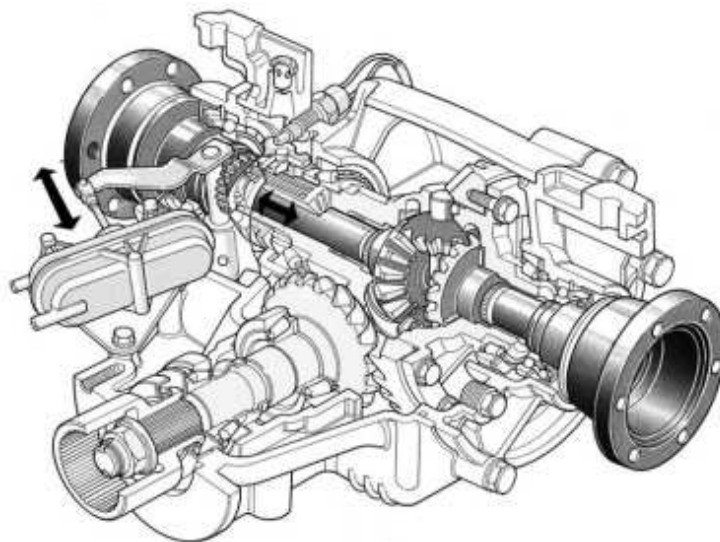


Obr. 5: Schéma čelního diferenciálu [6]

3.1.2.1 Příklad použití čelního diferenciálu – nákladní automobily Tatra

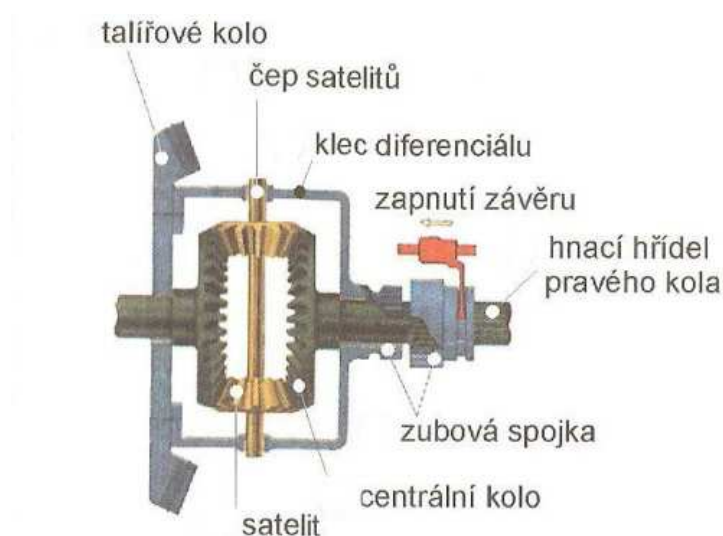
U vozidel značky Tatra, má každá strana svůj vlastní stálý převod, tudíž se stálý převod skládá ze dvou párů kol. Kloub se zde nahrazuje kuželovými koly, neboť se dokáží kromě otáčení (za výkyvů hřídele), také navzájem po sobě odvalovat, jelikož mají vzájemnou osu pastorku a výkyvu polonápravy. Přídavná převodovka přenáší za pomoci spojovacího hřídele pohon na obě hřídele polonáprav. Na první zadní nápravu se přes kloub transformuje kroutící moment z dutého spojovacího hřídele. Skříň diferenciálu dále přenáší kroutící (točivý) moment, na samotné čepy satelitů, satelity a centrální kola, jež jsou spojena s pastorkem stálého převodu, za pomoci dutých hřídelů. Dalším postupem točivého momentu jsou hřídele kol a talířová kola. Hřídel, který pohání skříň druhé zadní nápravy, dále spojuje obě klece diferenciálů obou náprav a prochází až do první zadní nápravy, díky dutému hřídeli pastorku stálého záběru. Jak talířová kola obou hřídelů kol, které mají osy vzájemně vysunuty (při pohonu všech kol, je posunutí a rozvor u všech náprav totožný), z důvodu hrozby střetu ozubených soukolí, tak pastorky jsou vybaveny shodným množstvím zubů [2].

3.2 Závěr diferenciálu (uzávěrka diferenciálu)



Obr. 6: Uzávěrka diferenciálu [9]

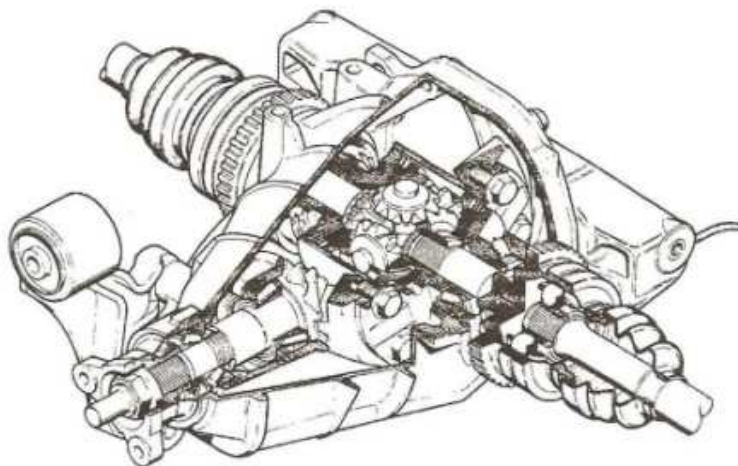
Závěr neboli, jak se také často říká uzávěrka diferenciálu nám slouží, jako zařízení vyřazující diferenciál z funkce, při uvedení automobilu do pohybu na kluzkém povrchu, u vyprošťování zapadlých dopravních prostředků nebo pro zvýšení trakce u terénních vozidel. Za normálních podmínek, kdy se vozidlo pohybuje po komunikaci s kvalitní přilnavostí, bývá uzávěr diferenciálu vypnut, jelikož zablokovaný (zavřený diferenciál) zvyšuje namáhání a opotřebení celého převodového ústrojí, následkem skluzu pneumatik. Využívá se u otevřených diferenciálu, k tomu aby se předešlo snížení momentu na neprokluzujícím kole. Diferenciál bez závěru, přenáší a rozděluje kroutící moment rovnoměrně na obě kola, takže na kolo které se protáčí, působí stejná hnací síla, jako na neprokluzujícím kole. Z toho vyplývá, že kolo, které prokluzuje, má dvakrát větší otáčky, než jsou otáčky klece diferenciálu, tím pádem nedokáže na vozovku vynést potřebnou hnací sílu a vozidlo se nedokáže samo vyprostit. Za účelem předejití se těmto situacím, se do otevřeného diferenciálu instaluje uzávěrka (závěr), která zastavuje centrální planetové kolo, hnacího hřídele vůči diferenciálu.



Obr. 7: Závěr diferenciálu se zubovou spojkou [5]

Nejběžněji bývá závěr diferenciálu konstruován, jako zubová nebo lamelová spojka, umístěná mezi hnacím hřídelem či centrálním kolem a skříní diferenciálu. Tím se za použití uzávěrky diferenciálu, zablokuje centrální kola, čímž pak zapříčiní otáčení diferenciálu jako celku. Pro samotné zablokování diferenciálu nám může sloužit přesuvná objímka, která se za pomoci svého vnitřního ozubení a vnějšího ozubení spojky, napevno spojí hnací hřídel kola, centrální planetové kolo se skříní diferenciálu, tudíž se satelity

nadále nemohou odvalovat po centrálním kole. Po tomto procesu je otevřený diferenciál vyřazen ze své funkce a náprava se chová, jako náprava bez diferenciálu. Samotná uzávěrka diferenciálu se ovládá z kabiny řidiče mechanicky, elektropneumaticky (hydraulicky) nebo elektromechanicky. U dnešních moderních pohonných systémů, se uzávěrka diferenciálu spouští vlivem změny adhezních vlivů na vozovce a za pomoci čidel elektronické řídicí jednotky otáčení kol [2, 5, 7].



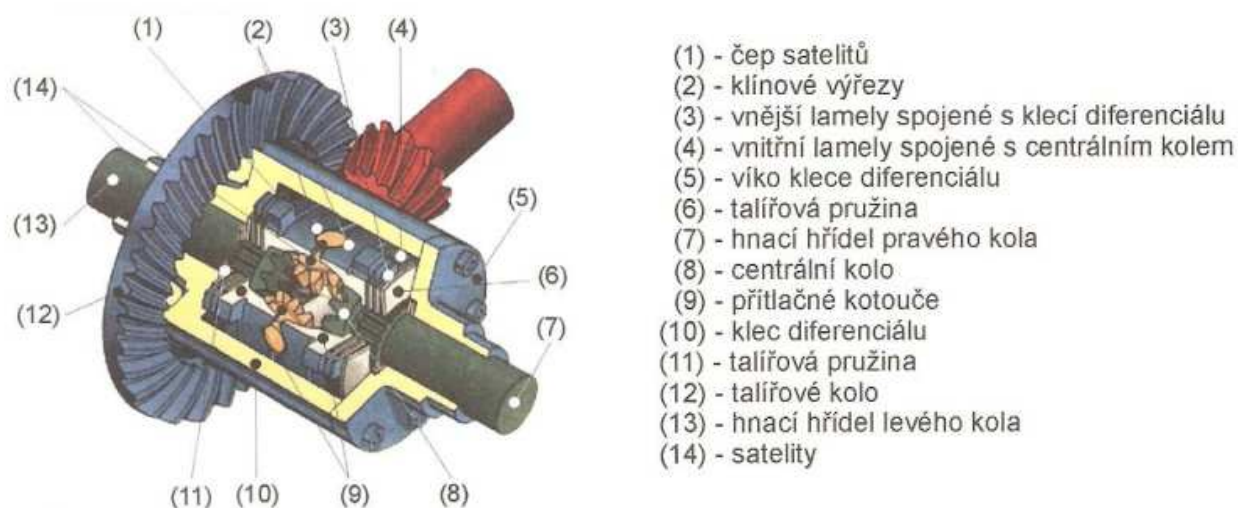
Obr. 8: Diferenciál vozů Opel s uzávěrkou [8]

3.3 Diferenciály s omezenou svorností (samosvorné diferenciály)

Velká nevýhoda, jež doprovází ovládání uzávěrky diferenciálu, je obtížnější ovládání vozidla, vlivem neustálého zapínání a vypínání závěru. K předejití této situace, se do některých vozidel montují diferenciály se samočinným uzavíráním, takzvané svorné (samosvorné) diferenciály. Práce samosvorného diferenciálu spočívá v navýšení jeho tření, jehož jednotlivé momenty jsou větší, čím více se planetová kola tisknou na klec diferenciálu. Při jízdě po uhlazené komunikaci s kvalitní přilnavostí se diferenciál s omezenou svorností, chová jako klasický čelní či kuželový diferenciál, ovšem po prokluzování nebo zvýšeném otáčení jednoho kola, se projevuje již zmiňované a právě nastupující vzrůstající tření, které nám povolí minimální odchylku mezi otáčkami u obou hnacích kol a tím zastavuje protáčení kol mezi sebou. Kroutící moment nám už není převáděn stejnoměrně (1:1), ale z většiny jde na kolo, které neprokluzuje. Mezi nejvyužívanější svorné diferenciály v dnešní době, patří diferenciály šnekové (Torsen) a s lamelovou spojkou [1, 9].

3.3.1 Svorný diferenciál s třecí lamelovou spojkou (Lok-O-Matic)

Docílením samosvorného účinku u nejčastěji využívaného kuželového diferenciálu, můžeme docílit za pomoci různých třecích elementů (lamelové nebo kuželové třecí spojky), nainstalovaných mezi hnací hřídele kol a klec diferenciálu, či skříň a jeden výstup k nápravě.



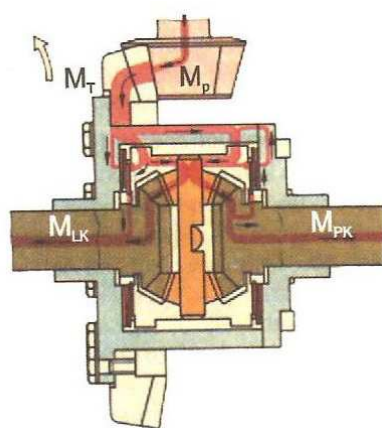
Obr. 9: Samosvorný diferenciál s třecí lamelovou spojkou [6]

Tento samosvorný diferenciál kromě běžných součástí obsahuje, také dva přitlačné kotouče a pár lamelových spojek. Unášecí výstupky, jimiž jsou vybaveny přitlačné kotouče, přicházejí do kontaktu s drážkami ve skříni diferenciálu. Tudíž se nám přitlačné kroužky (kotouče) otáčejí stejně s klecí diferenciálu, která jim udává veškerý pohyb, ovšem kotouče se proti ní mohou axiálně posouvat. Samotné lamely jsou vloženy v místech mezi externí čelní plochou přitlačných kroužků a čelními stranami skříně diferenciálu. Do drážek klece diferenciálu zapadají unášecí výstupky externích lamel, kdežto lamely interní jsou za asistence ozubení sloučeny s planetovými koly. Čepy satelitů jsou vloženy v klínových výřezech, jež jsou obrobené ve vnitřních plochách obou přitlačných kroužků. Přítlač (předpětí) v lamelách, vzniká díky užití talířových pružin.

Samosvornost je po většinu případů využívána ze závislosti na velikosti přenášeného momentu, či s přítlakem vyvolanými talířovými pružinami, který připouští stálý třecí

moment, jenž není ovlivňován přenášeným momentem a tím vytvoří menší množství samosvornosti na površích se špatnou přilnavostí.

- Princip činnosti svorného diferenciálu s lamelovou spojkou:** Převodovkou se nám převádí kroutící moment, narůstající vlivem stálého převodu přes skříň diferenciálu do přitlačných kotoučů. U hnacích kol na komunikaci s rovnoměrnou adhezí se většina kroutícího (točivého) momentu, přenáší z unášených čepů satelitů a přitlačných kroužků na planetová kola. Zbytek točivého momentu nám stejnoměrně putuje přes lamelové spojky a přitlačné kotouče, taktéž na centrální planetová kola. V opačné situaci, kdy se budeme pohybovat na silnici, či terénu s odlišnou přilnavostí a prokluzuje nám třeba pravé hnací kolo, se satelity otáčejí a čepy satelitů tisknou přitlačné kotouče vůči oběma lamelovým spojkám. Třecí moment přenášený po skříni diferenciálu, levou lamelovou spojkou a ozubením na levém hnacím hřídeli na levé neprokluzující kolo, vzniká za působení přitlačné síly mezi rychlejšími interními a externími lamelami pravého hnacího kola a jeho velikost nám určuje odchylka u otáček lamelových spojek. Svornost běžných osobních vozidel je maximálně 40% (samosvornost diferenciálu), účinnost diferenciálu je 60%, z čehož vyplývá $\frac{40}{2} = 20\%$, což je hnací kroutící moment odváděný z prokluzujícího kola na neprokluzující. U našeho příkladu to tedy bude 70% na levé neprokluzující kolo a 30% kroutícího momentu na pravé prokluzující kolo, jež nám dává 40% rozdílu přenášených hnacích momentů, odpovídající svornosti diferenciálu [2, 5, 7].

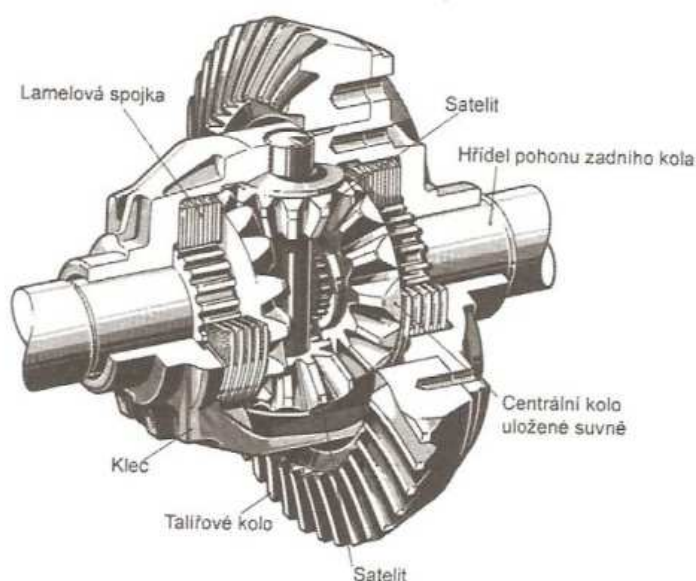


M_p - točivý moment přiváděný z převodovky
 M_T - točivý moment talířového kola
 M_{LK} - točivý moment přiváděný na levé hnací kolo
 M_{PK} - točivý moment přiváděný na pravé hnací kolo

Obr. 10: Přenos točivého momentu (pravé hnací kolo prokluzuje) [5]

3.3.1.1 Příklad využití vícelamelových spojek: Mercedes-Benz 190

Sepnutí více lamelových spojek, uložených mezi klecí diferenciálu a centrálními koly, bylo obsluhováno axiálními silami přenášených z kuželového ozubení, či montáží talířové pružiny, která využívala předpjetí, neboli konstantní stálou svornost diferenciálu s přenášeným momentem. Samotná samosvornost diferenciálu se upínala ke krouticímu momentu, pouze jestliže byly ovládané třecí části řízeny silami vzniklých v záběru ozubených kol [1].



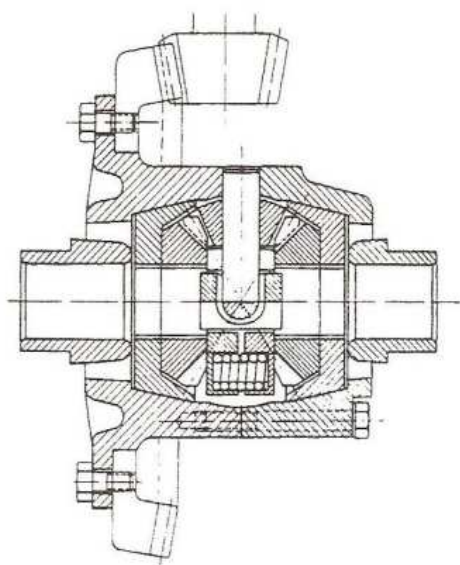
Obr. 11: Svorný diferenciál vozu Mercedes-Benz 190 [2]

3.3.2 Svorný diferenciál Borg Warner (Spin Resistant)

V prostoru klece diferenciálu a centrálních planetových kol se nacházejí kuželové třecí spojky, které nám snižují vlastní účinnost. Hnací hřídel kol je drážkováním pevně spojená s prstenci třecích kroužků, jejichž kuželové plochy přicházejí do kontaktu se skříní diferenciálu. K dosažení třecího momentu nám přispívají axiální síly z kuželových kol a vinuté pružiny účinkující na centrální kola [2, 7].



Obr. 12: Svorný diferenciál Borg Warner 1 [11]



Obr. 13: Svorný diferenciál Borg Warner 2 [2]

3.3.3 Šnekový samosvorný diferenciál

Svorný šnekový diferenciál, patřící do skupiny tzv. symetrických diferenciálů má menší účinnost záběru šnekového soukolí, čímž se nám vytváří i nižší vlastní účinnost diferenciálu. Skládá se ze skříně diferenciálu, která vykonává taktéž práci unášeče pro 12 satelitů, dále stejně zabírající 4 šneková kola a globoidní šneky, jenž udávají pohyb centrálním výstupním kolům. Třecí moment se odvíjí od přenášeného kroutícího momentu. Samotné soukolí pracuje jako ozubený převod, uložený mezi dvěma hřídeli, skládající se ze šneku a šnekového kola.

- **Výhody šnekového soukolí:** Přenos velkých výkonů a převodových poměrů, dobrá pevnost plochých boků zubů, za celou dobu životnosti stále tichý chod, vysoká zatížitelnost, dobrá účinnost a svornost soukolí.
- **Nevýhody šnekového soukolí:** Dražší a náročnější výroba, (oproti valivým soukolím), malá životnost, vlivem tření jsou více náchylné na opotřebení a příliš velký skluz má za následek výraznější třecí ztráty.



Obr. 14: Šnekové soukolí [13]

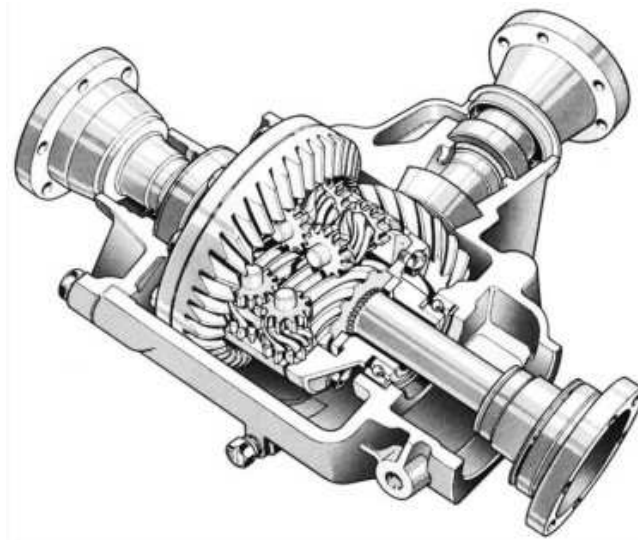


Obr. 15: Šnekové ozubení globoidní [14]

Ve šnekových samosvorných diferenciálech se používají především šneková soukolí s tzv. globoidním šnekem, jenž má 3x vyšší únosnost a až 3x menší ztráty energie v důsledku tření (ztráty okolo 10%), než šnek válcový. Pro docílení vysoké účinnosti (až 90%) je potřeba dobrého zaběhání, plného zatížení a kvalitního mazání, olejem o velké viskozitě. V porovnání, s již zmíněným soukolím válcovým můžeme dále zmínit, že globoidní převod transformuje mnohem větší výkon, na druhou stranu jsou na něj kladeny náročnější nároky na přesnost při výrobě, montáži a uložení hřídelů [1, 6, 12].

3.3.4 Samosvorný diferenciál Torsen

Konstrukčně vychází z klasického šnekového diferenciálu, jenž se v dnešní době již v automobilech nevyskytuje a otevřeného čelního, nesamosvorného diferenciálu. Slovo Torsen, což je zkrácenina slov Torque (točivý moment) a Sensing (citlivý) ve volném překladu znamená, citlivost na změny hnacího momentu, neboli velikost třecího momentu je v závislosti na velikosti vstupního momentu do diferenciálu. Diferenciál Torsen přerozděluje krouticí moment na obě hnací kola, podle podmínek přilnavosti a dovoluje nám odlišné otáčky u hnacích kol. Rozlišujeme tři základní konstrukce tohoto samosvorného diferenciálu (typ A, B a C) [2, 15].

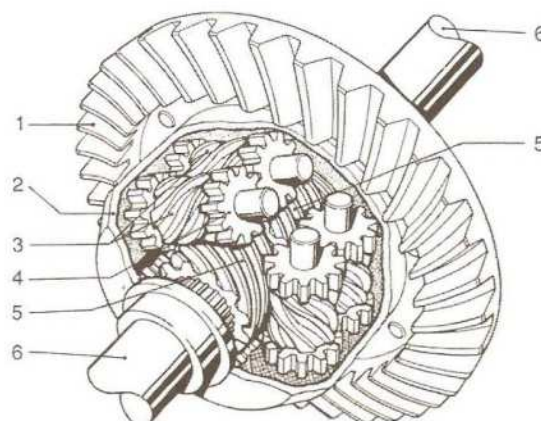


Obr. 16: Samosvorný diferenciál Torsen [10]

3.3.4.1 Samosvorný diferenciál Torsen typ A (typ 1)

Jedná se o nejstaršího a nejklasičtějšího představitele skupiny samosvorných diferenciálů, jenž využívá překřížené osy šnekových převodů ke zvýšení vnitřního tření.

Konstrukce prvního svorného diferenciálu z rodiny Torsen se skládá z ozubeného talířového kola stálého převodu (1), které nám přenáší kroutící moment a pohání skříň diferenciálu (2). Tři páry šnekových kol (satelitů), pohybujících se na čepech uložených ve skříni diferenciálu, jsou v záběru s planetovým kolem a ozubením párového satelitu. Satelity, vyráběné v malém průměru (3) jsou vybaveny na svých čelech, ozubenými koly s šnekovým a čelním přímým ozubením (4). Samotné šneky pro pohon nápravy (5) zakotvené ve skříni diferenciálu jsou ze vnitř prázdné (duté) a prochází jimi po drážkách oba výstupní hřídele hnacích kol (6).



Obr. 17: Průhled diferenciálem Torsen typ A (typ 1) [2]

- Princip činnosti svorného diferenciálu Torsen (typ 1):** Diferenciál Torsen typu A pracuje na principu tzv. podpory nerovnováhy kroutícího (hnacího) momentu, jehož nejvýše dosažený poměr můžeme znázornit za pomoci míry svornosti, neboli TBR (Torque Bias Ratio). Pokud, při nepoměru v otáčkách vzniká relativní pohyb ozubených kol na postraních hřídelí, tak nám zároveň působí vlivem horší účinnosti šnekového ozubení, reakční kroutící moment na kola s pohonem. Za přímé jízdy po komunikaci s kvalitní přilnavostí, jsou otáčky rovnoměrně rozděleny na obě hnací kola nápravy, satelity fungují jako spojka, jelikož se na čepech netočí, tudíž se nám diferenciál otáčí jako jeden kus. Jakmile se dostane vozidlo do zatáčky, spustí se otáčení šnekových kol, čímž umožníme diferenciálu rozdělovat otáčky, dle potřeby na hnací kola. V situacích, kdy se vlivem špatné přilnavosti jedno kolo protáčí je tření ve šnekovém soukolí daleko větší, než za běžných podmínek, čímž dojde ke zpomalení prokluzujícího kola. Kroutící moment se pak přenáší ve větší míře na neprotáčející se kolo. Ztráty vznikají i vlivem působení tření čel šneků o skříň diferenciálu. Výroba samosvorného diferenciálu Torsen je prováděna za účelem dosažení svornosti okolo 35% a účinnosti asi 65%, a dá se ovlivnit, popřípadě doladit dle přání a požadavků výrobců automobilů, tvarem ozubení. Velkou výhodou tohoto typu diferenciálu je pak dobrá spolupráce s protiblokovacími brzdovými systémy (ABS) [1, 5, 9].



Obr. 18: Diferenciál Torsen typ A z vozu Toyota Supra TT [16]

3.3.4.1 Příklad použití svorného diferenciálu Torsen typ 1 – VW Phaeton

Pro rozdělení síly mezi zadní a přední nápravu si Volkswagen vybral Torsenův mezinápravový samosvorný diferenciál. Počáteční nastavení Torsenova diferenciálu je provedeno tak, aby byl hnací moment na nápravy přerozdělován v poměru 50:50 a v situaci, kdy dochází na jedné z náprav ke snížení přilnavosti, se zvýšil nanejvýš na poměr 70:25, tedy o 20%. Konfigurace je plynulá, bez časové prodlevy a svorná síla diferenciálu, vrůstá samovolně s přibývajícím zatížením. Funguje v režimu odvíjejícího se od citlivosti na velikosti kroutícího momentu, čímž nám odpadají problémy vznikající, při jízdě v zatáčce, kdy na vozidlo působí torzní rázy. Ty jsou použitím tohoto nastavení eliminovány a diferenciál nám umožní rozdělovat rychlost otáček na hnací nápravy, dle potřeby [17].



Obr. 19: Mezinápravový diferenciál Torsen u VW Phaeton [17]



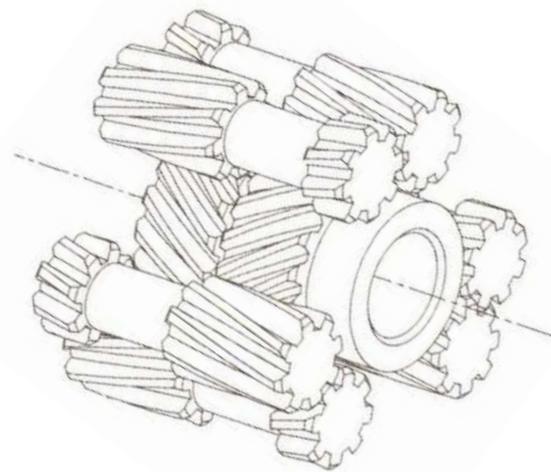
Obr. 20: Průhled vozu VW Phaeton s diferenciálem Torsen typ A [17]

3.3.4.2 Samosvorný diferenciál Torsen typ B (typ 2)

Konstrukčně vychází z předchozího Torsenu typu 1, ovšem šnekové soukolí, tedy šneky a šneková kola, zde vystřídaly čelní kola se šikmými zuby (patentové ozubení Equivex™). Pro docílení podobného efektu, jako u originálního provedení se využívá paralelního uspořádání konfigurace převodů. Hlavním konstrukčním prvkem je zde opět skříň (klec) diferenciálu, v níž se vyskytuje jeden pár satelitů, jenž není uložen na čepu, ale pouze leží ve výřezích. Další páry satelitů, zabírající mezi sebou a jedním centrálním kolem, jsou ve stejném rozmezí vloženy po obvodu skříně diferenciálu.



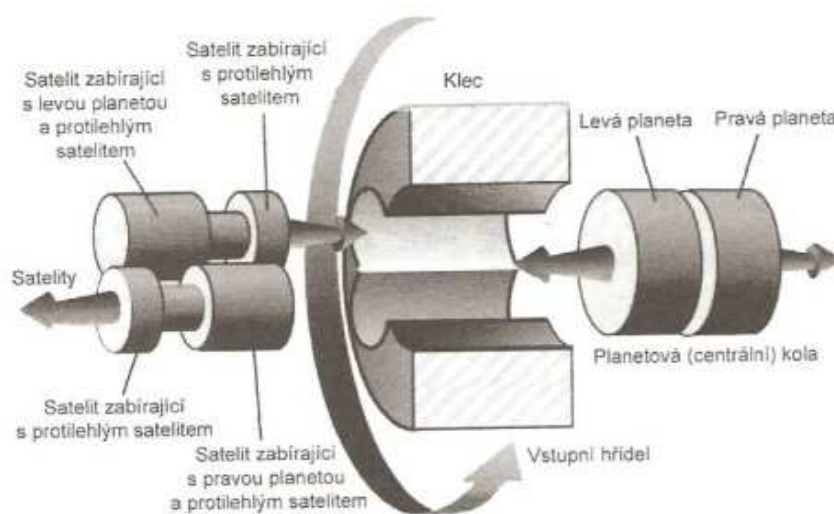
Obr. 21: Torsen typ B z vozu Hyundai Genesis Coupe [18]



Obr. 22: Vzájemná poloha planetových kol a satelitových dvojic [1]

- **Zvýšeného tření docílíme:** dotekem boků satelitů a centrálních kol o skříň diferenciálu, záběrem šikmého čelního ozubení a třením hlavových průměrů satelitů o kruhové výřezy ve skříni diferenciálu.

Samosvorný diferenciál Torsen typu B funguje jako mezinápravový i nápravový diferenciál. Jeho svornost, která se dá i nadále vylepšovat přidavnými třecími kroužky, úhlem ozubení nebo množstvím párů satelitů, má obvykle okolo 16 – 50%. V dnešní době se ve světě můžeme setkat i s obdobou Torsenu tohoto typu, a to u diferenciálu, který pro zvýšení vnitřního tření používají čelní ozubená kola s šikmým ozubením (Quaife, Powe – Track) [2, 15]



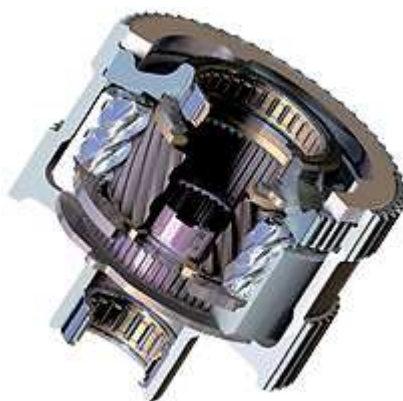
Obr. 23: Schématické znázornění sil působících uvnitř diferenciálu Torsen zvyšující vnitřní tření [2]

3.3.4.3 Samosvorný diferenciál Torsen typ C (typ 3)

Samosvorný Torsen typu C nám pracuje, jako nesymetrický centrální diferenciál, skládající se z centrálního planetového kola, satelitů, korunového kola a unášeče. Odebráním čepů unášeče z tohoto typu, kde nám samotné satelity víceméně plavou, uchycené za pomoci výřezů v rameni unášeče, dokážeme docílit lepšího samosvorného účinku.



Obr. 24: Diferenciál Torsen typ C (typ 3) [19]



Obr. 25: Průhled Torsenu typu C použitého v automobilu Toyota Tundra [20]

Tření nám vzniká otáčením satelitů proti unášeči, v místech externího obvodu satelitů a ve výřezích tělesa unášeče. Dále se s ním můžeme setkat u záběru šikmých zubů centrálního soukolí, kde vznikají axiální síly, jenž planetové kolo tlačí na třecí kroužek. Interní účinnost diferenciálu je možné zlepšovat dle požadavků, za pomoci různého množství satelitů, geometrií ozubení, či tvarem třecích kroužků [1, 15].



Obr. 26: Rozložený diferenciál Torsen typ C [21]

3.3.4.3.1 Příklad použití diferenciálu Torsen typ C – Alfa Romeo Brera

Systém náhonu na všechny čtyři kola, používaný u této automobilky, je pod dohledem planetového diferenciálu Torsen typu C, s kterým ještě dále spolupracují dva kuželové nápravové diferenciály. Při běžném provozu se na zadní nápravu přenáší, přes svorný diferenciál TwinDiff 57% kroutícího momentu a 43% jde na přední kola, čímž se dosáhne žádané přilnavosti. Za předpokladů, že se adheze na vozovce zhorší, dokáže diferenciál, jenž automaticky kontroluje a rozděluje dle situace hnací moment na kolo s nejvyšší trakcí, přerozdělit moment na poměr 22:78, případně 78:22 [22].

3.3.5 Diferenciály bez ozubených kol

Oproti předchozím samosvorným diferenciálům, zde centrální planetová kola a satelity vystřídaly kotouče se speciálními vačkovitými výstupky. Výhodou tohoto typu diferenciálu je jeho jednoduchý mechanismus, ovšem pro jeho velkou hlučnost se s ním u motorových vozidel setkáváme jen vyjíměčně [2].

3.3.5.1 Vačkový diferenciál (s posuvnými kameny)

Mechanismus vačkového diferenciálu tvoří Výstupní kotouče, mezi nimiž jsou uloženy kluzné kameny (unášecí kolíčky), jenž se v unášeci axiálně posouvají. Vačkové hřídele rozdělujeme podle seskupení vaček na axiální a radiální. Skříň diferenciálu, v níž jsou unášeny kameny, přivádí do diferenciálu hnací kroutící moment. Kameny posouvající se v prostoru vačkových kotoučů, jež jsou vybaveny vačkovým profilem, přiléhají svými čely na vačkové profily, čímž se vytváří tření, které vzniká i na bocích kamenů, při

společném kontaktu. Tímto principem funkčnosti vačkového diferenciálu nám tedy za jízdy po vozovce se špatnou přilnavostí nebo v jízdě v zatáčce, vzniká samosvornost.

V praxi se s tímto druhem diferenciálu můžeme setkat u vozů Suzuki Vitara, kde se využívá, jako mezinápravový diferenciál nebo jako nápravový diferenciál na předních kolech, vybraných modelů automobilky Subaru (diferenciál Suretrac) [1, 7].



Obr. 27: Rozložený vačkový diferenciál [24]

3.3.5.2 Kolíčkový diferenciál

Hlavní částí kolíčkového diferenciálu je opět skříň (klec) diferenciálu, jenž má v sobě uložené posuvné kolíčky, které jsou v přímém kontaktu s výstupními koly s vačkovými profily. Množství výstupků se musí na obou kolech lišit, jelikož v opačném případě, by nám jednotlivé kolíčky prokluzovaly vačkovitými výstupky a výsledný efekt přenosu momentu na výstupní kola, by byl nulový. Diferenciál tudíž nemůže být symetrický. Dále dělíme kolíčkový diferenciál podle polohy osy, na radiální (používaný u vozů GAZ 66, či UAZ 469) a axiální (montovaný do VW 82 nebo VW 166), u nichž můžeme docílit až 100% svornosti, která vzniká třením kolíčků po výstupech a ve vedení kolíčků ve skříni diferenciálu. Princip je velmi prostý, čela kolíčků se posouvají po výstupcích kol, jež při odlišných otáčkách při přeběhu kolíčků mezi vrcholky výstupků tlačí kola na klec diferenciálu, což dá impuls ke vzniku tření a tudíž růstu samosvornosti diferenciálu [1, 24].



Obr. 28: Kolíčekový diferenciál [24]



Obr. 29: Rozložený kolíčekový diferenciál [24]

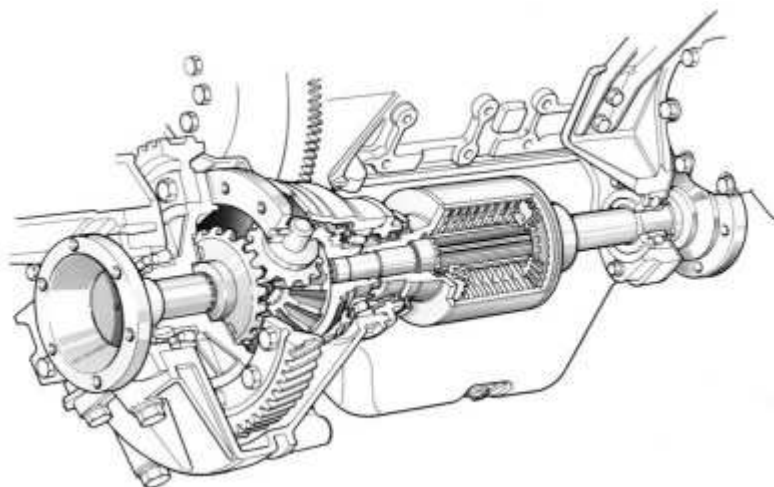
3.3.6 Diferenciály s kapalinovým ovládáním svornosti

Samosvorné diferenciály působící na principu kapalinového tření mají proměnnou svornost, která se neodvíjí od množství transformovaného kroutícího momentu, ale podle poměru úhlových rychlostí výstupních hřídelů. Do této skupiny zařazujeme diferenciály s viskózní spojkou, lamelovou spojkou a čerpadlem nebo diferenciály s hydrostatickým ovládáním svornosti [2].

3.3.6.1 Diferenciál s viskózní spojkou

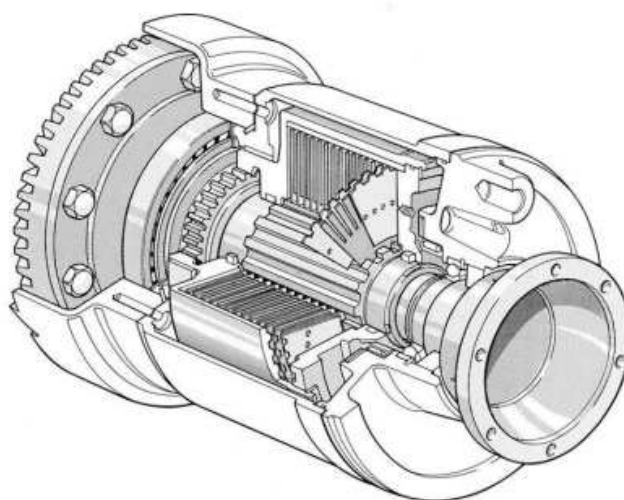
Tento druh diferenciálu je tvořen z běžného centrálního planetového diferenciálu a viskózní spojkou, což je vícelamelová spojka, která je uzavřena ve skříni, v níž jsou její lamely, které jsou mezi sebou proložené, ponořeny do lázně speciálního silikonového oleje s vysokou viskozitou. Lamely s vnějším ozubením nám přicházejí do kontaktu se skříní a lamely s vnitřním ozubením jsou spojeny s centrálním kolem hnacího hřídele. Kapalina, v našem případě silikonový olej zvětšuje svůj objem a viskozitu se vzrůstající teplotou (teplota při maximálním zatížení může přesáhnout 200°), lamely jsou unášeny a tlačeny vůči sobě, což má za následek vzrůstající přenášený moment. Ten nám způsobuje zvýšení trakce nápravy, zpomaluje diferenciál (závisí na poměru otáček) a s narůstající viskozitou nám roste i pevnost ve smyku. Nastává situace, kdy se nám diferenciál může na 100% uzavřít. Tento moment trvá až do doby, kdy se nám sníží teplota, lépe řečeno tlak uvnitř spojky (kola obou náprav se dostanou na komunikaci se stejnou přilnavostí) a vyrovnají se

otáčky. V případech prudkého nárůstu otáček jednoho kola se můžeme setkat i s tzv. Hump efektem, jenž má za následek uzavření spojky[1, 7, 25, 26].



Obr. 30: Samosvorný diferenciál s viskózní spojkou [9]

- **Výhody diferenciálu s viskózní spojkou:** Postupný bezrázový nástup svornosti (až 100%) a účinnosti, malé opotřebení, tichý chod, viskózní spojka je jednoduchá, má přijatelnou cenou, tlumí záběr a chrání převodové ústrojí před rázy.
- **Nevýhody diferenciálu s viskózní spojkou:** Uzavírání diferenciálu dělá problém stabilizačním systémům ve vozidle, z důvodů odlišných otáček, které systém potřebuje. Dále přetížení viskózní spojky může mít za následek připálení lamel a snížení hermetičnosti, což má za následek špatné jízdní vlastnosti vozidla.



Obr. 31: Řez viskózní spojkou [10]

3.3.6.2 Diferenciál s hydrostatickým ovládáním svornosti

Samosvornost je u těchto druhů diferenciálu docílena za pomoci ozubení diferenciálu, které pracuje jako čerpadlo vytvářející moment na kolech, účinkující vůči jejich smyslu rotace. Diferenciál se skládá z planetového soukolí, které je tvořeno z planetového a korunového kola, a jednořadých satelitů uzavřený v unašeči, jenž je zkonstruován jako klec čerpadla.

- **Princip činnosti:** Unášeč, jenž je zároveň vstupní částí diferenciálu nám přitlačuje planetové kolo a satelity, které začínají fungovat jako zubové čerpadlo. Planetové soukolí je ponořené do oleje, který je uváděn do pohybu korunovým kolem a proplová mezerou mezi hlavou korunového kola a externím průměrem unášeče. Jestliže vznikne odlišnost v otáčkách, tak se planetové a korunové kolo vůči sobě začne otáčet a olej za pomoci satelitů, putuje skrz mezery zubů k záběru planetového kola, kde se nahromadí nejvyšší tlak, jenž dále doléhá na čela klece diferenciálu a vytváří síly pracující proti ozubeným kolům. Tedy dojde ke vzniku hydrostatických momentů, reagujících proti směru rotace ozubených kol, což má za následek i vznik svornosti [2].

3.3.6.3 Diferenciál s lamelovou spojkou (Visco-Lok) a čerpadlem

Jedná se o kuželový nápravový diferenciál, jehož hlavní komponentou je opět klec diferenciálu, obohacená o spojku Visco-Lok. Spojka Visco-Lok umístěná mezi planetovým kolem a skříní diferenciálu, je tvořena vícelamelovou spojkou a čerpadlem, jenž zvyšuje podle poměru otáček tlak v kapalině. Kapalina, v našem případě vysoce viskózní silikonový olej, pohybuje pístem, který přichází do kontaktu s lamelovou spojkou. S rostoucím protáčením kol roste rozdíl úhlových rychlostí, zvyšuje se rotace čerpadla a přitlačná síla, působící na vícelamelovou spojku, tudíž vzniká svornost diferenciálu. V některých konstrukcích se do diferenciálu Visco-Lok montuje pro docílení neustálého přitlaku na lamelovou spojku, talířová pružina, díky níž diferenciál funguje s konstantní nenulovou svorností. V praxi se s touto konstrukcí diferenciálu, můžeme setkat u BMW a její sportovní řady M nebo čtyřkolek Quad. Za zmínku dále stojí, že i v běžném provozu se dá narazit na konstrukci diferenciálu (například u Jeepu Grand Cherokee), která používá taktéž lamelovou spojku, ovšem řízenou zubovým čerpadlem s cykloidním ozubením [1].



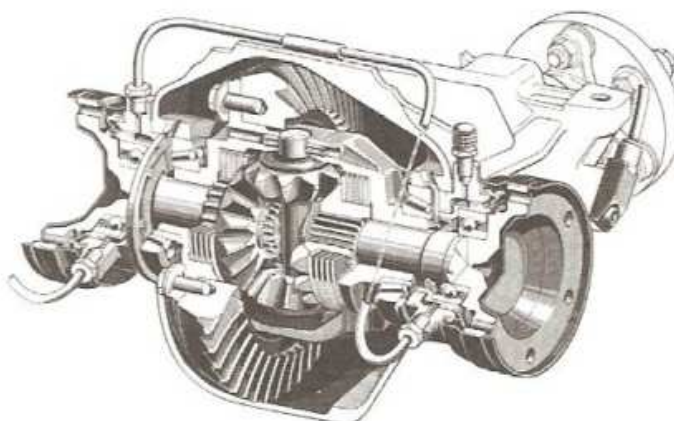
Obr. 32: Diferenciál Visco Lok LSD (Limited Slip Differential) [27]

3.3.7 Diferenciály s vnějším ovládáním svornosti

Diferenciály s vnějším ovládáním svornosti jsou pod vedením elektronické řídicí jednotky, která podle dynamičnosti jízdy vozidla a práce zbylých elektronických systémů, určuje velikost přenášeného momentu výstupních hřídelů [2].

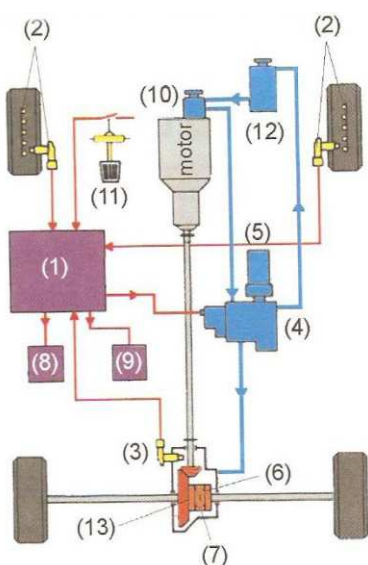
3.3.7.1 Samočinný diferenciál Mercedes-Benz ASD

Diferenciál s automatickou, elektrohydraulickou uzávěrou ASD (automatisches Sperrdifferential) je vylepšená verze klasického svorného diferenciálu s lamelovou spojkou, který sleduje rotaci hnaných i nehnaných kol, jenž má samosvorný účinek 35% a v požadované situaci nám umožňuje až 100% uzavření diferenciálu. Můžeme tedy přenést více kroutícího momentu na neprokluzující kolo a tím docílit lepší trakce vozidla.



Obr. 33: Hydraulicky ovládaný kuželový svorný diferenciál Mercedes-Benz ASD pro systémy pohonu všech kol 4Matic I. Generace [1]

Konstrukce diferenciálu ASD, by se dala rozčlenit do tří různých skupin: mechanické, hydraulické a elektronické. Mechanická část ASD se skládá z hydraulického válce a lamelové spojky, jejíž externí lamely vložené v drážkách, se axiálně pohybují ve skříni diferenciálu. Interní lamely jsou za pomoci drážek, připevněny s planetovými koly diferenciálu. Mezi hydraulické konstrukční prvky zařazujeme: olejovou nádrž a čerpadlo, hydraulickou jednotku ASD, jenž je vybavena i zásobníkem tlaku oleje a elektromagnetický ventil. Elektronickými komponentami jsou zde, snímače otáček, elektronická řídicí jednotka ASD a signalizace činnosti a poruchy systému ASD[1, 5, 28, 29].

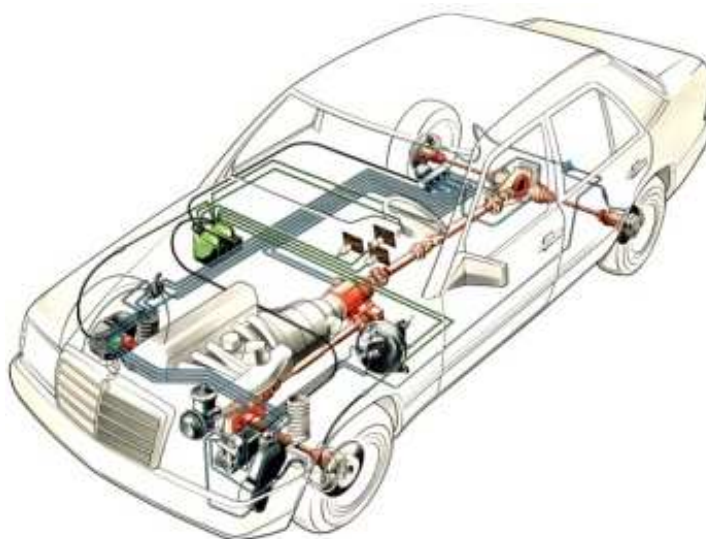


- (1) - elektronická řídicí jednotka ASD
- (2) - snímače otáček předních kol
- (3) - snímač otáček pastorku stálého převodu
- (4) - hydraulická jednotka ASD
- (5) - zásobník tlaku oleje
- (6) - hydraulický válec
- (7) - lamelová spojka
- (8) - kontrolka signalizace činnosti ASD
- (9) - kontrolka signalizace poruchy ASD
- (10) - olejové čerpadlo
- (11) - brzdový pedál
- (12) - olejová nádržka
- (13) - diferenciál

Obr. 34: Schéma systému samočinnného diferenciálu ASD [6]

- **Princip činnosti diferenciálu ASD:** Ze snímačů otáček pastorku stálého převodu (3) a otáček předních kol (2), jsou přenášeny data do elektronické řídicí jednotky ASD (1), která tyto informace posléze vyhodnotí. Jestliže nastane situace, kdy rychlost rotace předních a zadních kol je o 2 km/h odlišná, zvýší se samosvornost diferenciálu a lamelové spojky fungují jako závěr diferenciálu. ASD ovšem pracuje pouze do rychlosti 35 km/h, jelikož zablokování kol by zhoršilo jízdní vlastnosti automobilu a to převážně jízdu v zatáčkách, takže při vyšší rychlosti je hydraulické řízení samosvornosti vypnuto. Jak už jsme se zmiňovali, tak diferenciál ASD je ovládán za pomoci řídicí jednotky a to elektromagnetickým ventilem v hydraulické jednotce (4), jenž propouští olej ze zásobníků (5) do prostoru, kde se nacházejí válce (6) hnacích hřídelů kol. Tímto krokem nám roste tlak ve válcích, způsobující přitlačení planetových kol ke kolům hnacím, což má za následek růst přitlačné síly

v lamelových spojkách (7) a vyvolání samosvorného efektu. Práci diferenciálu můžeme postřehnout signalizací kontrolky ASD na přístrojové desce, ovšem varovný signál se objeví i nad rychlostí 40 km/h, při prokluzu vnitřního kola v zatáčce. Systém ASD je opatřen velkou výhodou v tom, že během sešlápnutí brzdy (i v případě že brzdíme motorem) je ASD automaticky odpojeno z funkce. Elektronická řídicí jednotka s vlastní diagnostikou nám monitoruje elektrické jednotky v celém systému a nastane-li porucha, jenž je signalizována kontrolkou (9) je systém vypnut. Na závěr by se dalo říci, že velkým kladem diferenciálu ASD je usnadnění rozjezdu a vyšší bezpečnost v průjezdech zatáčkami, kde vozovka nedisponuje kvalitní přilnavostí.



Obr. 35: Rozmístění komponent svorného diferenciálu ASD ve vozidle Mercedes-Benz třídy E [28]

3.3.7.2 Diferenciál s elektromechanickým ovládáním svornosti (ZF)

Tento typ agregátu vychází z klasického kuželového diferenciálu, jehož vnitřní lamely jsou umístěny ve skříní diferenciálu a vnější lamely jsou vloženy na centrálním kole. Lamelová spojka je řízená pomocí elektromechanického systému. Princip činnosti tohoto druhu diferenciálu je velice prostý. Jestliže natočíme za pomoci stejnosměrného elektromotoru kotouč váčkového mechanismu s kuličkou, proti kotouči, jenž se axiálně pohybuje uložený v kleci diferenciálu, nastane změna rotačního pohybu elektromotoru na pohyb posuvný a vzroste nám axiální síla. Kotouč tak tlačí na lamelovou spojku a rovnoměrně řídí svornost diferenciálu. ABS je zde nadřazena ovládacím prvkům

rozvodovky a samosvornosti diferenciálu, z důvodu vyhnutí se nerovnoměrné jízdě při brzdění a o samosvornosti diferenciálu zde jedná řídicí jednotka, za přihlédnutí se k rotaci kol, teplotě oleje a přenášeném kroutícím momentu. V praxi se s tímto diferenciálem ZF, můžeme setkat u automobilu Land Rover Discovery III. Generace [2].

3.3.7.3 Diferenciál Egerodisc-II

Jedná se o již zmiňovaný diferenciál používaný u Jeepu Grand Cherokee, využívající čerpadla s vnitřním ozubením, jenž je navíc obohacený o elektronicky řízený ventil. Při protáčení kol se nám spouští čerpadlo s interním ozubením, které zásobuje tlakem píst, ovládající lamelovou spojku. Podobný typ diferenciálu kromě firmy New Ventura Gear, vyrábí i firma Dana, jejíž výrobek nese název e-Diff [1].



Obr. 36: Diferenciál Egerodisc-II [30]

3.3.7.4 Mezinápravový diferenciál Subaru DCCD

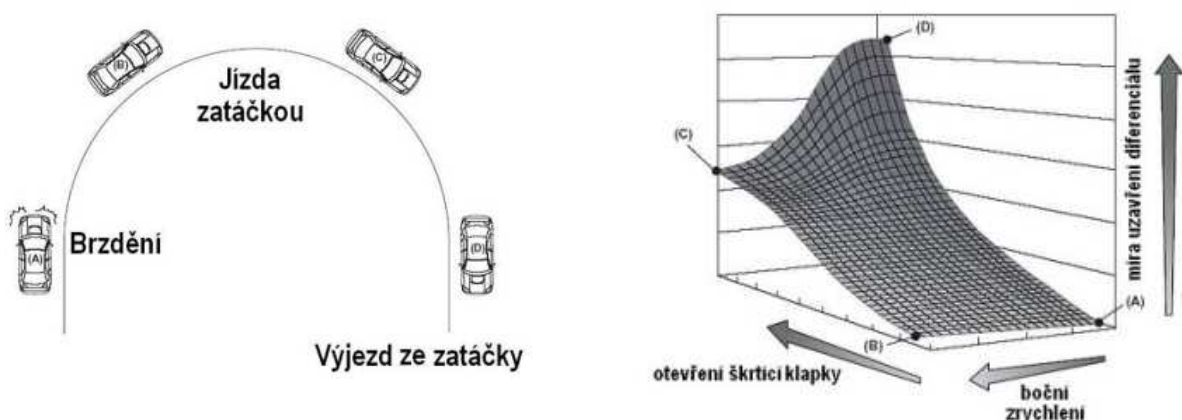
Subaru DCCD (Driver Controlled Center Differential) je mezinápravový diferenciál, skládající se z planetového soukolí, jenž je řízeno za pomoci elektromagnetické vícelamelové spojky. Řídicí jednotka diferenciálu nám přerozděluje kroutící moment mezi nápravami v poměru 41:59 (menší přetáčivost), přičemž na zadní nápravu můžeme přivést až 65% hnacího momentu. V praxi to znamená, že DCCD elektromagneticky řídí lamelovou spojku a mechanický uzávěr samosvorného diferenciálu (LSD), pro přidělování hnacího momentu na kola obou náprav. Řidič vozidla má na výběr s použitím diferenciálu s automatickým nastavením nebo z několika manuálních režimů konfigurace, přičemž může volit i ze dvou různých stylů uzamčení centrálního diferenciálu. Manuální konfigurací si řidič volí mezi šesti stupni zavření diferenciálu, od zcela otevřeného, až po

zcela uzavřený. V automatickém režimu nám řídicí jednotka zpracovává informace z čidel rotace kol, bočního zrychlení a polohy volantu a škrťací klapky. Pro rovnoměrný přenos kroutícího momentu a ideální jízdu v zatáčce, se dle potřeby automaticky mění svornost diferenciálu. Za zmínku také stojí jeho dobrá spolupráce se stabilizačním systémem VDC (Vehicle Dynamics Control) a protiblokovacím systémem ABS (Anti-lock Brake System).



Obr. 37: Průhled do diferenciálu DCCD [34]

Na následujícím příkladu si ukážeme, jak diferenciál DCCD pracuje v automatickém režimu, při jízdě v zatáčce. Před jízdou do zatáčky je diferenciál otevřený a řidič nám začíná brzdít, přičemž jakmile se dostane vozidlo do zatáčky, otevírají se škrťací klapky, auto zrychluje a řídicí jednotka začíná pracovat podle zvyšujícího se bočního zrychlení, což má za následek i zvýšení svornosti diferenciálu. Po výjezdu ze zatáčky se akcelerace snižuje a zcela se nám uzavírá diferenciál, z důvodu ideální jízdy v přímém směru [31, 32, 33].



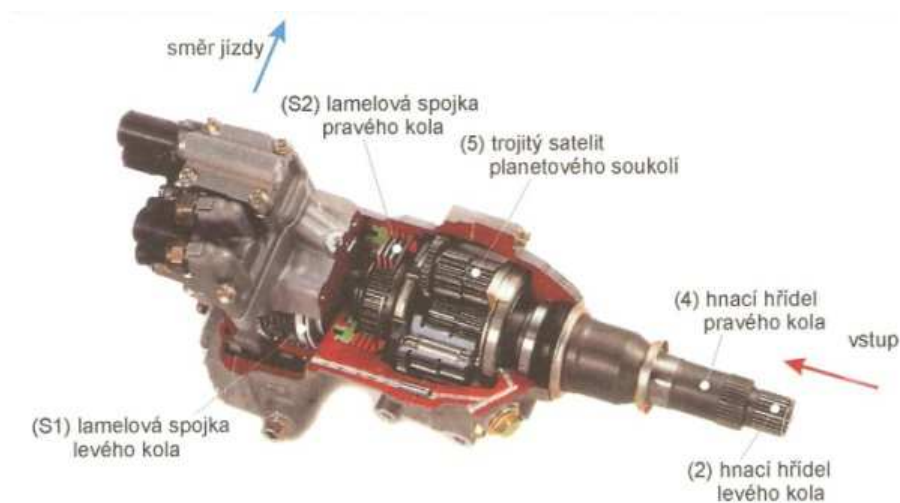
Obr. 38: Práce diferenciálu DCCD při průjezdu zatáčkou [31]

4 Inteligentní diferenciály

Funkcí inteligentních diferenciálu je kromě vystavení různých úhlových rychlostí na hnací kola při jízdě v zatáčce, také co nejideálnější rozdělení kroutícího momentu na každé kolo nápravy. V této kapitole se podrobněji seznámíme se systémy ATTS od automobilky Honda a systémy AYC a S-AYC od společnosti Mitsubishi Motors. Za zmínku ovšem stojí i systémy inteligentního dělení kroutícího momentu od německé firmy ZF Friedrichshafen, Ricardo od anglických inženýrů, či Magna Powertrain používající se u tanků a buldozerů [2].

4.1 Systém ATTS (Honda)

ATTS (Aktive Torque Transfer Systém), což v překladu znamená aktivní systém přenosu točivého momentu je systém, který při jízdě v zatáčce přenáší větší hnací moment na vnější kolo, čímž zbavuje vozidlo nedotáčivosti, a tudíž zlepšuje ovladatelnost automobilu.

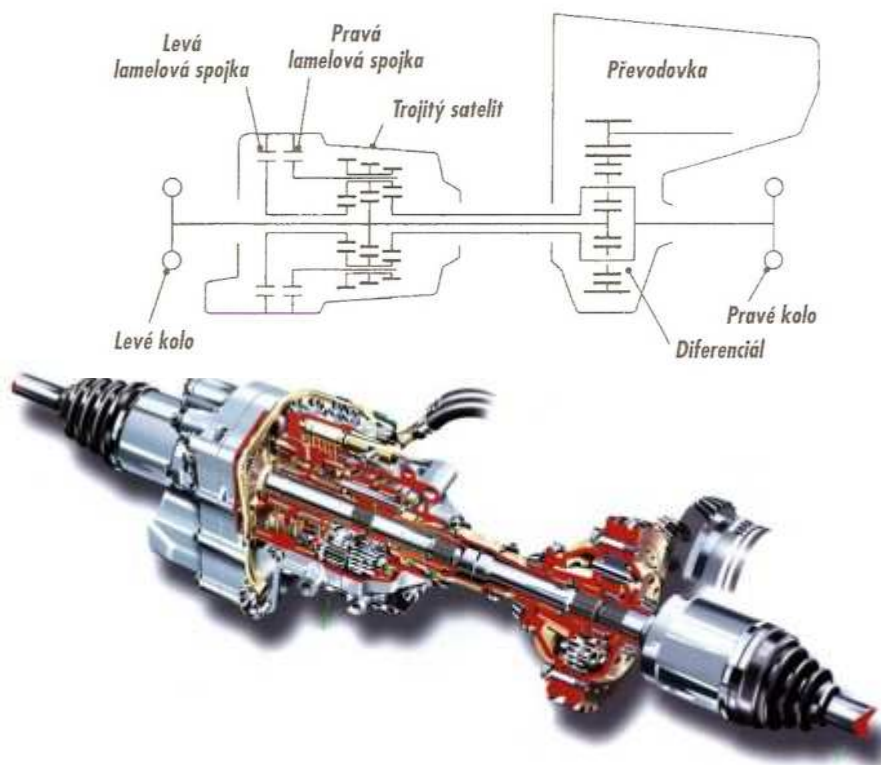


Obr. 39: Částečný řez rozdělovací převodovkou hnacího ústrojí ATTS vozu Honda Prelude s pohonem přední nápravy [5]

Nejdůležitější konstrukční složkou je zde rozdělovací převodovka, nacházející se v prostoru rozvodovky s klasickým planetovým diferenciálem a hnacími koly. Elektronická řídicí jednotka nám zpracovává signály různých snímačů, z jejichž informací pak může vyhodnotit dosavadní jízdní režim. Mezi tyto čidla zahrnujeme optický snímač

úhlu natočení volantu, čidlo úhlové rychlosti otáčení vozidla kolem svislé osy, snímač boční akcelerace automobilu a pro dosažení výsledků ohledně poměru rotace levého a pravého kola se používají čidla systému ABS. Funkcí elektronické řídicí jednotky je také uvedení do činnosti planetové soukolí se třemi trojitými satelity a dvěma hydraulicky řízenými lamelovými spojkami, jež přerozdělují a transformují hnací moment.

- **Princip činnosti ATTS:** Řídicí jednotka ATTS nám zvětšuje rotaci externího hnacího kola, přenesením až 80% krouťícího momentu, k jehož změně poměru se dostane z vyhodnocení výsledků rychlosti jízdy a poloměru zatáčení. Samotný poměr hnacího momentu nám mění rovnoměrným spínáním, hydraulicky řízené lamelové spojky. Výhodami systému ATTS jsou: zvýšení aktivní bezpečnosti, vlivem nižší nedotáčivosti během zrychlování vozidla, dobrá ovladatelnost automobilu při jízdě v zatáčce (úhel natočení volantu je až o 30% menší, než u ostatních aut), skvělá funkčnost na jakémkoliv povrchu komunikace a okamžitá reakce řídicí jednotky na změnu stability během cesty díky zpětné vazbě čidel. Aktivní systém ATTS vypínáme z funkce jen tehdy, máme-li zařazený zpětný chod motoru, tedy během couvání vozidla [1, 6, 35].



Obr. 40: Schéma mechanismu ATTS [1]

4.2 Systém AYC a S-AYC (Mitsubishi)

Systém AYC (Active Yaw Control) v překladu znamenající, aktivní regulace stáčivé rychlosti, je systém instalovaný do automobilu Mitsubishi s cílem zlepšit jízdní vlastnosti při akceleraci a jízdě v zatáčkách. V dnešní době se do nových vozů této automobilky, instalují jejich vylepšené verze, neboli systém S-AYC (Super Active Yaw Control). Srdcem obou systému je kuželový (u AYC) nebo planetový (u S-AYC) elektronicky řízený diferenciál, který nám rovnoměrně rozdává krouťící moment na kola zadní nápravy, za pomoci snímačů, jenž předávají informace ovládací jednotce kontrolující stabilitu. Tyto informace se získávají z úhlu natočení kol, či z boční a podélné akcelerace. Dalšími konstrukčními prvky jsou zde redukční převodovka a lamelová spojka.



Obr. 41: Aktivní ovládání stáčení vozu kolem svislé osy S-AYC [37]

- **Princip činnosti AYC a S-AYC:** Při projíždění vozidla zatáčkou, se zvětšením točivého momentu na vnějších kolech, snižuje prokluz na přední nápravě a zlepšuje se nedotáčivost vozu. Zrychlujeme-li pak ve výjezdu ze zatáčky, snížíme přenos hnacího momentu na vnější kolo a naopak zvýšíme na kolo vnitřní, čímž se nám zmenší sklon k přetáčivosti [2, 36, 37].

5 Dynamické diferenciály

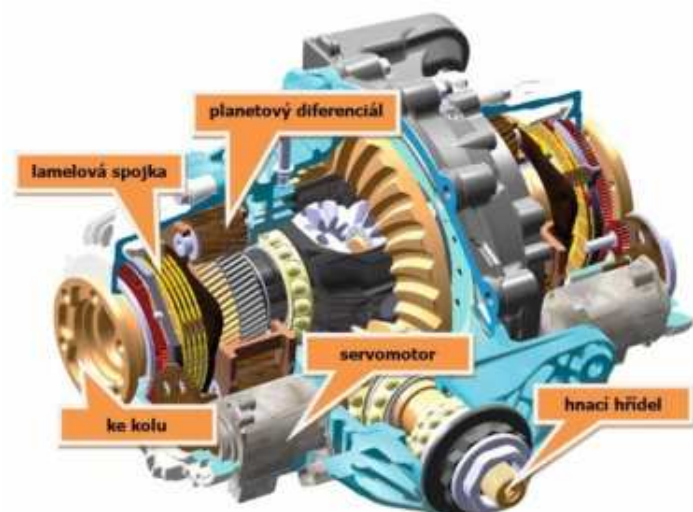
Dynamické diferenciály, neboli také aktivní zadní diferenciály, nachází své využití u vozidel s pohonem všech kol, kde podle situace rozdělují točivý moment mezi jednotlivá kola. Jejich hlavním úkolem je zlepšování jízdních vlastností vozidla při jízdě v zatáčce, za pomoci přerozdělování hnacího momentu mezi levé a pravé zadní kolo.

- **Princip činnosti aktivních diferenciálů:** Aktivní zadní diferenciály pracují na způsobu zvyšování otáček vnějšího zadního kola, vloženým převodem za pomoci spojky, z čehož se nám posléze vytváří silový moment, působící v námi požadované změně směru jízdy. Automobil může zatáčkou projet rychleji a s menším vychýlením volantu, než nám dovolují vozidla s běžným diferenciálem. Zrychlováním nám nedotáčivost, při jízdě ze zatáčky omezuje přenos většího množství hnacího momentu na vnější kolo zadní nápravy.
- **Výhody dynamického diferenciálu:** Pracuje jak při zatížení, tak za brzdění motorem nebo jízdou setrvačností. Diferenciál spolupracuje s ESP (Electronic Stability Program) a navíc má rychlejší odezvu, takže nám stabilizační systém neomezuje výkon motoru ani nepřibrzdí kola. Aktivní zadní diferenciál dokáže přenést až 100% kroutícího momentu na jakékoliv kolo zadní nápravy.
- **Nevýhody dynamického diferenciálu:** Největšími zápory dynamických diferenciálu je jejich složitá konstrukce, vyšší hmotnost a náklady určené na jejich výrobu [38, 39, 40].

5.1 Dynamický diferenciál DPC (BMW)

DPC (Dynamic Performance Control) je systém, jako prvně představený v automobilu BMW X6, jenž díky řízenému přenosu hnacího momentu na jednotlivá kola zadní nápravy, zaopatřuje vozidlo lepší dynamikou jízdy a optimalizuje využití trakce. Automobilka BMW se na vývoji diferenciálu DPC podílela s německou firmou ZF, která pro ni zhotovila rozvodovku zadní nápravy, fungující na principu otevřeného kuželového diferenciálu, který při jízdě v přímém směru rozděluje kroutící moment rovnoměrně na obě kola nápravy.

Z konstrukčního hlediska je DPC vybaven na každém hnacím hřídeli zadní nápravy planetovým soukolím, elektronicky řízenou lamelovou spojkou s brzdou funkcí a stavěcím elektromotorem (servomotor). Za pomoci těchto prvků nám tedy diferenciál může dělit hnací moment z motoru mezi kola zadní nápravy. Sešlápnutím spojky se zvětší otáčky daného kola, efektivněji se zužitkuje trakce a zlepši dynamika automobilu. Prokluz kol nám hlídají čidla ABS a ESP, dávající hnací moment jednotlivě pro každé kolo tak, aby trakční vlastnosti byli v ideálním rozpoložení. Stabilizace DSC vyvolá brzdny účinek pouze tehdy, když se vozidlo vyskytne v blízkosti kritické adhezni situace. V samotném vozidle DPC spolupracuje s pohonem všech kol xDrive, stabilizací DSC, motorem, aktivním řízením a podvozkem AdaptiveDrive [40, 41, 42].



Obr. 42: Průhled do dynamického diferenciálu DPC [41]



Obr. 43: Dynamický diferenciál DPC použitý ve vozidle BMW X5 [38]

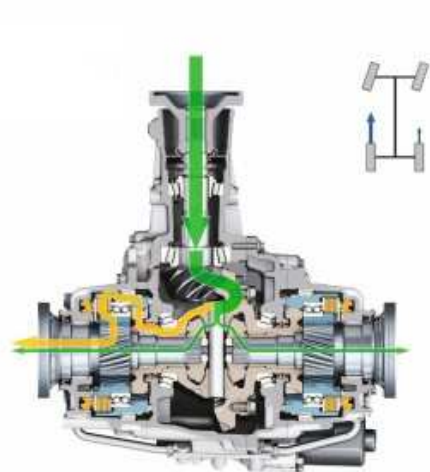
5.2 Sportovní diferenciál (AUDI)

Sportdifferenzial, neboli sportovní diferenciál je systém vyvinut automobilkou Audi ve spolupráci s rakouskou firmou Magna Steyr. Jedná se o konstrukci využívající, oproti značce BMW místo elektromotoru, elektrohydraulicky řízené lamelové spojky vložené po stranách diferenciálu, jenž nám spojují či odpojují přídatný planetový převod, urychlující rotaci daného kola o 10%. Diferenciál pracuje i když právě nemáme nohu na plynu nebo máme vyšlápnutou spojku a je schopen přemostit veškerý hnací moment na požadované

kolo zadní nápravy, v rozmezích 80 až 100 milisekund, tedy rychleji než reaguje elektronická stabilizace ESP [38, 39, 40].



Obr. 44: Sportovní diferenciál AUDI [38]



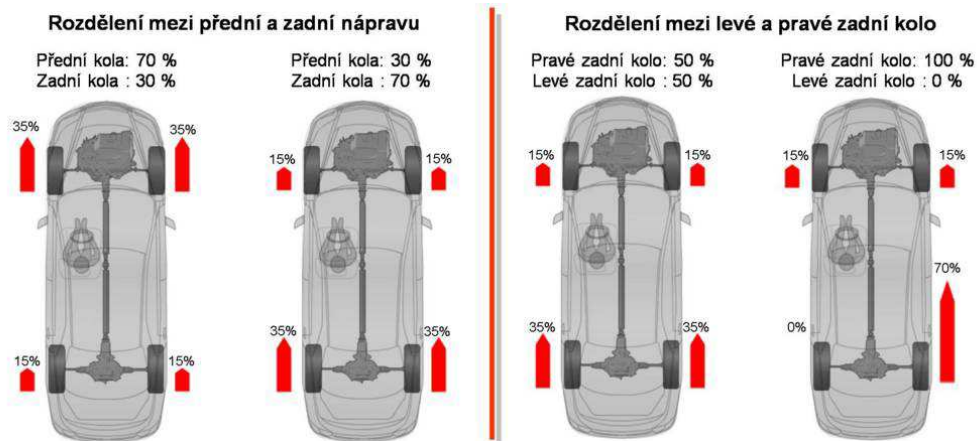
Obr. 45: Funkce sportovního diferenciálu AUDI při vjezdu do zatáčky [38]

5.3 Diferenciál SH-AWD (Honda)

Diferenciál SH-AWD (Super Handling – All Wheel Drive) je systém využívající elektromagneticky řízené lamelové spojky, neboli Elektromagnetická spojka zkonstruována firmami Tochigi R&D a Honda R&D, nám silou přímo působí na vícelamelovou spojku. S tímto typem diferenciálu se v praxi můžeme setkat např. u automobilu Honda Legend [1, 38, 41].



Obr. 46: Diferenciál SH-AWD z vozidla Honda Legend [38]



Obr. 47: Pohon všech kol SH-AWD [43]

5.4 Diferenciál ACD (Mitsubishi)

ACD (Active Centre Differential) je mezinápravový diferenciál používaný např. u vozidel Mitsubishi Lancer Evolution (od jejich VII. Řady), jehož úkolem je rozdělovat hnací moment mezi obě nápravy za pomoci hydraulické vícevrstvé spojky.



Obr. 48: Aktivní mezinápravový diferenciál ACD [37]

Zmíněné dynamické diferenciály, tedy DPC (BMW), Sportovní diferenciál (Audi), SH-AWD (Honda) a ACD (Mitsubishi), pracují všichni na stejném principu a liší se pouze ve způsobu jejich realizace (konstrukce). Za zmínku stojí také připravovaný aktivní diferenciál VAQ od automobilky Volkswagen, která jim hodlá nahradit svůj dosavad používaný systém přibrzdování kol XDS. Setkat by jsme se s nim mohli letošní rok v nové řadě Golfu GTI [36, 37, 44].

6 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo seznámení se s historickým vývojem a jednotlivými typy převodového zařízení, diferenciálu.

Diferenciál, stejně jako naprostá většina komponentů využívaných v automobilovém průmyslu, nám rok co rok zažívají neustálý vývojový posun směrem dopředu. V dnešní době nám jednotlivé automobilky intenzivněji spolupracují s výrobcí diferenciálu, s cílem co nejlépe vyhovět požadavkům zákazníka. Příkladem budiž německá firma ZF spolupracující s automobilkou BMW, rakouská Magna Steyr, jenž je partnerskou společností AUDI, či distributoři jako jsou GKN Driveline, Eaton nebo skupina JTEKT, pod kterou nyní spadá výroba nejpoužívanějšího svorného diferenciálu Torsen. A právě tomuto diferenciálu bych chtěl věnovat následující řádky. Samosvorné diferenciály Torsen, společně s otevřenými diferenciály, jsou už po nějakou řádku let tou nejžádanější konstrukcí tohoto převodového zařízení. S otevřenými diferenciály se dnes setkáváme na jednotlivých nápravách vozidel s pohonem všech kol, kde přerozdělování kroutícího momentu řídí mezinápravový diferenciál, popřípadě u mechanismů, které vycházejí z jeho klasického provedení, jako jsou například mezinápravové diferenciály s viskózní spojkou nebo hydraulicky ovládaný kuželový diferenciál ASD, jenž Mercedes využívá u svého systému pohonu všech kol 4Matic. Vraťme se, ovšem k nejstaršímu představiteli svorných diferenciálů, k Torsenu. Asi málokdo ví, že je to letos již 54 let od doby co si ho Američan Vernon Glaesman nechal v 50. letech minulého století patentovat. Přes půl století stará, trůfám si říci „nadčasová“ konstrukce, která neprošla výraznější modifikací je v době inteligentních a dynamických diferenciálů, elektronicky řízených systému, stále nepostradatelnou součástí převodového ústrojí jednotlivých automobilů. Diferenciál Torsen pracuje na principu tzv. podpory nerovnováhy kroutícího momentu, jehož nejvýše dosažený poměr můžeme znázornit za pomoci míry svornosti. Výroba samosvorného diferenciálu Torsen je prováděna za účelem dosažení svornosti okolo 35% a účinnosti asi 65%, a dá se ovlivnit, popřípadě doladit dle přání a požadavků výrobců automobilů, tvarem ozubení. Velkou výhodou tohoto typu diferenciálu je pak dobrá spolupráce s protiblokovacími brzdovými systémy. Na automobilový trh dodává skupina JTEKT, kromě základního typu A, i typ B a C, konkrétněji popsané v kapitole 3.3.4.

Použitá literatura

- [1] ACHTENOVÁ, Gabriela a Vlastislav TŮMA. *Vozidla s pohonem všech kol*. Praha: BEN - technická literatura, 2009. ISBN 978-80-7300-236-7.
- [2] ACHTENOVÁ, Gabriela. *Převodná ústrojí motorových vozidel: Diferenciály a děliče momentu*. Praha 6: ČVUT, 2011. ISBN 978-80-01-04855-9.
- [3] 125 let automobilu: Jak oheň nahradil svaly. *Autoweb.cz* [online]. 28. 01. 2011 [cit. 2012-04-03]. Dostupné z: <http://www.autoweb.cz/125-let-automobilu-jak-ohen-nahradil-svaly/>
- [4] Počátky automobilové dopravy. *Toyshop.cz* [online]. [2011] [cit. 2012-04-03]. Dostupné z: <http://www.toyshop.cz/clanek/9/Pocatky-automobilove-dopravy>
- [5] JAN, Zdeněk, Bronislav ŽDÁNSKÝ a Jiří ČUPERA. *Automobily (2): Převody*. Brno: Avid spol. s. r. o., 2007. ISBN 978-80-87143-04-9.
- [6] JAN, Zdeněk, Aleš VÉMOLA a Bronislav ŽDÁNSKÝ. *Automobily: I. podvozek a převodná ústrojí*. Brno: CERM, s. r. o., 2003. ISBN 80-7204-262-9.
- [7] VLK, František. *Převody motorových vozidel: Spojky, převodovky, rozvodovky, diferenciály, hnací hřídele, klouby*. Brno: Vlk, 2006. ISBN 80-239-6463-1.
- [8] VLK, František. *Převodová ústrojí motorových vozidel*. Brno: Vlk, 2003. ISBN 80-239-0025-0.
- [9] Co je Diferenciál a jak to vlastně všechno funguje ?. *Diopan.cz* [online]. 2005 [cit. 2012-04-03]. Dostupné z: <http://www.diopan.cz/citroenbx/diferencial.htm>
- [10] NOVOTNÝ, Ivan. Diferenciál, jak vlastně funguje?. *Autorevue.cz* [online]. 10. 12. 2006 [cit. 2012-04-03]. Dostupné z: <http://www.autorevue.cz/diferencial-jak-vlastne-funguje>
- [11] The Nismodore. *Gweeds.net* [online]. [2010] [cit. 2012-04-03]. Dostupné z: <http://www.gweeds.net/nismodore/compdiff.jpg>

- [12] BOLEK, Alfred. *Části strojů Díl II: Převody a převodová ústrojí*. Praha: Československé akademie věd, 1963.
- [13] How Gears Work. *Howstuffworks.com* [online]. [2011] [cit. 2012-04-03]. Dostupné z: <http://science.howstuffworks.com/transport/engines-equipment/gear5.htm>
- [14] Šnekové ozubení globoidní. *Dodavatele.epoptavka.cz* [online]. [2012] [cit. 2012-04-03]. Dostupné z: <http://dodavatele.epoptavka.cz/1196250-ozubarna-s-r-o/nabidka/248981-snekove-ozubeni-globoidni>
- [15] Torsen. *Audiklub.cz* [online]. 20. 02. 2008 [cit. 2012-04-03]. Dostupné z: <http://audiklub.cz/techwiki/torsen>
- [16] Supra TT. *Clublexus.com* [online]. 2010 [cit. 2012-04-03]. Dostupné z: <http://www.clublexus.com/forums/gs-second-generation/551224-need-help-identifying-diff-i-bought.html>
- [17] Diferenciál Torsen. *Volkswagen.cz* [online]. 2012 [cit. 2012-04-03]. Dostupné z: http://www.volkswagen.cz/vw2028/pohon_diferencial/
- [18] Nový Hyundai Genesis Coupe: Samosvorný diferenciál Torsen. *Boura.cz* [online]. [2012] [cit. 2012-04-03]. Dostupné z: http://www.boura.cz/default-q-Novy_Hyundai_Genesis_Coupe-nav-akt2-id-46.htm
- [19] Torsen typ C. *Motor-talk.de* [online]. [2010] [cit. 2012-04-03]. Dostupné z: <http://www.motor-talk.de/bilder/heute-mit-quattro-in-der-tiefgaragenauffahrt-haengengeblieben-g14391753/tdia5s5-torsen-c-i203214336.html>
- [20] Torsen T3. *Forum.ih8mud.com* [online]. 2002 [cit. 2012-04-03]. Dostupné z: <http://forum.ih8mud.com/200-series-cruisers/277865-200-series-transfer-case-into-tundra.html>
- [21] Torsen Automatically Locking Differential. *Awdwiki.com* [online]. 18. 02. 2012 [cit. 2012-04-03]. Dostupné z: <http://www.awdwiki.com/en/torsen/>
- [22] Systém Q2. *Alfaromeo.cz* [online]. 2011 [cit. 2012-04-03]. Dostupné z: <http://www.alfaromeo.cz/technika/ovladani/system-q2/>

- [23] Suretrac™ Differential. *Eaton.com* [online]. 2012 [cit. 2012-04-03]. Dostupné z: http://www.eaton.com/ecm/groups/public/@pub/@eaton/@auto/documents/content/pct_325665.pdf
- [24] VW- kolíčkový diferák vs. Aus.lock. *Offroadforum.cz* [online]. 2009 [cit. 2012-04-03]. Dostupné z: <http://www.offroadforum.cz/viewtopic.php?f=76&t=32873>
- [25] BEZDÍČEK, Jan. Přenos točivého momentu motoru na kola vozu SUBARU Forester 2.0 s 5MT. *Subaruclub.cz* [online]. [2010] [cit. 2012-04-03]. Dostupné z: <http://www.subaruclub.cz/clanek/prenos-tociveho-momentu-motoru-na-kola-vozu-subaru-forester-2-0-s-5mt-75>
- [26] STÝBLO, Slavomír. KONSTRUKTÉR: Vše o diferenciálech. *Tipcars.com* [online]. 2008 [cit. 2012-04-03]. Dostupné z: <http://www.tipcars.com/magazin-konstrukter-vse-o-diferencialech-3263.html>
- [27] Visco Lok LSD. *Gkndriveline.com* [online]. 2012 [cit. 2012-04-03]. Dostupné z: <http://www.gkndriveline.com/drivelinecms/opencms/en/solutions/transaxle-solutions/cross-axle-limited-slip-and-locking-differentials/visco-lok.html>
- [28] SAJDL, Jan. 4Matic. *Autolexicon.net* [online]. [2011] [cit. 2012-04-03]. Dostupné z: <http://cs.autolexicon.net/articles/4matic/>
- [29] DUCHOŇ, Jiří a Patrik SCHWARZ. Mercedes slaví 25 let pohonu 4Matic. *Autorevue.cz* [online]. 19. 01. 2011 [cit. 2012-04-03]. Dostupné z: http://www.autorevue.cz/mercedes-slavi-25-let-pohonu-4matic_1
- [30] EGERODISC DIFFERENTIALS. *Eaton.com* [online]. 2012 [cit. 2012-04-03]. Dostupné z: <http://www.eaton.com/EatonCom/ProductsServices/PerformanceProducts/Products/Differentials/EGerodisc/index.htm>
- [31] LÁNÍK, ONDŘEJ. Mezinápravový diferenciál Subaru DCCD (Jak to funguje?). *Auto.cz* [online]. 2. 1. 2006 [cit. 2012-04-03]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/mezinappravovy-diferencial-subaru-dccd-jak-to-funguje-14780>
- [32] Kontrola. *Subaru.cz* [online]. 2012 [cit. 2012-04-03]. Dostupné z: http://www.subaru.cz/11sti_control.html

- [33] Subaru Symmetrical AWD - vhodné na hory i na rychlostní zkoušky rally. *Topdrive.cz* [online]. 7. 11. 2011 [cit. 2012-04-03]. Dostupné z: <http://www.topdrive.cz/clanky/subaru-symmetrical-awd-vhodne-na-hory-i-na-rychlostni-zkousky-rally/>
- [34] DCCD. *Subarucar.net* [online]. [2011] [cit. 2012-04-03]. Dostupné z: http://subarucar.net/documents-publication/photos/66-Subaru_Impreza/?page=5
- [35] YENDA. ATTS - Víte oč jde?. *Hondaclub.cz* [online]. 14. 5. 2002 [cit. 2012-04-03]. Dostupné z: <http://www.hondaclub.cz/default.aspx?a=152>
- [36] ČERMÁK, LADISLAV a ONDŘEJ LÁNÍK. Mitsubishi Lancer Evolution VIII - Na ostří nože. *Auto.cz* [online]. 16. 5. 2005 [cit. 2012-04-03]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/mitsubishi-lancer-evolution-viii-1115>
- [37] Mitsubishi Lancer Evolution – Technologie. *Mitsubishi-motors.cz* [online]. 2012 [cit. 2012-04-03]. Dostupné z: <http://www.mitsubishi-motors.cz/modely/lancer/lancer-evolution-technologie.xhtml>
- [38] OLIVÍK, Pavel. Aktivní zadní diferenciál: jako po kolejích. *Autorevue.cz* [online]. 25. 9. 2011 [cit. 2012-04-03]. Dostupné z: http://www.autorevue.cz/aktivni-zadni-diferencial-jako-po-kolejich_1
- [39] Aktivní zadní diferenciál podporuje jízdní dynamiku. *Pcar.cz* [online]. 29. 02. 2012 [cit. 2012-04-03]. Dostupné z: <http://www.pcar.cz/cz/novinka?182-aktivni-zadni-diferencial-podporuje-jizdni-dynamiku>
- [40] BISKUP, Pavel. Dynamický diferenciál. *Automobil Revue: 1211-9555*. červen 2008, roč. 52, č. 6. s. 56-57 52;6 200806.
- [41] SAJDL, Jan. DPC. *Autolexicon.net* [online]. [2011] [cit. 2012-04-03]. Dostupné z: <http://cs.autolexicon.net/articles/dpc-dynamic-performance-control/>
- [42] BMW X6 - Crossovery v popředí. *Automobilrevue.cz* [online]. 15. 04. 2008 [cit. 2012-04-03]. Dostupné z: http://www.automobilrevue.cz/rubriky/novinky/bmw-x6-crossovery-v-popredi_23549.html

[43] SH-AWD. *Auto.honda.cz* [online]. 2012 [cit. 2012-04-03]. Dostupné z:
<http://auto.honda.cz/technologie/sh-awd.html>

[44] MIHÁLIK, Miro. Volkswagen VAQ: přibrzd'ování kol XDS nahradí aktivní
diferenciál. *Autoforum.cz* [online]. 14. 2. 2012 [cit. 2012-04-03]. Dostupné z:
[http://www.autoforum.cz/technika/volkswagen-vaq-pribrzdovani-kol-xds-nahradi-aktivni-
diferencial](http://www.autoforum.cz/technika/volkswagen-vaq-pribrzdovani-kol-xds-nahradi-aktivni-diferencial)