



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

USPOŘÁDÁNÍ HNACÍCH TRAKTŮ UŽITKOVÝCH AUTOMOBILŮ

COMMERCIAL VEHICLES POWERTRAINS DESIGN

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

LUKÁŠ KRUPA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. JAN FOJTÁŠEK

BRNO 2015

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Lukáš Krupa

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

obor: **Základy strojního inženýrství (2341R006)**

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

Uspořádání hnacích traktů užitkových automobilů

v anglickém jazyce:

Commercial vehicles powertrains design

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Moderní užitková vozidla jsou uzpůsobena různým účelům aplikací, což v praxi znamená množství způsobů konfigurace podvozku a rozmanitá řešení jejich hnacího ústrojí. Rozbor těchto konstrukčních řešení by měl popsat dané systémy na patřičné odborné úrovni.

Cíle bakalářské práce:

Práce by měla být přehledným a uceleným zdrojem informací o konstrukčních řešeních hnacích traktů užitkových vozidel. Zahrnuty by měly být jak v současnosti používaná řešení, tak i uspořádání připravovaná pro nové modely vozidel či vývojové studie.

Seznam odborné literatury:

Reimpell,J.;Stoll,H.;Edward,A., The automotive chassis - engineering principles. Arnold, London 1996. ISBN 0-340-61443-9.

JAN, Zdeněk, ŽDÁNSKÝ, Bronislav a ČUPERA Jiří. Automobily (2): Převody. Brno: Avid, spol. s r.o., 2009. ISBN 978-80-87143-12-4.

ACHTENOVÁ, Gabriela a TŮMA, Vlastislav. Vozidla s pohonem všech kol. 1. vyd. Praha: BEN – technická literatura, 2009, 380 s. ISBN 978-80-7300-236-7.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jan Fojtášek

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2014/2015.

V Brně, dne 5.11.2014

L.S.

prof. Ing. Václav Pištěk, DrSc.
Ředitel ústavu

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



ABSTRAKT

V této práci jsou popsány části hnacího ústrojí v současnosti používaných užitkových vozidel a jejich uspořádání v závislosti na koncepci a účelu vozidla. Jednotlivé části hnacího traktu jsou popsány jak z hlediska konstrukčního řešení, tak z hlediska principu činnosti. Práce je rešeršního charakteru a slouží tak jako soubor informací o dané problematice. Může být použita například jako učební pomůcka pro získání hlubších znalostí v tématice hnacích traktů užitkových vozidel.

KLÍČOVÁ SLOVA

hnací trakt, koncepce podvozku, stálý převod, Tatra, užitková vozidla

ABSTRACT

In this work there are described parts of powertrain of currently used commercial vehicles and their configurations depending on the conception and purpose of vehicle. Individual parts of powertrain are described in terms of both design solutions and operating principle. The work is of the retrieval of character and serves as a source of information about the issue. It can be used for example as a teaching tool for getting deeper knowledge about the topic of powertrains of commercial vehicles.

KEYWORDS

powertrain, concept of chassis, permanent transfer, Tatra, commercial vehicles



BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KRUPA, L. *Uspořádání hnacích traktů užitkových automobilů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2015. 38 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jan Fojtášek.



ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

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

V Brně dne 14. května 2015

.....

Lukáš Krupa



PODĚKOVÁNÍ

Děkuji Ing. Janu Fojtáškoví za vedení při zpracování této bakalářské práce. Především děkuji mé rodině za podporu při studiu. V neposlední řadě děkuji společnosti Tatra Trucks a.s. za konzultace a poskytnuté materiály.



OBSAH

Úvod	10
1 Základní popis hnacího ústrojí	11
1.1 Motory	11
1.2 Spojky	11
1.3 Převodovky	11
1.4 Přídavné a rozdělovací převodovky	12
1.4.1 Převodovka s dvoustupňovou předřazenou dělicí redukcí	12
1.4.2 Převodovka s rozsahovou redukcí	12
1.5 Rozvodovky	12
1.6 Diferenciály	13
1.7 Kloubové a spojovací hřídele	13
1.8 Kolové redukce	13
1.8.1 Planetová kolová redukce	14
1.8.2 Kolová redukce s čelním soukolím	14
2 Klasická koncepce uspořádání	16
2.1 Pohon 4×2	16
2.1.1 Podélné kloubové hřídele	17
2.1.2 Rozvodovky	18
2.1.3 Kuželový diferenciál	18
2.2 Pohon 4×4	19
2.2.1 Příčné kloubové hřídele	20
2.2.2 Rozdělovací převodovky	21
2.3 Pohon 6×6	22
2.3.1 Tandemová náprava s mezinápravovým diferenciálem	23
2.4 Pohon 8×8	24
3 Tatrovácká koncepce	26
3.1 Pohon 4×4	27
3.1.1 Přídavná převodovka Tatra	27
3.1.2 Nápravy Tatra s čelním diferenciálem	28
3.2 Pohon 6×6	29
3.2.1 Mezinápravový korunový diferenciál Tatra	30
3.3 Vícenápravové pohony Tatra	30
4 Pohon MAN HydroDrive	32
4.1 Konstrukce a princip činnosti	33
5 Vývojové tendence	35



5.1	System ZF-ADM	35
5.2	Spojka s retardérem Viab.....	36
	Závěr	37
	Použité informační zdroje.....	38



ÚVOD

Při neustále se zvyšující produkci výrobků a služeb je silniční doprava stále významnější oblastí transportu. Pro přepravu produktů i osob je pak velmi významná zejména skupina užitkových vozidel, na která jsou kladeny čím dál větší nároky. Vzhledem k negativnímu dopadu silniční dopravy na životní prostředí a zvyšujícím se požadavkům na užitnost vozidel je potřebné zdokonalování vozidlových motorů, nebo i hledání nových řešení. S ohledem na zvyšující se výkony vozidlových motorů a hospodárny provoz vozidla je třeba mimo jiné zdokonalovat části vozidla přenášející výkon motoru na vozidlová kola. Jsou to například různá provedení převodovek, diferenciálů a stálých převodů. Tato bakalářská práce je zaměřena na části hnacích traktů užitkových vozidel přenášejících výkon motoru na vozidlová kola. Vzhledem k rozsáhlosti tématu práce zde nejsou blíže popsány vozidlové motory, spojky, převodovky pro řazení rychlostních stupňů a elektronické systémy regulující tok točivého momentu na vozidlová kola. V práci jsou popsány jednotlivé části hnacího traktu těžkých užitkových vozidel nad 3,5 tuny. Vysvětlena je jejich konstrukce uspořádání a princip činnosti v závislosti na druhu pohonu a koncepci vozidla. Jedná se tedy o rešerši informací z dostupných zdrojů a nejsou zde obsaženy vlastní konstrukční a výzkumná řešení.



1 ZÁKLADNÍ POPIS HNACÍHO ÚSTROJÍ

Pojmem hnací ústrojí (trakt) je souhrnně pojmenován motor a soustava jednotlivých ústrojí přenášejících točivý moment z vozidlového motoru na poháněná kola. Základními částmi hnacího ústrojí jsou tedy motor, spojka, převodovky (hlavní, přídatné, rozdělovací, apod.), rozvodovky, diferenciály, spojovací a kloubové hřídele a vozidlová kola. [1] Spalovací motory jsou rychloběžné stroje s relativně nízkým vystupujícím točivým momentem. Pro provoz vozidla tedy potřebujeme zpravidla zvětšení točivého momentu v poměru, který je závislý na momentálních provozních podmínkách. K tomuto slouží převodové ústrojí.

1.1 MOTORY

Pro užitková vozidla se zpravidla používají vznětové spalovací motory, kde je směs připravována v pracovním prostoru válce vstřikováním kapalného paliva do silně stlačeného a ohřátého vzduchu. Tímto tzv. kompresním teplem dochází ke vznícení paliva, nejčastěji motorové nafty. Motory jsou nejčastěji (až na speciální případy) umístěny nad přední nápravou. [1] V nejmodernějších výzkumných centrech je snaha najít náhradu za běžná motorová paliva. Vznikají prototypy vozidel s hybridním pohonem (pohony mající více než jeden zdroj energie), ale také s úplnou náhradou běžného pohonu za alternativní pohon. Energii můžeme získávat např. ze zemního plynu, elektrické energie, biomasy, slunečního záření atd. Většinu těchto alternativních pohonů se nedaří prosadit ani na trhu s osobními automobily, neboť tyto pohony nejsou tak efektivní jako klasické a cenově jsou většinou uživatelů nedostupné. V oblasti užitkových automobilů jsou tyto alternativní pohony z důvodu větších hmotností, zatěžovacích sil a složitosti o to hůř realizovatelné.

1.2 SPOJKY

Spojka je v hnacím traktu motorového vozidla umístěna jako rozpojitelný spojovací prvek mezi motorem a převodovkou. Rozeznáváme základní tři druhy spojek. Třecí, hydraulické a elektromagnetické. [1]

Hlavní úkoly spojky:

- **Přenášet točivý moment motoru na převodovku** – v celé oblasti využitelných otáček motoru musí být do převodovky přiváděn potřebný krouticí moment.
- **Umožnit měkký a netrhaný rozjezd vozidla** – pomocí prokluzu mezi otáčejícím se setrvačником a hnací hřídelí převodovky.
- **Umožnit řazení** – přerušením spojení mezi motorem a převodovkou se dosáhne synchronního běhu dílů převodovky, které se mají zapojit.
- **Tlumení torzního kmitání** – vyvolaného rytmickým sledem taktů klikového mechanismu.
- **Ochrana motoru a dílů sloužících k přenosu točivého momentu před zatížením** – např. při zablokování motoru. [1]

1.3 PŘEVODOVKY

Převodovky slouží k přenosu a změně velikosti přenášeného točivého momentu tak, jak to vyžadují provozní podmínky. Dále ke změně otáček výstupního hřídele převodovky. Zajišťují změnu smyslu otáčení hnacích kol (jízda vzad) a umožňují běh motoru naprázdno (volnoběh). Podstata převodovek je využívání optimálních pracovních otáček motoru v různých provozních situacích. Toho se dosahuje převody, které mění rychlostní poměr. [2]



V užitkových vozidlech je možno použít širokou škálu druhů převodovek, většinou s převody ozubenými koly. V moderních vozidlech se nejčastěji vyskytuje samočinná (automatická) převodovka s hydrodynamickým měničem, která nahrazuje manuální stupňovou převodovku se spojkou. Cílem konstruktérů je vyvinout převodovku, která přispívá k nízké spotřebě paliva, optimálnímu využití práce motoru v různých provozních podmínkách, komfortu jízdy, nízké hmotnosti a vysoké trvanlivosti.

1.4 PŘÍDAVNÉ A ROZDĚLOVACÍ PŘEVODOVKY

Přídavné převodovky ve spojení s hlavní převodovkou tvoří tzv. vícenásobné převody. Provoz těžkých užitkových vozidel vyžaduje provoz motoru jak v oblasti nízké spotřeby, tak i v oblasti s vysokým výkonem. Provozní podmínky a zatížení jsou přitom hodně proměnlivé. Spojením hlavní převodovky s předřazenou redukcí nebo s přídavným redukčním převodem, který je umístěn za hlavní převodovkou, je dosaženo nejlepšího využití výkonu motoru. [2]

Rozdělovací převodovky slouží k rozdělení točivého momentu mezi poháněné přední a zadní nápravy. Rozdělovací převodovka je často sloučena s přídavným redukčním převodem v jeden celek.

1.4.1 PŘEVODOVKA S DVOUSTUPŇOVOU PŘEDŘAZENOU DĚLÍCÍ REDUKCÍ

Slouží k jemnému odstupňování jednotlivých rychlostních stupňů. Jednotlivé rychlostní stupně hlavní manuální převodovky jsou děleny na polovinu. Tím se počet rychlostních stupňů zdvojnásobí. K zařazení normálního (rychlého – H) nebo redukčního (pomalého – L) převodu stálého záběru dochází elektropneumaticky. Po přepnutí spínače a vyšlápnutí spojky řidičem dochází samočinně k zařazení. Redukce je umístěna před hlavní převodovkou. [2]

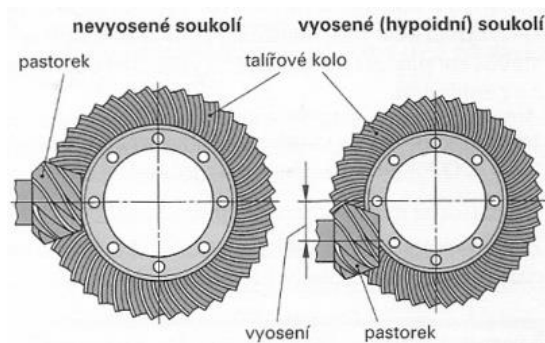
1.4.2 PŘEVODOVKA S ROZSAHOVOU REDUKCÍ

Slouží k zvětšení rozsahu převodovky zdvojnásobením počtu rychlostních stupňů. K tomuto účelu se používá nejčastěji planetová převodovka, případně převodovka s čelními ozubenými koly umístěna za hlavní manuální převodovkou. [2]

1.5 ROZVODOVKY

Ve skříní rozvodovky je uložen stálý převod (kuželové soukolí) a diferenciál. Stálý převod má za úkol zvětšovat přivedený točivý moment (zmenšit otáčky) a rozvádět točivý moment na hnací kola nápravy. Stálý převod mění otáčky a točivý moment tak, aby při zařazení přímého záběru v převodovce měla hnací kola potřebné otáčky a dostatečný točivý moment k dosažení maximální rychlosti vozidla. [4]

Podle druhu kuželového soukolí rozlišujeme dva druhy rozvodovek. Prvním z nich je rozvodovka s nevyoseným (klasickým) soukolím. Druhý typ je rozvodovka s vyoseným (hypoidním) soukolím. [1]



Obr. 1.1 Klasické a hypoidní soukolí rozvodovky [1]

Výhody hypoidního soukolí proti klasickému soukolí:

- tišší chod – v záběru je vyšší počet zubů společně,
- vyšší zatížitelnost – průměr a šířka zubů pastorku je větší,
- menší prostorové nároky – talířové kolo má při stejném zatížení menší průměr. [1]

1.6 DIFERENCIÁLY

Účelem diferenciálu je vyrovnávat rozdílné otáčky hnacích kol, případně náprav. Rozdíl otáček kol jedné nápravy je způsoben jízdou do zatáčky, kde vnější kola opisují větší poloměr zatáčky než kola vnitřní, nebo jízdou po nerovné vozovce, případně rozdílným tlakem v pneumatikách. Kolo uvnitř zatáčky běží tím pomaleji, čím rychleji běží kolo vně zatáčky. Za předpokladu, že by vozidlo bylo vybaveno jen stálým převodem, docházelo by ke smýkání kol a tím k opotřebení pneumatik, zhoršení jízdních vlastností a vysokému namáhání částí hnacího ústrojí. Dalším úkolem diferenciálu je rozdělovat točivý moment rovnoměrně na obě kola. Základní druhy konstrukce diferenciálu jsou kuželový a čelní. Diferenciál je nejčastěji umístěn jako součást některého ústrojí hnacího traktu (např. v rozvodovce, rozdělovací převodovce apod.) Podle umístění rozdělujeme diferenciály na nápravové (pro vyrovnávání otáček mezi koly jedné nápravy) a mezinápravové (pro vyrovnávání otáček mezi hnacími nápravami). [4]

1.7 KLOUBOVÉ A SPOJOVACÍ HŘÍDELE

Kloubové hřídele umožňují přenos točivého momentu mezi částmi hnacího ústrojí, které při provozu vozidla mění svou vzájemnou polohu (např. mezi pevně uloženou převodovkou a pohyblivou se rozvodovkou). [2] Pro přenos točivého momentu v podélném směru vozidla slouží tzv. podélné kloubové hřídele a analogicky pro přenos v příčném směru vozidla slouží tzv. příčné kloubové hřídele. Velká rozmanitost uspořádání podvozků užitkových automobilů způsobuje rozmanitost druhů a způsobů umístění kloubových hřídelí. Nejčastěji používané hřídelové klouby na užitkových vozidlech jsou křížové klouby. Pro spojení částí hnacího ústrojí neměnicích svou vzájemnou polohu se používají tzv. spojovací hřídele. Ty jsou konstrukčně řešeny buď jako duté hřídele s přivařenými drážkovanými konci, nebo jako osazené plné hřídele opatřené drážkováním na svých koncích. [4]

1.8 KOLOVÉ REDUKCE

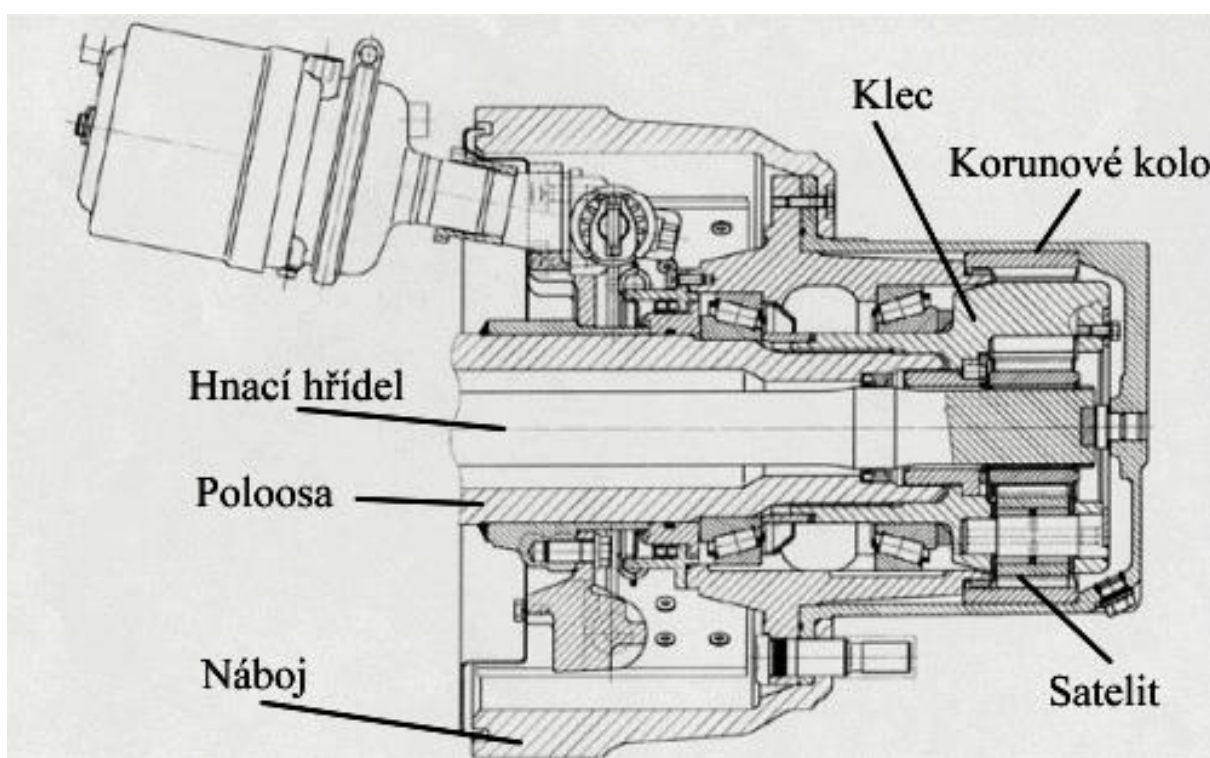
Kolové redukce slouží ke zvětšení točivého momentu a snížení otáček (převod do pomala). Jsou to vlastně stálé převody uložené v nábojích hnacích kol. Již zmíněné vlastnosti jsou vhodné pro vozidla, kde potřebujeme vysoké točivé momenty na vozidlových kolech, což



jsou především terénní vozidla a těžké silniční tahače. Základní druhy redukcí jsou planetový reduktor a portálový reduktor. [1] Další druhy převodů, jako např. integrovaný koncový převod kombinující planetový a portálový reduktor, se příliš nepoužívají.

1.8.1 PLANETOVÁ KOLOVÁ REDUKCE

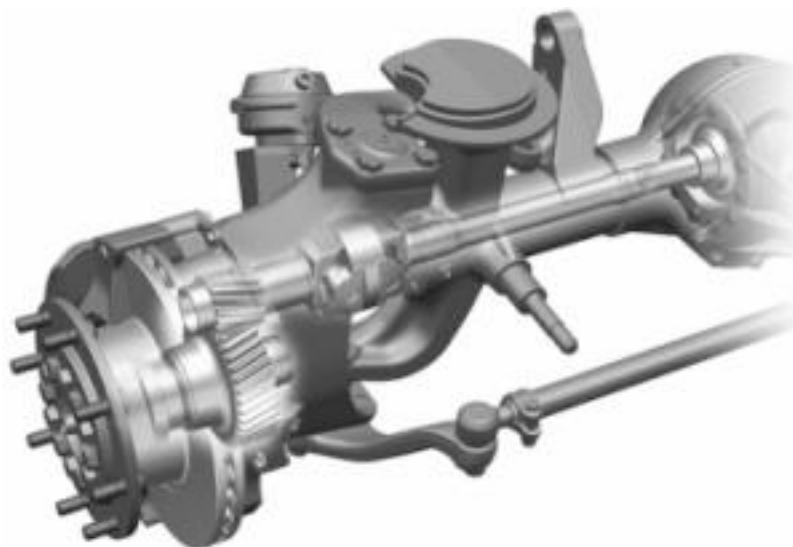
Planetové soukolí je díky svým malým zástavbovým rozměrům a vysokým převodovým poměrům nejčastěji využívaný mechanismus pro kolové reduktory. Častěji je planetový převod tvořen čelními koly. Může ovšem být tvořen i kuželovým soukolím, jak je tomu např. u vozidel značky Volvo. [4] Z obr. 1.2 je patrná konstrukce čelního planetového reduktoru vozidla Tatra T815. Hnací hřídel je pevně spojena s centrálním kolem. Klec je pevně spojena s výkyvnou polonápravou. Točivý moment je převáděn od centrálního kola přes satelity na korunové kolo, které je pevně spojeno s nábojem. [9]



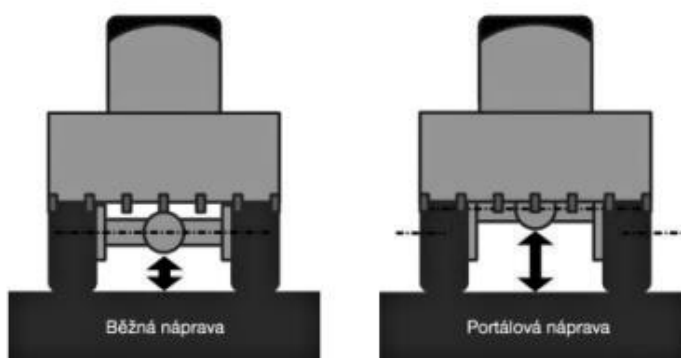
Obrázek 1.1 Planetový kolový reduktor vozidla Tatra T815 [14]

1.8.2 KOLOVÁ REDUKCE S ČELNÍM SOUKOLÍM

Nápravy obsahující tento typ reduktoru se označují jako portálové. Převod je zde realizován, jak je patrné z názvu, dvojicí čelních ozubených kol v záběru. Zpravidla se šikmými zuby kvůli lepším akustickým vlastnostem a lepší únosnosti. Oproti planetovému reduktoru má reduktor s čelním soukolím větší zástavbové rozměry a převoduje s menšími převodovými poměry. Jeho největší výhodou, kvůli které je využíván, je možnost úpravy světlé výšky nápravy vhodným konstrukčním uspořádáním převodu. Toho se využívá hlavně u terénních nákladních automobilů (viz obr. 1.2), kde je takto zvýšena světlá výška nápravy a tím zlepšena průchodnost vozidla terénem. Naopak snížení světlé výšky nápravy je vhodné pro nízkopodlažní autobusy apod. [5]



Obrázek 1.2 Přední portálová náprava vozidla Tatra T810 [12]



Obrázek 1.3 Porovnání světlé výšky náprav vozidel mezi běžnou a portálovou nápravou [10]



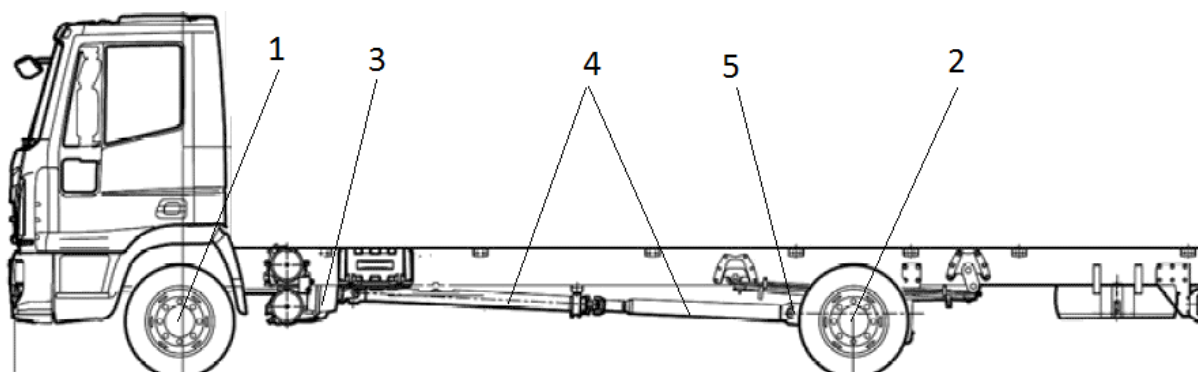
2 KLASICKÁ KONCEPCE USPOŘÁDÁNÍ

Klasická koncepce zahrnuje několik způsobů uspořádání podvozku podle výrobce a účelu vozidla (terénní, silniční, speciální) a je používána většinou výrobci užitkových vozidel. Základem koncepce podvozku jsou tuhé nápravy a žebřinový rám. U moderních vozidel se můžeme setkat s nezávislým zavěšením kol přední nápravy, jak je tomu například u automobilky Volvo, která používá přední lichoběžníkové nápravy. Motor se spojkou a převodovkou je uložen v rámu nad přední nápravou, nebo lehce za ní. Z důvodu vyšší hmotnosti připadající na zadní nápravu mají užitková vozidla téměř vždy (až na speciální případy) poháněnou zadní nápravu, případně více náprav. Často, pro vyhovující trakční vlastnosti, mají užitková vozidla poháněnou i přední nápravu. Pro přenos točivého momentu z převodovky na hnací kola jsou nejčastěji využívány kloubové hřídele a kuželové diferenciály. V dnešní době jsou na trhu užitková vozidla s širokou škálou pohonů od základního 4×2 (tzn. počet kol × počet hnacích kol), 4×4, 6×2 atd. až po speciální pohony jako např. 10×10.

2.1 POHON 4×2

Pohon 4×2 je standardní pohon u vozidel pro silniční dopravu (např. pro malá užitková vozidla, tahače návěsů atd.). Jedná se o uspořádání s nepoháněnou přední nápravou (1) a poháněnou zadní nápravou (2). Na tato vozidla nejsou kladeny požadavky pro průjezdnost terénem, ale klade se důraz na jednoduchost hnacího ústrojí. S tím je spojeno menší riziko poškození a nižší hmotnost hnací soustavy. To má za následek snížení provozních nákladů. Snížením hluku hnacího ústrojí zvýšíme také komfort jízdy, který je zejména při dálkové dopravě velmi důležitý. Díky své jednoduchosti může být hnací trakt uložen tak, aby vozidlo mělo nízkou světlou výšku. To výrazně přispívá k nízkému těžišti vozidla a tím k jeho lepší ovladatelnosti.

Pro zvýšení únosnosti jsou užitková vozidla s pohonem zadních kol často doplněna o třetí nepoháněnou nápravu, která je umístěna buď před zadní poháněnou nápravou, nebo častěji za ni, případně o další přední nepoháněnou nápravu. Tímto se dostáváme ke konfiguraci pohonu 6×2, případně k méně často používané konfiguraci 8×2. Z hlediska uspořádání hnacího traktu nejsou tyto konfigurace pohonu příliš odlišné od pohonu 4×2 a proto se jim nebudu v práci více věnovat.



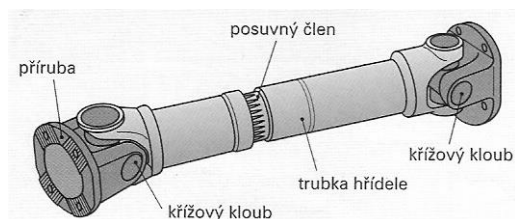
Obr. 2.1 Schéma užitkového vozidla IVECO Eurocargo s pohonem 4×2 [11]

Točivý moment vystupující z převodovky (3), případně z přídatné převodovky je přenášen přes kloubovou hřídel (4) do rozvodovky (5), která je pevně spojena se zadní nápravou. Odtud je pomocí příčných spojovacích hřídelů přenášen k hnacím kolům. [11]



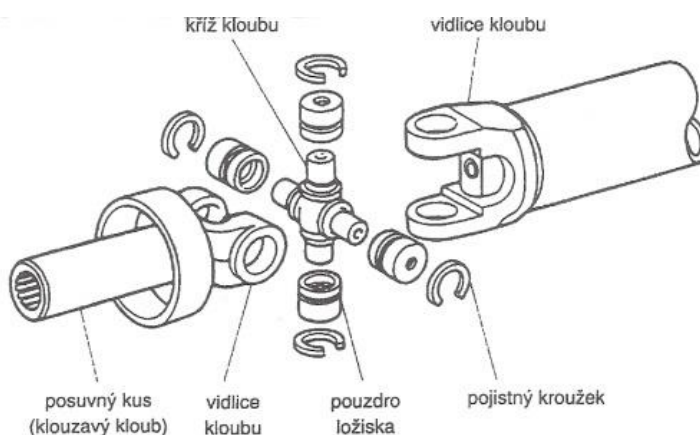
2.1.1 PODÉLNÉ KLOUBOVÉ HŘÍDELE

Pro spojení převodovky, uložené v rámu vozidla, a rozvodovky, pohyblivé s nápravou, se u vozidel s kratším rozvorem využívá hřídel se dvěma křížovými klouby. Hřídel se skládá z ocelové tenkostěnné trubky (případně kruhové tyče), na jejímž předním konci je drážkování pro připojení vidlice předního kloubu a na jejímž zadním konci je přivařena vidlice druhého kloubu. Při výkyvech nápravy může díky drážkovanému spojení docházet ke kompenzaci délky hřídele. [4]



Obr. 2.2 Kloubová hřídel se dvěma křížovými klouby [2]

Křížový kloub je sférický mechanismus, který je složen z kovaného kříže, dvou kloubových vidlic a čtyř ložiskových pouzder s jehlovými ložisky. Jedna kloubová vidlice je spojena s hřídelem, druhá je spojena s přírubou kloubu nebo posuvným členem. Rozeznáváme dva typy křížových kloubů podle konstrukce ložisek. První typ kloubu je s úplnou miskou ložiska neboli rozložitelný. Druhý typ je s miskovými ložisky neboli nerozložitelný. U kloubů rozložitelných je možná výměna ložisek, která jsou zajištěna pojistným kroužkem. Jednoduchý křížový kloub se vyznačuje jistou nerovnoměrností chodu (tzv. kardanovou chybou), tuto chybu ovšem lze eliminovat použitím dvou správně orientovaných křížových kloubů vůči sobě. [5]

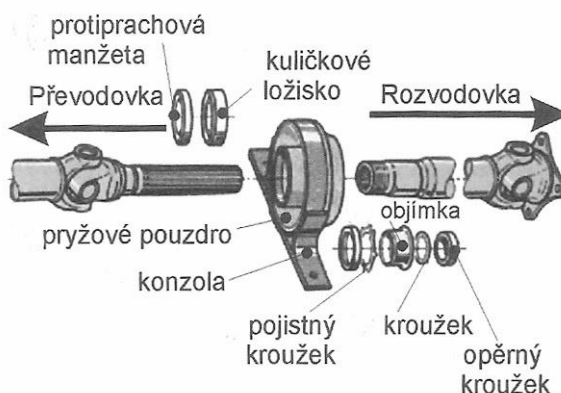


Obr. 2.3 Rozložitelný křížový kloub [5]

Při použití kloubových hřídelí pro vozidla s větším rozvorem musíme brát v úvahu, že při rotaci hřídele o určité délce při určitých otáčkách dochází k ohybovým kmitům. Pro tzv. kritické otáčky je rozhodující vlastní frekvence ohybového kmitání. [4] Pro zvýšení hodnoty kritických otáček dlouhé hřídele se hřídel dělí a vkládá se opěrné ložisko (uspořádání viz obr. 2.4). Použití opěrného ložiska vyžaduje použití třetího křížového kloubu. Opěrné ložisko se skládá z konzoly uchycené k rámu vozidla a kuličkového ložiska uloženého v pryžovém



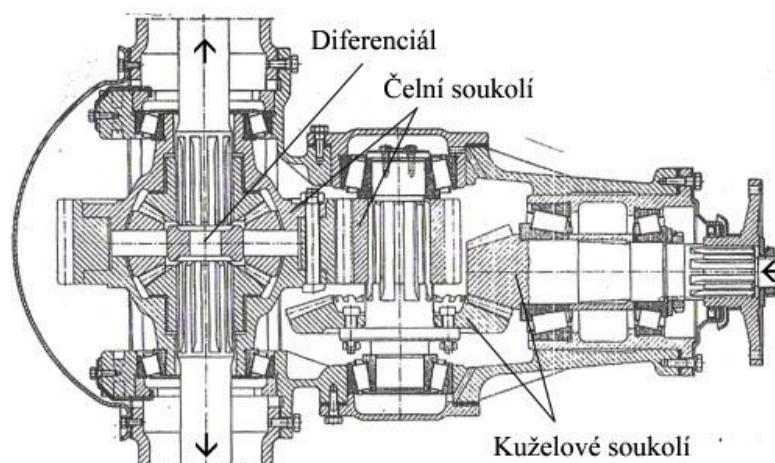
pouzdrě. Pružným uložením dělené kloubové hřídele v ložisku se dosáhne nižších vibrací a hluchnosti. Při tomto uspořádání je potřeba použít třetí křížový kloub ke spojení dvou kloubových hřídelí. [2]



Obr. 2.4 Opěrné ložisko [2]

2.1.2 ROZVODOVKY

Pro konvenční způsob uspořádání rozvodovky je typický stálý převod kuželovým soukolím a použití kuželového nápravového diferenciálu. U těžkých nákladních automobilů je potřebný vysoký převodový poměr, na nějž kuželové soukolí jednostupňové rozvodovky nestačí. Proto je do rozvodovky přidán další převod, takže výsledný převodový poměr rozvodovky je rozdělen do dvou stupňů. Odtud plyne název dvoustupňová rozvodovka, která je nejčastěji tvořena kombinací kuželového a čelního soukolí. Uspořádání je patrné z obr. 2.5. [5]



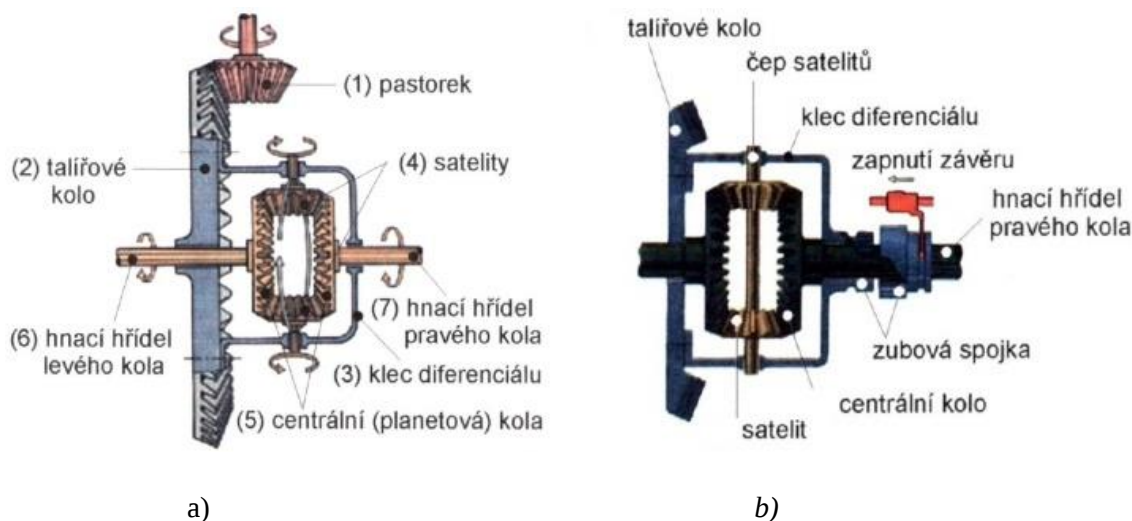
Obr. 2.5 Dvoustupňová rozvodovka pro těžký nákladní automobil [5]

2.1.3 KUŽELOVÝ DIFERENCIÁL

Kuželový nápravový diferenciál (viz obr. 2.6a) je typický pro vozidla s konvenční koncepcí podvozku a tím pádem je nejpoužívanější typ diferenciálu. Oproti čelnímu diferenciálu pracuje s menší účinností, což je pro danou aplikaci výhodná vlastnost. Diferenciál je umístěn s rozvodovkou v jedné skříni. Hnací člen diferenciálu je pastorek (1) poháněný od kloubové hřídele. Pastorek pohání talířové kolo (2), které je pevně spojeno s klecí diferenciálu (3). V kleci diferenciálu jsou otočně uloženy satelity (4). Pro nákladní vozidla zpravidla čtyři.



Satelity jsou v záběru se dvěma planetovými (centrálními) koly (5), která jsou pevně spojena s poloosami náprav (6 a 7). [1]



Obr. 2.6 Kuželový diferenciál a) bez závěru, b) s manuálním závěrem [1]

Při jízdě v přímém směru má hnací talířové kolo s klecí diferenciálu stejné otáčky jako hnaná planetová kola. Satelity se kolem vlastní osy neotáčejí a tvoří tak spolu s klecí unašeč, který přenáší stejné otáčky na obě centrální kola. [1]

Při jízdě v zatáčce, kdy se kolo na vnější straně otáčí rychleji než kolo na vnitřní straně (neboť musí urazit delší dráhu), jsou rozdílné otáčky vyrovnávány satelity, které se začnou otáčet kolem své vlastní osy. Satelity se začnou odvalovat po pomaleji se otáčejícím centrálním kole a tím urychlují druhé centrální kolo. Na každé hnací kolo je dodáván stejný točivý moment. [1]

Pokud se vozidlo dostane do situace, kdy dochází k protáčení jednoho z kol z důvodu špatných adhezních podmínek, je činnost diferenciálu nežádoucí. Centrální kolo protáčejiho se kola roztáčí satelity, které se odvalují po druhém centrálním kole. Rozdíl počtu otáček se vyrovnává tím, že talířové kolo se otáčí dvakrát pomaleji než centrální kolo protáčejiho se kola. Jelikož diferenciál vždy přenáší na obě kola stejný točivý moment, který je dán kolem s horšími adhezními podmínkami, na neprotáčejiho se kole není dostatečný točivý moment pro vyproštění vozidla. V této situaci je vhodné činnost diferenciálu vyřadit, k čemuž slouží závěr diferenciálu. [1] Užitková vozidla využívají zpravidla diferenciály s mechanickým závěrem (viz obr. 2.4b). Účel závěru je pevně spojit hnací a hnaný prvek diferenciálu, čímž se celé ústrojí začne otáčet stejnými otáčkami a funkce diferenciálu je tedy potlačena. Spojení je realizováno pomocí elektropneumaticky ovládaných zubových spojek, které spojují klec diferenciálu s jedním centrálním kolem.

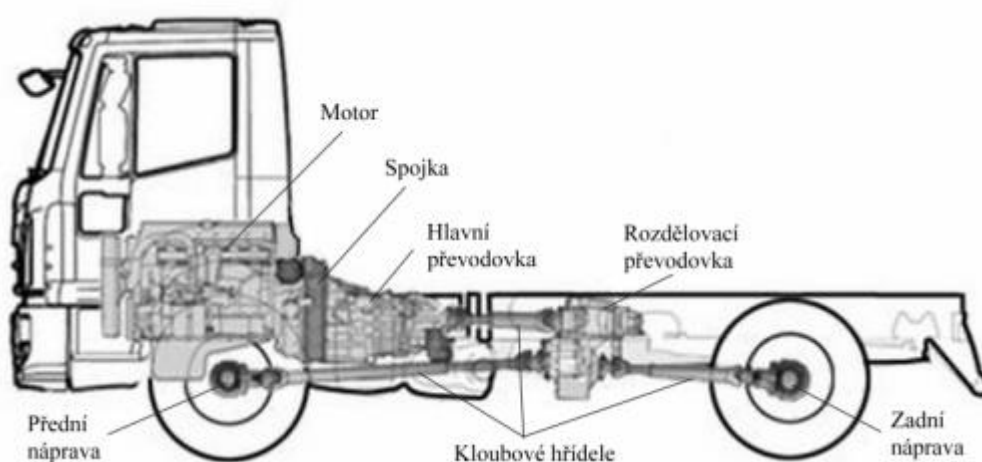
2.2 POHON 4×4

Pohon 4×4 je základní pohon pro vozidla, která jsou určena pro občasný nebo častý provoz na nepevněné vozovce, v terénu apod. Pro zlepšení trakčních vlastností je často využíván i u silničních nákladních vozidel. Účelem pohonu přední i zadní nápravy vozidla je rozdělit točivý moment vystupující z převodovky na více kol. Důvodem je fakt, že motor produkuje točivý moment určité velikosti, který je dále zvětšován převodovým ústrojím a rozdělován na



jednotlivá kola. Každé kolo může ovšem za daných adhezních podmínek přenést pouze určitou velikost točivého momentu. Pokud je na kolo přiveden točivý moment o větší velikosti, dochází k prokluzu kola. Tím pádem vznikají ztráty a všechny točivý moment přivedený na kola není využit k trakci vozidla. Proti prokluzu kol sice existují moderní elektronické systémy jako např. systém regulace prokluzu kol ASR (Anti-Slip Regulation). Ty ale pouze sníží výkon přivedený na hnací kola. Rozdělením točivého momentu na přední i zadní nápravu tedy dosáhneme lepšího využití výkonu motoru a lepší trakce vozidla.

K rozdělení točivého momentu mezi přední a zadní nápravu slouží rozdělovací převodovka, která je umístěna za hlavní převodovkou. Od ní je točivý moment přenášen pomocí kloubových hřídelů k rozvodovkám náprav. Pro pohon předních kol, která jsou zpravidla řídicí, je nezbytné použít kloubové hřídele umožňující rejdu kola. [4]

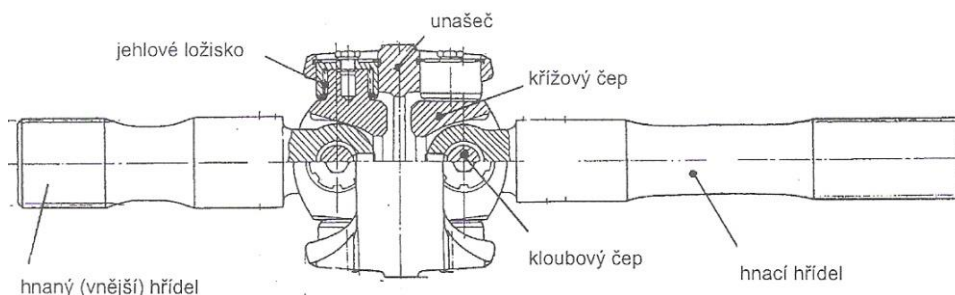


Obrázek 2.1 Uspořádání hnacího traktu nákladního vozidla s pohonem 4×4 [9]

Podobně jako vozidla s pohonem zadních kol se mohou vozidla s pohonem čtyř kol skládat z dalších nepoháněných náprav. Tímto dostaneme konfiguraci pohonu 6×4, případně 8×4. Pohon 4×4 má oproti pohonu 4×2 také nevýhody. Při nutnosti použití rozdělovací převodovky, dalších kloubových hřídelů a hnací nápravy výrazně vzroste hmotnost a složitost hnacího traktu. Rozměrnost těchto součástí často také způsobí zvětšení světlé výšky vozidla.

2.2.1 PŘÍČNÉ KLOUBOVÉ HŘÍDELE

Vzhledem k tomu, že přední náprava je řídicí, musí být točivý moment z rozvodovky do nábojů kol přední nápravy přenášen kloubovou hřídelí. Tím zabezpečíme možnost rejdu kola. U nákladních automobilů se používají hřídele s dvojitém křížovým kloubem. Ten umožňuje osovou výchylku až 47 stupňů, ale neumožňuje axiální posuv. Proto musí být na hnací hřídeli posuvný člen. Podmínkou je, aby dva křížové klouby byly umístěny co nejblíže sobě a aby úhel odklonu hnacího a hnaného hřídele od spojnice středů kloubů byl stejný. [2]

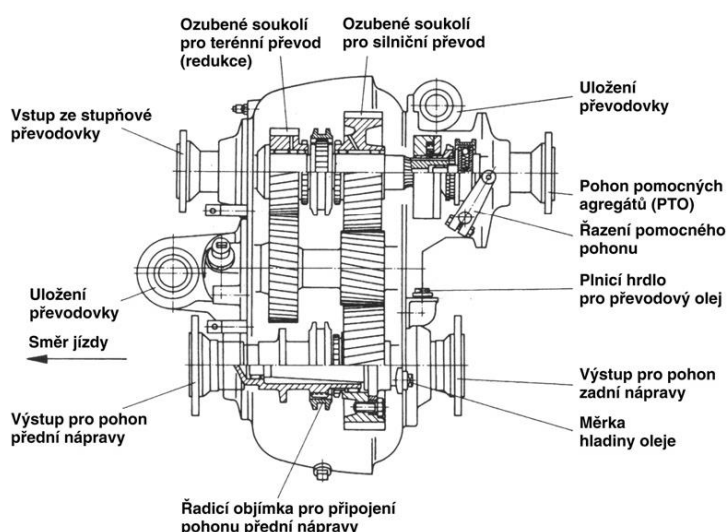


Obrázek 2.2 Hnací hřídel přední řízené nápravy nákladního automobilu [5]

2.2.2 ROZDĚLOVACÍ PŘEVODOVKY

Typ rozdělovací převodovky je závislý na účelu vozidla. Můžou být buď jednostupňové, které slouží pouze k rozdělení točivého momentu mezi nápravy, nebo dvoustupňové, které slouží zároveň jako přídatný převod. První stupeň převodu slouží pro jízdu po silnici. Druhý stupeň zvětšuje točivý moment, čehož se využívá při jízdě v terénu. Často je součástí rozdělovací převodovky mezinápravový diferenciál. Z rozdělovací převodovky může být vyveden hřídel s přírubou pro pohon pomocných agregátů (čerpadla hasičských stříkaček, kompresory, hydraulická zařízení atd.). [4]

Rozdělovací převodovka bez diferenciálu se používá u vozidel, která mají permanentně poháněnou zadní nápravu. Pohon přední nápravy je zapnut v případě potřeby řidičem vozidla. Připojení pohonu přední nápravy je zpravidla realizováno přesuvem řadící objímky. Pro připojení musí být vozidlo v klidu. Konstrukční uspořádání převodovky je patrné z obr. 2.7. Hlavní díly rozdělovací převodovky jsou skříň, vstupní, předloková a výstupní hřídel. Převody jsou zpravidla řešeny jako ozubená soukolí s šikmými zuby. Řazení jednotlivých stupňů je zajištěno zubovou spojkou. Ta je pevně usazena na vstupní hřídeli a zařazením se spojí s požadovaným ozubeným kolem. Vstupní a výstupní hřídele jsou spojeny s unašeči pro křížové klouby. [5]

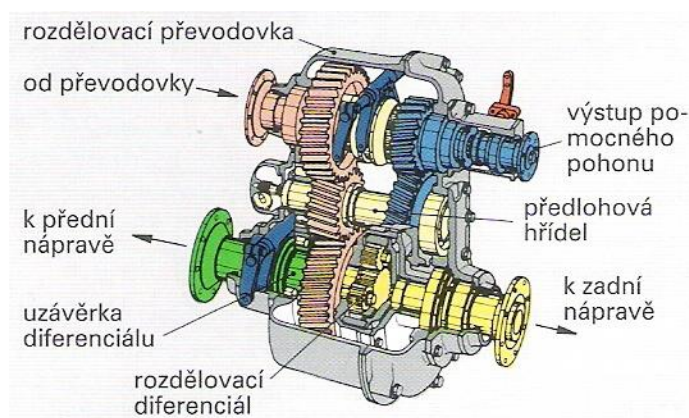


Obr. 2.7 Dvoustupňová rozdělovací převodovka bez diferenciálu [4]



Vozidla, jejichž obě nápravy jsou stále poháněny, jsou vybavena rozdělovací převodovkou s nesymetrickým mezinápravovým diferenciálem neboli tzv. děličem momentu. Ten je tvořen zpravidla planetovým soukolím na výstupní hřídeli z převodovky. Dělič momentu umožňuje rozdělení točivého momentu na přední a zadní nápravu v závislosti na zatížení jednotlivých náprav. U nákladních vozidel tak může být rozdělen točivý moment např. 33% na přední nápravu a 67% na zatíženější zadní nápravu. [4]

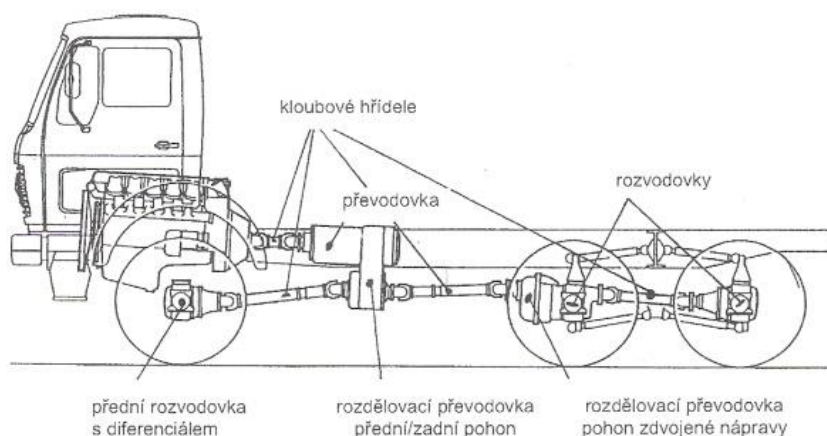
Klec planetového soukolí je poháněna od čelního soukolí. Centrální kolo přenáší točivý moment k nápravě poháněné nižším točícím momentem. Korunové kolo přenáší točivý moment k nápravě poháněné vyšším točícím momentem. Pro vyřazení diferenciálu z činnosti slouží závěr diferenciálu. Vypnutím diferenciálu dojde ke spojení pohonu přední a zadní nápravy.[5]



Obr. 2.8 Dvoustupňová rozdělovací převodovka s diferenciálem [2]

2.3 POHON 6×6

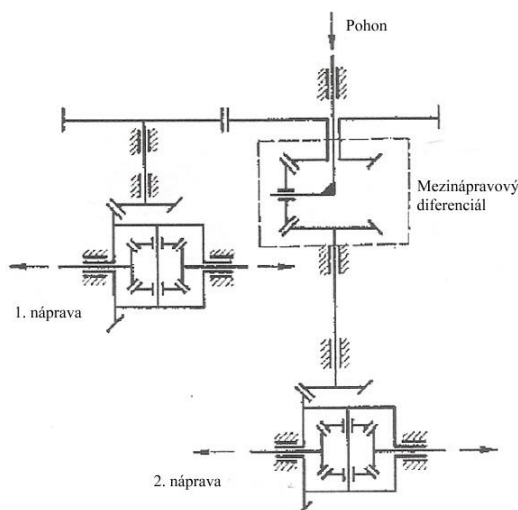
Pohon přední a zadní zdvojené (tandemové) nápravy je typický pro těžká nákladní vozidla s požadavkem na průchodnost terénem a vysokou nosnost zadní nápravy vozidla. Dříve se vyskytovaly dva zásadně odlišné způsoby uspořádání hnacího traktu. Způsob, kdy ke každé nápravě zvlášť vedly kloubové hřídele z rozdělovací převodovky, se ukázal jako nevýhodný. Zejména kvůli vysoké hmotnosti ústrojí. Používá se tedy způsob, kdy jedna kloubová hřídel vystupující z rozdělovací převodovky přenáší točivý moment pro první i druhou zadní nápravu. Aby mohlo být takové uspořádání realizováno, je nezbytné použít tzv. průběžnou první zadní nápravu. Přední a druhá zadní náprava je konstrukčně shodná s nápravami vozidel s pohonem 4×4. U terénních nákladních vozidel je součástí tzv. průběžné nápravy mezinápravový diferenciál (dále jen MZD). Vozidla pro silniční dopravu mají s ohledem na jednoduchost a nižší hmotnost přímý náhon bez MZD. [5]



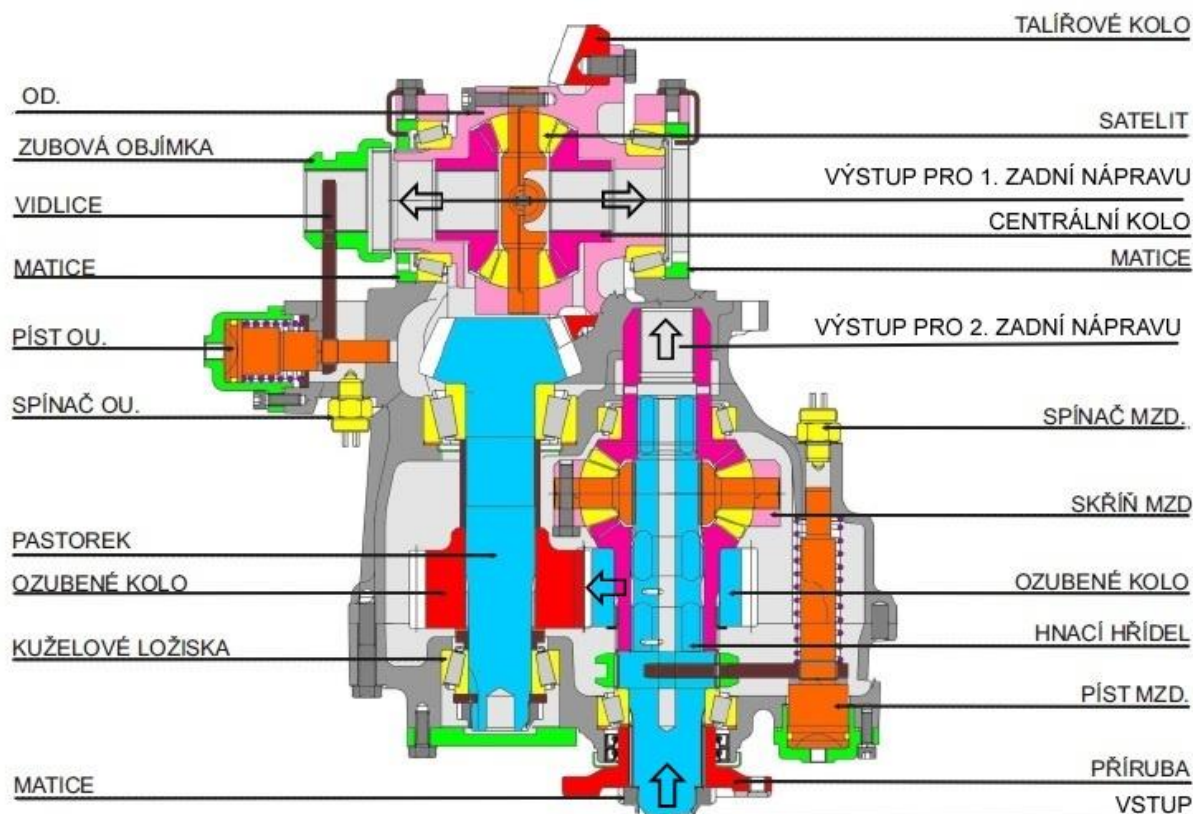
Obr. 2.9 Uspořádání převodového ústrojí vozidla s pohonem 6×6 [5]

2.3.1 TANDEMOVÁ NÁPRAVA S MEZINÁPRAVOVÝM DIFERENCIÁLEM

Diferenciály jsou tvořeny kuželovými soukolími (viz obr. 2.10). MZD je společně s nápravovým diferenciálem umístěn ve skříni rozvodovky první nápravy. Točivý moment přivedený kloubovou hřídelí je přenášen přes přírubu a hřídel ke skříni MZD. Skříň unáší satelity, které jsou v záběru s centrálními koly. Jedno centrální kolo je uloženo na společné duté hřídeli s čelním ozubeným kolem, které přenáší točivý moment k pastorku první nápravy. Pastorek pohání nápravový diferenciál první nápravy. Druhé centrální kolo je spojeno s přírubou pro pohon druhé nápravy. K přenosu točivého momentu k druhé nápravě je opět použit kloubový hřídel. MZD může být také vybaven závěrem. Vyřazení diferenciálu z činnosti se dosáhne spojením hnací a jedné hnané součásti MZD. U nápravy Tatra Rigid (viz obr. 2.11) spojením hnací hřídele a centrálního kola pomocí zubové objímky. [5]



Obr. 2.10 Schéma pohonu tandemové nápravy [5]



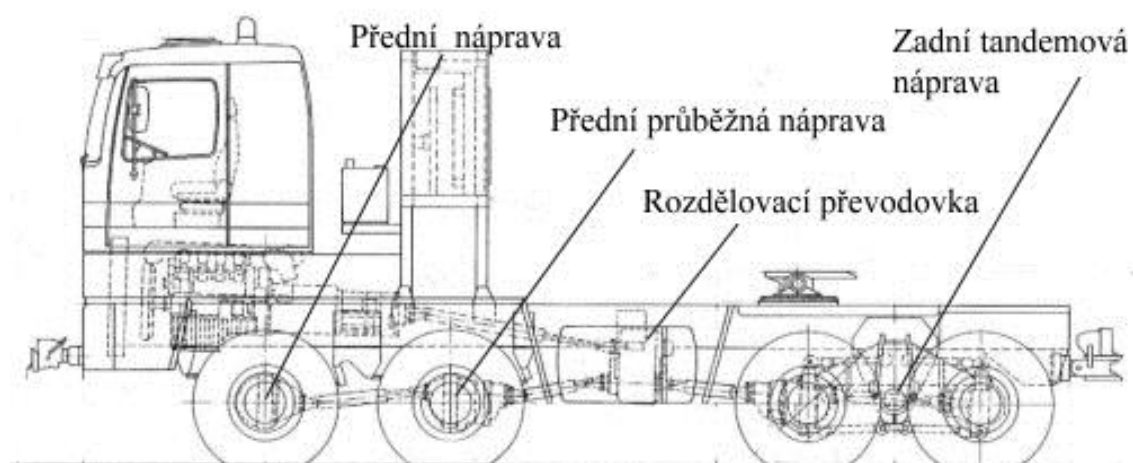
Obr. 2.11 Rozvodovka průběžné nápravy Tatra Rigid¹ [14]

2.4 POHON 8×8

Pohon osmi kol je nejsložitější velkosériově vyráběná konfigurace podvozku. Uplatňuje se u vozidel, které vyžadují velmi vysokou nosnost vozidla a zvýšené trakční vlastnosti. Tomu odpovídají vozidla jako tahače pro velmi těžké náklady, vozidla pracující v těžkém terénu, automobilové jeřáby, speciální armádní vozidla atd. Při této konfiguraci podvozku jsou vzadu použity tandemové nápravy stejně jako u pohonu 6×6. Pro umožnění pohonu dvou předních náprav je druhá přední náprava konstruována jako průběžná. První přední náprava je konstruována jako klasická s nápravovým diferenciálem, jak tomu bylo u dosud zmíněných pohonů s hnací přední nápravou. Pohon předních náprav je zpravidla odpojitelný pro případy, kdy provozní podmínky nevyžadují pohon všech kol. Tím dochází ke snížení spotřeby paliva a menšímu opotřebením hnacího ústrojí přední nápravy. Zadní nápravy jsou shodné s nápravou popsanou u pohonu 6×6 (viz kap. 2.3). Přední nápravy jsou řídící, což vyžaduje určité nastavení řízení jednotlivých náprav. Podle účelu a výrobce vozidla hnací trakt může obsahovat MZD pro přední nápravu, MZD pro zadní nápravu a dělič momentu mezi přední a zadní dvojicí náprav. Konstrukce a uložení těchto ústrojí je stejné jako při výše uvedených konfiguracích podvozku.

¹ OD - osový diferenciál
OU – uzávěr osového diferenciálu
OU – uzávěr osového diferenciálu

² Korunové kolo – ozubené kolo s vnitřním ozubením.

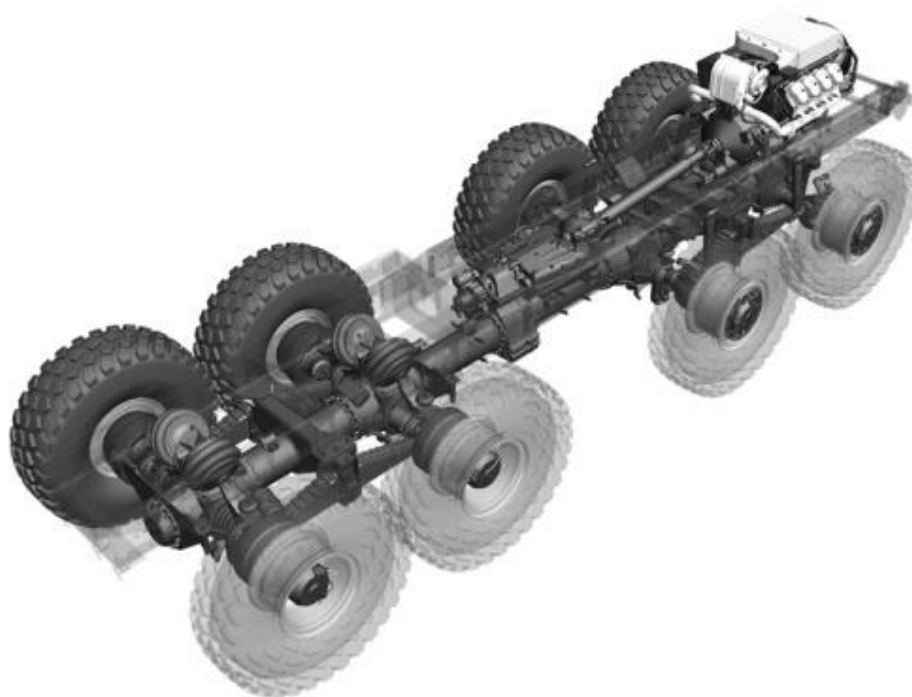


Obrázek 2.3 Uspořádání převodového ústrojí na vozidle Mercedes Titan 8×8 [8]



3 TATROVÁCKÁ KONCEPCE

Naprosto odlišné řešení uspořádání podvozku oproti ostatním světovým výrobcům nákladních automobilů mají vozidla kopřivnické automobilky Tatra. Základem této koncepce je centrální nosná roura (tzv. páteřový rám) a použití náprav s nezávisle zavěšenými polonápravami. Tato koncepce byla vyvinuta už ve dvacátých letech předešlého století konstruktérem Hansem Ledwinkou a je dodnes neustále modernizována. Jedinečná konstrukce tatrováckého podvozku zajišťuje výborné vlastnosti pro jízdu v nejnáročnějším terénu. Proto automobilka TATRA TRUCKS a.s. směřuje vývoj k terénním nákladním vozidlům pro odvětví jako těžbařství, lesnictví, stavebnictví, zemědělství, armáda, požárníctví atd. [12]



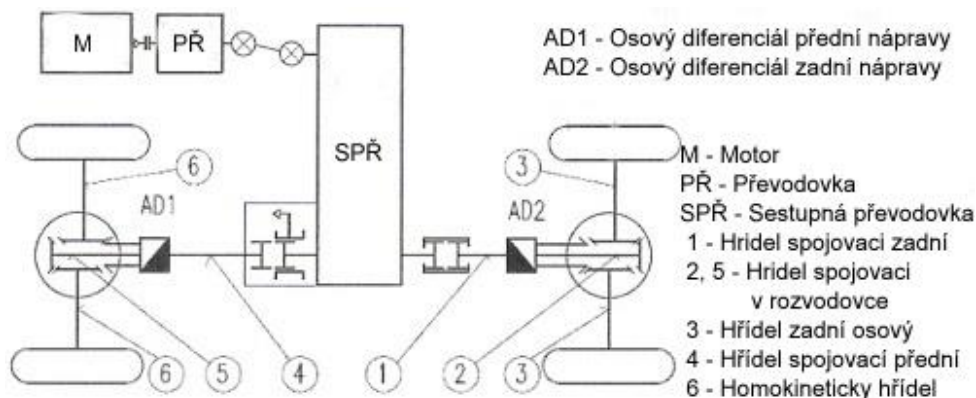
Obr. 3.1 Podvozek Tatra 8×8 [14]

Centrální nosná roura se vyznačuje výbornou torzní a ohybovou tuhostí. Nepřenáší tak velká zatížení na nástavbu. Hnací trakt vyžadující minimální údržbu je uložen uvnitř centrální roury a je tak chráněn před porušením v důsledku nárazu na cizí těleso a ostatních vnějších vlivů. To má za následek vysokou odolnost a nízké servisní náklady. Kombinací páteřového rámu a nezávisle zavěšených polonáprav vozidla dosahují vysoké stability při jízdě v zatáčkách a ve svazích, vysoké průchodnosti a přepravní rychlosti v terénu. Stavebnicový systém podvozku poskytuje možnost konstrukce vozidla s pohonem dvou až šesti náprav se součástmi dle požadavků zákazníka. [12]

Rozdílná koncepce podvozku přináší oproti ostatním výrobcům rozdílné konstrukční řešení hnacího traktu. Zatímco motor, spojka a převodovka je uložena v rámu nad přední nápravou, jak je tomu u konvenčního způsobu uspořádání, sestupná převodovka je vložena přímo do nosné roury (rámu), kde plní funkci rozdělovací a přidavné převodovky, ale tvoří i část rámu vozidla. Z této převodovky je točivý moment přenášen do čelních diferenciálů a rozvodovek pomocí spojovacích hřídelů, které jsou po celé délce vozidla souosé. [12]

3.1 POHON 4×4

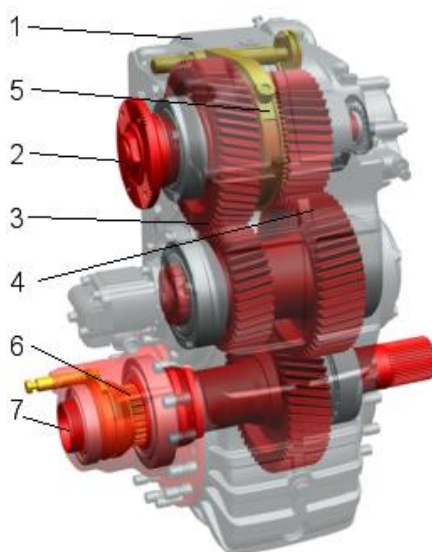
Na nejjednodušším typu pohonu bude popsána konstrukce sestupné převodovky, nápravových diferenciálů a stálých převodů.



Obr. 3.2 Schéma hnacího traktu Tatra 158 4×4 [14]

3.1.1 PŘÍDAVNÁ PŘEVODOVKA TATRA

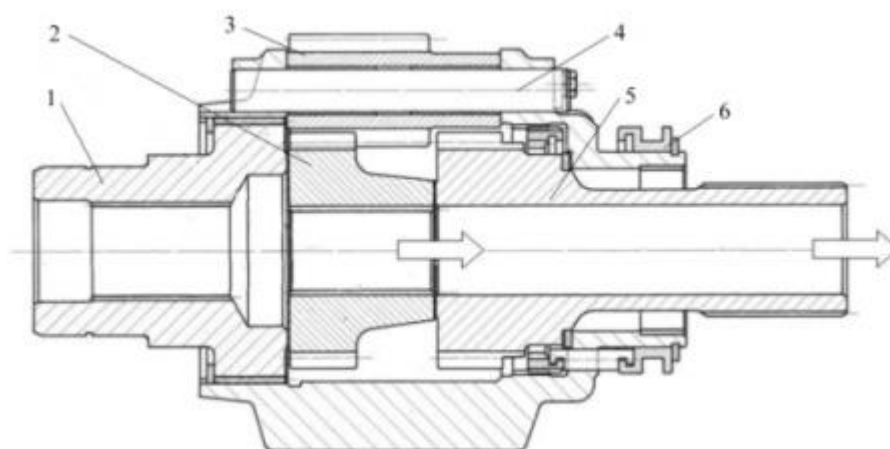
Tato převodovka, která je zobrazena na obr. 3.3, je často nazývána také jako sestupná, neboť zde točivý moment „sestupuje“ do centrální roury. Jak již bylo napsáno, skříň přídatné převodovky tvoří část páteřového rámu vozidla. Proto se při návrhu odlitku skříně (1) musí brát v úvahu namáhání krutem a ohybem. Přebodovka je s rámem spojena pomocí šroubových přírubových spojů. Tatrovické sestupné převodovky jsou jednostupňové, nebo častěji používané dvoustupňové. Točivý moment je přiveden od hlavní převodovky kardanovou hřídelí na hnaný unašeč (2), který je neotočně spojen se vstupní hřídelí přídatného převodu. Převod tvoří čelní soukolí se šikmými zuby. Řazení prvního (3) nebo druhého (4) stupně je realizováno přesuvnou objímkou (5) s dvojitou synchronizací. Pohon zadních kol je stálý, pohon předních kol odpojitelný. Zapojení resp. odpojení pohonu předních kol je realizováno přesuvnou drážkovanou objímkou (6), která spojí, resp. rozpojí výstupní hřídel převodovky (7) a spojovací hřídel k přední nápravě.[14]



Obr. 3.3 Přídatná dvoustupňová převodovka Tatra [14]

3.1.2 NÁPRAVY TATRA S ČELNÍM DIFERENCIÁLEM

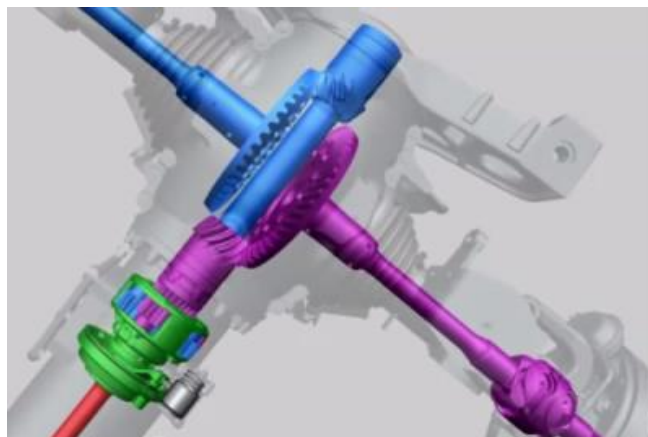
Uložení hnacího traktu do nosné roury vede k použití čelních (osových) nápravových diferenciálů, které jsou umístěny v centrální rouře před vlastní nápravou. Konstrukce diferenciálu je zobrazena na obr. 3.4. Hnací hřídel je spojen pomocí drážkování s unašečem satelitů (1). V unašeči jsou uloženy dvě axiálně přesazené trojice satelitů (3). Uprostřed diferenciálu jsou dvě centrální kola. Jedno centrální kolo tvoří celistvou dutou součást (5) s kuželovým pastorkem v rozvodovce. Druhé centrální kolo (2) je spojeno s druhým pastorkem rozvodovky spojovací hřídelí skrze první centrální kolo s pastorkem. Každá trojice satelitů je v záběru s příslušným centrálním kolem a s druhou trojicí satelitů zároveň. V případě jízdy v přímém směru jsou satelity unášeny kolem podélné osy diferenciálu a slouží jako zubová spojka mezi unašečem a centrálními koly. V případě přibrzdění jednoho z centrálních kol se satelity začnou otáčet i kolem své vlastní osy (4) a konají tak složený pohyb, čímž dojde k urychlení druhého centrálního kola. [14]



Obr. 3.4 Konstrukční uspořádání čelního nápravového diferenciálu [3]

Nákladní automobily Tatra jsou určeny primárně do terénu, proto jsou všechny diferenciály opatřeny pneumaticky ovládanou uzávěrkou (7). Uzávěrka spojuje unašeč s jedním centrálním kolem a tím dojde k vyřazení diferenciálu z činnosti. [14]

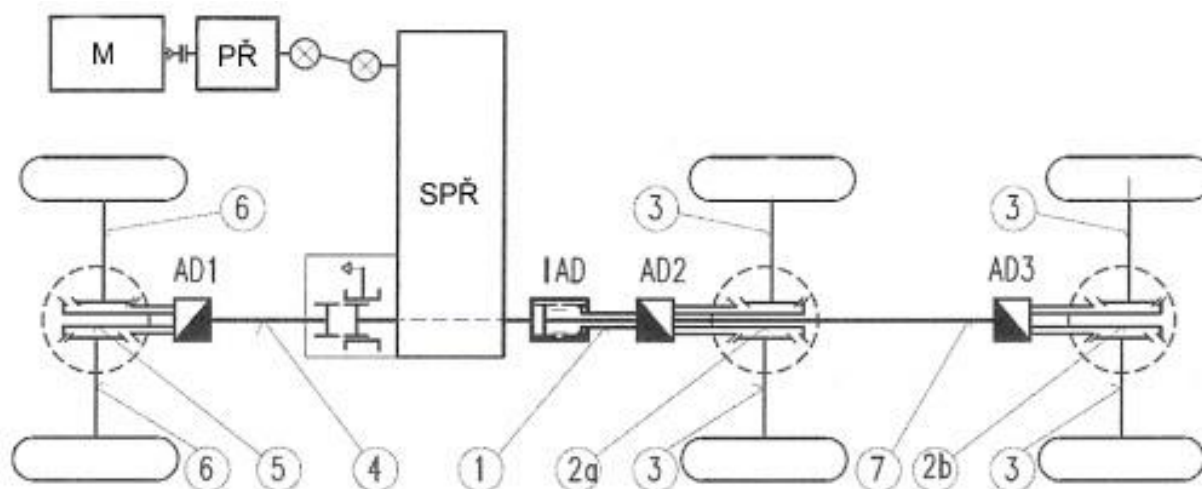
Ve skříní rozvodovky se nachází dvě soukolí kuželového pastorku s talířovým kolem. Tento typ soukolí umožňuje výkyvy polonáprav v příčném směru. Polonáprava je uložena otočně v centrální rouře. Pravá polonáprava je přesazená v podélném směru vůči levé, aby nedocházelo ke kolizi pastorku s talířovým kolem druhé polonápravy. Točivý moment je spojovacími hřídelemi přenášen od talířových kol v rozvodovce k nábojům kol. Náboje kol jsou na přání zákazníka s reduktory nebo jednoduché. U vozidel tatrovácké koncepce jsou jako kolové redukce používány planetové převody. U říditelných náprav je spojení talířových kol a nábojů realizováno homokinetickými (stejnoběžnými) hřídelemi obsahujícími dvojitý křížový kloub. Přenos točivého momentu na pravé (fialová) a levé (modrá) kolo přední nápravy vozidla Tatra T158 je barevně rozlišen na obr. 3.5. [14]



Obr. 3.5 Náprava s výkyvnými polonápravami Tatra T158 [13]

3.2 POHON 6×6

Při sestavení vozidla s pohonem 6×6 se vychází z podvozku pro pohon 4×4 a využívá se tak stavebnicová konstrukce podvozku Tatra. Pohon přední nápravy je totožný jako u pohonu čtyř kol. Za první zadní nápravu je přimontována další část centrální roury, ke které je připevněna druhá zadní náprava. Obě nápravy jsou shodné, ale k rozdělení točivého momentu mezi zadní nápravy slouží mezinápravový diferenciál umístěný před první zadní nápravou. [14]



IAD - Mezinápravový korunový diferenciál
 AD1 - Osový diferenciál přední nápravy
 AD2 - Osový diferenciál I. zadní nápravy
 AD3 - Osový diferenciál II. zadní nápravy
 M - Motor
 PŘ - Převodovka
 SPŘ - Sestupná převodovka

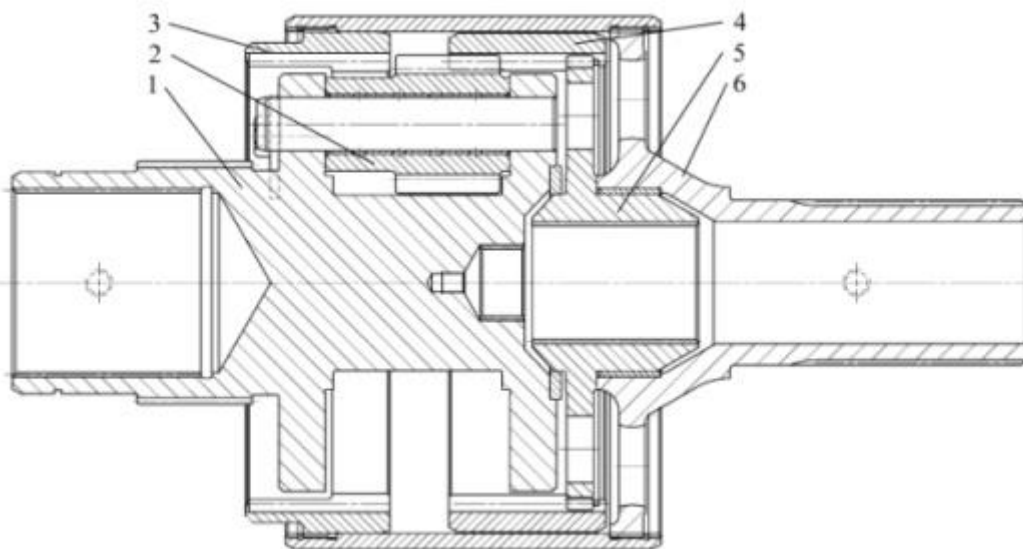
1 - Unašeč korunového diferenciálu
 2a - Hřídel spojovací v rozvodovce
 3 - Hřídel zadní osy
 4 - Hřídel spojovací přední
 5, 2b - Hřídel spojovací v rozvodovce
 6 - Homokinetický hřídel
 7 - Hřídel spojovací zadní

Obr. 3.6 Uspořádání hnacího traktu vozidla Tatra T815 [14]

3.2.1 MEZINÁPRAVOVÝ KORUNOVÝ DIFERENCIÁL TATRA

Ve starších modelech vozidel Tatra byl použit konstrukčně stejný diferenciál, jako jsou osově nápravové diferenciály (viz obr. 3.4). Pro nejnovější model Tatra T158 byl vyvinut nový tzv. korunový diferenciál. Jedná se o čelní diferenciál, který se skládá z unašeče, satelitů a korunových kol². Mezi hlavní výhody diferenciálu s korunovými koly oproti diferenciálu s centrálními koly patří snížení hmotnosti ústrojí. Díky větší kontaktní ploše ozubení je možno přenášet větší točivé momenty. Vzhledem k „trubkovému“ průřezu mají korunová kola lepší mechanické vlastnosti. [3]

Vstupní hřídel je drážkováním spojen s klecí (1) diferenciálu. V něm jsou uloženy dvě axiálně přesazené trojice satelitů (2). Každá trojice satelitů je v záběru s jedním korunovým kolem a s druhou trojicí satelitů současně. Korunová kola (3 a 4) jsou spojena s unašečmi (5 a 6), přes které je točivý moment přenášen drážkováním na hnací hřídele jednotlivých zadních náprav. Mezinápravový diferenciál je vybaven elektro-pneumatickým závěrem. Ten spojením unašeče satelitů a jednoho korunového kola pomocí ozubené objímky vyřadí diferenciál z činnosti. [14]

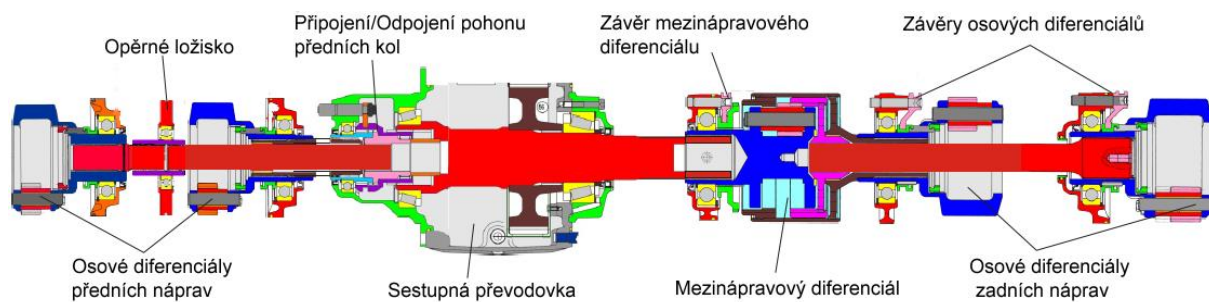


Obr. 3.7 Mezinápravový korunový diferenciál [3]

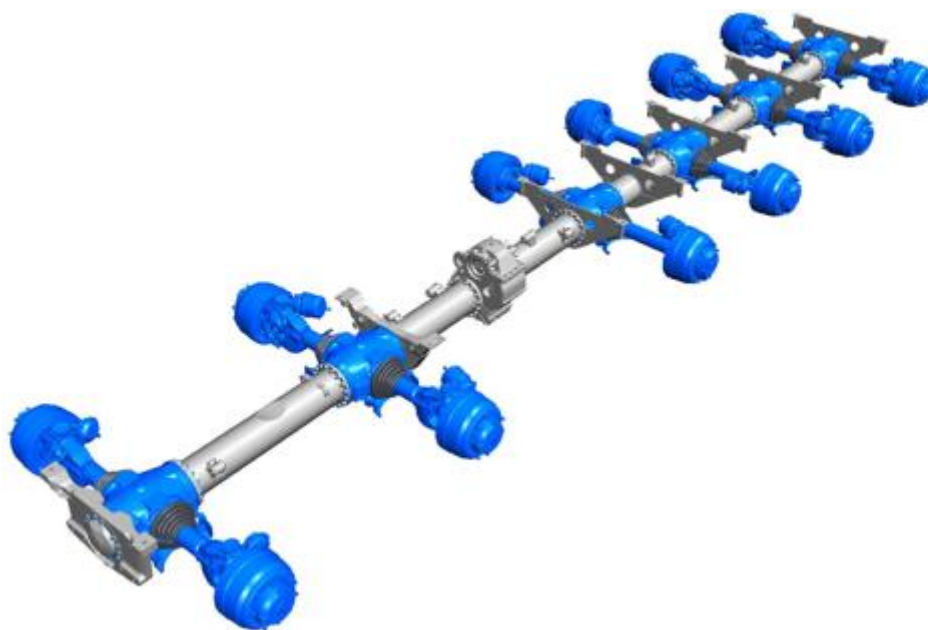
3.3 VÍCENÁPRAVOVÉ POHONY TATRA

Stavebnicová konstrukce podvozku Tatra umožňuje značnou variabilitu pohonů. V současné době jsou vyráběny vozidla s vícenápravovými pohony až do speciálního 12×12 (viz obr. 3.9). Jelikož se jedná o speciální vozidla, uspořádání hnacího traktu je závislé na požadavku zákazníka a účelu vozidla. Každá hnací náprava obsahuje osový diferenciál. V hnacím traktu může být použit dělič momentu k rozdělení točivého momentu mezi přední a zadní nápravy. Počet mezinápravových diferenciálů a kolových redukcí je také variabilní. Pro uložení delších spojovacích hřídelí mohou být použita opěrná ložiska, která odstraňují nežádoucí kmitání hřídelí. Obě přední nápravy jsou řiditelné. Modely s pohonem 10×10 a 12×12 mají řiditelné i poslední zadní nápravy. Pohon předních kol je zpravidla odpojitelný. U nejsložitějších pohonů mohou být odpojitelné i pohony jedné nebo dvou zadních náprav. [14]

² Korunové kolo – ozubené kolo s vnitřním ozubením.



Obr. 3.8 Řez nosnou rourou vozidla T158 8×8 [14]



Obr. 3.9 Podvozek Tatra 815 s pohonem 12×12 [14]

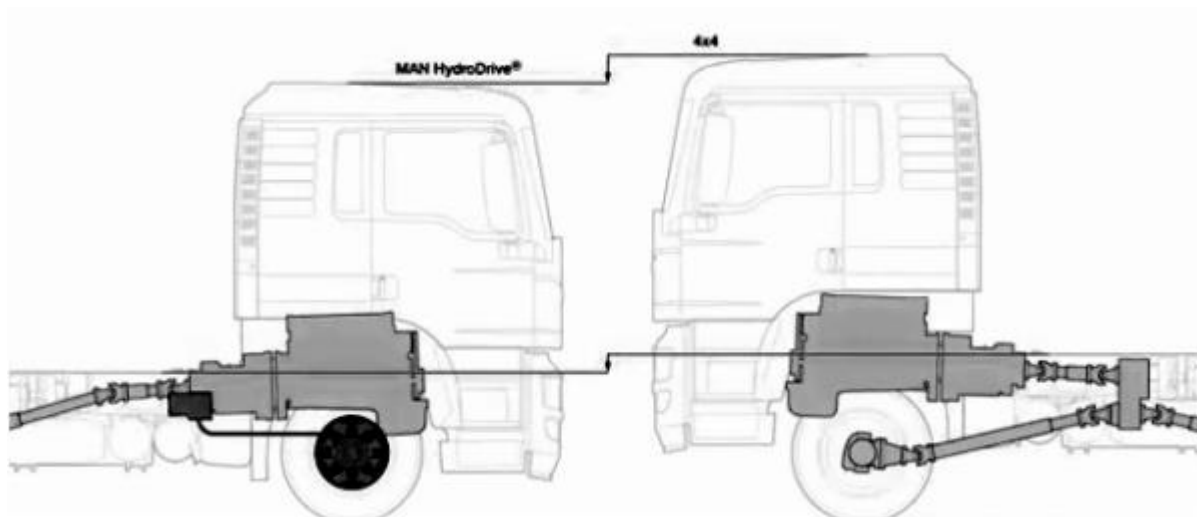


4 POHON MAN HYDRODRIVE

Jak napovídá název, jedná se o hydraulický pohon přední nápravy, který má patentována automobilka MAN. Dnes, po uplynutí několika let od patentování tohoto pohonu, se podobné systémy vyskytují i u jiných výrobců. Podobný systém využívá např. automobilka Mercedes pod zkráceným názvem HAD. Tímto pohonem jsou vybavena zpravidla silniční vozidla s obvykle poháněnou zadní nápravou. Hydraulický pohon přední nápravy slouží pro zlepšení trakce při příležitostné jízdě v terénu (např. nepevněné cesty a stavby), při jízdě po kluzkém povrchu (např. bláto, led a sníh) a při jízdě po vozovce s kopcovitým profilem. Tento hydraulický pohon tedy nemá za cíl nahradit klasický pohon přední nápravy, ale plní funkci pomocného pohonu. Pohon přední nápravy se uvede v činnost z místa řidiče otočením přepínače na palubní desce. Pohon je možno připojit i během jízdy a pod zatížením. Při překročení rychlosti cca 30 km/h se systém automaticky vypne. Jestliže rychlost vozidla klesne pod 22 km/h, systém se automaticky zapne. Otočením přepínače se aktivuje vysokotlaké hydraulické čerpadlo, které je připojeno na výstupu z převodovky a napájí hydromotory v nábojích kol přední nápravy. Pohon se kromě zmíněných hlavních součástí skládá z chladícího větráku, ventilů a několika tlakových trubek. Z hlediska spotřeby paliva a míry opotřebení je toto řešení srovnatelné s konvenčním způsobem pohonu. Díky hydromotorům umístěným v nábojích kol odpadá z hnacího ústrojí rozdělovací převodovka, rozvodovka a spojovací hřídele, což jsou nezbytné součásti u klasického pohonu přední i zadní nápravy. Při jízdě po silnici a tedy pohonu pouze zadní nápravy nedochází v hydraulickém čerpadle a v hydromotorech k tření. Na rozdíl od konvenčního pohonu všech kol, kde se přenosné prvky pohonu přední nápravy otáčejí i při vypnutém předním pohonu. [7]

Výhody systému MAN HydroDrive:

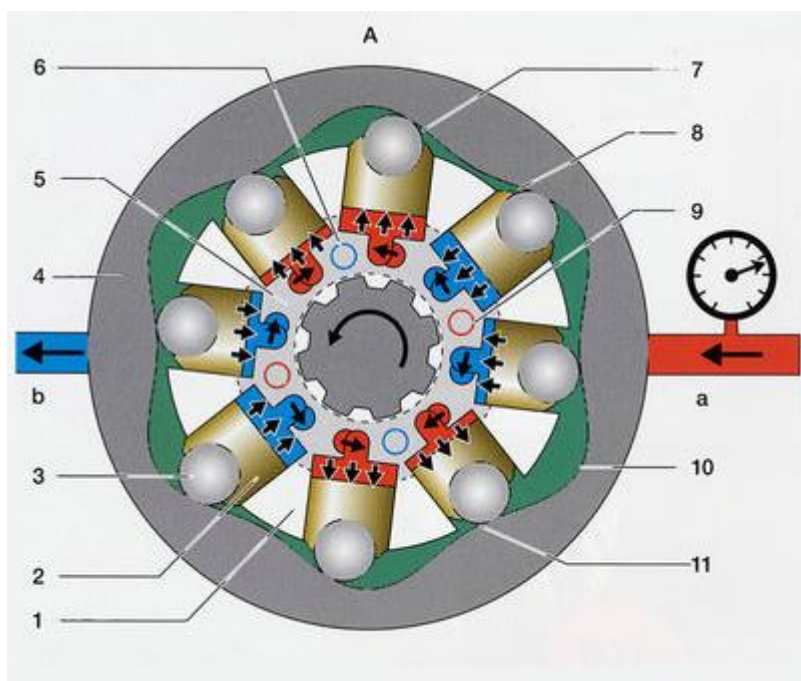
- Nižší spotřeba paliva v důsledku menších pasivních odporů a hmotností,
- nižší hmotnost, resp. vyšší užité zatížení vozidla o cca 400 kg v porovnání s klasickým pohonem všech kol,
- není zapotřebí zvýšení podvozku, zůstává zachována geometrie a nízké těžiště silničního vozidla viz obr.4.1,
- lepší trakce vozidla přispívá k bezpečnosti provozu,
- přenos brzdného účinku motoru na přední nápravu při brždění. [7]



Obr. 4.1 Pohon MAN HydroDrive v porovnání s klasickým pohonem všech kol [7]

4.1 KONSTRUKCE A PRINCIP ČINNOSTI

Hlavní podstata systému MAN HydroDrive se skrývá v nábojích kol přední nápravy, kde se nachází hydromotory, jejichž konstrukce je zřejmá z obr. 4.2. Hydromotory se skládají z hvězdicového bloku válců (1), který je spojen se středem náboje. Ve válcích se pohybuje 8 speciálních pístů (2), na nichž jsou otočné rolničky (3). Tyto rolničky jsou v kontaktu s vačkovým prstencem (4). [6]



- | | | |
|------------------------------|----------------------|-----------------------------|
| a – vstupní potrubí | b – odtokové potrubí | 1 – blok válců |
| 2 – píst | 3 – rolnička | 4 – vačkový prstenec |
| 5 – rozváděcí kotouč | 6 – vypouštěcí otvor | 7 – klesající vačková hrana |
| 8 – stoupající vačková hrana | 9 – napouštěcí otvor | 10 – dolní úvrat' |
| 11 – horní úvrat' | | |

Obr. 4.2 Náboj kola (hydromotor) [6]



Princip hydraulického motoru je popsán na obr. 4.2. Zapnutím hydraulického pohonu rozumíme uvedení hydraulického čerpadla v činnost. Tlaková kapalina je přiváděna vysokotlakým potrubím do hydraulických motorů pod tlakem 420 bar. Kapalina pod tlakem prochází přes elektromagnetický ventil a rozváděcí kotouč (5) do válců v horní úvrati (11), což má za následek pohyb pístu do dolní úvrati (10). Pohyb rolničky po vačkovém prstenci vyvozuje točivý moment. Současně s tímto procesem v ostatních válcích naopak přestává působit tlaková kapalina, písty z důvodu geometrie vačkového prstence směřují do horní úvrati a kapalina je pístem vytlačována z válce. Tyto děje se při zapnutém pohonu v jednotlivých válcích neustále opakují. [6]



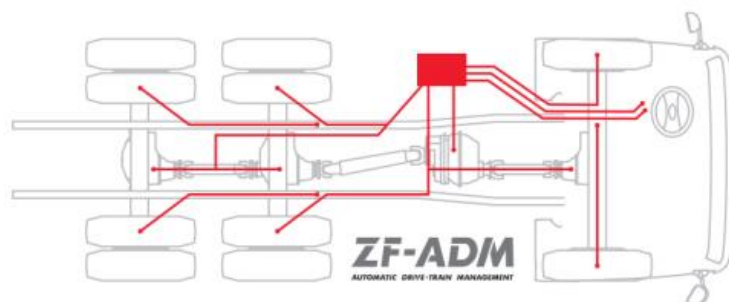
5 VÝVOJOVÉ TENDENCE

Silniční doprava platí za jednoho z největších znečišťovatelů ovzduší na zemi, přičemž užitková vozidla tvoří podstatnou část silniční dopravy. Z tohoto důvodu je největší důraz kladen na vývoj takových řešení, která pomohou snížit negativní dopad na životní prostředí. Na znečištění ovzduší mají samozřejmě největší vliv spalovací motory. Proto jsou současné motory na klasická paliva (v případě užitkových vozidel motorová nafta) neustále optimalizovány společně s jejich výfukovým systémem. Ukazuje se, že mnohem lepší ekologičnosti provozu se dosahuje využitím jiných zdrojů energie, než jsou paliva vyrobená z ropy. Velký pokrok v současnosti zažívají vozidla poháněná motory spalující stlačený zemní plyn (CNG). Neustále je snaha o vývoj hybridních pohonů, které ovšem mají pořád hodně nevýhod a jsou především velmi drahé. Vývojové tendence vozidlových motorů jsou však nad rámec této práce. Ke snížení spotřeby paliva a tím k snížení znečištění životního prostředí ale přispívá i zbytek hnacího ústrojí vozidla. A to zejména snížením jízdních a pasivních odporů ústrojí. Dalším významným faktorem je hmotnost hnacího ústrojí, která je důležitá jednak z hlediska spotřeby paliva, tak z hlediska užité hmotnosti vozidla, což je v oblasti užitkových vozidel jeden ze základních parametrů porovnávající vozidla jednotlivých výrobců. Pro lepší trakční vlastnosti a hospodárnost provozu vozidla slouží samočinné systémy regulující tok točivého momentu na jednotlivá kola, případně nápravy v závislosti na momentálních provozních podmínkách. Jedná se zejména o samosvorné diferenciály, případně aktivní systémy řízení přenosu točivého momentu. Tyto systémy jsou však pro těžká nákladní vozidla nepoužitelná zejména z důvodu mnohem větších zatěžujících účinků než je tomu u osobních vozidel. Tato zařízení by tedy byla proveditelná jen v příliš robustních provedeních, což má negativní dopad na užitnou hmotnost vozidla, složitost a zástavbové rozměry ústrojí. Z těchto důvodů jsou pro nákladní vozidla vyvíjeny elektronické systémy automaticky ovládající závěry diferenciálů. Ty se vyznačují nízkou hmotností, přispíváním k hospodárnosti provozu vozidla a v neposlední řadě ke komfortu řidiče, který tak nemusí při jízdě ručně ovládat závěry diferenciálů.

5.1 SYSTÉM ZF-ADM³

ADM je inovační systém pro plně automatické procesorem řízené ovládání závěrů diferenciálů. A to jak nápravových, tak mezinápravových. Systém je určen jak pro vozidla s pohonem všech kol, tak s pohonem menšího počtu kol. Skládá se z mechanických částí, elektroniky a specifického softwaru. Klíčovými prvky systému jsou speciální zubové spojky, umožňující přenos 100% točivého momentu bez skluzu, a řídicí jednotka. Provozní podmínky jsou detekovány senzory, následně zpracovány řídicí jednotkou, která dá pokyn k zapnutí nebo vypnutí závěrů jednotlivých diferenciálů.

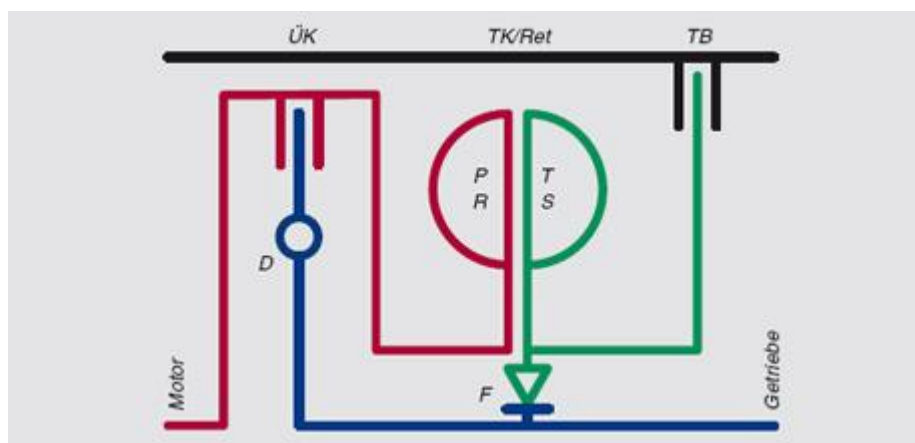
³ ZF-ADM (Automatic Drive-Train Managment) je v překladu automatické ovládání prvků hnacího traktu od firmy ZF



Obr. 5.1 Elektrická instalace systému ZF-ADM

5.2 SPOJKA S RETARDÉREM VIAB

Mercedes Benz představil v roce 2015 novinku v podobě nové mechanicko-hydraulické spojky, která zároveň plní funkci retardéru. Jedná se o konstrukční celek zahrnující mechanickou kotoučovou spojku a hydrodynamickou spojku, která umožňuje kromě pohodlného rozjíždění vozidla i hydraulické brzdění. Velkou výhodou je minimální opotřebení spojky při zatížení až do 250 tun. Tato spojka využívá hydrodynamiku při rozjezdu a mechanické spojení při jízdě, což má za důsledek vyšší účinnost zařízení. Při brždění je turbínové kolo zamknuto turbínovou brzdou a kapalina tak vytváří brzdný moment, který brzdí rotor. Hydraulický olej je chlazen v chladiči, což zamezuje přehřátí např. při dlouhém brždění. Díky této spojce dosáhneme maximální tažné síly i při nízkých otáčkách. V neposlední řadě tato spojka přispívá k snížení spotřeby paliva. Odolnost proti přetížení je také významným faktorem. [13]



Obr. 5.1 Schéma mechanicko – hydrodynamické spojky Viab kde je UK – blokování spojky, TK - hydraulická spojka, Ret – retardér, TB - brzda turbínového kola, D – torzní tlumič vibrací, P – pohaněč, R – rotor, T – turbínové kolo, S – stator, F – jednosměrná spojka [13]



ZÁVĚR

Použití, konstrukce a uspořádání převodového ústrojí je rozmanité a závisí především na koncepci vozidla, konfiguraci náprav, účelu a výrobci vozidla. Naprostá většina světových výrobců těžkých nákladních automobilů využívá klasické koncepce podvozku. Charakteristické pro tuto koncepci je použití kloubových hřídelí umožňujících výkyvy tuhých náprav. Nejčastěji vyskytujícím se typem diferenciálu je tedy kuželový. Tento způsob uspořádání převodového ústrojí v posledních letech neprochází tak výraznými inovacemi, jak je tomu u osobních automobilů. Pro co nejlepší jízdní vlastnosti a hospodárnost provozu jsou do převodových ústrojí osobních a menších užitkových vozidel zakomponovány systémy samočinně regulující tok točivého momentu na jednotlivá kola v závislosti na provozních podmínkách. Nejčastěji to jsou tzv. aktivní diferenciály. Ty jsou ale pro těžká nákladní vozidla těžko realizovatelné. Zejména z důvodu mnohem vyšších zatížení by tyto diferenciály byly příliš robustní, což by znamenalo snížení užité hmotnosti vozidla a zástavbových rozměrů. Mnohem větší důraz je tedy kladen na samočinné elektronické ovládání závěrů diferenciálu. Světovým unikátem je koncepce kopřivnické automobilky Tatra. Základem tzv. tatrovácké koncepce je použití páteřového rámu a nezávislého zavěšení všech kol. Tato konstrukce dává vozidlům výborné vlastnosti pro jízdu v terénu, a proto jsou tato vozidla používána v těch nejtěžších podmínkách. Části jako diferenciály, rozvodovky a spojovací hřídele jsou uloženy uvnitř centrální roury, což vyžaduje jiné konstrukční řešení převodového ústrojí. Zejména použití čelních diferenciálů, stálých převodů v rozvodovce umožňujících výkyvy polonáprav a použití klasických spojovacích hřídelí namísto kloubových. Další rozvíjející se způsoby pomocných pohonů jsou systémy využívající hydraulické motory a čerpadla. Tento přídatný hydraulický pohon kol umožňuje pohon více náprav, vyžadují-li to provozní podmínky a zároveň odstraňuje nevýhody klasického připojitelného pohonu. Velká pozornost při vývoji nových nákladních vozidel je věnována samočinnému řízení přenosu hnacího momentu na jednotlivá kola (např. samočinné ovládání závěrů diferenciálů).



POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] GSCHIEDLE, Rolf. *Příručka pro automechanika*. 3. přeprac. vyd. /. Překlad Iva Michňová, Zdeněk Michňa, Jiří Handlíř. Praha: Europa - Sobotáles, 2007, 685 s. ISBN 978-80-86706-17-7.
- [2] JAN, Zdeněk, Bronislav ŽDÁNSKÝ a Jiří ČUPERA. *Automobily*. 2. vyd. Brno: Avid, 2009, 155 s. ISBN 978-80-87143-12-4.
- [3] MORAVEC, Vladimír. Dimenzování ozubených kol klasických automobilních diferenciálů. Výzkumná zpráva č. D28-VCJB21A401/2010, VŠB-TU Ostrava, 2010.
- [4] VLK, František. *Převodová ústrojí motorových vozidel*. 2. vyd. Brno: František Vlk, 2003, 312 s. ISBN 80-239-0025-0.
- [5] VLK, František. *Převody motorových vozidel*. 1. vyd. Brno: Prof.Ing.František Vlk, DrSc, 2006, 371 s. ISBN 80-239-6463-1.
- [6] MAN Hydrodrive contra 8x4-Antrieb. In: Eurotransport [online]. [cit. 2014-10-12]. Dostupné z : http://www.eurotransport.de/bilder/man-hydrodrive-contra-8x4-antrieb-auf-kurz-oder-lang-829489.html?fotoshow_item=9
- [7] MAN Truck and Bus [online]. [cit. 2014-10-13]. Dostupné z: <http://www.truck.man.eu/cz/cz/fascinace-und-technika/technologie-und-odbornost/technika/man-hydrodrive/Hydraulicky-pohon-MAN-HydroDrive.html>
- [8] Mercedes Titan Z64 600F 8x8. In: Smcars [online]. [cit. 2014-10-29]. Dostupné z: <http://www.smcars.net/threads/mercedes-titan-z64-600f-8x8-2007.38837/>
- [9] Nebenabtriebe. In: Iveco [online]. [cit. 2014-10-23]. Dostupné z: <http://www.iveco.com/switzerland-de/neufahrzeuge/pages/der-neue-trakker-nebenabtriebe.aspx#>
- [10] Portálová náprava. In: Bagry [online]. [cit. 2015-03-12]. Dostupné z: http://bagry.cz/cze/clanky/recenze/volvo_l30g_pravy_offroad_v_rouse_maleho_nakladace/portalova_naprava
- [11] SARANGA, Dan. Iveco Eurocargo 60 ML60E14K. In: *The-blueprints* [online]. 2010 [cit. 2014-10-12]. Dostupné z: [http://www.the-blueprints.com/blueprints/trucks/iveco/40602/view/iveco_eurocargo_60_ml60e14k_\(2010\)](http://www.the-blueprints.com/blueprints/trucks/iveco/40602/view/iveco_eurocargo_60_ml60e14k_(2010)))/
- [12] TATRA TRUCKS a.s. [online]. [cit. 2015-02-24]. Dostupné z: <http://www.tatra.cz>
- [13] The Turbo Retarder Clutch VIAB. In: Voith [online]. 2015 [cit. 2015-10-5]. Dostupné z: <http://voith.com/en/products-services/power-transmission/turbo-retarder-clutch-viab-12877.html>
- [14] interní materiály společnosti Tatra Trucks a.s.