

ÚLOHA DIFERENCIÁLU VO VOZIDLE

Ing. Štefan Kender

Technická univerzita v Košiciach
Strojnícka fakulta

Katedra technológií a materiálov

Mäsiarska 74, 040 01 Košice

Stefan.Kender@tuke.sk

ABSTRACT

Following description explains the features and functions and basic types of the differential gears used in cars. The functions and layout are similar for all kinds, so it doesn't matter if they are located between the axles or between the wheels.

ÚVOD

Diferenciál je mechanický prvok umožňujúci rozdelenie pohonu na dva výstupné hriadele. Podľa svojho prevedenia upravuje rozdelenie prídavného točivého momentu a dovoľuje rozdielne otáčky oboch výstupov. To je potrebné predovšetkým v zákrutách, kedy jednotlivé kolesá opisujú odlišné dráhy. Je preto potrebné si uvedomiť základnú podmienku – aby točivá sila mohla na hriadeľ vôbec pôsobiť, potrebuje na opačnej strane nejaký odpor pôsobiaci proti nej. Bez odporu žiaden točivý moment nevznikne.

POPIS ČINNOSTI DIFERENCIÁLU

Diferenciál je časťou hnacej sústavy automobilu. Je to mechanizmus rozdeľujúci hnaciu silu na obidve kolesá poháňanej nápravy. Významnú úlohu zohráva pri prejazde zákrutami, kedy sa kolesá jednej nápravy, vplyvom opisovanej kružnice, točia rozdielnymi otáčkami. Rozdelenie hnacej sily zabezpečuje práve tento diferenciál. Diferenciál ktorý rozdeľuje hnaciu silu medzi nápravy vozidla sa nazýva medzinápravový diferenciál. Diferenciál ktorý rozdeľuje hnaciu silu medzi polosi sa nazýva nápravový diferenciál.

Diferenciál pracuje na princípe planétovej prevodovky. Ak ide vozidlo po rovnej, priamej vozovke, točivý moment pastorka poháňa tanierové koleso, ktoré so sebou unáša skriňu (klietku) diferenciálu a s ním aj čap satelitov. Satelity plnia funkciu unášačov planétových kolies, planétové kolesá otáčajú hnacími hriadeľmi a kolesami. Obidve kolesá, hriadele aj „planéty“ sa otáčajú rovnakou rýchlosťou. Satelity teda „krúžia“ okolo priečnej osi diferenciálu, oproti planétovým kolesám však stoja – na čape sa neotáčajú. Vo vnútri klietky diferenciálu tak vlastne stoja všetky 4 ozubené kolesá oproti sebe a oproti klietke diferenciálu. To je stav pri priamej jazde. Ak potom vozidlo vojde do zákruty nezmenšenou rýchlosťou, koleso na vonkajšej – a teda

dlhšej – dráhe zákruty musí zrýchliť. Spolu s ním zrýchli aj hnací hriadeľ „vonkajšieho“ kolesa. Koleso na vnútornej - a teda kratšej – dráhe zákruty začne spomaľovať a s ním spomalí aj hnací hriadeľ „vnútorného“ kolesa. Planétové kolesá sa začnú otáčať rozdielnou rýchlosťou. Satelity sa musia začať otáčať na svojom čape v opačnom zmysle, ale ich unášací moment, sprostredkovaný čapom, trvá. Otáčanie satelitov umožňuje rozdiel – *diferenciu* – v rýchlosti otáčania obidvoch hnacích hriadeľov. Odtiaľ vzniklo pomenovanie diferenciál.



Obr.1 Diferenciál

ROZDELENIE DIFERENCIÁLOV

Diferenciály sa rozdeľujú do týchto troch základných skupín:

- **samosvorné** - sú konštruované tak, že pri priamej jazde sa uzávierka diferenciálu uvedie do činnosti samočinne,
- **čistočne samosvorné** - u týchto pri všetkých spôsoboch jazdy diferenciál pracuje ako nesamosvorný, ale pri "zacítení" poklesu zaťaženia na jednej z dvoch polosi (čiže ak sa jedno koleso začne prešmykovať) vzniká napätie a zároveň aj trenie medzi jeho závitkovými ozubeniami, následkom čoho sa satelity pribzďujú (vlastná uhlová rýchlosť satelitov okolo osí čapov sa znižuje), ale nikdy sa úplne nezastavia (preto sú čiastočne samosvorné),
- **nesamosvorné** - tieto ak sú vybavené uzávierkou, tak sa tá v prípade, ak je to potrebné uvedie do činnosti vplyvom vonkajšieho podnetu vodiča cez mechanizmus, ale nie samočinne.

Nesamosvorné sa ďalej delia na:

- **čelné** - sú tvorené planétovou prevodovkou s ozubenými kolesami s čelným ozubením,
 - s vonkajšou diferenciálovou skriňou,
 - s vnútornou kľetkou satelitov.
- **kužel'ové** - sú tvorené planétovou prevodovkou s kužel'ovými ozubenými kolesami, tak ako je to zobrazené na obrázku.

Je nutné podotknúť, že spočiatku v minulosti sa vyrábali len klasické kužel'ové a čelné diferenciály, ale v súčasnosti sa už vyrábajú aj rôzne kombinácie diferenciálov, a preto sme sa často stretávali aj stretávame s ďalej uvedeným rozdelením. Z konštrukčného hľadiska ich rozdeľujeme na:

- čelné,
- kužel'ové.

Z funkčného hľadiska sa delia na:

- nesamosvorné,
- samosvorné.
 - s funkčnou závislosťou od zaťaženia,
 - s pružinou,
 - kombinácia možností - s funkčnou závislosťou od zaťaženia s predpätými trecími spojkami.

Avšak kvôli neustálemu vývoju, ktoré sprevádzajú rôzne zmeny prípadne kombinácie v konštrukciách diferenciálov je vhodnejšie využívať vyššie uvedené prvé rozdelenie.

Rozdelenie otáčok a momentov medzi výstupné hriadele sa deje na základe aktuálneho zaťaženia a konštrukcie diferenciálu. Rôzne zaťaženie výstupných hriadeľov môže byť spôsobené napr.:

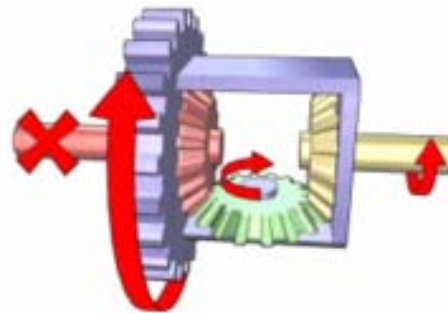
- rôznymi adhéznymi podmienkami (jedno koleso preklzuje),
- rôznou dĺžkou dráhy kolies pri jazde v zákrute, kedy vnútorné koleso je príbrzd'ované a vonkajšie poháňané na vyššie otáčky,
- rôznym zaťažením náprav.

FUNKCIA JEDNODUCHÉHO DIFERENCIÁLU

Na obr.2 je schematicky nakreslený nesamosvorný kužel'ový diferenciál s jedným satelitom bez uzávierky. Skladá sa z nasledovných častí:

- **unášač** s čelným ozubeným kolesom na ktoré sa privádza vstupný výkon - modrá časť v tvare kľetky,
- **satelit** s kužel'ovým ozubením - zelená časť,
- **planétové koleso** s kužel'ovým ozubením pre jeden výstup (napr. ľavý) - červená časť,

- **planétové koleso** s kužel'ovým ozubením pre druhý výstup (napr. pravý) - žltá časť.



Obr.2 Schéma jednoduchého diferenciálu (Ľavé koleso sa neotáča)

Krútiaci moment privedený na unášač sa na čape satelitu prejaví priamo úmernou radiálnou silou. Satelit zaberá súčasne do dvoch ozubených kolies, pričom vzdialenosť od bodu záberu po os čapu satelitu je rovnaká. Preto sa radiálna sila ktorou pôsobí čap na satelit prejaví rovnako veľkými reakčnými silami s polovičnou veľkosťou prenášanými ozubeniami. Výstupný krútiaci moment na planétových kolesách vľavo aj vpravo je opäť priamo úmerný sile v ozubení a je teda rovnaký.

1. V prípade, že na oba výstupné hriadele pôsobí rovnaký odpor, napr. pri jazde v priamom smere na rovnom povrchu s rovnakými podmienkami, satelit sa nebude na čape otáčať a ľavé aj pravé planétové koleso sa budú otáčať rovnakými otáčkami ako kľetka unášača. Od pomeru veľkostí odporu a hnacej sily bude závisieť, či sa bude diferenciál (ako celok) otáčať rovnomerne, zrýchľovať alebo spomaľovať.
2. V prípade, že jedno z kolies (napr. ľavé v ľavotočivej zákrute) je viac príbrzd'ované, otáčky ľavého planétového kolesa sú nižšie ako otáčky unášača. Následkom toho sa začne satelit otáčať okolo čapu unášača a o rovnaký rozdiel otáčok prinúti pravé planétové koleso otáčať sa rýchlejšie. Silová rovnováha na satelite sa ale nezmení a krútiaci moment na oboch kolesách bude rovnaký.
3. V extrémnom prípade, ak ľavé planétové koleso stojí a na pravé nepôsobí žiadna reakčná sila, otáčky pravého planétového kolesa budú 2 x vyššie ako otáčky unášača.

Jednoduchý čelný diferenciál

Ak sa namiesto kužel'ového súkolesia v diferenciáli použijú čelné ozubené kolesá, diferenciál môže byť konštrukčne riešený tak, že satelit zaberá naraz do planétového a korunového kolesa s rôznymi priermi. Rovnováha síl na kolese satelitu je rovnaká, ako vo vyššie popísanom texte, avšak vplyvom rozdielných ramien síl (menší polomer planétového kolesa a väčší polomer korunového kolesa) je výstupný krútiaci moment na korunovom kolese väčší ako na planétovom. Táto vlastnosť sa

využíva pri medzinápravových diferenciáloch, ak je potrebné prenášať krútiaci moment nerovnomerne podľa zaťaženia jednotlivých náprav.

Vlastnosti jednoduchého diferenciálu

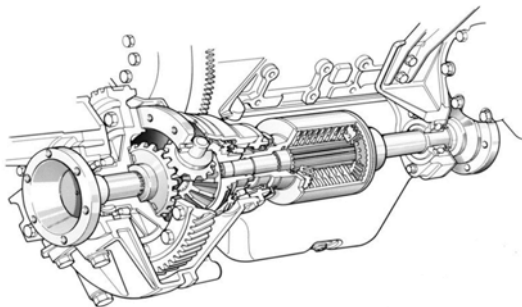
Z vyššie popísaného princípu práce vyplývajú nasledovné vlastnosti jednoduchého diferenciálu:

- má dobrú mechanickú účinnosť, pretože tok výkonu je jednoduchý a ozubenie sa odvaľuje iba pri vyrovnávaní otáčok,
- nie je schopný zmeniť pomer krútiacich momentov na jednotlivých výstupných hriadeľoch.

Z druhej menovanej vlastnosti vyplýva, že ak sa jedno koleso dostane na povrch (napr. ľad) na ktorom je schopné preniesť iba malú časť krútiaceho momentu na vozovku, rovnako sa zníži schopnosť prenosu momentu aj druhého kolesa ktoré môže byť na suchom povrchu. To vedie k spomaľovaniu kolesa na vhodnom povrchu a preklzávaniu resp. pretáčaniu kolesa na problematickom povrchu, čo ešte viac zhorší situáciu. Tento nedostatok jednoduchého diferenciálu je možné odstrániť konštrukčnými úpravami: umožnením zaradenia uzávierky, alebo zabezpečením zvernosti.

SAMOZVERNÝ DIFERENCIÁL

Samozverný diferenciál je konštrukčne riešený tak, aby bolo možné vzájomné brzdenie vyrovnávacích pohybov vnútri diferenciálu s využitím trecích síl. Príkladom takého riešenia je zaradenie trecích spojok ktoré spájajú trecie kotúče upevnené na výstupných hriadeľoch s trecími kotúčmi spojenými s unášačom. Trecie spojky môžu byť zvierané predpätou pružinou, v tom prípade je trecia sila konštantná, alebo rozovieraním vnútorných pohyblivých súčastí diferenciálu, čo umožňuje aby bolo trenie závislé od aktuálneho zaťaženia diferenciálu. Toto brzdenie vytvára brzdný moment, ktorý sa odoberá z jedného výstupného hriadeľa a pripočítava k druhému výstupnému hriadeľu. Takto aj v prípade, že jedno koleso úplne prešmykuje, je možné na koleso na dobrom povrchu preniesť časť krútiaceho momentu a nepriaznivú situáciu prekonať.

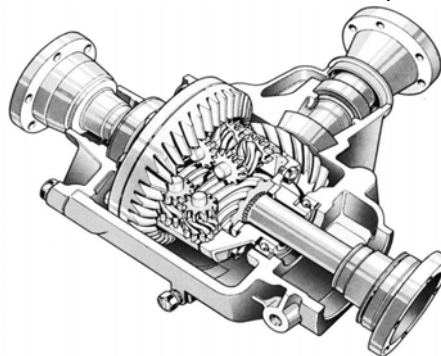


Obr.3 Samozverný diferenciál s viskóznou spojkou

Takúto funkciu plní aj diferenciál s viskóznou spojkou (obr.3). Viskózná spojka prepojuje oba výstupné hriadele a pri rozdielu ich

otáčok začne prenášať moment z rýchlejšieho výstupu na pomalší. Je citlivá na rozdiel ich otáčok. Podľa prevedenia sa v extrémnom prípade uzavrie prakticky úplne a umožní rovnaké rozdelenie momentu, akoby to bola úplná uzávierka. Pri malom rozdieli otáčok však zostáva takmer otvorená, tj. rozdelenie približne 50:50.

Podobne trecia spojka, alebo šnekové súkolesie (Torsen) momentovo prepojí výstupy navzájom pri znížení odporu jedného z nich, sú teda citlivé na rozdiel výstupných momentov. Zároveň nie sú závislé na otáčkach a nevedia sa uzavrieť úplne. Napr. Torsen obvykle účinkuje až do pomeru 75:25. To znamená, že v prípade zníženia adhézie – momentu jedného kolesa dokáže preniesť až trojnásobok jeho zníženého momentu na koleso druhé (1200Nm + 400Nm). Pokiaľ sa odpor kolesa s malou adhéziou zmenší ešte viac, nedokáže už Torsen preniesť viac momentu a koleso sa začne pretáčať.



Obr.4 Samozverný diferenciál Torsen

ZÁVER

Diferenciál umožňuje rozdelenie pohonu na dva výstupné hriadele. Podľa svojho prevedenia upravuje rozdelenie prídavného točivého momentu a dovoľuje rozdielne otáčky oboch výstupov.

Vývoj diferenciálu najmä v súčasnej dobe zvyšovania aktívnej ale i pasívnej bezpečnosti vozidla predstavuje veľkú výzvu pre každú automobilku. Práve tento komponent výrazne prispieva k zvyšovaniu bezpečnosti nielen prejazdov nebezpečných zákrut na zhoršenej kvalite povrchu vozovky.

LITERATÚRA

- [1] Hilvert, J.: Výkladový slovník automobilizmu. DLX Slovakia s.r.o., Bratislava 2007. ISBN 978-80-900972-8-5
- [2] Vlk, F.: Konceptia motorových vozidiel. Brno 2001. ISBN 80-238-5276-0.
- [3] Autorevue.cz, (<http://www.autorevue.cz/Technika/Diferencial-jak-vlastne-funguje/sc-159-sr-1-a-10425/default.aspx>, 10.12.2006)

Článok bol vypracovaný v rámci riešenia grantovej úlohy KEGA 3/6342/08 – Inovatívne vzdelávacie materiály pre bakalársky študijný program Automobilová výroba.