



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

ROZJEZDOVÉ SPOJKY TĚŽKÝCH UŽITKOVÝCH AUTOMOBILŮ

CLUTCHES FOR HEAVY COMMERCIAL VEHICLES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Michal Fous

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jan Fojtášek, Ph.D.

BRNO 2021

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student:	Michal Fous
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce:	Ing. Jan Fojtášek, Ph.D.
Akademický rok:	2020/21

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:

Rozjezdové spojky těžkých užitkových automobilů

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Ačkoli moderní nákladní vozidla pracují velmi spolehlivě, stále je prostor i vzhledem k rozmanitosti provozních podmínek ke snížení zatížení dílčích komponent a zvýšení jejich životnosti. Jedním z takových agregátů jsou vozidlové spojky, na které jsou kladeny vysoké nároky.

Cíle bakalářské práce:

Práce se bude zabývat rozбором konstrukčních řešení vozidlových spolek pro nákladní vozidla a principy jejich funkce. Práce bude obsahovat:

- Rešerši a popis konstrukčního řešení hnacích ústrojí moderních nákladních vozidel se zaměřením na spojky a odlehčovací brzdy.
- Popis konstrukce vozidlových spolek pro automatické i manuální převodovky.
- Popis konstrukce odlehčovacích retardérů nákladních vozidel.
- Shrnutí výhod a nevýhod jednotlivých uspořádání hnacích ústrojí nákladních vozidel.

Seznam doporučené literatury:

NUNNEY, M.J. Light and Heavy Vehicle Technology. London: Routledge, 2007. 671 s. ISBN 0750680377.

GILLESPIE, T. D. Fundamentals of Vehicle Dynamics. Warrendale: Society of Automotive Engineers, 1992. 519 s. ISBN 1-56091-199-9.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2020/21

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Josef Štětina, Ph.D.
ředitel ústavu

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

ABSTRAKT

Tato práce shrnuje problematiku rozjezdových spojek a odlehčovacích retardérů určených pro užitková vozidla. Zabývá se se principem funkce a konstrukcí spojek pro manuální i automatické převodovky. Dále nastiňuje problematiku materiálů pro spojková obložení a vhodnost jejich využití. Nakonec jsou rozebrány retardéry se zaměřením převážně na olejové, vodní a elektrické.

KLÍČOVÁ SLOVA

jednokotoučová spojka, dvoukotoučová spojka, lamelová spojka, Voith Viab, retardér, aquataradér, vodní retardér, elektromagnetický retardér, Telma, materiály obložení,

ABSTRACT

This work summarizes the issue of clutches and retarders designed for commercial vehicles. It deals with the principle of function and construction of clutches for manual and automatic transmissions. It also outlines the issue of materials for clutch linings and the suitability of their use. Finally, retarders are analyzed, focusing mainly on oil, water and electrical types.

KEYWORDS

Single plate clutch, dual clutch, multi plate clutch, Voith Viab, turbo retarder clutch, retarder, aquatarader, water retarder, electromagnetic retarder, Telma, clutch facing materials

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

FOUS, Michal. Rozjezdové spojky těžkých užitkových automobilů [online]. Brno, 2021 [cit. 2021-05-21]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/132161>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. Vedoucí práce Jan Fojtášek.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

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

V Brně dne 21. května 2021

.....

Michal Fous

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat především panu Ing. Janu Fojtáškoví, Ph.D. za vedení a pomoc při zpracovávání této bakalářské práce. Dále děkuji své rodině a přátelům za pomoc a podporu během studia.

OBSAH

Úvod.....	9
1 Převodová ústrojí užitkových vozidel	10
1.1 Konfigurace jednotlivých pohonů	10
2 Rozjezdové spojky užitkových vozidel.....	13
2.1 Spojky využívané s manuální převodovkou	14
2.2 Spojky pro automatické převodovky.....	33
2.3 Materiály používané pro spojková obložení	47
3 Retardéry a intardéry u užitkových vozidel.....	51
3.1 Hydraulické retardéry	51
3.2 Elektromagnetické retardéry	58
3.3 Ostatní retardéry	60
3.4 Porovnání jednotlivých zpomalovacích systémů	60
Závěr	63

ÚVOD

Většina vozidel, které se dnes pohybují po pozemních komunikacích využívají pro pohon spalovací motor. V dřívějších dobách, kdy se začaly objevovat první automobily s těmito motory se nepoužívaly žádné spojky a motor byl připojen přímo k hnacímu traktu. Takové vozidlo bylo vždy nutné před jeho rozjezdem roztlačit a při zastavení vždy došlo ke zhasnutí motoru. To byl obrovský problém, protože spalovací motory vytvářejí točivý moment pouze v určitém spektru otáček, a tak se vyvinul mechanismus, který by umožnil start motoru a posléze plynulý rozjezd vozidla [1].

Zároveň je zapotřebí podotknout, že každý spalovací motor má svůj typický průběh točivého momentu a omezení z hlediska maximálních otáček. U zážehových motorů bývá nejvyšší točivý moment těsně pod hranicí maximálních otáček a vznětové mají maximum přibližně ve středu svého spektra.

Jelikož každé zařízení má své limity a vozidla, která by pro pohon používala pouze spalovací motor, by měla velmi omezenou použitelnost z hlediska točivého momentu a maximální rychlosti. Proto je zapotřebí, aby za motorem byla převodová skříň, která umožňuje měnit velikost síly přenášené na kola a mění i velikost maximální rychlosti díky více převodovým stupňům.

Z těchto důvodů je zapotřebí zakomponovat do hnacího traktu vozidel rozjezdovou spojku. Nachází se vždy mezi motorem a převodovkou a řeší problémy plynulého rozjezdu, startu motoru bez zatížení a umožňuje během jízdy měnit převodové stupně. Spojka je tedy jedna z nejdůležitějších komponent v hnacím traktu.

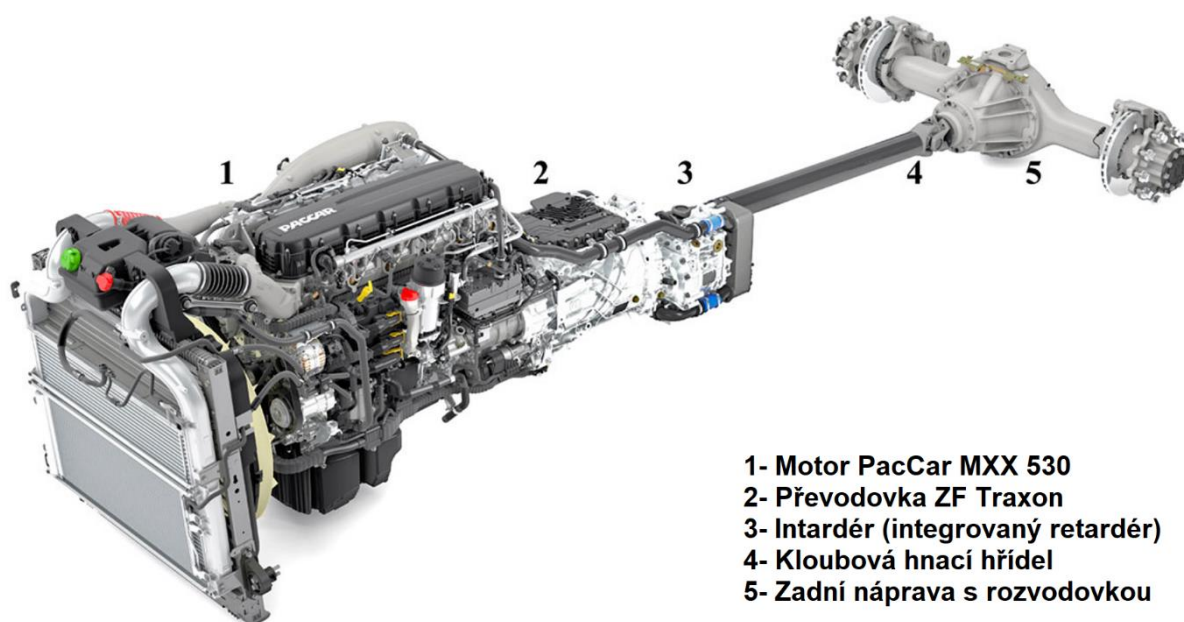
Užitková vozidla jsou určena pro převoz těžkých nákladů. S přibývajícím roky se stále zvyšují výkony motorů, zvedá se maximální rychlost a váha nákladů též přibývá. V dnešní době, kdy je enormní provoz se klade největší důraz na bezpečnost. Dále světoví dopravci vyžadují, aby se jejich náklad dostal do cíle co nejrychleji, bezpečně, bez poškození, a hlavně s co nejnižšími náklady na provoz.

Všeobecně jsou pro všechna vozidla pohybující se po pozemních komunikacích nejdůležitější systémy určené ke zpomalování či úplnému zastavení. Během tohoto procesu se mění veškerá pohybová energie v teplo. Kotoučové brzdy, které se nejčastěji používají pro maření této energie mají tendenci se při častém brzdění velice rychle přehřát. V kritických situacích se stává, že třecí obložení mívá i 1000 °C a vysoká teplota brzdových komponent rapidně snižuje jejich účinnost.

Modelovou kritickou situací bývá dlouhá jízda z kopce. Při sjezdu v hornatém terénu dochází i u běžných osobních automobilů k selháváním brzd z důvodu jejich přehřátí. Proto u užitkových automobilů, které váží mnohonásobně více se přidávají z bezpečnostních důvodů další zpomalovací systémy jako jsou například retardéry.

Na vzniku těchto zařízení se podílela z veliké části společnost Voith. První hydraulické retardéry byly vyvinuty pro lokomotivy již v 50. letech minulého století. V tuto dobu probíhaly obrovské přesuny nákladů vlakovou dopravou na kolejích s velikými převýšeními, a tak se začalo vyvíjet zařízení pro brzdění, které nebude ztrácet účinnost i při několika kilometrovém zpomalování. Později začal vývoj i pro motorová vozidla [2].

1 PŘEVODOVÁ ÚSTROJÍ UŽITKOVÝCH VOZIDEL



- 1- Motor PacCar MXX 530
- 2- Přebodovka ZF Traxon
- 3- Intardér (integrovaný retardér)
- 4- Kloubová hnací hřídel
- 5- Zadní náprava s rozvodovkou

Obr. 1 Schéma hnacího ústrojí nákladních automobilů [3]

Pod označením převodové ústrojí se rozumí všechna zařízení, která se nachází v hnacím traktu vozidla mezi spalovacím motorem a koly.

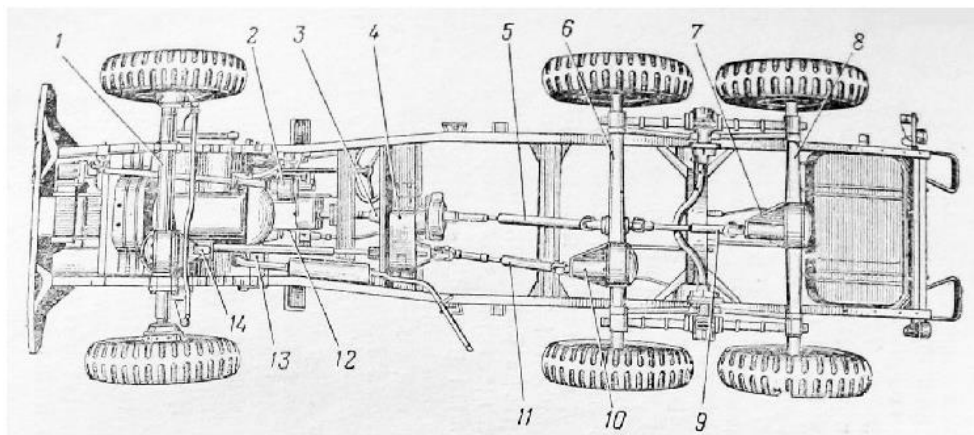
Obr. 1 ukazuje základní uspořádání hnacího ústrojí používané u užitkových vozidel s pohonem pouze jedné zadní tuhé nápravy. Hnací ústrojí užitkových vozidel využívá nejčastěji vznětové spalovací motory, ale v dnešní době se začíná řešit použití elektromotorů. Za spalovacím motorem se vždy nachází rozjezdová spojka, která přenáší točivý moment do převodové skříně. V převodové skříně u větších vozidel často bývá integrovaný retardér (intardér).

Z převodové skříně vystupuje kardanová hřídel, která přenáší točivý moment na tuhou zadní nápravu. V ní je zabudován diferenciál, který se stará o přenos momentu na jednotlivá kola. V diferenciálu se i často nachází mechanická uzávěra, která odebere jeden stupeň volnosti, což vozidlu umožňuje lepší průchodnost v terénu a na klzkém povrchu.

1.1 KONFIGURACE JEDNOTLIVÝCH POHONŮ

Podle celkového počtu kol vozidla a podle počtu kol hnaných se hnací trakt označuje skupinou čísel, jako například 4x2, 4x4, 6x4, 6x6, 8x4, 8x8 apod. Toto jsou nejběžnější uspořádání, které se využívají u nákladních vozidel. U tahačů se lze setkat i s jinými typy jako např. 6x2.

Obr. 1 znázorňuje uspořádání 4x2, což znamená že je hnaná jedna ze dvou náprav. Nákladní automobily se často vyskytují i s pohonem více náprav. V případě vozidla 4x4 by se za převodovou skříně nacházela ještě skříně rozvodová, ze které by vedla druhá kardanová hřídel k přední nápravě.



Obr. 2 Schéma uspořádání 6x6 se čtyřmi kardanovými hřídeli [4]

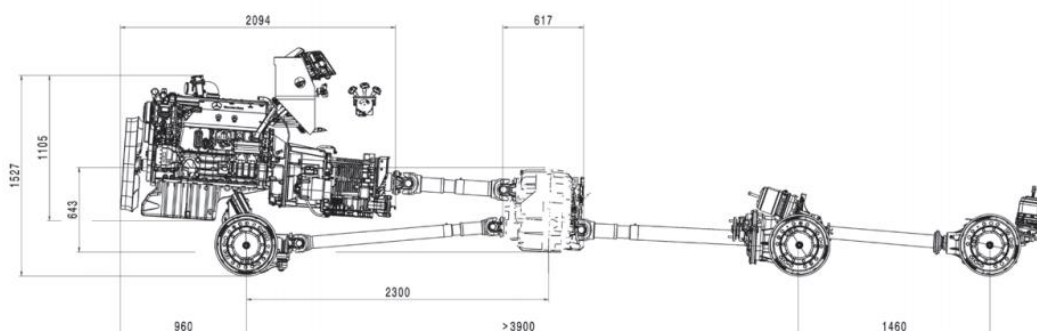
U větších nákladních automobilů se často zdvojuje zadní náprava, aby bylo možné převážet těžší materiály. Podle toho, zda je vozidlo určeno převážně pro silniční nebo terénní provoz se odvíjí i počet hnaných náprav. Označení je tedy 6x2, 6x4, 6x6.

Obr. 2 ukazuje typ konfigurace 6x6, který využívala stará nákladní vozidla, jako např. americké GMC nebo česká Praga V3S. V tomto uspořádání se na každé tuhé nápravě nachází jeden diferenciál (7, 10, 14). Do každého posléze vede z rozvodové skříně (4) kardanová hřídel (5, 9, 11, 13).

Jelikož toto uspořádání postrádá mezinápravové diferenciály, nese to s sebou řadu kladů, ale bohužel i záporů. Největší výhodou této konstrukce je průchodnost terénem. Díky tomu, že jsou všechny nápravy jednotlivě hnané z rozvodové skříně nemůže nikdy dojít k uvíznutí vozidla, pokud se jedna z náprav dostane na povrch se sníženou přilnavostí, nebo se úplně vyvěsí do vzduchu. Další výhodou je jednoduchost konstrukce a ušetření z hlediska výrobních nákladů oproti pohonům s průběžnou hřídelí, kde se nacházejí i mezinápravové diferenciály.

Nevýhodou nastává v případě otáčení, kdy přední náprava opisuje mnohem větší kružnici než nápravy zadní. Tím pádem se přední kola otáčejí daleko rychleji než zadní.

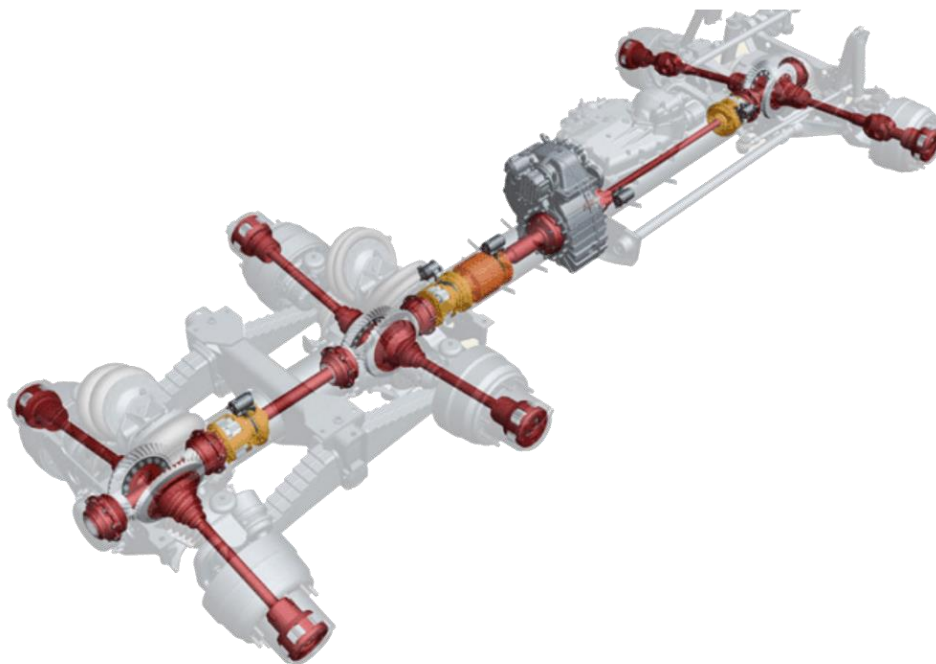
Otáčení ovšem není možné, protože se zde nenachází žádný mezinápravový diferenciál, který by to dovolil. V praxi tedy při otáčení na asfaltovém povrchu bude docházet ke smýkání kol. Zároveň se velmi zatěžuje hnací ústrojí a může dojít k jeho zničení. Proto je velmi důležité přední pohon při provozu na pevném povrchu vždy odpojit.



Obr. 3 Schéma uspořádání 6x6 s průběžnými hřídeli [5]

Dnes nejvíce vyskytující se uspořádání, které využívá většina výrobců představuje Obr. 3. Jedná se o konstrukci, kde se nachází 3 tuhé nápravy propojené tzv.

průběžnými hřídelemi. Na rozdíl od stavby, kterou využívá Praga V3S se zde nacházejí i mezinápravové diferenciály, které umožňují použití pohonu všech kol i na zpevněném povrchu. Nevýhodou může být nutnost využití více uzávěr pro terénní provoz, jelikož by u tohoto pohonu stačilo, aby se jedno ze šesti kol vyvěsilo a vozidlo tak zůstane stát. Další všeobecnou nevýhodou přináší využití tuhých náprav. Ty při přejíždění nerovností přenášejí vibrace do rámu vozidla. V případě uložení v listových pružinách je vozidlo při větších rychlostech nestabilní.



Obr. 4 Tatrovácká koncepce pohonu 6x6 [6]

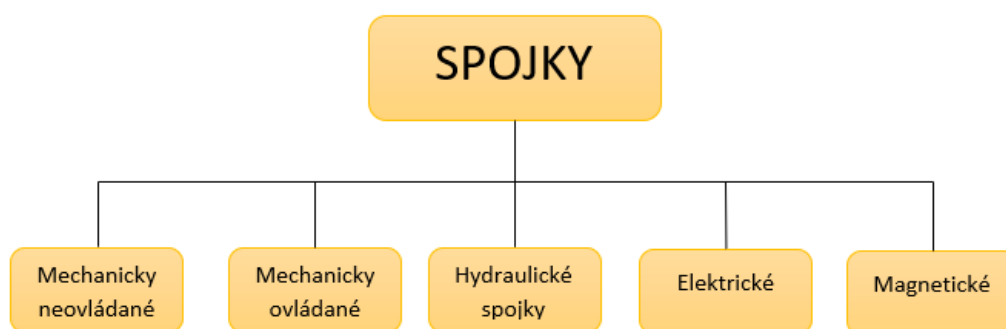
Tyto potíže řeší tatrovácká koncepce s výkyvnými polonápravami Obr. 4, kterou navrhnul rakouský inženýr už ve 20. letech minulého století a je využívána dodnes.

Tatrovácké unikátní řešení tvoří centrální nosná roura, která přináší vozidlům extrémní torzní tuhost a zároveň jsou v ní vedeny hnací hřídele a jednotlivé nápravové a mezinápravové diferenciály opatřené uzávěrkami. Celé hnací ústrojí je tedy chráněno vůči nečistotám, nárazům, nebo výbuchům u vojenských, či hasičských speciálů [7].

Díky nezávisle uloženým polonápravám jsou Tatry velice stabilní ve vysokých rychlostech jak v terénu, tak i na silnici. Oproti jiným výrobcům, kteří využívají tuhé nápravy, nezávislé zavěšení vyniká i v terénu [7].

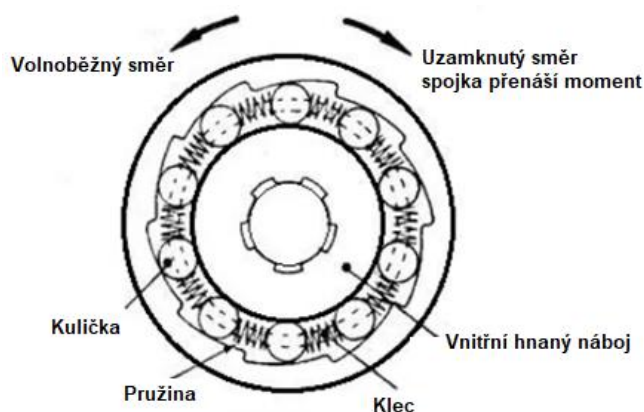
Výhodou koncepce s nosnou rourou je i možnost téměř nekonečného přidávání náprav za sebe s tím, že všechny budou poháněné. Tohoto Tatra velmi využívá a vytváří speciály, které mají i 12 kol [7]. Limitujícím faktorem pro možný počet hnaných kol tvoří průměr nosné roury, protože se v ní nachází mnoho v sobě uložených dutých hřídelů pro jednotlivé nápravy.

2 ROZJEZDOVÉ SPOJKY UŽITKOVÝCH VOZIDEL



Spojek všeobecně existuje mnoho druhů a podle funkce a konstrukce jsou děleny do těchto pěti skupin. Z mechanicky neovládaných je důležité zmínit vyrovnávací kloubovou spojku, která se nachází snad v každém vozidle na hřídeli volantu. V případě užitkových vozidel tvoří kloubové spojky hlavní části kardanové hřídele. Rozjezdové spojky spadají do skupin mechanicky ovládaných, popřípadě hydraulických. Magnetické spojky uplatnění v automobilovém průmyslu nenajdou a elektrické jsou například na klimakompresoru.

Další velice využívané spojky v automobilovém průmyslu jsou volnoběžná ložiska, zkráceně „volnoběžky“. Umožňují přenos točivého momentu pouze v jednom směru otáčení. Těto vlastnosti se využívá např. u startérů, který je volnoběžkou chráněn proti poškození vlivem velikých otáček motoru. Funkci „volnoběžky“ lze tedy jednoduše vysvětlit u startéru.



Obr. 5 Schéma volnoběžné spojky [8]

Elektromotor (startér) přivádí moment na hnací část volnoběžné spojky. Dále se přes rozpěrná tělíska moment přenesou na vnitřní hnanou část a jakmile dojde ke startu spalovacího motoru a vnitřní část se začne otáčet většími otáčkami, rozpěrná tělíska se uvolní a tím dojde i vypnutí spojky ze záběru. To samé se děje například u jízdního kola při jízdě z kopce, kdy se hnací kolo začne otáčet rychleji, než cyklista otáčí pedály.

Jako rozpěrné segmenty jsou používány kuličky, válečky nebo speciálně tvarovaná tělíska. Uloženy jsou pak v kleci ve speciálně tvarovaném prostoru. Na tělíska je často vyvozena přitlačná síla pružinami pro rychlejší spínání spojky [9].

2.1 SPOJKY VYUŽÍVANÉ S MANUÁLNÍ PŘEVODOVKOU

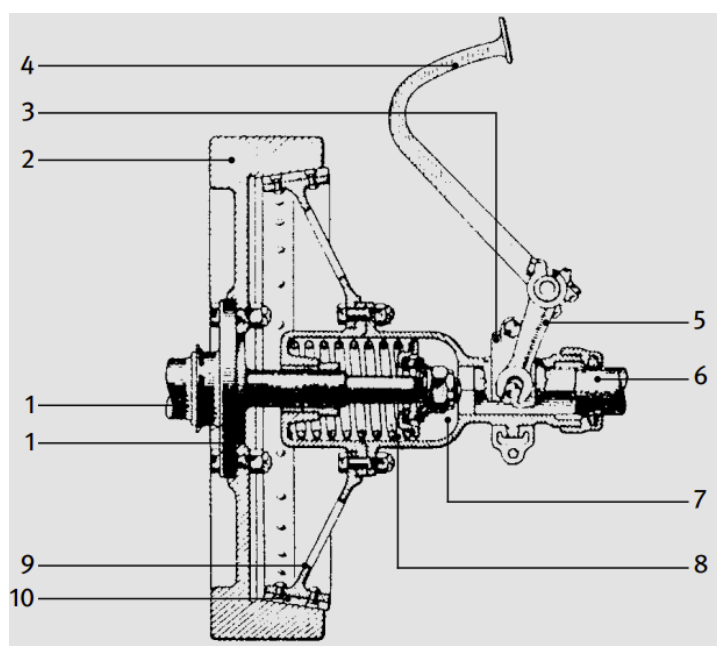
S technologickým pokrokem ve všech odvětvích se vyvíjí i automobilový průmysl. Výkon vozidel, emisní nároky a maximální rychlost se neustále zvětšují. Toto všechno se dotýká i rozjezdových spojek [10].

U manuálních převodovek se výrobci snaží jít cestou, aby řazení bylo co nejefektivnější, aby bylo pohodlné pro řidiče a nedocházelo k jeho únavě. Spojkový pedál tedy musí jít lehce a spojka by měla mít jemný záběr.

Vzhledem k neustále se zvyšujícím emisním normám jsou výrobci nuceni neustále posouvat pracovní otáčky motorů níže. Oproti tomu se neustále zvedá i jejich výkon, a tak výrobci spojek nemají lehký úkol. Bývá zde problém s přenášením točivého momentu, protože vyšší otáčky pomáhají s přtlakem spojkové lamely [10].

V kombinaci s manuálními převodovkami se v Evropě používají nejčastěji jednokotoučové suché spojky, které se konstrukčně příliš neliší od spojek využívaných v osobních automobilech. Jsou pouze mohutnější a používají se lepší materiály například pro spojkové obložení.

2.1.1 KUŽELOVÁ TŘECÍ SPOJKA



- 1 – příruba klikového hřídele
- 2 – setrvačnick
- 3 – vypínací ložisko
- 4 – spojkový pedál
- 5 – páka vypínacího mechanismu
- 6 – vstupní hřídel do převodovky
- 7 – kryt pružiny
- 8 – vinutá pružina
- 9 – pohyblivý spojkový kužel
- 10 – spojkové obložení

Obr. 6 Kuželová spojka [1]

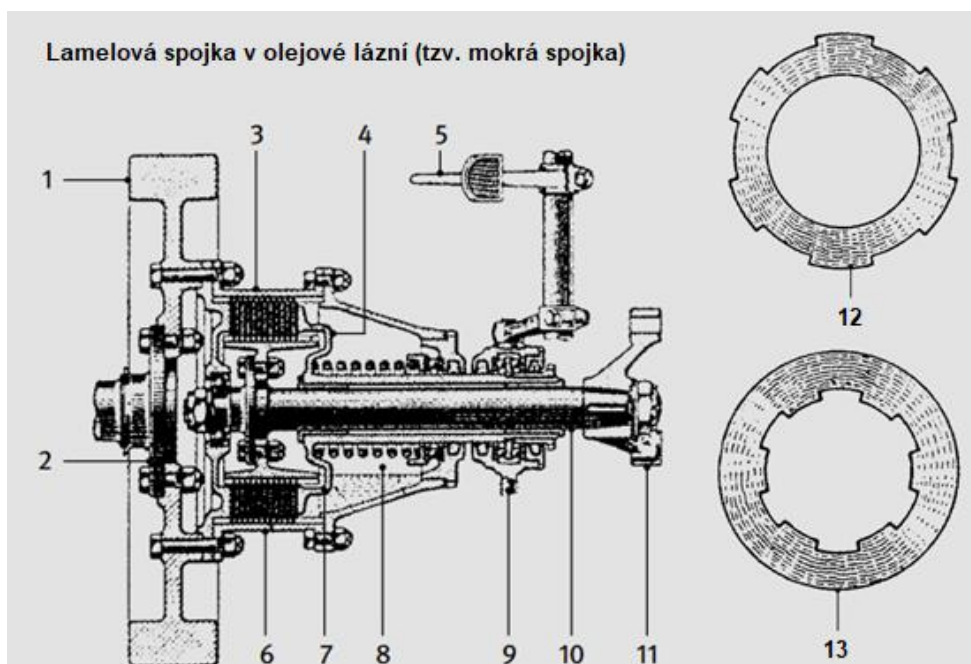
Kuželová spojka obr. 6 je jedna z prvních suchých třecích spojek, které kdy vznikly. Dříve byla velmi používaná, ale pro její nevýhody ji nahradily jiné modernější typy, které jsou používány dodnes [1].

Funguje na principu zasouvání dvou kuželových ploch do sebe, mezi nimiž se pomocí tření přenáší točivý moment. Do kotouče (2) připevněného na klikové hřídeli, které zároveň plní i funkci setrvačnicku, je vtlačován pomocí pružiny spojkový kužel (9).

Ten ovládá vypínací pákový mechanismus (5). Pohyblivý spojkový kužel (9) je vybaven třecím obložením (10), a pomocí krytu (7) přenáší moment na hřídel převodovky. Výhoda této spojky oproti běžné kotoučové bývá, že díky kuželovému spojení má mnohem větší normálovou sílu (síla, která působí kolmo na spojkové obložení), než je axiální síla u spojky kotoučové. Jinými slovy u jednokotoučové spojky se normálová síla rovná tlačné síle pružiny, ale u kuželové spojky je normálová síla vyšší díky šikmému kontaktu třecích ploch.

Nevýhody však nastávají s typickými vlastnostmi kuželových spojů. Je-li úhel kužele příliš ostrý, dochází pak k zaléhávání, a spojka při sešlápnutí pedálu zůstane v záběru díky samosvornosti kuželového spojení. Další problém vzniká při nesprávném zacházení. V případě, že řidič nechává spojku příliš dlouho prokluzovat dochází k jejímu přehřátí, čímž se díky tepelné roztažnosti kužel zatlačí více do setrvačnicku. Když spojka vychladne, dojde k jejímu zalehnutí a nelze ji rozpojit. Poslední nevýhodou je velmi tvrdý záběr. Tím je myšleno, že sepnutí spojky i při velmi pomalém a citlivém uvolňování pedálu je téměř okamžité.

2.1.2 LAMELOVÁ SPOJKA



Obr. 7 Mokrá lamelová spojka [1]

Vícelamelová spojka obr. 7 je dalším pokračováním vývoje v automobilové průmyslu a nahradila tak spojku kuželovou. Lze ji považovat za předchůdce jednokotoučových suchých spojek, ale stále se v dnešní době využívá a v některých případech je nenahraditelná [1].

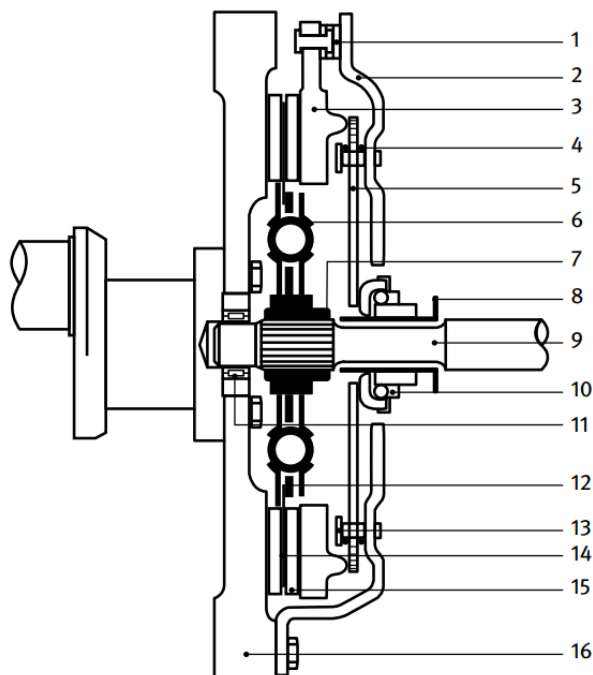
Všeobecně lze spojky dělit podle toho, zda jsou či nejsou mazány olejem na suché a mokré. U lamelových spojek se lze setkat s oběmi variantami. Nejčastěji však bývají v olejové lázni. Díky velkému množství lamel se při záběru pod zatížením generuje mnohem větší množství tepla, které olej pomáhá odvádět. Olej zároveň snižuje i koeficient tření, ale výhoda chlazení této spojky převyšuje nevýhody nižšího tření.

Její hlavní části pro přenos výkonu jsou dvojice hnacích a hnaných lamel. Hnací lamely (12) jsou pomocí vnějšího ozubení v záběru se spojkovým krytem (3), který je připevněn k setrvačníku (1) a otáčí se s klikovou hřídelí motoru. Hnané lamely (13) mají ozubení na vnitřním průměru, přes které přenáší výkon na hřídel převodovky (10). Toto ozubení brání lamelám otáčení okolo své osy, ale dovoluje axiální posuv [1].

Ve spojkové skříni je pak poskládáno několik párů lamel střídavě za sebou, aby vždy byla jedna hnací a jedna hnaná spolu v záběru. Takto utvořené dvojice jsou k sobě stlačovány pomocí přítlačného kotouče (7), na který působí vinutá pružina (8). Pro přítlak lamel se dnes používá membránová pružina, nebo jej vyvozuje hydraulický okruh. Přes vypínací ložisko (9) a vypínací mechanismus (5) se ovládá záběr spojky [1].

2.1.3 JEDNOKOTOUČOVÉ SPOJKY

- 1- Tangenciální listová pružina
- 2- Štít spojky
- 3- Přítlačný kotouč
- 4- Podpůrný kroužek
- 5- Membránová pružina
- 6- Pružiny tlumící vibrace
- 7- Náboj spojkové lamely
- 8- Vypínací objímka
- 9- Hřídel převodovky
- 10- Vypínací ložisko
- 11- Ložisko hřídele převodovky
- 12- Spojková lamela
- 13- Šroub
- 14- Axiální odpružení spojkové lamely
- 15- Spojkové obložení
- 16- Setrvačnick



Obr. 8 Jednokotoučová spojka [11]

Kotoučové spojky jsou konstrukčně podobné spojkám lamelovým a fungují na podobném principu. Vyrábějí se převážně v suchém provedení, a proto přítomnost maziva na spojkovém obložení extrémně snižuje účinnost a dochází pak k prokluzům.

Hlavním rozdílem mezi lamelovými a kotoučovými spojkami je, že se zde nachází zpravidla pouze jedna spojková lamela, která má podstatně větší průměr. Pro větší zatížení mohou být i dvě. Oproti lamelové spojce přenesou podstatně menší zatížení. Výhodu zde však tvoří mnohem příznivější cena.

PRINCIP FUNKCE

V kabině vozidla se nachází ovládací prvek v podobě spojkového pedálu. Ten přes soustavu táhel, pomocí lanka, pneumatického okruhu nebo díky hydraulickému okruhu převádí kývavý pohyb na přímočarý pohyb vypínacího ložiska.

V případě hydraulického ovládní, když řidič stiskne spojkový pedál, stlačí hlavní spojkový válec, který uvede do pohybu hydraulickou kapalinu a vyvine tlak na spojkový válec. Ten začne působit na uvolňovací vidlici, která ovládá vypínací ložisko (10). U tlačného typu spojky během vypínání tlačí ložisko na membránovou pružinu (5) uloženou mezi přítlačným kotoučem (3) a štítem (2). Díky pohybové charakteristice membránové pružiny dojde při jejím stlačení k uvolnění přítlačného kotouče, který je oddálen od lamely (12) za pomoci tangenciálních listových pružin (1), čímž je vyrušen přítlak.

Spojka se tedy nachází ve vypnutém stavu a nedochází k přenosu točivého momentu. Při uvolnění spojkového pedálu se membránová pružina vrátí do původní polohy a stlačí lamelu opět k setrvačníku (16), který je pevně přišroubovaný ke klikové hřídeli.

Přenos momentu je realizován za pomoci tření mezi lamelou a setrvačníkem. Drážkovaná hřídel převodové skříně se posléze zasune do drážkovaného náboje spojkového kotouče a tvarovým stykem se momentový tok přenesou do převodovky.

METODY ZVÝŠENÍ MAXIMÁLNĚ MOŽNÉHO PŘENÁŠENÉHO MOMENTU

U jednokotoučových spojek lze zvyšovat jejich moment třemi způsoby, které tvoří zvětšení průměru spojkového kotouče, zvýšení přítlačné síly nebo přidání více třecích ploch.

Vyšší průměr spojkové lamely umožní zvětšit i samotnou plochu třecího obložení. Ovšem tato metoda je velice nešťastná, protože s rostoucím momentem motoru se zvyšuje i průměr spojky, což vyžaduje větší zastavovací prostor [12].

Přidání silnější membránové pružiny do systému navýší přítlačnou sílu, ale bohužel navýší i vypínací [12]. U automaticky ovládaných spojek to nemusí být takový problém. U nich se pouze přidá výkonnější vypínací modul. V případě manuálních spojek je omezena maximální možná vypínací síla, aby byl řidič schopný spojku ovládat. Proto je nutné využít různé posilovače apod.

Poslední metodou je přidání další lamely. Vznikne tedy dvoukotoučová spojka s mnohem větší únosností, která bude popsána v další kapitole.

VÝHODY JEDNOKOTOUČOVÉ SPOJKY

- Nižší cena ve srovnání např. s lamelovou spojkou nebo hydrodynamickou
- Jemný záběr při spínání/rozepínání spojky
- Nízká tvorba přebytečného tepla
- Velmi rychlé spojení a rozpojení, čímž nedochází ke zbytečně dlouhému prokluzu
- Nízká hmotnost
- Relativně jednoduchá konstrukce, popřípadě montáž/demontáž

NEVÝHODY JEDNOKOTOUČOVÉ SPOJKY

- Nízký přenášený moment vzhledem k rozměrům spojky
- Poměrně velké rozměry v porovnání s lamelovou spojkou
- Pracuje v suchém prostředí, tudíž je náchylná na přítomnost mastnoty na spojkovém obložení
- Relativně nízká životnost oproti více lamelovým spojkám
- Špatné chlazení, dochází k přehřívání

Výhody a nevýhody jsou převzaty z tohoto zdroje [51]

2.1.4 DVOUKOTOUČOVÁ SPOJKA



Obr. 9 Dvoukotoučová spojka pro užitková vozidla od společnosti VALEO [13]

Odlišnost mezi jednokotoučovou (obr. 8) a dvoukotoučovou (obr. 9) spojkou z hlediska konstrukce je pouze ve zdvojení třecích ploch. Přidá se tedy druhá spojková lamela a mezi ně se vloží druhý přitlačný kotouč, ke kterému se přišroubuje štít spojky.

Oba přitlačné kotouče jsou uloženy v tangenciálních listových pružinách, které je nadzvedávají při vypnutí spojky. Konstrukce přitlačného systému s membránovou pružinou a štítu je téměř shodná se spojkami jednokotoučovými.

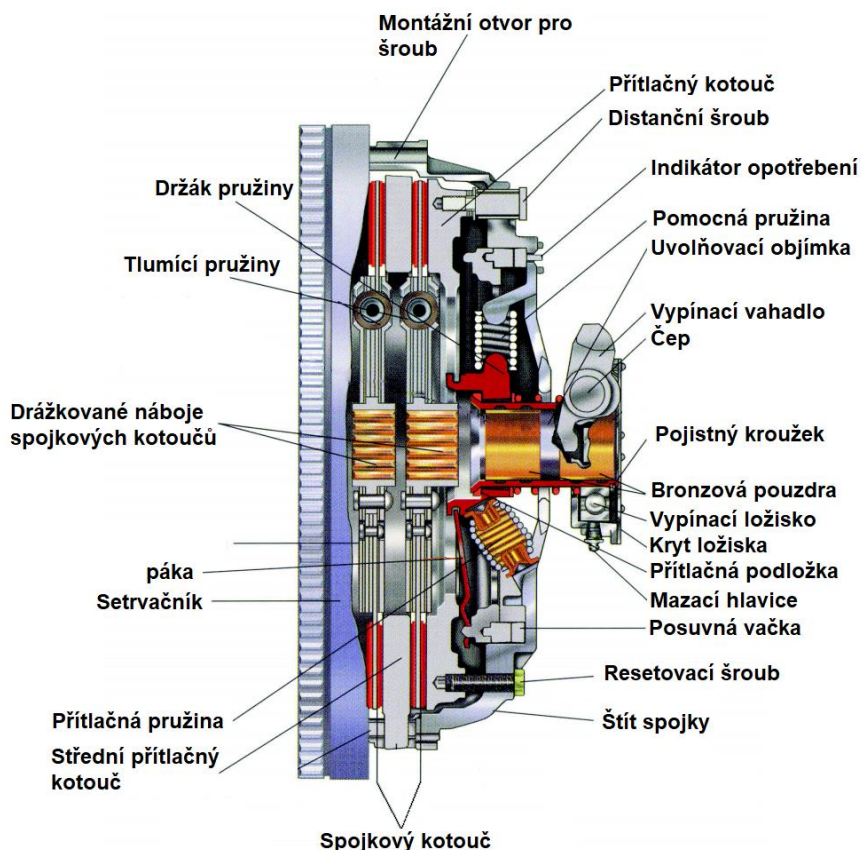
Zdvojením spojkových lamel se docílí větší možnosti opotřebení. Valeo udává na jednu spojkovou lamelu (obr. 9) až 3 mm možného opotřebení. V případě využití dvou lamel, se možnost opotřebení na spojkovém obložení zvýší na 5,5 mm [13].

Díky druhému přitlačnému kotouči se přidají plochy, do kterých je možné odvádět tepelnou energii. Tím pádem dvoukotoučové spojky vydrží větší tepelný nápor a trvá jim delší dobu, než se přehřejí. Další výhodou je až téměř čtyřnásobná životnost. Posledním zlepšením je tlumení vibrací. Nejen že je samotná odolnost vůči vibracím vyšší, ale i tlumení torzních kmitů se rozdělí mezi oba disky [13].

2.1.5 EATON DVOUKOTOUČOVÁ SPOJKA S TECHNOLOGIÍ SAC

Společnost EATON působí převážně na americkém trhu. V Evropě s tímto výrobcem spolupracuje pouze automobilka Volvo, které EATON dodává spojky pro jejich převodovky i-Shift.

Americké tahače už řadu let používají dvoukotoučovou spojku se šroubovitými přítlačnými pružinami, která se konstrukčně liší od běžných evropských.



Obr. 10 Dvoukotoučová spojka EATON [14]

Spojka (obr. 10) je určena pro převoz těch nejtěžších nákladů. Skládá se ze dvou lamel s keramickým obložením. O jejich přítlak se starají vinuté pružiny upnuté okolo bronzových pouzder. Předností této spojky je samočinná kompenzace opotřebení, která funguje na principu změny dráhy. Na vnější straně štítu se nachází indikátor, díky kterému lze průběžně kontrolovat úbytek materiálu na spojkových kotoučích. Za pomoci distančního šroubu je možné u této konstrukce manuálně nastavovat přítlačnou sílu pružin.

O vypínání spojky se stará vahadlo uložené rotačně v čepu, které vytahuje vypínací ložisko směrem ven od lamel. Jedná se tedy o přítlačný mechanismus tažného typu. Největší nevýhodou takto zkonstruovaného vypínacího systému činí nutnost mazání, které se musí provádět v určitých předepsaných intervalech.

2.1.6 SOUČÁSTI SPOJKOVÉHO SYSTÉMU

SETRVAČNÍK:

Jelikož pístové spalovací motory pracují převážně ve čtyřdobém taktu, dochází při rotaci klikové hřídele ke kolísání otáček. Z těchto důvodů je zapotřebí využít setrvačnick, který funguje jako akumulární zařízení rotační energie.

Jinými slovy, když dojde v motoru ke vznícení paliva, píst dodá energii setrvačnicku, který dodává naakumulovanou energii zpět klikové hřídeli. Proto setrvačnick musí být vždy pevně spojen s klikovou hřídelí. Dalším důležitým úkolem je zajištění přenosu točivého momentu dále na spojkový kotouč. Setrvačnick se tedy nachází i ve třecím kontaktu přímo se spojkovou lamelou.

Jednohmotnostní setrvačnick



Obr. 11 Jednohmotnostní setrvačnick [15]

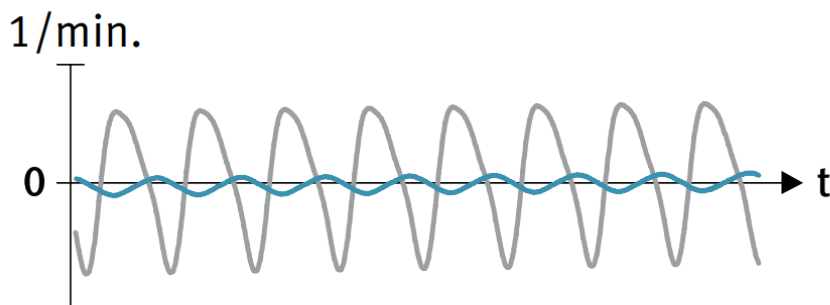
Princip jednohmotnostního setrvačnicku Obr. 11 spočívá na podstatě velkého, těžkého kovového kotouče. Hlavní a jedinou funkcí je akumulace energie a opětovné předávání díky velkému momentu setrvačnosti. Využití se hodí převážně pro motory, které nevytvářejí příliš mnoho torzních kmitů. Vyskytuje se tedy převážně u zážehových motorů, které mají mnohem klidnější chod než vznětové. Dnes se jednohmotnostní setrvačnicky využívají převážně v aplikacích, kde rozhoduje cena nebo v omezených prostorových podmínkách.

Nejvyšší nevýhodu činí téměř žádná možnost tlumení torzních kmitů. V konfiguraci s těmito běžnými setrvačnicky se často používá torzně odpružená spojková lamela, ale i tak se při volnoběžných otáčkách přenesou mnoho vibrací na hřídel převodovky, ve které se začne vytvářet mnoho nepříjemných hluků. Tyto hluky jsou tvořeny zubovými vůlemi mezi ozubenými koly [16].

Dvouhmotnostní setrvačnick

Zážehové i vznětové motory vytvářejí mnoho torzních kmitů, které se přenášejí do hnacího traktu a karoserie vozidla. To je velice nežádoucí vlastnost z hlediska komfortu, ale převážně z hlediska životnosti komponent, které se nacházejí na výstupu z motoru.

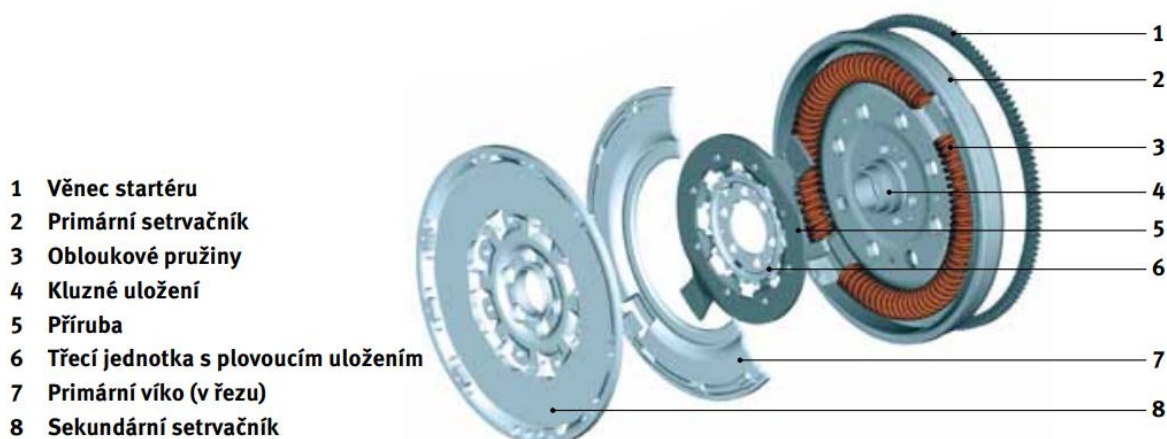
Torzní kmity mohou mít destruktivní účinky na celé převodové ústrojí, ale hlavně na převodovou skříň. Z tohoto důvodu se dnes využívají převážně dvouhmotnostní setrvačnick (DMF).



Obr. 12 Graf zobrazující amplitudu torzních kmitů [16]

Hlavním úkolem dvouhmotnostních setrvačnicků je tedy redukovat torzní kmity a předejít vznikům tzv. rezonančních otáček. Graf, který je znázorněn v obr. 12 ukazuje redukcí kmitů. Šedá křivka je amplituda torzních kmitů motoru a modrá křivka vyobrazuje amplitudu kmitů utlumených setrvačnickem [16].

Konstrukce DMF se dělí na primární a sekundární setrvačnou hmotu. Primární se nachází na straně motoru a sekundární na straně převodovky. Obě jsou uloženy pohyblivě vůči sobě v radiálních kuličkových nebo kluzných ložiscích. Pro tlumící efekt mezi primární a sekundární hmotou se využívá obloukově vinutá pružina, která omezuje pohyb obou hmot vůči sobě. Celý mechanismus musí být utěsněn a namazán, aby nedocházelo k vzájemnému opotřebení pohyblivých částí [16].



Obr. 13 Dvouhmotnostní setrvačnick LuK [16]

Obr. 13 představuje DMF od firmy LuK pro osobní vozidla, avšak pro komerční se konstrukce příliš neliší. V řezu tímto setrvačnickem jsou vyobrazené obloukové pružiny

tlumící torzní kmity. Na tomto obrázku lze i vidět pod jakými částmi je označována primární a sekundární hmota (primární setrvačnick, sekundární setrvačnick).

Na dvouhmotnostní setrvačnick je nutné se podívat i z fyzikálního hlediska. Při jejich vývoji konstruktéři zjistili, že lze přesunout rozsah rezonančních otáček motoru, který se z pravidla nachází okolo 1300 min^{-1} . Veliký vliv na toto má konstrukce výše zmíněné primární a sekundární hmoty. Oproti běžnému setrvačnicku, který veškerou svoji setrvačnou hmotu včetně spojky a přitlačného systému přiřazuje k motoru. U dvouhmotnostního setrvačnicku dochází k přerozdělení jeho váhy. Primární hmota je přiřazená k momentu setrvačnosti motoru a sekundární hmota se přiřazuje společně se spojkovou lamelou a přitlačným kotoučem k momentu setrvačnosti převodovky [16].

Díky přidělení určitého momentu setrvačnosti i na hřídel převodovky, dojde k přesunutí kritického bodu rezonančních otáček na jinou hodnotu. Tento jev se výrobci setrvačnicků snaží využít a posouvají kritický bod rezonančních otáček na nižší hodnotu hluboko pod volnoběžné otáčky motoru. V praxi při provozu tedy nikdy nedojde k rozkmitání soustrojí vlivem rezonančních frekvencí, protože kritický bod se nachází mimo pracovní spektrum [16].



Obr. 14 Valeo VBlade dvouhmotnostní setrvačnick [17]

Valeo v roce 2018 přineslo novou konstrukci dvouhmotnostních setrvačnicků obr. 14, které využívají pro tlumení odstředivou sílu dvou speciálně natvarovaných lopatek namísto běžně používaných vinutých pružin. Tato konstrukce přináší zlepšení hlavně z hlediska životnosti setrvačnicku [17].

Výhody dvouhmotnostních setrvačnicků:

- Zvyšují jízdní komfort
- Pohlcují vibrace
- Snižují hluk motoru a převodovky
- Díky tlumení vibrací může motor pracovat v nižším spektru otáček, čímž se sníží spotřeba paliva
- Lepší komfort při změně rychlostního stupně
- Menší opotřebení převodového ústrojí
- Ochrana proti přetížení hnacího ústrojí

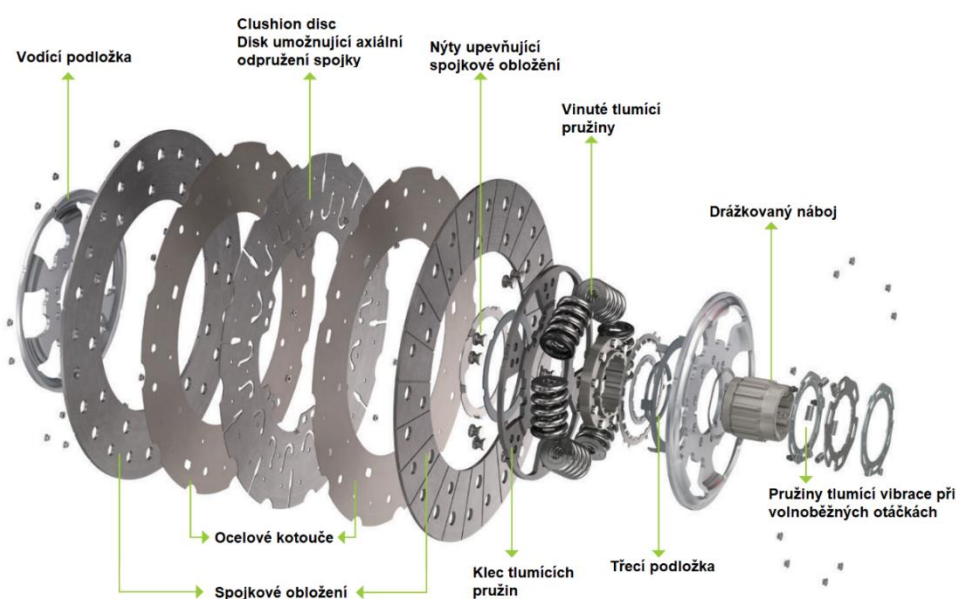
Výhody převzaty ze zdroje [1]

Nevýhody:

- Relativně složitý mechanismus
- Vysoká cena
- Při nešetrném zacházení se spojkovým pedálem se životnost mnohonásobně snižuje
- Relativně citlivé zařízení na náhlé změny točivého momentu

SPOJKOVÁ LAMELA

Kotouč spojky je jedna z nejdůležitějších částí spojkového systému. Nachází se mezi setrvačnickem a přítlačným kotoučem. Musí zaručit 100% přenos točivého momentu bez zbytečného prokluzu. Ke spojení a rozpojení musí docházet velmi rychle a spojková lamela nesmí zbytečně dlouho prokluzovat. Dále je zapotřebí, aby umožnila regulaci a dávkování točivého momentu svým prokluzem a chránila celé převodové ústrojí proti přetížení. Ve spojení s jednohmotnostním setrvačnickem je nutné, aby tlumila vibrace vytvářené motorem [13].



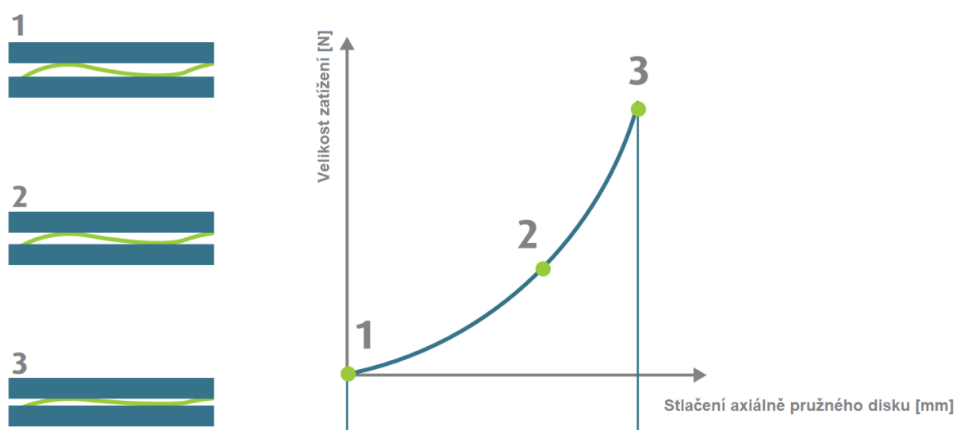
Obr. 15 Detailní schéma komponent spojkového kotouče pro užitková vozidla [13]

Spojkový kotouč detailně vyobrazený na obr. 15 se skládá z mnoha částí. Jednotlivé uspořádání všech těchto komponent se liší dle výrobců, ale finální funkčnost bývá u všech stejná.

Konstrukčním a pevnostním základem pro spojkové lamely je jeden nebo dva ocelové kotouče. V případě použití dvou (obr. 15), se mezi ně vloží ocelový profilovaný disk z pružinové oceli, který tlumí axiální rázy (např. rázy vzniklé rychlým uvolněním spojkového pedálu). Na levé a pravé straně (obr. 15) se nacházejí vodící podložky (vnější klece pro tlumící pružiny), které jsou ve složeném stavu spojky pevně spojeny s obložením, tím pádem jsou i z hlediska přenosu točivého momentu uloženy pevně se setrvačником. O vodící podložky se opírají vinuté pružiny, které jsou uloženy ve vnitřní kleci [13].

Vnitřní klec pro pružiny se volně otáčí vůči spojkovému obložení, není tedy pevně spojena s momentovým tokem vycházejícím ze setrvačnicku na spojkový kotouč. V případě této lamely od výrobce Valeo se zde navíc nacházejí malé pružiny, tzv. tlumiče při nízkém zatížení a při volnoběhu. Všechny části spojkové lamely se nakonec připevní za pomoci nýtových spojů [13].

Točivý moment, který produkuje spalovací motor je přenášen na setrvačník. Díky silovému spojení za pomoci přítlačného kotouče se momentový tok přenesou dále na spojkové obložení a vnější vodící podložky. Ty působí na hlavní tlumící pružiny, které moment přenesou na vnitřní pružinovou klec. Točivý moment je přenášen za pomoci pružin, které absorbují torzní kmity a vibrace motoru.

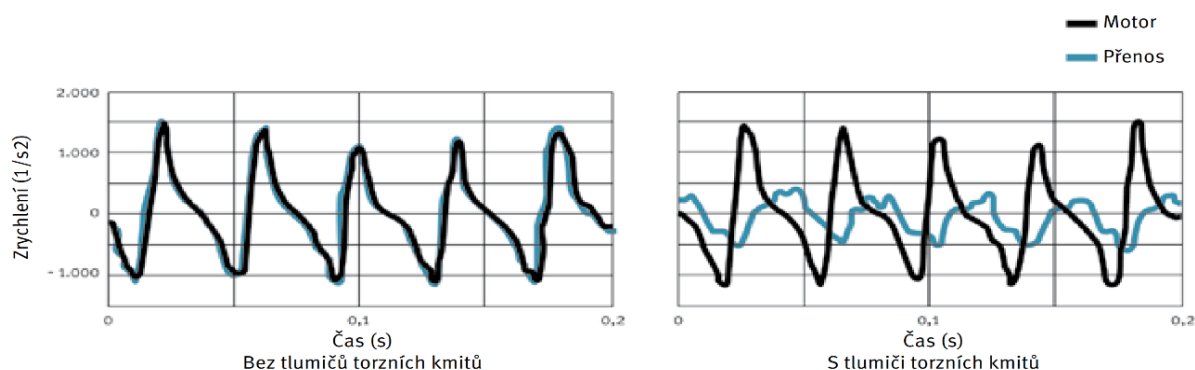


Obr. 16 Závislost deformace pružného disku na velikosti zatížení spojky [13]

Obr. 16 představuje stlačení axiálně pružného disku v řezu pro různé zatížení. Z těchto 3 řezů je tedy zřejmé, že konstrukce pružného kotouče se velmi podobá listové pružině. Axiální odpružení spojkové lamely je důležité z hlediska tlumení axiálních nárazových sil, které vznikají při spojení nebo rozpojení spojky. Utlumení těchto nárazů má vliv na jemnější záběr a vyšší životnost obložen.

Jelikož spojka při provozu pracuje v extrémních podmínkách v teplotách od -40 až 50 °C a při častých rozjezdech, kde spojkové obložení může mít i 400 °C, je tedy důležité zaručit i kompenzaci změny rozměrů vlivem tepelné dilatace [13].

Hodnota v obr. 16 označená číslem 1 představuje pružný disk v nezatíženém stavu, kdy je spojka uvolněná ze záběru. Druhý bod ukazuje deformaci pružného disku při běžném používání se spojkou v záběru. Třetí hodnota představuje maximálně možné stlačení.



Obr. 17 Graf představující amplitudu přenesených kmitů [16]

Obr. 17 ukazuje důležitost vinutých pružin zakomponovaných do spojkové lamely. Tlumící prvky redukuje rozsah kmitů téměř na polovinu.

MEMBRÁNOVÁ PRUŽINA

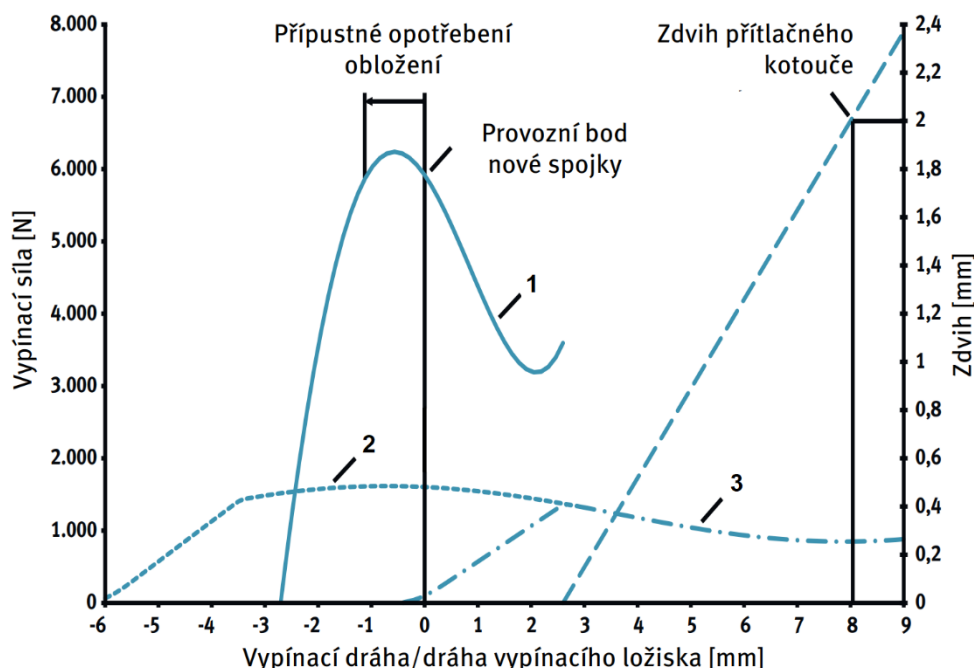
Dříve se pro vypínání spojky využívaly vinuté pružiny, které poměrně zvyšovaly stavební výšku celé spojky. Hlavní vlastností vinutých pružin je lineární silová charakteristika, která není pro vypínání spojky příliš vhodná. Dalším problémem vinutých pružin je ztráta přitlačné síly vlivem únavy materiálů [16].



Obr. 18 Membránová pružina [20]

Tyto nevýhody řeší využití membránových (talířových) pružin. Ty mají nejenom mnohem menší stavební výšku, ale převážným důvodem jejich používání je silová charakteristika.

Díky velice promyšlené konstrukci talířových pružin z hlediska vnitřního a vnějšího průměru, její tloušťky a převážně jejího ustavení v přítlačném kotouči, lze docílit silové charakteristiky jako je na obr. 19 [16].



Obr. 19 Silové charakteristiky membránové pružiny [16]

U membránové pružiny v porovnání s vinutou nedochází vlivem opotřebení k poklesu vypínací síly. Křivka označená číslem 1 (obr. 19) naznačuje silovou charakteristiku talířové pružiny (tedy sílu přítlačnou, která působí na spojkovou lamelu v závislosti na poloze stlačení pružiny). V grafu je též naznačen bod přítlačné síly, kde se nachází spojka s novým obložením (provozní bod nové spojky) [16].

Během provozu vozidla přirozeně dochází k opotřebení spojkového obložení a s ubývajícím materiálem, se začne přítlačná síla po této křivce pohybovat směrem do záporných hodnot vypínací dráhy. Přítlačná síla nejdříve roste, což kompenzuje úbytek materiálu na obložení, tím pádem spojka neztrácí po celou dobu životnosti svůj maximálně možný přenášený moment. V určité době se opotřebení spojkového obložení dostane do takové míry, že začne klesat i přítlačná síla [16].

V bodě označeným jako přípustné opotřebení, talířová pružina už nemá dostatečnou přítlačnou sílu a začne docházet k prokluzu spojkové lamely i při běžném provozu. Tento jev upozorní řidiče vozidla, že je spojka opotřebovaná a je nutná výměna [16].

V případě, že se spojková lamela nevymění za nový díl a bude se nadále používat, dojde k takovému opotřebení, že se odkryjí nýty, které připevňují spojkové obložení k ocelovému tělu spojky. Nýty se posléze mohou třít o povrch přítlačného kotouče a setrvačnicku. Při následovně opožděné výměně spojkového obložení se musí poté nahradit i ostatní znehodnocené díly.

Další průběhy, které znázorňuje tento diagram jsou vypínací síly spojky (síly, kterými musí působit vypínací mechanismus na membránovou pružinu, aby bylo možné uvolnit spojkovou lamelu). To představují křivky 2 a 3. Tečkovanou čarou je znázorněn průběh vypínací síly při opotřebovaném obložení. Charakteristika

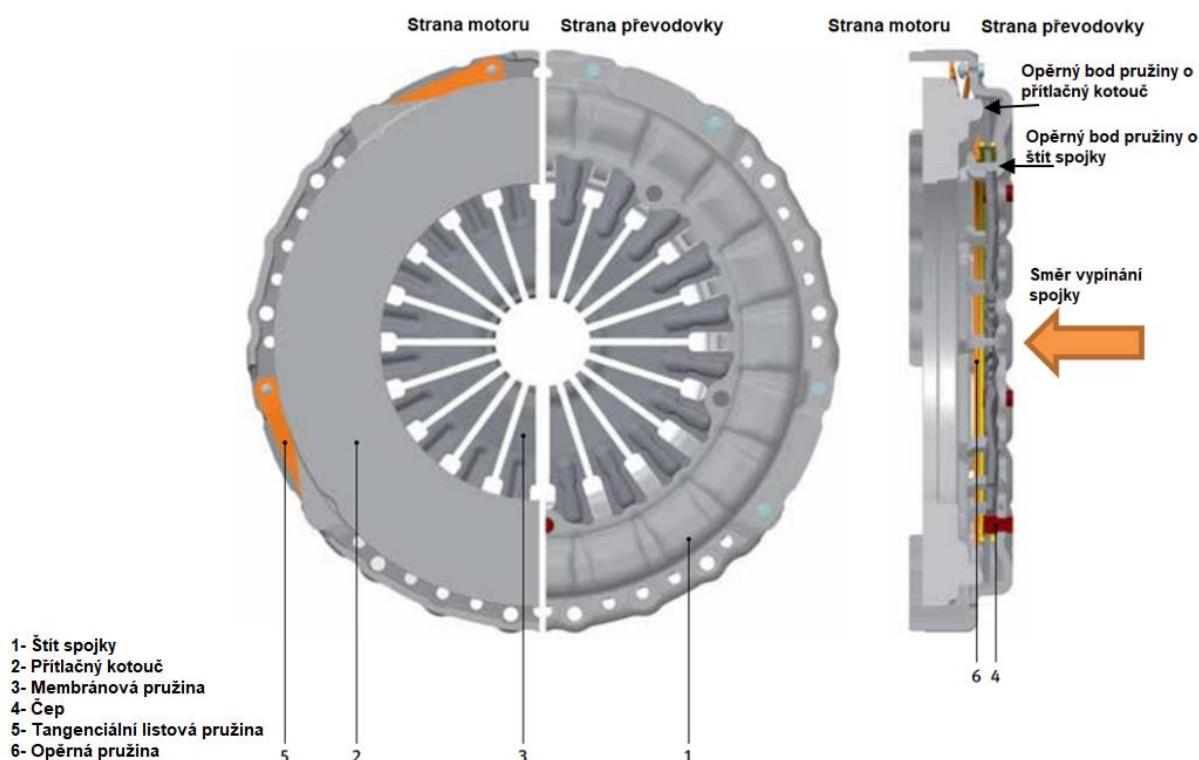
vyznačená čerchovanou čarou znázorňuje vypínací sílu nového obložení. Zde se opět ukazuje nárůst a posléze pokles vypínací síly, stejně jako u síly přítlačné. Poslední křivka nakreslená čárkovanou čarou, vyobrazuje průběh dráhy, kterou koná vypínací ložisko v závislosti na dráze konající přítlačným kotoučem [16].

PŘÍTLAČNÝ SYSTÉM

Přítlačný kotouč je posledním zařízením ve třecím systému spojky. Společně s membránovou pružinou a štítem tvoří celek, který umožňuje spojení a opětovné rozpojení spojkové lamely.

Moderní komerční vozidla jsou dle požadavků výrobců vybavována dvěma typy přítlačných kotoučů, od kterých se odvíjí i název spojky. Hlavní konstrukční rozdíl spočívá převážně v uspořádání talířové pružiny a způsob jakým dochází k vypínání samotné spojky [13].

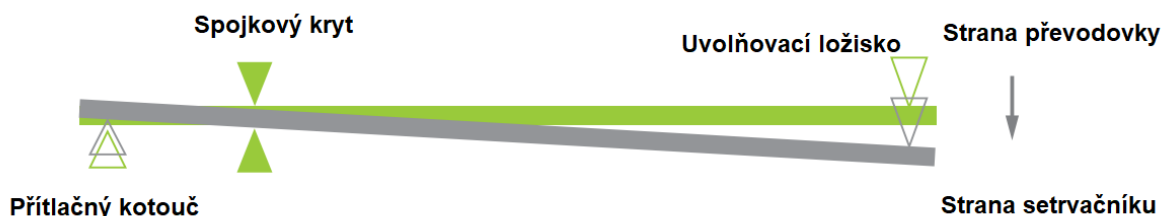
Přítlačný kotouč tlačného typu



Obr. 20 Přítlačný kotouč tlačný s opěrnou pružinou [11]

V této konstrukci dochází k vypínání spojky za pomoci zatlačení vypínacího ložiska na talířovou pružinu. Obr. 20 představuje jeden z mnoha druhů přítlačných systémů, které se liší nepatrnými konstrukčními prvky, ale hlavní části a jejich uspořádání je vždy stejné. V tomto provedení s opěrnou pružinou je přítlačný kotouč (2) sevřený společně s membránovou pružinou (3) ve spojkovém krytu (1) a za pomoci tangenciálních listových pružin (5) je přišroubován k setrvačníku.

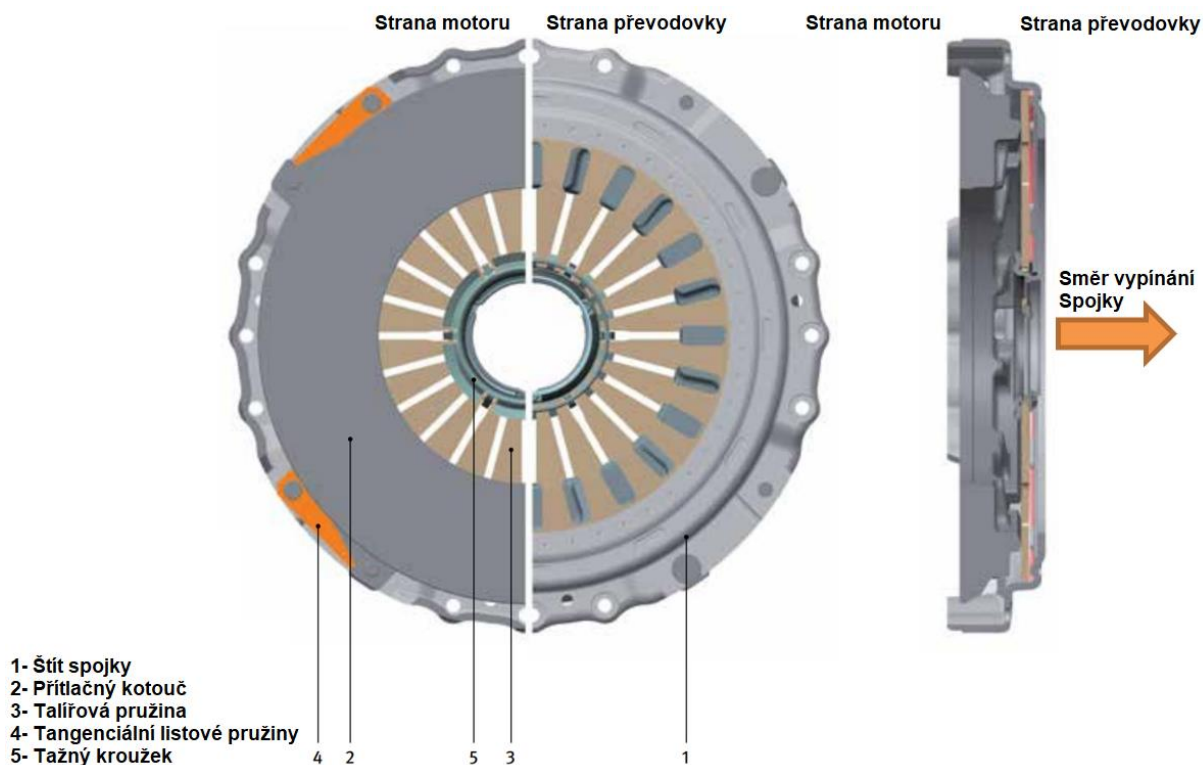
Axiální pružiny (5) mají 3 funkce. Nadzvedávají přítlačný kotouč při vypínání spojky, vystředují štít vůči setrvačníku a pomáhají s přenosem točivého momentu. Opěrná pružina (6) kompenzuje opotřebení membránové pružiny a udržuje spojení bez vůle [16].



Obr. 21 Schéma deformace tlačné talířové pružiny [13]

Obr. 21 představuje opěrné body mezi jednotlivými částmi a průběh stlačení. Talířová pružina se nachází přímo mezi přítlačným kotoučem a krytem spojky. Zde je vložena tak, aby generovala dostatečný přítlak pro silové spojení mezi setrvačníkem, lamelou a přítlačným kotoučem. Při sešlápnutí spojkového pedálu dojde k zatlačení vypínacího ložiska na jazýčky membránové pružiny, která se přes opěrný bod ve štítu vyhne a uvolní přítlačný kotouč.

Přítlačný kotouč tažného typu



Obr. 22 Tažný přítlačný kotouč [11]

Přítlačná soustava vyobrazená na obr. 22 představuje uspořádání s tažnou pružinou. Princip funkce spočívá v opačném způsobu uspořádání talířové pružiny oproti tlačnému typu a vypínání se tedy realizuje tažením za talířovou pružinu.



Obr. 23 Schéma deformace tažné talířové pružiny [13]

Obr. 23 představuje uložení membránové pružiny. Ta se nejdříve opírá o spojkový štít na svém největším průměru a na vnitřní straně tlačí na přítlačný kotouč. Při sešlápnutí pedálu spojky dojde přes pákový mechanismus k vytažení membránové pružiny společně s vypínacím ložiskem, což způsobí uvolnění přítlačného kotouče. Oproti konstrukci tlačného typu, se pružina u tažné konfigurace opírá na mnohem větším průměru o štít spojky. Tím pádem je docíleno většího převodového poměru mezi vypínací a přítlačnou silou pružiny.

V praxi to bude znamenat že tažná pružina bude mít při stejné přítlačné síle menší sílu vypínací nebo naopak. Největší problémy této konfigurace činí komplikovaná demontáž převodové skříně a celkově mnohem složitější mechanismus pro vypínání včetně komplikované konstrukce vypínacího ložiska [16].

Přítlačný kotouč se samočinným seřizováním (SAC)

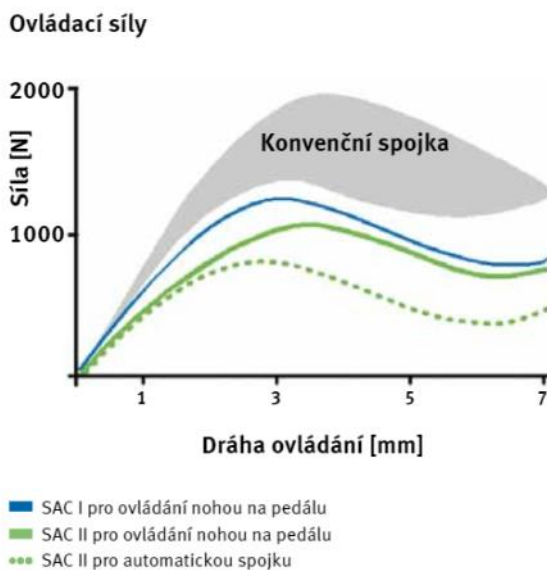
Mnoho nových komerčních i osobních vozidel, které dnes opustí výrobní závod využívá spojku s technologií SAC (Self Adjusting Clutch). Cílem vývoje tohoto přítlačného systému bylo udržet konstantní vypínací sílu během celé životnosti spojkového obložení. Dále tato konstrukce umožňuje mnohem delší dobu využívání spojkového obložení, protože nedojde k předčasnému prokluzu spojkové lamely vlivem úbytku materiálu. Tím pádem je možné během provozu využít šířku obložení až k limitní hodnotě, kdy jsou nýty téměř odkryty.

Každý výrobce spojek jako je např. LuK, Valeo, Sachs mají svoji konstrukci, kterou realizují samočinné seřizování.



Obr. 24 Přítlačný kotouč Sachs XTend se samočinným seřizováním určený pro komerční vozidla [21]

System samočinného seřizování se uskutečňuje dvěma způsoby, a to řízení silou a řízení dráhou. Řízení silou je realizováno za pomoci senzoru, což bývá druhá talířová pružina. Samotná kompenzace se děje za pomoci otáčení kotouče s rampou [22]. „U SAC řízených drahou je kotouč s rampou otáčen pomocí přestavovací jednotky, která reaguje na změny vypínací dráhy způsobené opotřebením [22].“

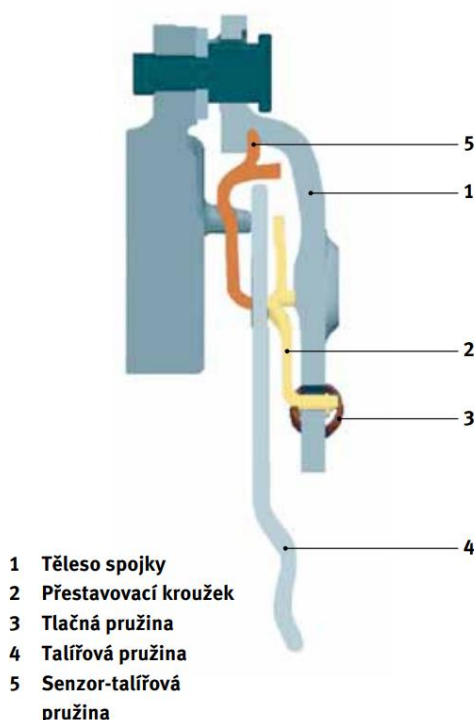


Obr. 25 Graf srovnání vypínacích sil [23]

Společnost SCHAEFFLER automotive v roce 1995 zavedla do sériové výroby jednu z prvních technologií přítlačného systému se samočinnou kompenzací opotřebením. V původním konstrukčním řešení byla regulace realizována senzorovou talířovou pružinou. Díky tomuto systému se udržuje vypínací síla na konstantní hodnotě a životnost spojky se může zvětšit až 1,5x. Později společnost SCHAEFFLER vyvinula seřizovací systém SAC II, kde se už nenachází druhá talířová pružina. Senzor je zhotoven tak, že na hlavní membránové pružině jsou zhotoveny speciální senzorové

jazyčky a namísto druhé talířové pružiny se využívají tangenciální listové pružiny s degresivní charakteristikou. Graf (obr. 25) představuje vypínací síly pro systém bez samočinné kompenzace (konvenční spojka), dále ukazuje vypínací sílu, kterou je zapotřebí vyvinout na spojkový pedál u systémů s SAC I nebo SAC II. Díky tomu, že systém SAC II nevyužívá druhou talířovou pružinu, kterou nahrazují jazýčky na hlavní talířové pružině je síla nutná pro vypínání nižší až o 15 % [23].

Princip funkce SAC



Obr. 26 Schéma konstrukce samočinného přitlačného systému [23]

Principem funkce tohoto zařízení je stálá detekce napínací síly hlavní pružiny (4). Rozdílem oproti běžným spojkám je uložení membránové pružiny. V konvenčních spojkách se talířová pružina přinýtuje ke spojkovému štítu. Kdežto u této konstrukce je uložena v senzorové talířové pružině (5), která je upevněna ve štítu spojky (1). Tyto senzorové talířové pružiny jsou konstruovány tak, aby měly v co největším spektru stlačení téměř lineární silový průběh [16].

Senzorová pružina stále kontroluje vypínací sílu hlavní membránové pružiny, která je otočně uložena ve štítu spojky. Jakmile během provozu dojde k sebemenšímu opotřebení spojkového obložení a hlavní talířová pružina začne zvyšovat svoji přitlačnou sílu, díky své velice degresivní silové charakteristice, dojde k reakci senzorové pružiny. Otočné uložení hlavní pružiny se začne vychylovat směrem k setrvačníku, a to tak dlouho dokud senzorová pružina nezaujme svoji silovou rovnováhu s hlavní membránovou pružinou. Díky tomuto jevu vznikne mezi víkem a otočným mechanismem mezera, kterou je nutno nějak kompenzovat. O to se starají tzv. rampy a klíny. Přestavovací kroužek (rampový kroužek) (2), na který působí tlačná

pružina (3) se neustále otáčí po plochách ve tvaru rampy. Tím pádem je nepřetržitě vtlačován na membránovou pružinu, aby mohl vyplnit mezery vzniklé opotřebením obložení [23].

2.1.7 OVLÁDÁNÍ SPOJKY

U vozidel s manuálně ovládanou suchou spojkou je zapotřebí pomocí speciálně navrženého mechanismu převádět sílu vyvíjenou na pedál na ovládání spojky. V moderních nákladních vozidlech se využívá nejčastěji hydraulický nebo hydraulicko-pneumatický systém.

DĚLENÍ OVLÁDACÍCH SYSTÉMŮ

- Semi-hydraulický
- Hydraulicko-pneumatický
- Hydraulický
- Pneumatický

Semi-hydraulický systém je složen z hydraulické a mechanické části. Hydraulický okruh obsahuje hlavní válec ovládaný spojkovým pedálem a spojkový válec. Mechanické části tvoří vypínací ložisko a vidlice, které jsou ovládány spojkovým válcem [11].

Hydraulicko-pneumatický systém je strukturou stejný jako semi-hydraulický. Jediný rozdíl zde tvoří záměna čistě hydraulického spojkového válce za hydraulicko-pneumatický posilovač [11].

Plně hydraulické nebo pneumatické ovládání neobsahuje žádné mechanické části. Vypínání spojky není realizováno pomocí pákového mechanismu, ale přes soustředný hydraulický nebo pneumatický válec [11].

2.2 SPOJKY PRO AUTOMATICKÉ PŘEVODOVKY

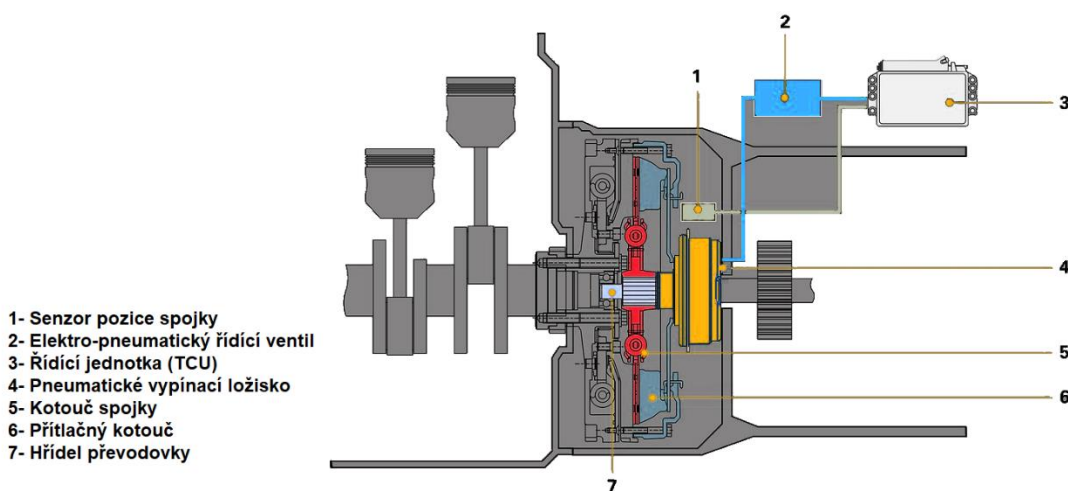
Oproti manuálním převodovkám, kde je využívána převážně jednokotoučová spojka, je u automatických převodovek daleko více možných konfigurací. Samotná konstrukce spojky se odvíjí převážně od daného typu převodovky. O řízení celého systému řazení a ovládní spojky se společně se softwarem stará řídicí jednotka převodovky (Transmission Control Unit-TCU).

2.2.1 JEDNOKOTOUČOVÁ SPOJKA

Konstrukce jednokotoučových spojky v konfiguraci s automatickou převodovkou se nijak neliší od manuálně ovládaných. Opět se používají tažné i tlačné typy, záleží na uvážení každého výrobce. Není tedy podstatné se nějak zabývat její konstrukcí jako takové, nýbrž odlišné je pouze ovládní.

Jednokotoučové spojky se využívají v kombinaci s robotizovanou převodovkou, které jsou označovány zkratkou AMT (Automated Manual Transmission). Jak už z názvu vyplývá konstrukce AMT vychází přímo z manuálních převodovek. Hlavní a jediný rozdíl je tvořen ve způsobu ovládní řadících vidlic a spojky. U manuálních převodovek jednotlivé převody mění řidič za pomoci řadící páky, kterou ovládá táhla v převodové skříni. V případě AMT jsou vidlice jednotlivých převodů ovládní řadícím modulem. Spojka není ovládní za pomoci pedálu, nýbrž servopohonem. Největší nevýhoda u obyčejných manuálních nebo robotizovaných manuálních převodovek (AMT) bývá mezera v přenášeném točivém momentu během přeřazování. Jinými slovy změny rychlostního stupně například při jízdě do kopce vozidlo rapidně zpomalí, což vede k problematickému a neefektivnímu provozu.

PNEUMATICKÉ OVLÁDNÍ



Obr. 27 Automatizovaná spojka Sachs ConAct (Concentric Clutch Actuation System) [24]

Concentric clutch actuation systém zkráceně ConAct, je elektronicky ovládaný pneumatický systém spojky pro užitková vozidla. Ovládání spojky je realizováno prostřednictvím soustředného vypínacího ložiska, které obsahuje pneumatický uvolňovací válec. Jeho zdvih je přesně regulován speciálním solenoidovým ventilem. Řídící jednotka převodovky (TCU) neustále komunikuje s celým systémem vozidla a zaznamenává data jako jsou otáčky motoru, převodovky nebo polohu plynového pedálu. Pomocí těchto údajů určuje optimální polohu vypínacího ložiska. To pomáhá řidiči v náročných jízdních situacích jako je manévrování, rozjezd na svazích s těžkým nákladem nebo na kluzkých silnicích [24].

Soustředné ovládání spojky je určeno výhradně pro tlačné typy přítlačného systému a nahrazuje konstrukce, které využívají pro vypínání vidlice a elektricky řízené pneumatické, nebo hydraulické válce. Výhodou tohoto systému je mnohem menší počet pohyblivých částí a lze vyřadit mechanismy jako posilovač. Výsledná hmotnost celého systému bývá tedy menší, a dále se sníží i montážní délka celé spojky [24].

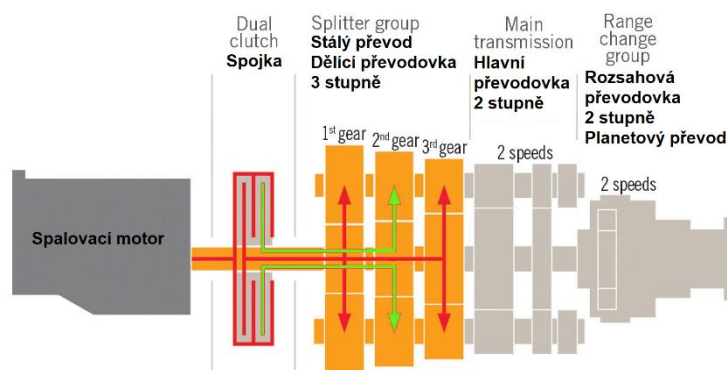
2.2.2 DVOUKOTOUČOVÉ SPOJKY

Za vznikem dvoukotoučových spojek stojí relativně novodobé převodovky DCT (Dual Clutch Transmission), které konstrukčně vycházejí z AMT. Jednotlivé rychlostní stupně jsou řazeny též za pomoci synchronizačních spojek a řadících vidlic, které ovládá elektronický, pneumatický či hydraulický modul.

Rozdíl mezi AMT a DCT přichází se samotným uspořádáním jednotlivých hřídelů a převodů. Klasické AMT mají jednu vstupní hnací hřídel a zpravidla jednu předlohovou. Dvospojkové převodovky dělí rychlostní stupně mezi dvě nezávisle uspořádané spojky, tím pádem obsahují i dvě hnací hřídele.

Během jízdy u těchto převodovek dochází k neustálému vyhodnocování situace, ve které se vozidlo nachází a předem připravuje další stupeň. Jinými slovy při akceleraci, kdy vozidlo jede například na druhý převodový stupeň, řídící jednotka zařadí pomocí synchronizační spojky stupeň třetí na druhé hnací hřídeli spojené s vypnutou spojkou. Jakmile automobil dosáhne požadovaných otáček řídící jednotka TCU vydá signál ke změně používané spojky. První se rozpojí a druhá se přestaví do záběru. Není tedy zapotřebí čekat na řadící modul než přestaví synchronizační spojkou. Výsledkem je téměř okamžitý přenos točivého momentu mezi jednotlivými stupni. Představitelem je například Volvo i-shift nebo ZF Traxon Dual.

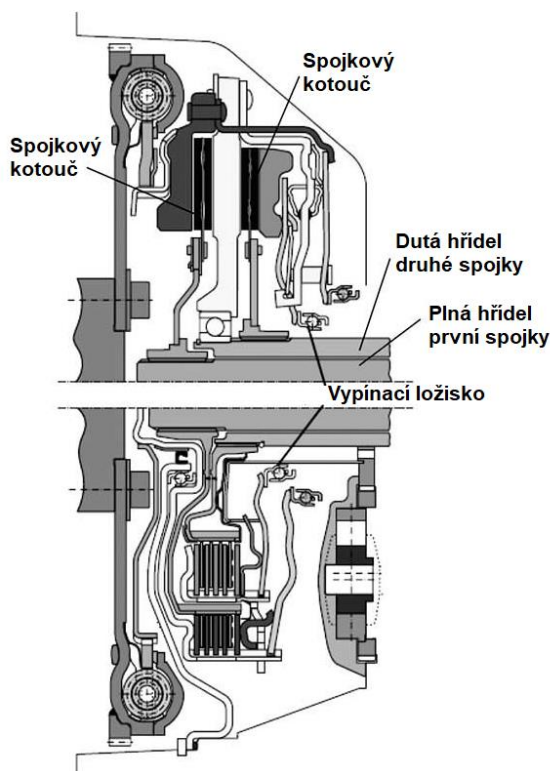
Dvospojkové převodovky jsou dnes velice populární, protože přinášejí jakýsi kompromis mezi ryze automatickou a robotizovanou manuální převodovkou. Cílem těchto převodovek je dosažení co nejrychlejší změny jednotlivých převodových stupňů a zároveň udržet výrobní náklady daleko menší oproti planetovým automatickým převodovkám, jejichž konstrukce je extrémně nákladná a složitá.



Obr. 28 Schéma převodovky ZF Traxon Dual [25]

Konstrukce ZF Traxon Dual (obr. 28) vychází z automatizované jednospojkové převodovky Traxon a liší se pouze drobnostmi. První a nejdůležitější změna proběhla přidáním druhé hnací hřídele.

Plná hřídel je spojena s první spojkou, které připadá první a druhý rychlostní stupeň z dělící převodovky. Druhá spojka je propojena s hřídelí dutou a ovládá pouze druhý rychlostní stupeň. Pro možnost využití dvou spojek, bylo nutné změnit uspořádání rychlostních stupňů v převodovce na konfiguraci 3x2x2. Běžné Traxon převodovky mají uspořádání převodů 2x3x2 (2 dělící převody, 3 hlavní převody, 2 rozsahové převody) celkem tedy 12 [25].



Obr. 29 Dvoukotoučová spojka v suchém provedení nad osou hřídele a v mokré provedení pod osou [26]

Obr. 29 představuje schematické znázornění dvoukotoučové spojky v suchém i mokré provedení. Konstrukce jednotlivých komponent jako lamely, DMF, přitlačné

kotouče a membránové pružiny jsou velice podobné s manuální jednokotoučovou spojkou. Největší rozdíl tvoří samotné uspořádání a princip funkce celého zařízení.

V suchém provedení se stejně jako u dvoukotoučových manuálních spojek mezi lamelami nachází prostřední přitlačný kotouč. Ten je ovšem pevně spojen se štítem spojky a tvoří hlavní třecí část pevně spojenou vůči setrvačníku (u této spojky tedy žádná z lamel není v kontaktu se setrvačníkem). Z obou stran tohoto kotouče se nachází spojková lamela, každá nezávisle ovládána svým přitlačným kotoučem a membránovou pružinou. Momentový tok motoru tedy vždy proudí ze setrvačníku na štít spojky a na středový disk. Spojková lamela, která je s tímto diskem v kontaktu dále přenáší momentový tok na hřídel převodovky s ní spojenou.

V případě mokrého provedení se namísto spojkových kotoučů umístí lamelové spojky. Princip funkce je posléze totožný se suchou variantou.

O ovládání spojky v případě výrobce ZF se stará Dual ConAct vypínací ložisko. Jeho konstrukce je prakticky totožná s ConAct ložiskem pro jednokotoučovou spojkou, ale je upraveno pro ovládání dvou spojek. Tudíž obsahuje dva pneumatické píсты pro ovládání pružin, včetně senzorů polohy a dva nezávislé pneumatické okruhy. O jejich řízení se starají elektricky ovládané solenoidové ventily [25].

2.2.3 HYDRODYNAMICKÝ MĚNIČ TOČIVÉHO MOMENTU

U automatických převodovek (AT-Automatic Transmission) tvoří jednotlivé převodové stupně planetová soukolí, které jsou postupně uzamykána a odemykána za pomoci lamelových spojek nebo brzd. Přeřazení rychlosti u těchto převodovek probíhá převážně pod zatížením, tím pádem nemohou být v kombinaci s běžnými třecími spojkami, protože by docházelo k velkým rázům. Z těchto důvodů se s automatickými převodovkami vyskytují převážně hydrodynamické měniče momentu. Mezi AT patří např. Allison 4500 nebo 4700.

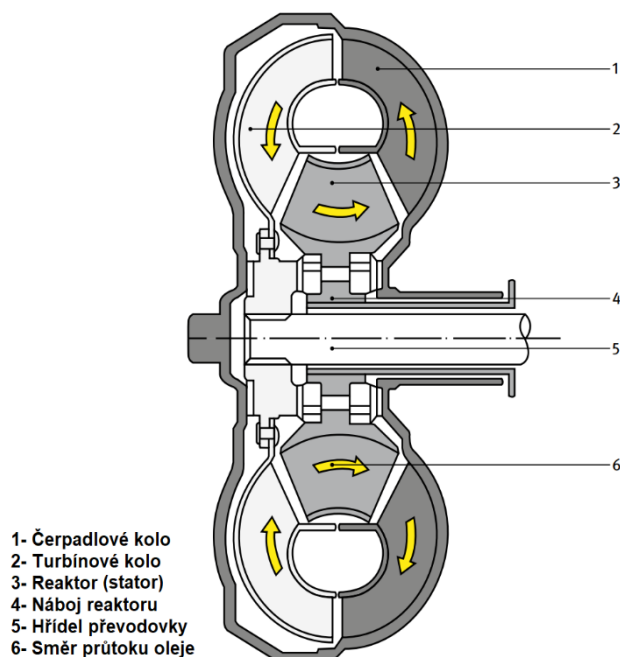
Ačkoliv hydrodynamické měniče spočívají na relativně jednoduchém principu, komplexnost konstrukce a porozumění funkčnosti celého systému bývá problematické. Hydrodynamický měnič používá jako pracovní médium kapalinu, a proto se musejí konstruktéři potýkat s jevy jako je kavitace, která komplikuje samotný návrh geometrie lopatek a je velice důležité řešit proudění mezi jednotlivými oběžnými koly.

PRINCIP FUNKCE

Základní princip funkce hydrodynamické spojky spočívá na konstrukci, která je tvořena párem oběžných kol a to čerpadlovým a turbínovým. Prostor mezi nimi vyplňuje hydraulická kapalina, kterou zastupuje převodový olej.

Kliková hřídel motoru pohání čerpadlové kolo, které vtahuje olej od středu torusu a za pomoci odstředivé síly dodává oleji pohybovou energii. Lopatky čerpadla nutí kapalinu pohybovat se k vnějšímu okraji, kde vstupuje do turbíny. Z ní kapalina opět proudí do středu torusu a ztrácí svoji kinetickou energii. Tato energie se dále mění v rotační pohyb turbínového kola, které roztáčí hřídel převodovky [27].

Největší výhodou, ale i problém hydrodynamických spojek přináší skluz mezi čerpadlem a turbínou. Na jednu stranu skluz a přenos momentu za pomoci kapaliny umožní perfektně tlumit rázy a vibrace. Oproti tomu při prudkém rozjezdu, kdy řidič pro rychlé opuštění místa sešlápne plný plyn, motor náhle zvýší své otáčky. Hydrodynamická spojka za těchto podmínek bude pracovat v tak extrémním prokluzu, že nebude možné místo opustit v požadovaném čase. Tento problém skluzu při rozjezdu řeší třetí oběžné kolo, avšak neřeší problém skluzu při jízdě.



Obr. 30 Schéma hydrodynamického měniče točivého momentu [1]

Je-li mezi turbínu a čerpadlo vloženo další oběžné kolo (reaktor/stator) (obr. 30), stane se z hydrodynamické spojky měnič točivého momentu. Cílem reaktoru je měnit směr proudu kapaliny při rozjezdu vozidla a tím navýšit moment na turbínovém kole.

Během provozu, kdy se vozidlo pohybuje a turbínové kolo se otáčí společně s čerpadlovým, otáčí se s nimi i reaktor, který neplní téměř žádnou funkci. Hydrodynamický měnič pracuje jako běžná hydrodynamická spojka [27].

Důležitost reaktoru nastává v případech, kdy vozidlo stojí a řidič se snaží rozjet. Turbinové kolo se tedy nepohybuje. V této situaci se čerpadlové kolo otáčí totožně s motorem a dodává proud kapaliny do turbíny, která se pomalu roztáčí. V případě běžné hydrodynamické spojky se proud kapaliny vrací středem zpět do čerpadla. U „hydroměniče“ tomuto zpětnému proudu brání lopatky reaktoru, které mají tendenci se roztáčet opačným směrem, než rotují obě oběžná kola. Zpětný chod reaktoru je však omezen volnoběžnou spojkou. Nedojde k opačné rotaci reaktoru, ale proud kapaliny musí změnit směr [27].

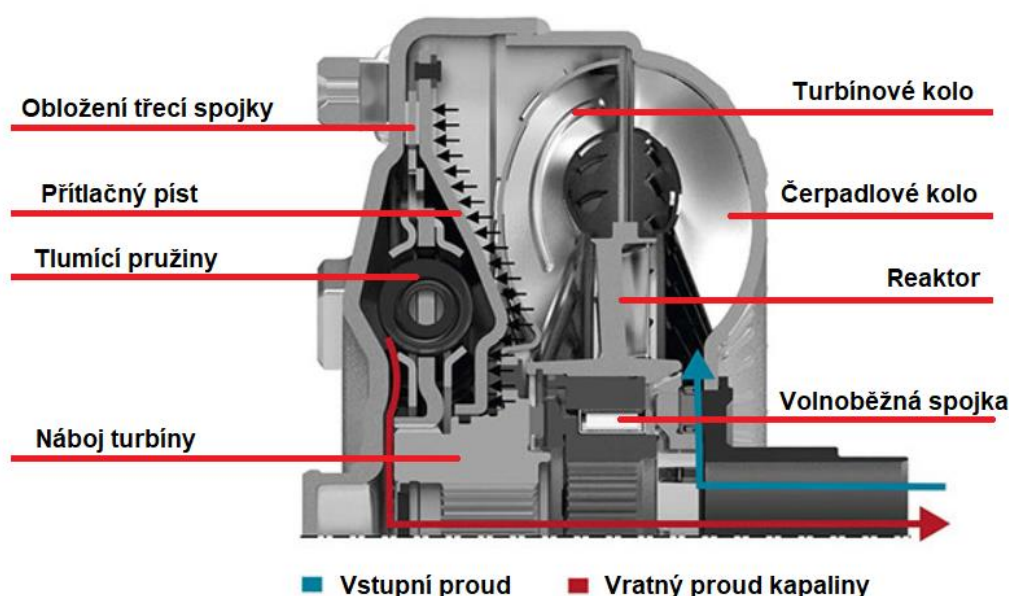
Kapalina proudí z čerpadlového kola do turbíny a z ní dále na lopatky reaktoru, které mění směr proudu přímo do směru rotace čerpadla. Olej je čím dál více urychlován což má za důsledek až 2,5x vyšší točivý moment na turbínovém kole oproti točivému momentu motoru [27].

Dále je důležité podotknout, že v případě, kdy turbínové kolo stojí, tok kapaliny se vrací téměř rovnoběžně středem okolo hřídele zpět do čerpadla. Stator na tento jev reaguje svojí tendencí otáčet se opačným směrem. Jak turbínové kolo během rozjezdu

zvyšuje své otáčky, proud jej opouštějící má tendenci se čím dál více odklánět. V určitém momentu dosáhne takového úhlu, že začne působit na opačnou stranu lopatek statoru a tím dojde k jeho roztáčení. V této fázi reaktor přestává urychlovat tok kapaliny a „hydroměnič“ začíná pracovat, jako běžná hydrodynamická spojka [27].

KONSTRUKCE HYDRODYNAMICKÉHO MĚNIČE S TŘECÍ SPOJKOU

Problémem hydrodynamických spojek a měničů je skluz mezi čerpadlovým a turbínovým kolem, který má za následek nižší účinnost. U měničů je účinnost okolo 90 %, u hydrodynamických spojek bez reaktoru je nepatrně vyšší, protože nedochází k hydraulickým ztrátám mezi reaktorem a kapalinou [27].



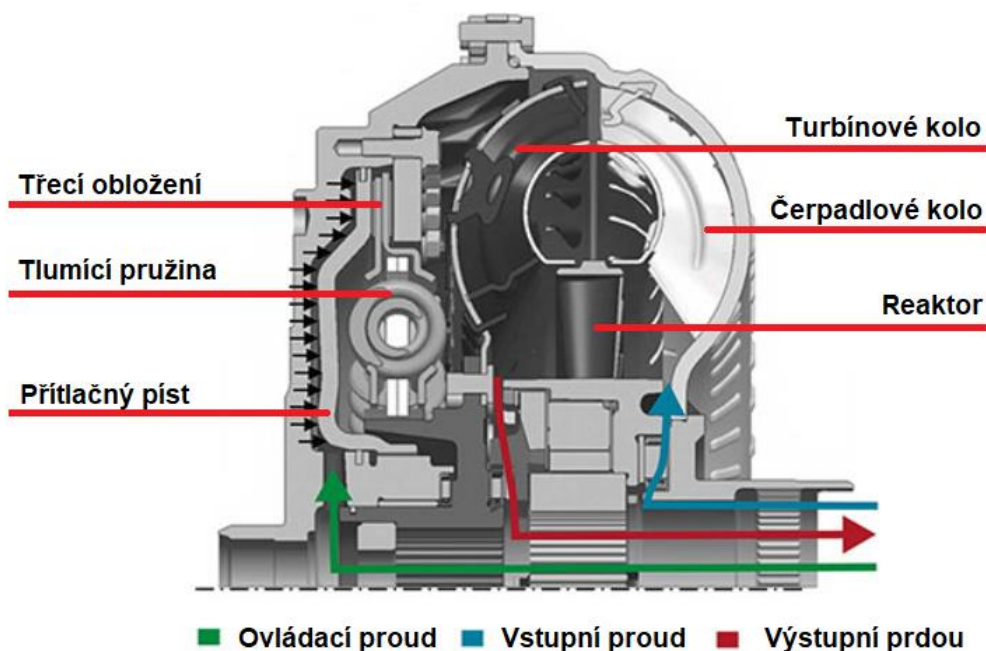
Obr. 31 Dvoucestný měnič točivého momentu [28]

V průběhu vývoje, kdy je kladen důraz na co největší efektivitu všech zařízení, byla do hydrodynamického měniče přidána třecí spojka, která řeší problém skluzu a zvyšuje účinnost. Její ovládání není realizováno stejným způsobem jako v případě konvenčních spojek, protože se nachází uvnitř těla měniče. O vypínání třecí spojky se stará nejčastěji hydraulický okruh převodové skříně, který ovládá přítlak na píst.

Je-li vyžadováno, aby spojka pracovala jako hydrodynamická proudí olej v opačném smyslu, než ukazuje červená a modrá šipka v obr. 31. Točivý moment se přenáší pomocí oběžných kol a přes spojku proudí olej pouze za účelem chlazení.

Jakmile se vozidlo pohybuje stálou rychlostí a dochází ke zbytečným ztrátám, třecí spojka uzamkne tělo měniče oproti náboji turbíny. Tím pádem je moment přenášen pomocí třecí spojky téměř bez prokluzu. Uzamknutím hydrodynamického měniče se ovšem ztrácí jeho vlastnost tlumení vibrací, a proto se pro hydrodynamické spojky vyvinula speciální zařízení pro jejich tlumení tzv. CPA (Centrifugal Pendulum Absorber).

Přítlak na třecí spojku není vyvíjen membránovou pružinou jako u kotoučových spojek, ale je vyvozen tlakem kapaliny na píst. U dvoucestného hydraulického vedení se přítlaku docílí reverzací proudu, tak jak ukazují šipky v obr. 31. Olej tedy proudí okolo hřídele převodovky do torusu měniče a z něj do vedlejší komory, kde působí na píst. Samotná regulace přítlaku a prokluzu spojky je ovládána hydraulickým systémem převodovky [28].



Obr. 32 Třicestný měnič točivého momentu [28]

V případě třicestného uspořádání, proud vyznačený modře (vstup) a červeně (výstup) v obr. 32 vyznačují tok kapaliny určené pro chlazení spojky. Třetí zeleně vyznačené vedení je určeno pouze pro nezávislé ovládání přítlačného pístu, tedy pro ovládání uzamykací třecí spojky.

Nepříznivé vlivy, které znemožňují plynulou regulaci třecí (uzamykací) spojky

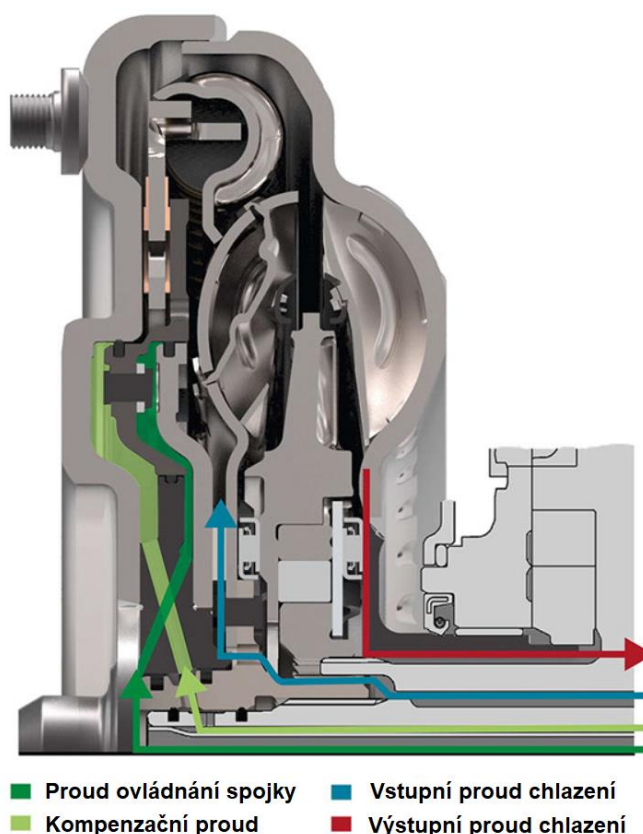
Za ideálních podmínek by pro regulaci přítlaku a prokluzu třecí spojky dostačovalo pouze měnit vyvozovaný tlak na píst. V praxi však neexistuje žádné ideální zařízení a musí se počítat s faktory, které ovlivňují přítlak spojky. U dvoucestných a třicestných měničů se musí počítat s různými rušivými jevy, které znemožňují přesnou regulaci prokluzu [28].

V případě dvoucestného měniče třecí obložení nefunguje pouze jako plocha pro přenášení momentu, ale zastupuje i těsnící součást na vnějším průměru pístu. Jelikož musí spojkou stále proudit olej, aby se nezamezilo chlazení, jsou ve třecím obložení zhotovené drážky. Jimi proudí převodový olej z vysokotlaké části před pístem do nízkotlaké, což způsobuje ztrátu tlaku. Tyto ztráty ovlivňuje tvar drážek, teplota oleje a rychlost prokluzu třecí spojky. Dále kapalina musí radiálně proudit z vnějšího průměru do středu hřídele převodovky. Jelikož se celé zařízení otáčí, působí na kapalinu Coriolisovy síly, které mají za důsledek spirální proudění. To způsobí efekt zpětného tlaku, který sníží přítlak na píst [28].

U dvoucestných i třícestných systémů dochází během prokluzu k různým rychlostem na třecí spojce, turbíně a krytu. To způsobuje různé odstředivé síly, které působí na pracovní kapalinu. Výsledkem je vznik relativního tlaku tlačící na píst, který opět komplikuje přesnou regulaci [28].

Možná východiska nepříznivých vlivů

Veškeré nepříznivé jevy lze vyřešit, nebo alespoň částečně omezit třícestným systémem ovládání v kombinaci s řádně naladěným řídicím softwarem. Tyto problémy lze též odstranit i jiným způsobem než laděním nového softwaru, a to čtyřcestným ovládáním [28].

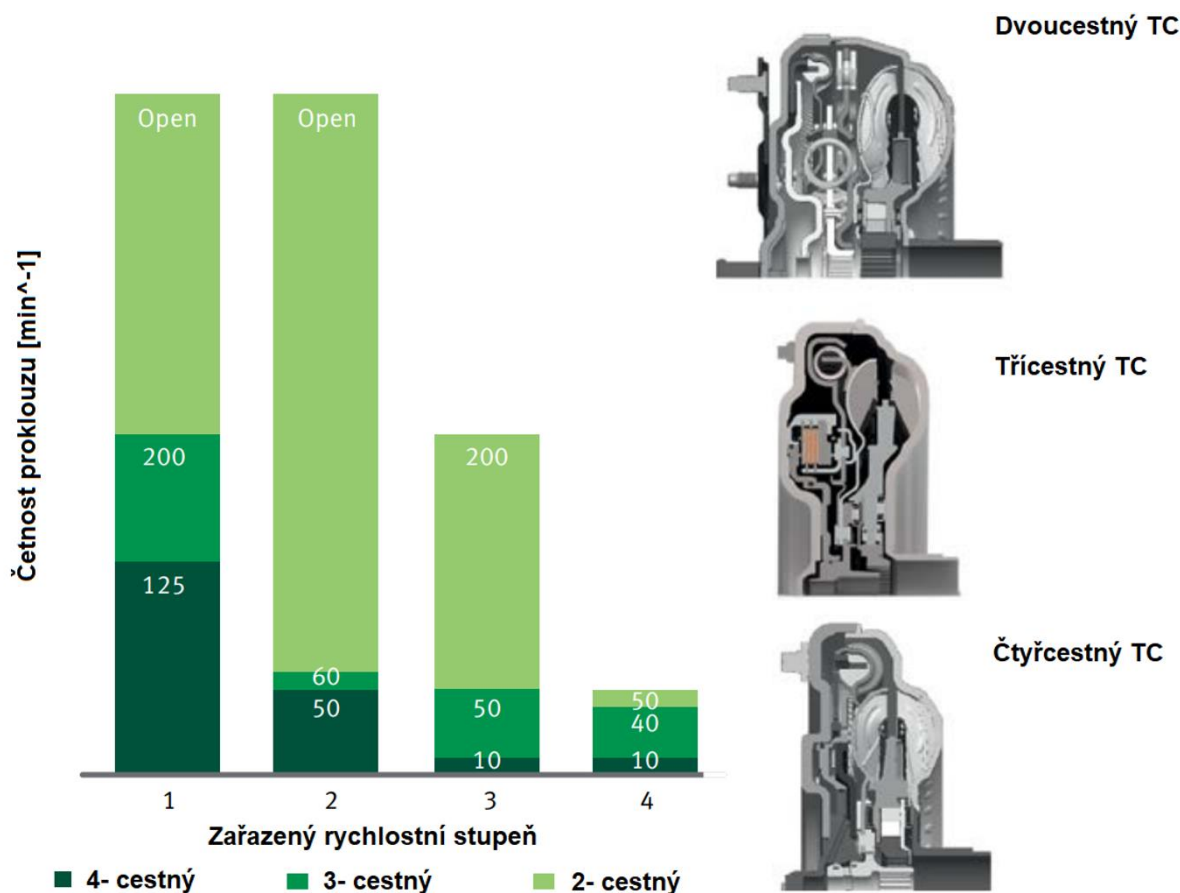


Obr. 33 Čtyřcestný měnič točivého momentu [28]

Modrý a červený proud v obr. 33 nastiňuje opět chlazení oběžných kol, stejně jako u třícestného systému. Třetí proud (tmavě zelený) znovu připadá k ovládnání přítlaču třecí spojky. Poslední čtvrtý proud (světle zelený) je veden do kompenzační komory.

Zelené proudy tedy vedou z vnější i vnitřní strany pístu, což má za důsledek totožné ovlivňování pístu z obou stran. Zároveň se rovnají odstředivé síly působící na převodový olej, protože venkovní rozměry kompenzační i ovládací komory jsou identické. V tomto případě přítlačné síly nejsou ovlivňovány kolísáním tlaků vlivem skluzu jednotlivých komponent, a proto je možné daleko přesněji regulovat přítlak i samotný prokluz [28].

POROVNÁNÍ JEDNOTLIVÝCH KONSTRUKCÍ



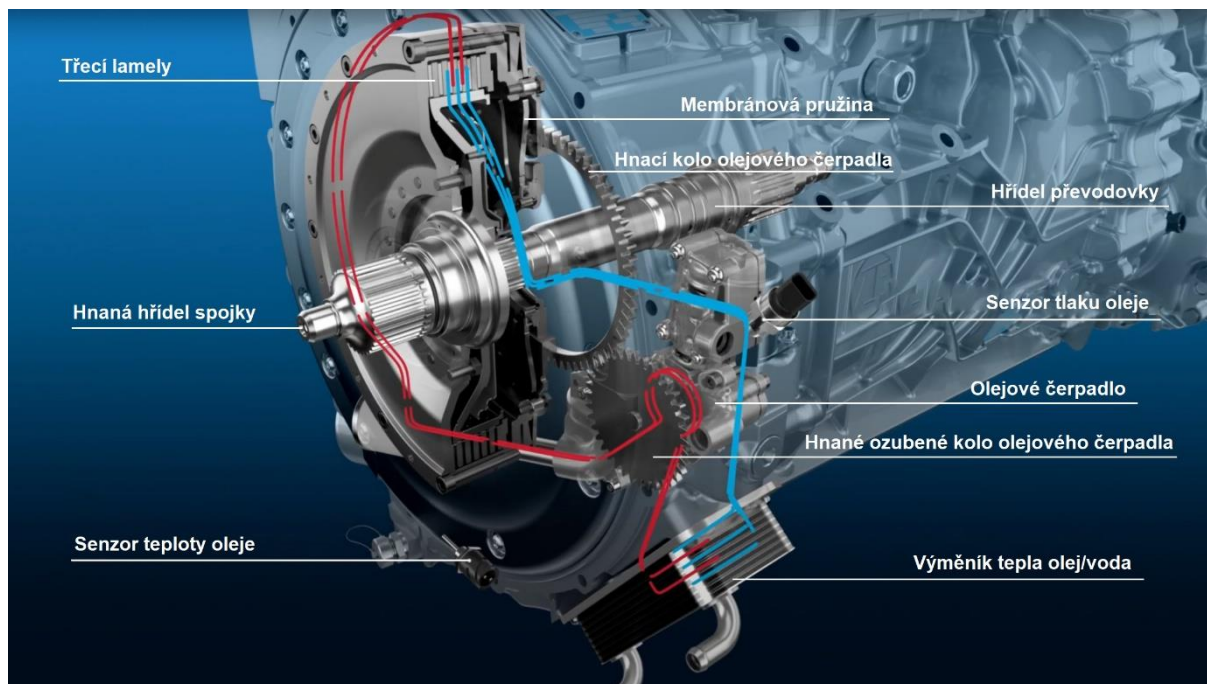
Obr. 34 Srovnání četnosti prokluzu třecí spojky u jednotlivých systémů [28]

S čtyřcestným systémem řízení lze prokluz spojky ovládat velmi přesně. To ostatně vyplývá i z grafu (obr. 34), kde je zřejmé že uzamknutí spojky nastává již na prvním převodovém stupni a na třetím nedochází téměř k žádným prokluzům. Dále je z grafu zřejmé, že hydrodynamické spojky nepracují nikdy ve 100% uzamknutém stavu, tudíž vždy dochází k nepatrným ztrátám.

Čtyřcestný systém funguje o mnoho efektivněji než systémy dvoucestné a třícestné. Zároveň díky tomu, že třecí spojka pracuje již na prvním převodovém stupni s relativně zanedbatelným prokluzem, lze jí využít i při rozjezdech vozidla společně s hydrodynamickým měničem, navíc daleko menší prokluz třecí spojky snižuje i nároky na tlumící mechanismus. Z těchto důvodů tedy mohou čtyřcestné měniče být mnohem menší, protože se ušetří prostor na tlumícím mechanismu a na mohutnosti konstrukce, díky přerozdělení točivého momentu mezi třecí spojku a torus již od rozjezdu vozidla [28].

2.2.4 LAMELOVÁ SPOJKA PRO PŘEVODOVKU TRAXON

Lamelové spojky se všeobecně používají v těch nejtěžších aplikacích. Jejich ohromnou výhodou oproti kotoučovým spojkám je poměr rozměrů vůči přenášenému momentu. Společnost ZF vyvinula lamelovou spojku v olejové lázni ve spojení s automatizovanou převodovkou TRAXON. Tato konfigurace je určena pro speciální vozidla a těžké jeřáby se třemi až pěti nápravami [29].



Obr. 35 TraXon DynamicPerform – více lamelová spojka [30]

Spojka (obr. 35) je ovládána stejně, jako běžná kotoučová spojka u automatických převodovek tedy ložiskem ConAct. Přítlak lamel zabezpečuje klasická membránová pružina. Výkon motoru se přivádí na hřídel spojky, která je pevně spojena s tělem. V těle jsou zalisovány čepy, ve kterých jsou uloženy jazýčky hnacích lamel. Mezi nimi jsou uloženy lamely hnané, které mají na vnitřním průměru zhotovené ozubení. Za jeho pomoci je výkon přenesen na kotouč spojený s hřídelí převodovky. Největší předností spojky TraXon DynamicPerform je olejové chlazení. Během provozu olejové čerpadlo zabezpečuje stálou cirkulaci oleje přes lamely, aby nedocházelo k přehřívání spojky. Zahřátý olej je dále čerpán do výměníku tepla, který je ochlazován vodním okruhem. O kondici oleje se stará integrovaná řídicí jednotka, která nepřetržitě monitoruje tlak a teplotu, v případě problémů včas upozorní na závadu [29].



Obr. 36 ZF DynaDamp – tlumící mechanismus [31]

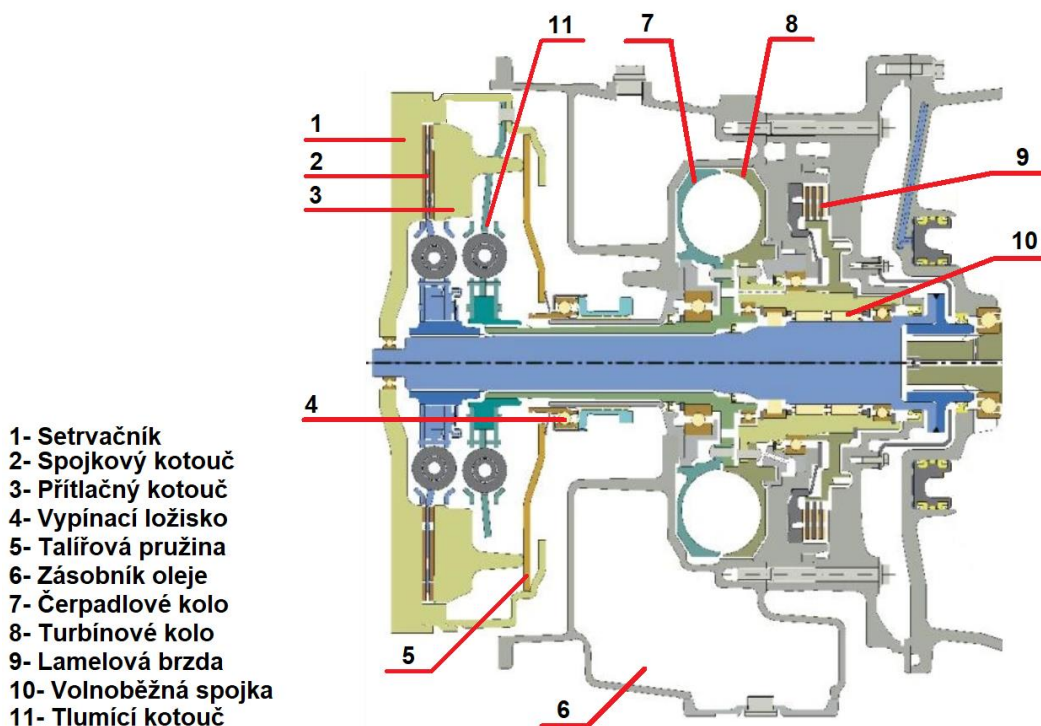
Jelikož je velice důležité tlumení vibrací vytvářené spalovacím motorem, je na hřídel spojky vloženo tlumící zařízení DynaDamp (obr. 36), které je přes kryt spojeno s motorem. Tento mechanismu funguje na stejném principu jako běžný dvouhmotnostní setrvačnick viz. kapitola 2.1.6

2.2.5 VOITH VIAB (TURBO RETARDER CLUTCH)

Voith Viab je relativně nový speciální systém kombinující kotoučovou a hydrodynamickou spojku, která pracuje i jako retardér. Cílem tohoto mechanismu je využít výhody a přednosti jednotlivých součástí a tím snížit provozní náklady. Díky využití hydrodynamické i kotoučové spojky jsou vozidla vybavená tímto mechanismem obohacena o mnoho výhodných funkcí, které pomáhají v mnoha obtížných situacích.

Voith Viab je určena převážně pro automatizované převodovky a o její řízení se stará řídicí jednotka TCU. Ovládání třecí spojky je shodné s konstrukčním řešením s automatizovanou manuální převodovkou a jednkotoučovou třecí spojku. Takže například za pomoci soustředného vypínacího ložiska. Samotná hydrodynamická spojka se ovládáním podobá spíše hydraulickým retardérům viz kapitola 3.1

POPIS KONSTRUKCE

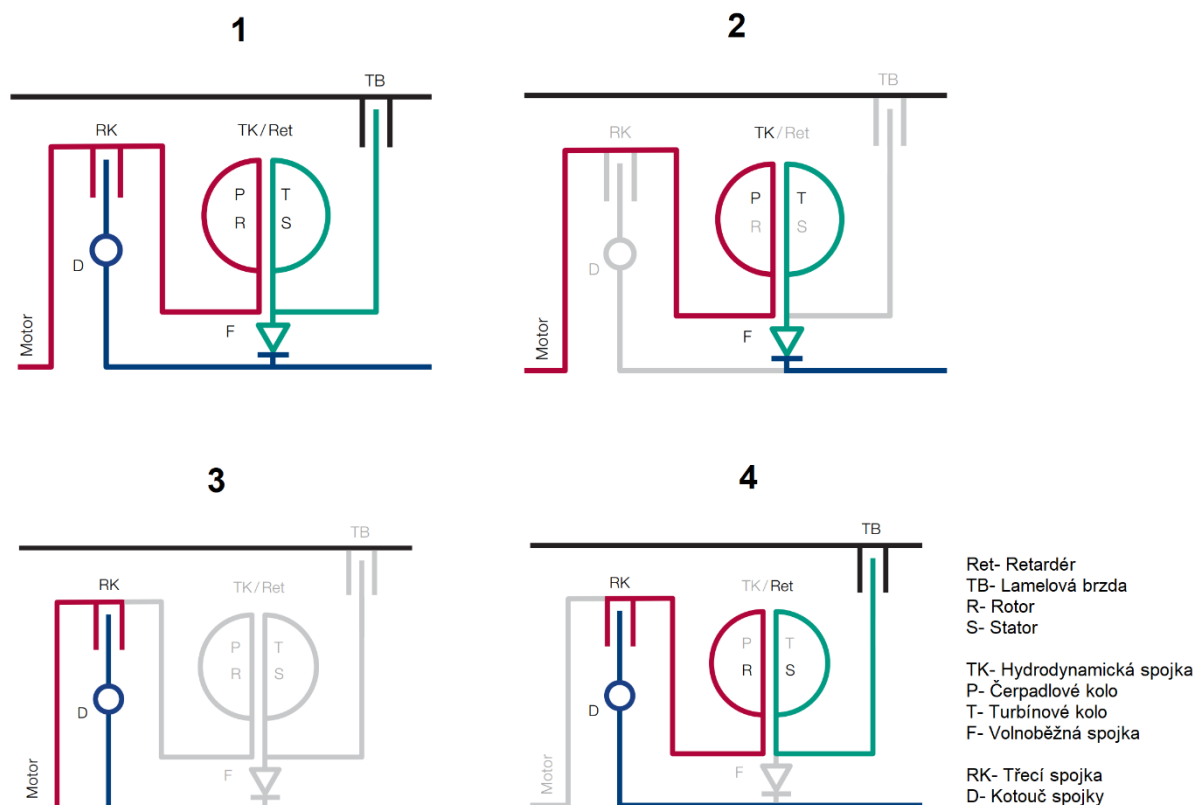


Obr. 37 Turbo-retardérová spojka Viab [32]

Konstrukci této spojky tvoří dvě hlavní části. První je klasická jednkotoučová suchá spojka tažného typu, která je spojena s plným hřídelem vedoucí do převodové skříně. Oproti konvenčním spojkám se pod štítem nachází i druhý kotouč podobný spojkové lamele. Ten spojuje spojkový kryt s dutou hřídelí vedoucí do druhé hlavní části.

Druhou část tvoří hydrodynamická spojka. Čerpadlové kolo je pevně spojeno s dutou hřídelí, která je uložena ve dvou kuličkových ložiscích. Protějšší turbínové kolo má relativně složitou konstrukci a tvoří opěrné body pro čtyři ložiska. Točivý moment je možné přenášet pouze z turbínového kola na hřídel převodovky. Naopak tomu nelze, protože turbínové kolo je uloženo ve válečkové volnoběžné spojce, která zabraňuje přenosu momentu ze hřídele na turbínové kolo. Volnoběžka je zde hlavně z důvodu, aby bylo možné turbínové kolo uzamknout a využít jako stator pro funkci retardéru. Dále na náboji turbínového kola je upevněn kotouč, ve kterém jsou uloženy hnací lamely lamelové brzdy.

PRINCIP FUNKCE



Obr. 38 Funkční schéma jednotlivých fází spojky Viab [33]

Princip funkce této spojky lze rozdělit na čtyři fáze (obr. 38). V první se vozidlo nepohybuje a nedochází ani k přenosu momentu, tudíž spojka nevykonává žádnou práci.

Ve druhé fázi probíhá rozjezd automobilu, který je realizován vždy pouze za pomoci hydrodynamické spojky. Moment je přenášen ze setrvačníku na tlumící kotouč, který pohání dutou hřídel společně s čerpadlovým kolem. Za pomoci kapaliny se předává pohybová energie kolu turbínovému, které přes volnoběžnou spojku roztáčí plnou hřídel. Třecí kotoučová spojka je po celou dobu rozjezdu odpojená až do té doby, dokud nedojde k vyrovnání otáček mezi oběžnými koly hydrodynamické spojky. V tuto chvíli nastává třetí fáze a třecí spojka se uzamkne.

Točivý moment je nyní za pomoci třecí spojky efektivně přenášen ze setrvačníku přímo na hřídel převodovky. Jelikož štít spojky neustále unáší i čerpadlové kolo, dochází vždy během sepnutí třecí spojky k odčerpání oleje z torusu, aby nedocházelo ke zbytečným ztrátám [34].

Poslední čtvrtá fáze je využití hydrodynamické spojky jako retardér. Aby bylo možné uvést retardér do chodu musí být vždy sepnuta třecí spojka. Dále lamelová brzda uzamkne turbínové kolo, čímž začne plnit roli statoru. Do torusu hydrodynamické spojky proudí olej, kterým je regulován brzdový účinek jako u hydraulických retardérů. Decelerační moment se přenáší ze statoru za pomoci kapaliny na rotor. Z něj dále na štít a pomocí třecí spojky na hřídel převodovky [34].

SPOJKA VIAB V PRAXI

Kombinace třecí spojky s hydrodynamickou přináší pro provoz nákladních automobilů mnoho užitečných funkcí a výhod.

Prvním přínosem jsou samotné rozjezdy vozidla. Jelikož probíhají výhradně za pomoci hydrodynamické spojky, která dokáže téměř ihned přenášet maximální výkon, jsou rozjezdy s těžkým nákladem o mnoho jednodušší. Dále během uvedení vozidla do pohybu za pomoci hydrodynamické spojky, nedochází téměř k žádnému opotřebením jakýchkoliv komponent, čímž se zvedá životnost a klesají náklady na údržbu. Zároveň je hydrodynamická spojka nepřetržitě chlazena, takže by nikdy nemělo nastat přehřátí [34].

Třecí spojka je využívána výhradně jako uzamykací pro hydrodynamickou spojku během pohybu, tím pádem nedochází k nadměrným prokluzům a její životnost je mnohonásobně vyšší než u běžných vozidel.

Zabudovaný retardér funguje jako primární zařízení pro zpomalování tím pádem se opět maří energie za pomoci zařízení, které nepodléhá téměř žádnému opotřebením [34].

Spojky Viab přinášejí i mnoho výhodných funkcí. První jsou dobře regulovatelné rozjezdy. Během otáčení a neustálém měnění pohybu vpřed a vzad je možné za pomoci tlačítka aktivovat režim manévrování. Díky hydrodynamické spojce lze poté jako u automatických převodovek s „hydroměničem“ provádět rozjezdy pouze za pomoci brzdového pedálu. Zároveň je regulován průtok oleje torusem čímž se ovládá velikost přenášeného momentu [34].

Další výhodnou funkcí je start v prudkém kopci. Řidič během zastavování stiskne tlačítko, které ovládá automatické držení vozidla v prudkém svahu čímž aktivuje třecí brzdy. Během rozjezdu dojde k uvolnění třecích brzd přesně v momentu, kdy síla motoru vyvíjená na hydrodynamickou spojku a na kola je v rovnováze s gravitační silou. V této situaci se větším přidáním plynu vozidlo rozjede. V případě ubírání plynu je možné daný svah sjet pozadu se zařazeným rychlostním stupněm pro pohyb vpřed. Tím pádem bude docházet k brzdění za pomoci hydrodynamické spojky [34].

2.3 MATERIÁLY POUŽÍVANÉ PRO SPOJKOVÁ OBLOŽENÍ

Spojkové obložení je jednou z nejvíce namáhaných součástí ve hnacím traktu vozidla. Proto je velice důležité, aby splňovala relativně přísné a často protichůdné požadavky.

Nároky na spojkové obložení:

- Vysoká pevnost a odolnost
- Odolnost proti opotřebení a vysokým teplotám
- Jemný a plynulý záběr
- Tichý chod
- Nízká tendence vadnutí
- Přenos momentu musí být spolehlivý

2.3.1 ORGANICKÉ OBLOŽENÍ

Organické materiály pro spojková obložení se začaly objevovat okolo roku 1920 s kotoučovými spojkami. V této době bylo velikým pokrokem zavedení azbestových obložení Ferodo, které oproti tehdejším materiálům bylo mnohem spolehlivější a mělo mnohem větší životnost. Azbestové materiály byly používány až do začátku 21. století, kdy bylo postupně nahrazováno jinými ekologičtějšími materiály [1].

Dnes jsou pro výrobu používány fenolické pryskyřice obohacené o tzv. třecí modifikátory, kterými jsou kovové oxidy, kovový prášek a různé směsi gumy. Pro výrobu těchto kovových prášků se nejčastěji používá mosaz. Organická obložení všeobecně nejsou odolná proti vysokým teplotám a velmi rychle se přehřívají pod velikým zatížením oproti jiným materiálům. Maximální provozní teploty se pohybují okolo 300 °C. Obecně jsou používány s nízkými výkony a hodí se pro aplikace, kde je spojka spojena a rozpojena mnohokrát za den. Oproti ostatním třecím materiálům mají nižší životnost [35].



Obr. 39 Spojková lamela Sachs s organickým obložením [36]

LISOVANÁ OBLOŽENÍ

Lisované obložení je vyráběno a vytvrzováno ve formách za vysokého tlaku a teploty. Do forem se přivádí plnicí materiál s modifikátory. Touto technologií výroby je zaručeno homogenní struktury a obložení má po celé ploše stejné třecí i mechanické vlastnosti [37].

Díky technologii lisování je obložení cenově nejdostupnější v porovnání s ostatními materiály. Spojky vybavené tímto obložením mají velice plynulý záběr, díky nižšímu koeficientu tření než ostatní materiály. Nevýhodou bývá nižší pevnost a odolnost proti vysokým otáčkám. U tohoto obložení při vystavení teplotě okolo 500 °C, hrozí při 5000 min⁻¹ k destrukci spojky [35].

TKANÁ OBLOŽENÍ

Základ pro výrobu tohoto typu obložení tvoří tkaná látka ze skleněných vláken. Bývá i z části tkaná z cínu, mědi či mosazi. „Materiál je spřádán do vláken a ta jsou tkána do podoby sítí či do mřížových forem. Společně s plnicí hmotou jsou také tyto polotovary tvrzeny ve formách za vysokého tlaku a teploty [37].“

Tkané obložení sdílí stejné výhody jako obložení lisované, avšak za vyšší cenu odstraňuje nevýhodu pevnosti a odolnosti proti vysokým otáčkám, kde k destrukci dochází i při více než 10 000 min⁻¹. Dnes je toto obložení nejpoužívanější pro většinu vozidel. Nabízí nejlepší kombinaci výkonu, odolnosti, pevnosti, životnosti a především ceny [35].

V praxi existuje i tzv. HEAVY-DUTY tkané obložení, které je určeno pro těžké aplikace. Z hlediska plynulosti záběru jsou podobné tkaným a lisovaným, ale jsou o mnoho pevnější, a především odolnější proti vysokým teplotám. To je způsobeno přidáním mnohem více kovových prvků, které zvětší odolnost proti teplotě a redukují „vadnutí“ spojky při větším zahřátí [35].

K vadnutí spojky dochází při zvyšování teploty obložení, kde jejím vlivem dochází ke snižování koeficientu tření a pod velkým zatížením posléze dochází k prokluzům. K vadnutí dochází převážně u organických spojek.

Toto obložení je výhodné pro nákladní vozidla, sportovní aplikace apod. Mají stále výhodu vyváženosti všech vlastností jako pevnosti, životnosti, teplotní odolnosti a jejich záběr je stále hladký a plynulý [35].

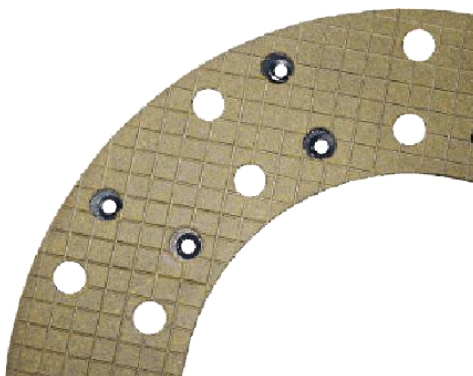
2.3.2 KEVLAROVÉ (ARAMIDOVÉ) OBLOŽENÍ

Kevlar a Twaron je obchodní označení pro aramidová vlákna, která jsou používána v mnoha různých odvětvích. Jejich předností je odolnost proti vysokým teplotám a tlakům. Obložení vyrobené z tohoto materiálu je vlastnostmi podobné obložení organickému a nabídne stejně jemný záběr [35].

Kevlarové obložení má mnohem menší součinitel tření, díky kterému téměř neopotřebovává setrvačnick a vozidla vybavená tímto obložením z výroby často vydrží s jedním setrvačnickem po celou dobu svého provozu. Další výhodou nízkého koeficientu tření je, že se při prokluzu lamely tolik neopotřebovává ani samotné obložení a při správném zacházení se spojkovým pedálem, kevlarová spojka překoná ostatní materiály až 5x větší životností [38].

Nevýhodou je nutnost mnohem většího přitlaku na spojkovou lamelu, aby nedocházelo k prokluzu při větším zatížení.

Díky jemnému záběru, a dlouhé životnosti se hodí pro off-roadová vozidla a pro vozidla, která zdolávají skalnaté povrchy. Pro těžké aplikace v užitkových vozidlech nejsou vhodná, protože heavy-duty organická obložení jsou stále výhodnější [35].

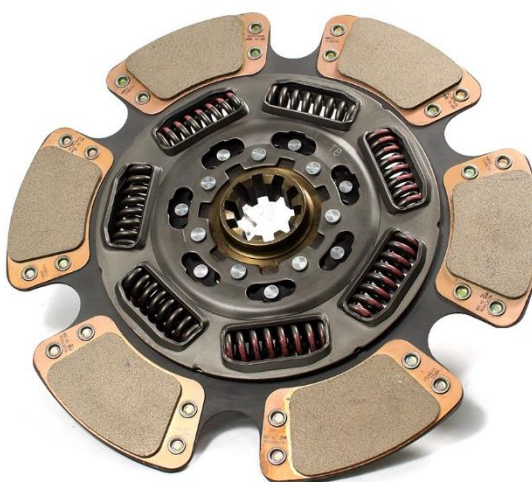


Obr. 40 Kevlarové obložení [35]

2.3.3 KERAMICKÉ OBLOŽENÍ

Keramické spojkové obložení je vyráběno práškovou metalurgií, kde směs různých kovů se slinuje do malých destiček, které se pak přinýtují na kotouč spojky. Jako plnicí materiál se používají směsi mědi, železa, cínu, bronzu a oxidu křemičitého nebo grafitu [35].

Keramické obložení dokáže odolávat extrémní teplotě a nedochází k jeho vadnutí ani při překročení hranice 500 °C. Zároveň díky kovové struktuře dokáže rychle odvádět teplo na ostatní součásti, čímž se současně dobře chladí [35]. Dále je zapotřebí podotknout, že statické a dynamické tření je u těchto materiálů poměrně vysoké a zapojování spojky do záběru bývá náhlé, až téměř okamžité.



Obr. 41 Keramická spojka používaná ve spojkách EATON u amerických užitkových vozidel [39]

Vyšší koeficient tření u tohoto materiálu přináší oproti ostatním obrovskou výhodu, že při stejné přitlačné síle je spojka schopná přenášet mnohonásobně větší točivý moment. Oproti tomu s sebou nese nevýhodu náhlého spojení, což je pro běžný provoz velice nekomfortní a zároveň náhlým spojením jsou vytvářeny velké rázy na převodový mechanismus, což snižuje jeho životnost [35].

Díky velkému koeficientu tření, které je až dvojnásobné oproti běžnému organickému obložení a díky tomu, že jsou keramické destičky z kovů, které mají podobné mechanické vlastnosti jako spolu zabírající součásti nastává problém, že dochází k velkému opotřebení setrvačnicku i přitlačného kotouče. Ve skutečnosti během používání těchto spojek dochází ke stejnému opotřebení na spojkové lamelle, na setrvačnicku i na přitlačném kotouči. Zároveň jak ubývá materiál na obložení i na spolu zabírajících součástech, dochází ke snižování přitlačné síly pružiny, proto je dobré využívat SAC systémy společně s tímto obložением [35].

Např. organické obložení, které má mnohem menší tvrdost, opotřebovává ostatní komponenty mnohem méně. Nemusí se setrvačnick, ani přitlačný kotouč měnit s každým novým obložением, není-li to nutné z jiných důvodů. Takovým důvodem, proč nahradit starý setrvačnick i u organických lamel, bývá například že staré spojkové obložení vybrousí dráhy na setrvačnicku, což by snížilo životnost nové spojky.

Keramické obložení se hodí pro závodní účely, kde nevýhoda okamžitého sepnutí spojky je vlastně výhodou. Využívá se i u těžké techniky, kde jsou velké nároky na přenášený točivý moment. Používají se u největších nákladních vozidel, které jezdí v lomech, u nákladních vozidel, které tahají nejtěžší náklady a ve velmi upravených osobních vozidlech, kde běžné spojky už nejsou schopné přenášet točivý moment extrémně výkonných motorů [35].

2.3.4 FERAMIC FACINGS (FERAMICKÉ OBLOŽENÍ)

Feramické obložení je velice podobné s obložением keramickým, avšak složení obsahuje mnohem větší podíl materiálů na bázi kovů. Směs pro toto obložení se skládá z oceli, oxidu křemičitého, cínu, bronzu a grafitu [35].

Tento typ byl vyvinut striktně pro závodní účely, kde okamžitý záběr spojky je důležitý pro rychlý start vozidla, ale využívá se i v zemědělské technice.

Speciálním typem feramického obložení je tzv. carbotic facing (karbonické obložení). Bylo navrženo pro kombinaci výhod organických, kevlarových a keramických obložení. Nabízí tedy plynulý záběr stejně jako kevlarové a organické v kombinaci s tepelnou odolností keramických spojek. Karbonické obložení je nejvíce vhodné pro nákladní automobily [35].

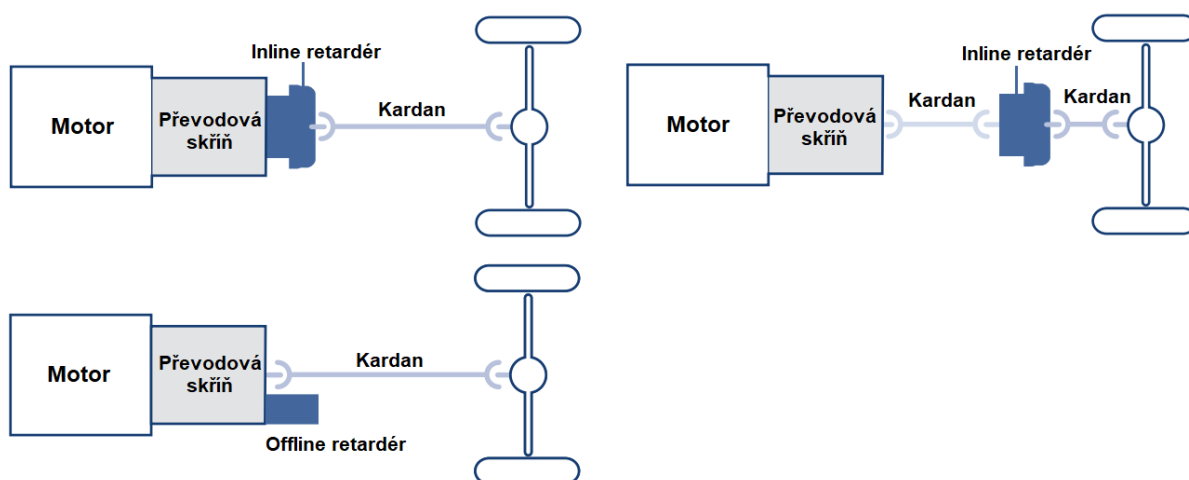
Nejnovějším typem s podobnou strukturou jako feramické obložení je tzv. FeramAlloy obložení, které je vyvinuto speciálně pro těžké aplikace a komerční vozidla. Vlastnostmi je velice podobné karbonickému obložení, ale odolává mnohem větším teplotám [35].

3 RETARDÉRY A INTARDÉRY U UŽITKOVÝCH VOZIDEL

Tato zařízení vznikla primárně jako přídavný bezpečnostní zpomalovací systém. V situacích, kdy je vyžadováno dlouhodobé brzdění, například při jízdě z kopce zvládají vozidlo zpomalovat extrémními deceleračními výkony, a není zapotřebí využívat kotoučové brzdy. Jejich obrovskou předností je téměř neomezená doba zpomalování vozidla s minimálním opotřebením. Nemělo by tedy nikdy dojít k jejich selhávání vlivem vysoké teploty nebo přehřátím. Zároveň nároky na údržbu těchto systémů jsou relativně zanedbatelné. Dříve byly retardéry ovládány pouze řidičem například za pomoci páčky. Z hlediska efektivity a nízkých provozních nákladů se dnes výrobci užitkových vozidel snaží zakomponovat retardéry i do běžných situací, kdy je nutno brzdit. Řídící jednotka vozidla neustále vyhodnocuje situaci, kdy dojde ke stisknutí brzdového pedálu a sama určuje, kterým systémem bude vozidlo zpomalovat. Při lehkém stlačení pedálu vozidlo zpomaluje za pomoci retardéru a v případě nouze nebo při zastavování se přidávají i kotoučové brzdy. Výsledkem bývá mnohonásobně vyšší životnost kotoučových brzd.

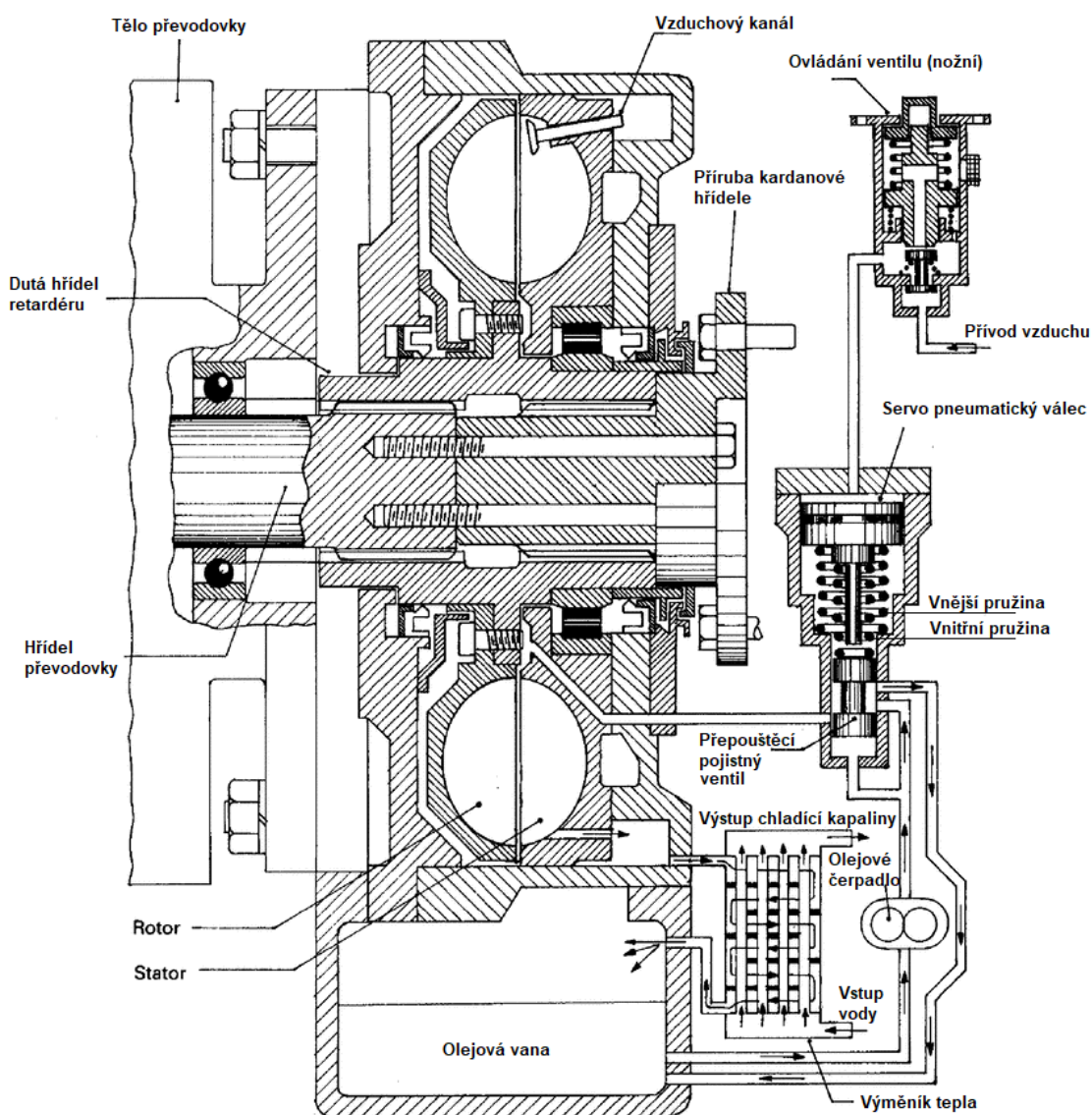
3.1 HYDRAULICKÉ RETARDÉRY

Hlavní části hydraulických retardérů tvoří čerpadlové a turbínové kolo, které v tomto případě zastupuje roli statoru, tudíž je pevně upevněno k tělu. Jako provozní médium je využíván olej nebo voda. Olejové intardéry jsou často připojené na hydraulický systém převodovek, zatímco retardéry mají okruh vlastní. Aquatadéry využívající vodu se napojují přímo na chladicí systém motoru. Dle uspořádání v hnacím traktu se retardéry dělí do dvou skupin na inline a offline (obr. 42). V případě inline konstrukce je oběžné kolo retardéru v ose s hnací hřídelí. U offline retardérů se oběžné kolo nachází mimo hřídel převodovky a pohání ho ozubená kola [2].



Obr. 42 Schéma uspořádání retardérů [2]

3.1.1 OLEJOVÉ RETARDÉRY A INTARDERY



Obr. 43 Inline olejový retardér [40]

KONSTRUKCE OLEJOVÉHO RETARDÉRU

Rotor (čerpádkové kolo) je přišroubováno k přírubě vnitřně drážkovaného náboje, který zároveň spojuje hnací hřídel převodové skříně a přírubu kardanové hřídele. Ta je zajištěna za pomoci šroubů s čelní stranou hřídele převodovky, aby nedošlo k jejímu uvolnění. Hydraulický okruh tvoří výměník, olejové čerpadlo a pneumaticky řízený přepouštěcí/pojistný ventil.

PRINCIP FUNKCE

Hřídel převodové skříně během jízdy neustále pohání za pomoci vnitřně drážkovaného náboje kardanovou hřídel a jelikož se jedná o inline retardér, unáší i čerpádkové kolo. Během zpomalování za pomoci retardéru se do pracovního prostoru mezi rotor a stator zavede olej. Neustále otáčející se lopatky rotoru působí na pracovní látku (olej)

a udělují jí odstředivé radiální zrychlení. Jakmile urychlená kapalina opustí prostor rotoru po vnějším okraji, narazí na pevné lopatky statoru. Kinetická energie udělená kapalině proudící z otáčejícího se rotoru na fixní stator vytváří protichůdný vířivý proud. Výsledný efekt je zpomalování čerpadlového kola a tím i celého vozidla. Zmařená pohybová energie se posléze mění v tepelnou a je disipována do oleje, který proudí přes tepelný výměník, kde přebytečné teplo odevzdá chladící kapalině motoru.

V případě odstavení retardéru je z něj veškerý olej odčerpán a oběžné kolo se otáčí pouze ve vzduchu. Avšak stator i rotor se nacházejí v takové blízkosti, že dochází ke ztrátám vlivem vířivých proudů vzduchu. Proto jsou po celém obvodu statoru zhotovené vzduchové kanály s kotoučovou hlavou, které narušují proudy vzduchu a redukují ztráty na minimum [40].

Hydraulické retardéry jsou extrémně výkonné při velkých rychlostech vozidla, avšak při pomalém pohybu nemají téměř žádný výkon. Z těchto důvodů se konstruují tak, aby maximální decelerační moment byl dosažen přibližně ve čtvrtině maximálně možných otáček kardanové hřídele (čtvrtina maximální rychlosti vozidla). Důležité je zmínit, že zpomalovací výkon retardéru odpovídá druhé mocninné funkci otáček hřídele. Tím pádem při vysokých rychlostech by byl decelerační výkon tak extrémní, že by mohlo dojít ke zranění, či k poškození hnacího traktu. Z toho důvodu musí být tento výkon omezen. Toho je jednoduše docíleno za pomoci přepouštěcího ventilu, který zároveň plní i pojistnou funkci. Během brzdění je tedy neustále regulován průtok a tlak cirkulujícího oleje a tím i výkon retardéru [40].

OVLÁDÁNÍ RETARDÉRU

Samotné ovládání retardéru na obr. 43 lze rozdělit do 4 stavů. V první fázi je retardér deaktivovaný. V pracovním prostoru se nenachází žádná kapalina a neprobíhá brzdění. Hydraulické čerpadlo je trvale v provozu a olej neustále proudí do přepouštěcího ventilu a opět se vrací do olejové vany zpětným okruhem [40].

Druhá fáze nastává, jakmile řídicí (ovládací) ventil obdrží signál od páčky pod volantem, nebo od brzdového pedálu. Řidič uvede do pohybu pneumatický ventil, který otevře přívod stlačeného vzduchu do pneumatického servoválce. Zde působí vzduch na píst, který je nucen pohybovat se směrem dolů a pomocí vnitřní tlačné pružiny působí na šoupátko přepouštěcího ventilu, které začne uzavírat otvor zpětného toku a zároveň otevírá průtok do pracovního prostoru oběžných kol.

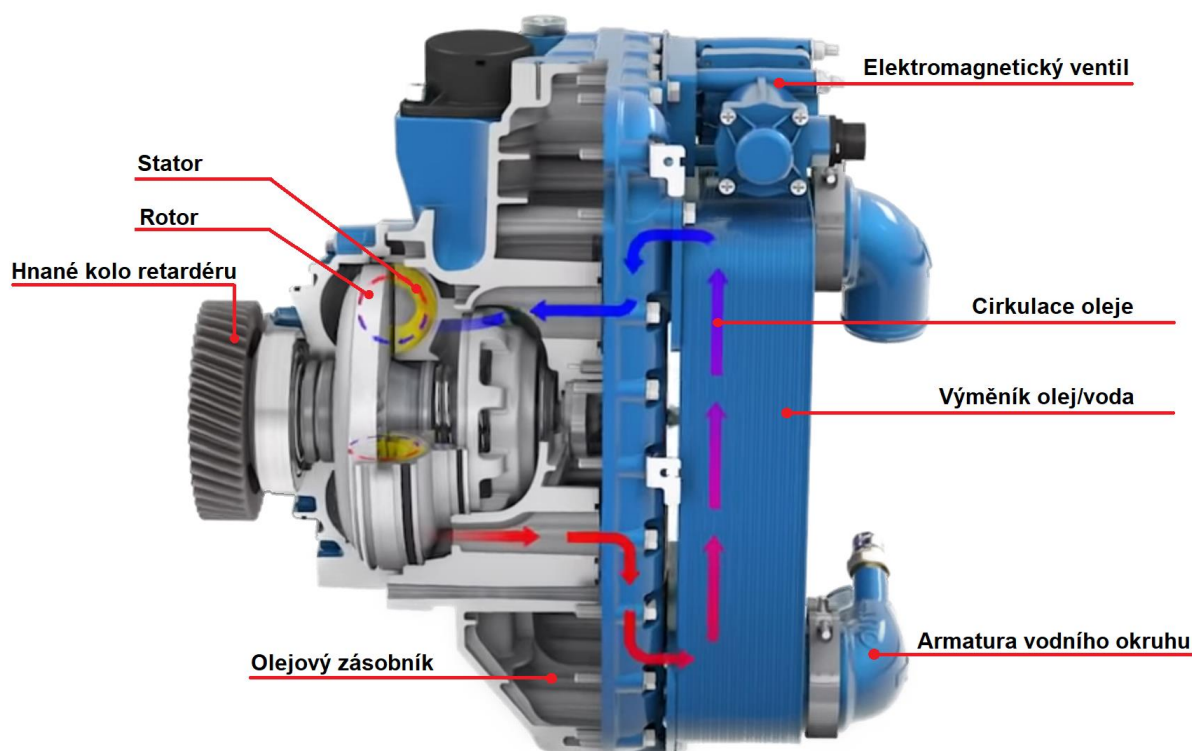
Proud oleje poháněný hydraulickým čerpadlem nyní zaplňuje prostor mezi statorem a rotorem. Rychlost plnění je škrcena (ovládána) za pomoci pístu (servoválce), který ovládá řídicí pomocí pneumatického ventilu. Aby bylo možné plynule regulovat průtok do pracovního prostoru retardéru, musí na šoupátko působit rovnovážné síly. Z vrchní strany působí tlak vzduchu na pneumatický píst. Stejnou opačně orientovanou silou působí na spodní stranu šoupátka hydraulický tlak, který je automaticky regulován otáčkami olejového čerpadla a množstvím unikající kapaliny zpět do olejové vany. Tlak vzduchu přiváděný na servopíst umožňuje velice přesnou regulaci proudícího oleje přes oběžná kola retardéru, a tím i regulaci deceleračního momentu [40].

Třetí fáze nastává z hlediska bezpečnosti. V případě, že se vozidlo pohybuje maximální rychlostí a retardér by byl spuštěn na svůj maximální výkon, došlo by k jeho přetížení. Z tohoto důvodu se v přepouštěcím ventilu nachází vnitřní tlačná pružina, která funguje jako bezpečnostní prvek. Během aktivace retardéru za těchto podmínek dojde k rapidnímu nárůstu tlaku v hydraulickém okruhu. Vysoký tlak oleje začne

působit na spodní část šoupátka a překoná sílu tlačné pružiny. Přeruší se rovnováha mezi hydraulickým a pneumatickým tlakem a šoupátko je nuceno škrtit, popřípadě uzavřít přívod do retardéru a přebytečnou kapalinu přepouští zpět do vany [40].

Poslední fází je deaktivace retardéru. Řidič uvolní pneumatický ventil. Tlak působící v servoválci poklesne a vnější tlačná pružina vrátí píst do původní polohy. Tlak oleje nadzvedne šoupátko a uzavře přívod do retardéru. Přebytečná kapalina je za pomoci rotoru odčerpána zpět přes výměník do olejové vany [40].

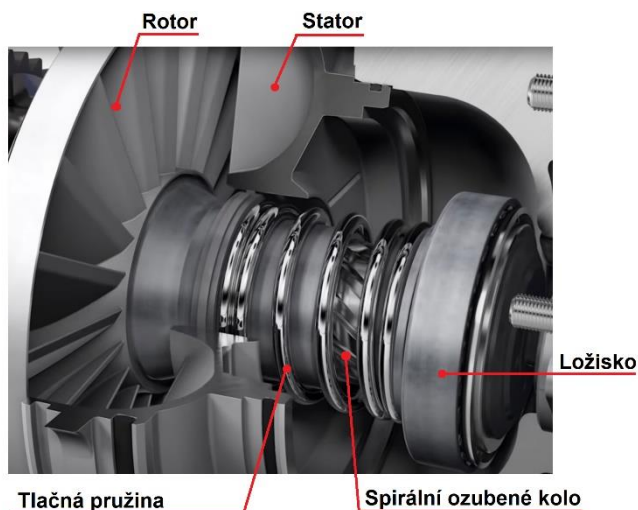
VOITH OFFLINE RETARDÉR



Obr. 44 Offline olejový retardér Voith [41]

Voith offline retardéry se připojují na zadní levou část převodové skříně. Rotor není přímo poháněn od výstupní hřídele, jak v případě inline konfigurace na obr. 43, ale přes dvě spoluzabírající ozubená kola. Převodový poměr bývá zpravidla 2:1 [41]. Tudiž jedna otáčka kardanové hřídele je rovna dvěma otáčkám hřídele rotoru. To přináší výhodu mnohem menších rozměrů a hmotnosti celého retardéru, bez sebemenšího vlivu na decelerační výkon. Další výhodou je zastavěný prostor pouze na jedné straně převodovky a pravá lze využít pro jiná zařízení [41].

Ovládání offline retardérů probíhá stejně jako u inline, a to za pomoci páčky pod volantem nebo pedálu. Princip funkce se též shoduje s rozdílem mírně odlišné konstrukce.

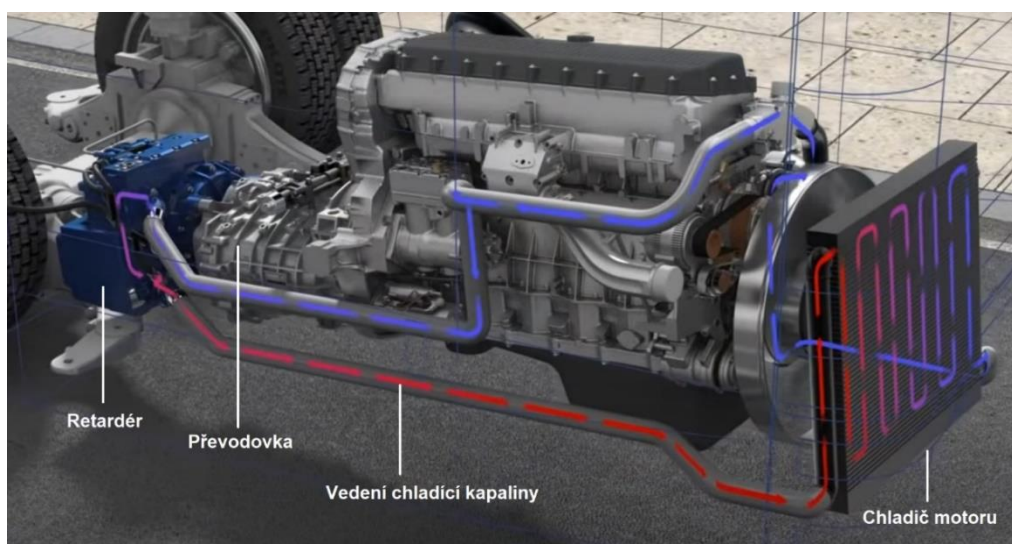


Obr. 45 Uložení rotoru retardéru [41]

Retardér (obr. 44) je modernější variantou retardéru na obr. 43. Největším konstrukčním rozdílem je pohyblivý rotor.

U retardéru viz obr. 44 před zahájením samotného brzdného efektu se musí rotor přestavit do pracovní polohy. To je realizováno pomocí spirálního ozubeného kola (obr. 45).

Při ukončení brzdění se za pomoci rotoru odčerpá veškerý olej z torusu retardéru zpět do zásobníku. Tlačná pružina (obr. 44) oddálí rotor od statoru do volnoběžné polohy. Důvodem tohoto pohybu je zamezení ventilace vzduchu mezi jednotlivými oběžnými koly, aby nedocházelo ke ztrátám a tím i zvyšování spotřeby paliva [41].



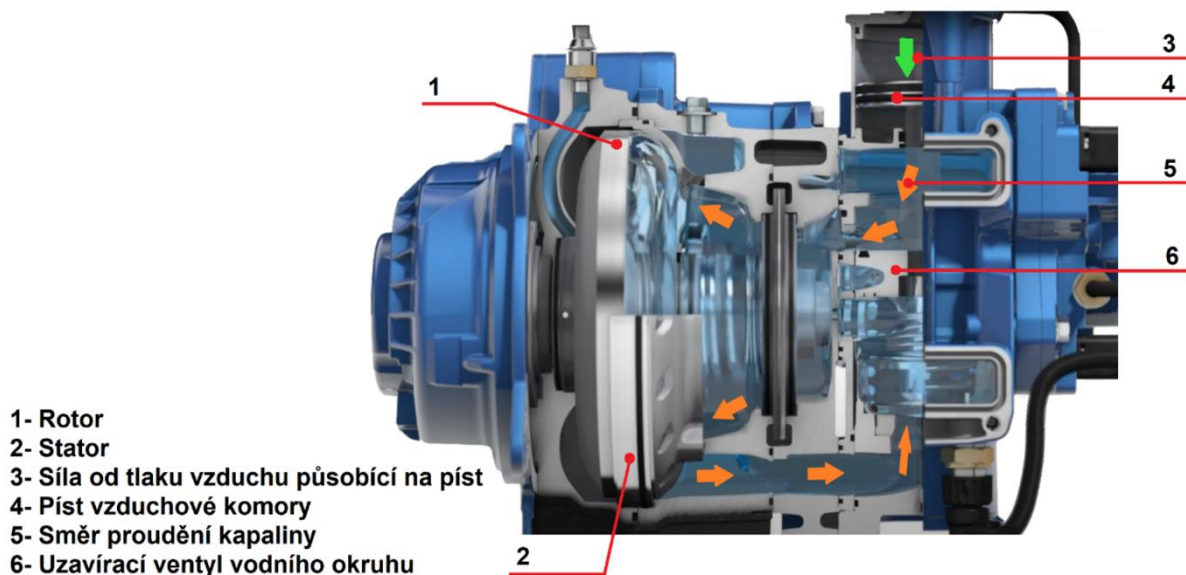
Obr. 46 Chladicí okruh retardéru [42]

Chlazení retardéru je uskutečněno vodním okruhem určeným pro chlazení motoru (obr. 46). Výhodou tohoto systému je absence dalšího chladiče. Dále během brzdění, motor nespotřebovává žádné palivo, tudíž negeneruje téměř žádné teplo. Z toho vyplývá, že veškerý výkon čelního chladiče lze využít pro retardér.

3.1.2 VODNÍ RETARDÉRY (AQUATARDER)

AQUATARDÉR VOITH SWR/ ECO-SWR

Aquatardéry Voith SWR/ECO-SWR se vyrábějí v offline konfiguraci. Jako pracovní látku využívají chladící kapalinu motoru, tudíž zde není potřeba výměník tepla, který je nutné zakomponovat u olejových retardérů. Díky jeho absenci mohou být vodní retardéry až o 35 kg lehčí, za předpokladu stejného zpomalovacího účinku [43].



Obr. 47 Voith aquatardér SWR [43]

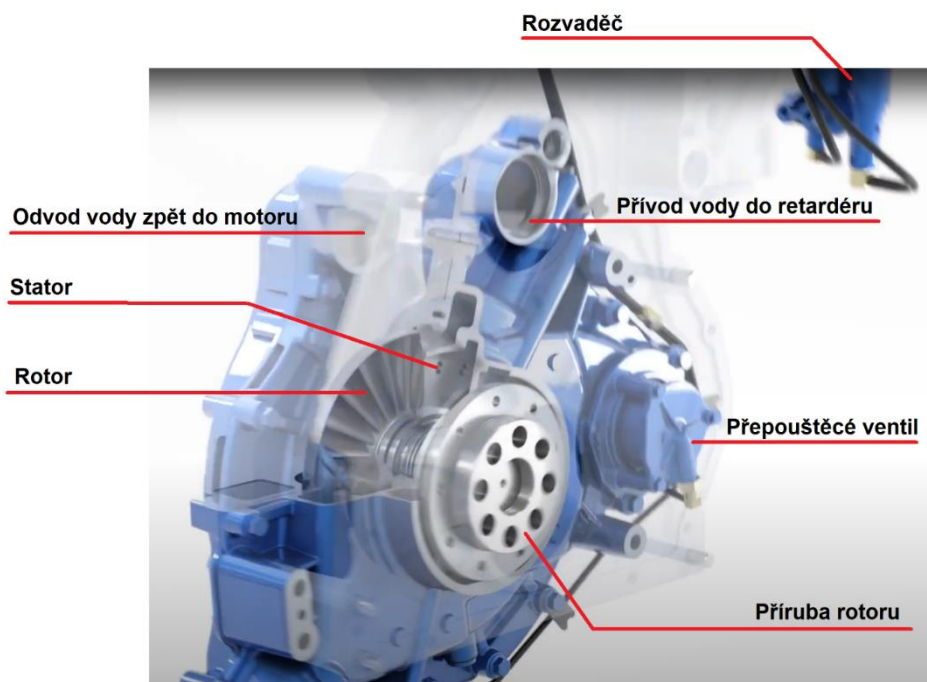
Princip funkce

Konstrukce aquatardérů je velice podobná offline olejovým retardérům, včetně stejného ovládání a regulace. Chlazení též probíhá za pomoci chladiče motoru (obr. 46) s tím rozdílem, že voda proudí přímo do pracovního torusu.

Jakmile řídicí jednotka retardéru obdrží signál o spuštění, elektromagnetický ventil vpustí na píst (4) stlačený vzduch a uvede ho do pohybu společně s ventilem (6), který umožní průtok chladící kapaliny do pracovního prostoru. Voda pokračuje do torusu oběžných kol a po vnějším okraji opouští retardér zpět do chladiče motoru. Celému vodnímu okruhu napomáhá i vodní čerpadlo motoru, což zlepšuje efektivitu chlazení celého systému. Stejně jako u olejových retardérů, zde je též rotor uložen ve spirálním ozubeném kole a během procesů brzdění se oddaluje, či přibližuje ke statoru [43].

V případě modernější verze ECO-SWR už tomu tak není a namísto spirálního ozubeného kola a tlačné pružiny přichází synchronizační spojka vložená mezi rotor a hnané ozubené kolo. Je-li nutné zpomalovat vozidlo řadící vidlice spojí synchronizační spojku a je možné přenášet decelerační moment. Jakmile řidič ukončí zpomalování, spojka odpojí rotor od hnaného ozubeného kola i od hřídele převodovky [44].

AQUATARDÉR VOITH PWR



Obr. 48 Voith PWR (Primari Water Retarder) [45]

Retardéry typu PWR jsou vyvinuty převážně pro automobily MAN. Největší předností tohoto typu je umístění v hnacím traktu. Nenachází se na převodové skříni jako většina konvenčních retardérů, nýbrž na přední části motoru [45].

Rotor (čerpadlové kolo) je tedy připevněno pomocí příruby přímo na klikovou hřídel. Výhodou tohoto systému je absence potrubí pro vodní okruh retardéru, protože hydraulické spojení se realizuje přímo mezi retardérem a motorem. Další výhodou tohoto systému tvoří zpomalování přímo klikové hřídele [45].

Účinnost retardéru tedy není závislá na otáčkách kardanové hřídele, nýbrž na otáčkách motoru. Z toho vyplývá že lze využít maximální výkon retardéru již na prvním převodovém stupni. Brzdného účinku lze využívat i během přeřazování rychlostních stupňů, protože při stisknutí spojkového pedálu dochází k odpojení retardéru, aby nedošlo k zastavení motoru [46].

V mrazivých podmínkách, když řidič nastartuje studený motor, lze využít u těchto retardérů Cold-start funkci. Studená chladící kapalina tedy proudí i přes retardér, aby se rychleji ohřála a jakmile vodní okruh dosáhne požadované teploty retardér se automaticky odstaví [46].

3.2 ELEKTROMAGNETICKÉ RETARDÉRY

Výrobou a vývojem těchto typů retardérů (obr. 49) se zabývá převážně společnost Telma. Hlavní komponenty tvoří nosný talířový plech, ke kterému je připevněno 8 solenoidů tvořící stator. Rotor vyrobený ze dvou kotoučů z magneticky měkké oceli se nachází oproti pólům solenoidů, který je připevněn k vnitřně drážkovanému náboji. Náboj zároveň propojuje hřídel převodovky s kardanem a tvoří opěrný bod v kuličkovém ložisku. U elektromagnetických retardérů se též přeměňuje kinetická energie na tepelnou. Proto jsou v rotoru zhotoveny spirálovité lopatky, které zajišťují dostatečné proudění vzduchu k jeho chlazení [40].

O řízení osmi solenoidů se starají čtyři nezávislé obvody ovládané reléovou skříní (obr. 50). Relé skříně je obvykle ovládána pětipolohovým spínačem umístěným pod volantem. Samotnou regulaci nelze uskutečnit plynule jako u hydraulických retardérů. Ovládací spínač má čtyři sepnuté polohy a postupně se spínají dva, čtyři, šest a osm pólů. Z bezpečnostních důvodů jsou solenoidové obvody zapojeny paralelně, aby v případě poruchy bylo možné zpomalovat alespoň částečným výkonem. Jinými slovy, když dojde k vyřazení jednoho ze čtyř obvodů, stále je možné zpomalovat 75 % výkonu za pomoci šesti zbývajících solenoidů [40].

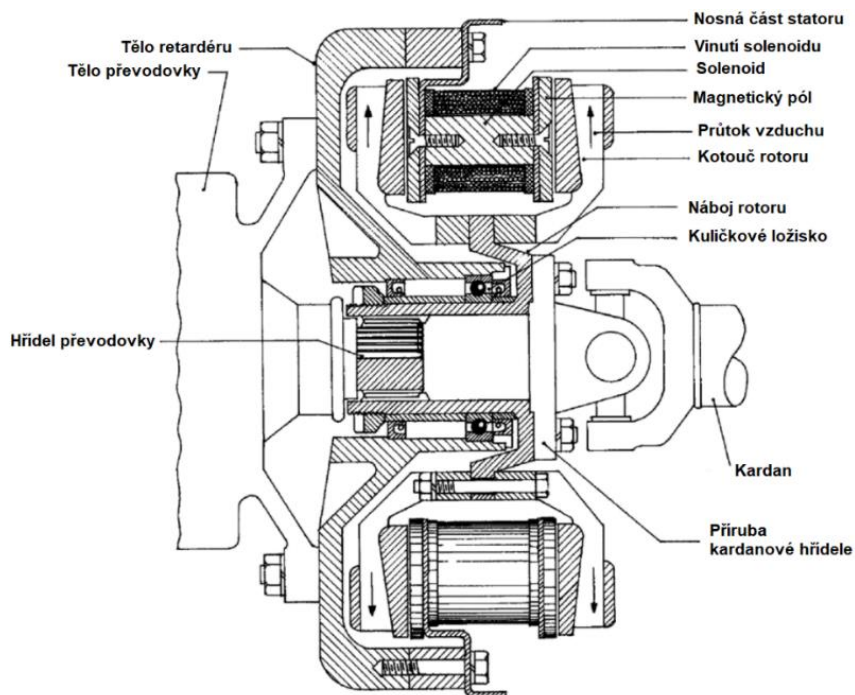
Elektrické retardéry jsou velice náročné na spotřebu energie a pro běžně používané se pohybuje jmenovitý proud okolo 40-180 A při napětí 12/24 V [40].

PRINCIP FUNKCE

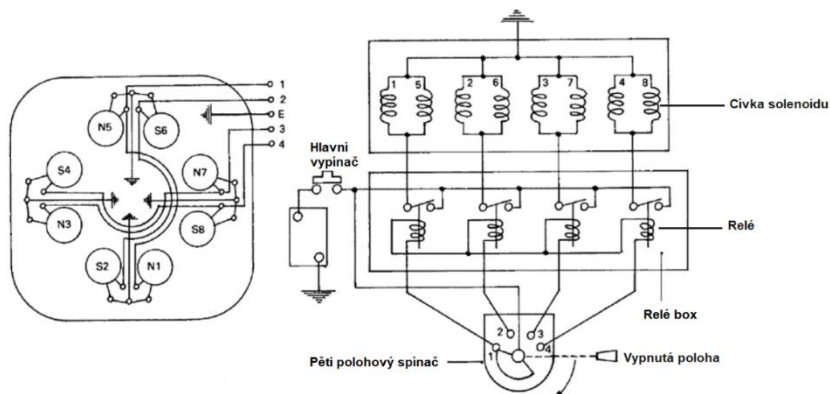
Pokud se do každého z osmi solenoidů (elektromagnetů) přivede elektrický proud, vytvoří se na veškerých pólech magnetický tok. Ten proudí přes vzduchovou mezeru do kovového kotouče rotoru, kde se spojuje s opačně orientovaným magnetickým pólem sousedícího solenoidu viz obr. 51. Mezi jednotlivými sousedícími elektromagnety se vytvoří magnetické pole po celém obvodu retardéru [40].

Když se rotor otáčí, prochází konkrétním magnetickým tokem jedné dvojice cívek v konkrétní dobu určitá jeho část. Jak část rotoru neustále mění pozici v magnetických polích jednotlivých cívek, dochází ke kolísání přitažlivé síly. Když se rotor přibližuje a oddaluje od jednotlivých magnetických toků. Výsledkem těchto změn je indukované napětí. Jelikož je rotor vytvořen z vodivého materiálu, toto naindukované napětí způsobí, že se zde vytvoří odpovídající naindukovaný vířivý proud, který vytváří další tok působící proti pohybu kotouče (obr. 51). Magnetické pole solenoidů tedy vytváří v kotouči rotoru vířivé proudy, které produkují magnetickou tažnou sílu působící proti směru rotace. Indukované proudy jsou ztrátovou veličinou vytvářené uvnitř ocelových disků, a tudíž produkují teplo. Proto je důležité, aby v kotoučích byly zhotoveny ventilátorové lopatky zajišťující dostatečné proudění vzduchu [40].

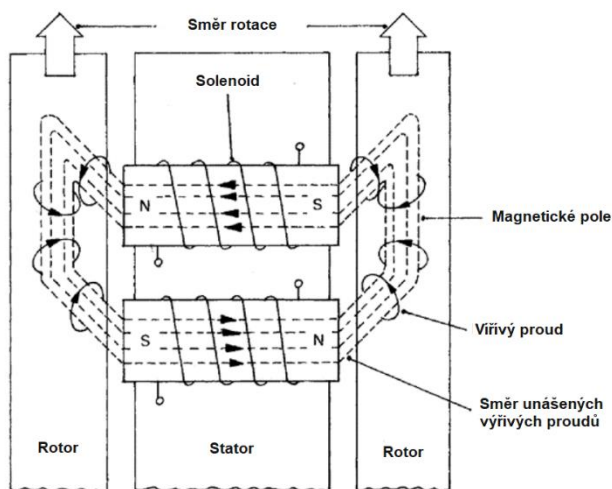
Zpomalovací síla neboli decelerační moment se mění v závislosti na rychlosti otáčení kardanové hřídele společně s intenzitou elektromagnetického pole, které je automaticky regulováno množstvím dodávaného proudu [40].



Obr. 49 Elektromagnetický retardér Telma [40]



Obr. 50 Schéma zapojení retardéru Telma [40]



Obr. 51 Průběh magnetického toku v elektromagnetickém retardéru [40]

3.3 OSTATNÍ RETARDÉRY

U nákladních vozidel se vždy využívá více než jeden zpomalovací systém. Výše zmíněné retardéry jsou označovány jako sekundární, a proto je důležité alespoň zmínit ostatní druhy. Dalšími vyskytujícími se typy, které bývají velice využívány jsou motorové brzdy a výfukové retardéry.

Princip motorové brzdy spočívá na změně pracovního cyklu, a to tak že z motoru, který produkuje práci se stane kompresor, který ji spotřebovává. Toho je docíleno změnou časování výfukového ventilu [40].

Prvním dějem čtyřdobého cyklu je sání, které probíhá stejně jako při běžném provozu. Změny nastávají ve druhé fázi při kompresi. Píst se pohybuje do horní úvratě a v momentu, kdy za normálních podmínek proběhne vznícení paliva se otevře výfukový ventil. Stlačený vzduch se vypustí ven a ventil se opět uzavře. Dále se píst pohybuje do dolní úvratě a dochází ke vzniku podtlaku (vakua) a dalším ztrátám výkonu. Při opětovném pohybu do horní úvratě se opět otevírá výfukový ventil a rozdíly tlaků jsou vyrovnány. Při dalším pohybu pístu do dolní úvratě se celý cyklus opakuje [40].

Při brzdění za pomoci výfukového potrubí se vloží co nejbližší svodům škrtkící klapka, nebo šoupátko. Za podmínek, kdy motor nespotebovává žádné palivo a je aktivován spínač dojde k uzavření škrtkící klapky, která tvoří protitlak pístu během výfuku spalin z válce [40].

V praxi se lze setkat i s třecími retardéry, které se však v dnešní době příliš nepoužívají. Jejich konstrukce spočívá na prosté lamelové brzdě. Umístění těchto retardérů je stejné, jako v případě hydraulických, nebo elektromagnetických přímo na převodové skříně. Brzdného účinku se docílí za pomoci stlačení hnacích lamel, které se otáčejí společně s hřídelí převodovky vůči hnaným fixním lamelám. Decelerační moment vzniká za pomoci tření a přebytečné teplo odvádí proudící olej do výměníku, který ochlazuje vodní okruh [40].

3.4 POROVNÁNÍ JEDNOTLIVÝCH ZPOMALOVACÍCH SYSTÉMŮ

Každý nákladní automobil dnes používá více než jeden zpomalovací systém. V Evropě se nejčastěji vyskytuje s běžnými kotoučovými brzdami ještě motorová brzda společně s hydraulickým retardérem.

ELEKTRICKÉ RETARDÉRY

- Mají vlastní vzduchové chlazení, nevyžadují další chlazení jako například od převodovky nebo chladiče motoru
- Rychlá odezva při spínání a vypínání retardéru cca 120 ms
- Kompatibilní se systémem ABS
- Vysoká účinnost při vysokých rychlostech
- Jednoduchý, levná instalace i údržba
- Nezávislé zařízení na motoru a převodovce

- Tichý provoz
- Progresivní regulace
- Vysoká hmotnost v poměru k brzdnému výkonu
- Odkryté pohyblivé části (nevhodné pro terénní vozidla)
- Vysoká náročnost na spotřebu elektrické energie

HYDRAULICKÝ RETARDÉR

- Používají chlazení vozidla
- Výkon závisí na výkonu chladicího systému
- Pomalá odezva na příkazy sepnutí a vypnutí až 2 s
- Omezený výkon při malých rychlostech
- Složitá dodatečná instalace na starší
- Vysoká pořizovací cena
- Relativně nízká hmotnost ve srovnání s výkonem
- Plynulá regulace

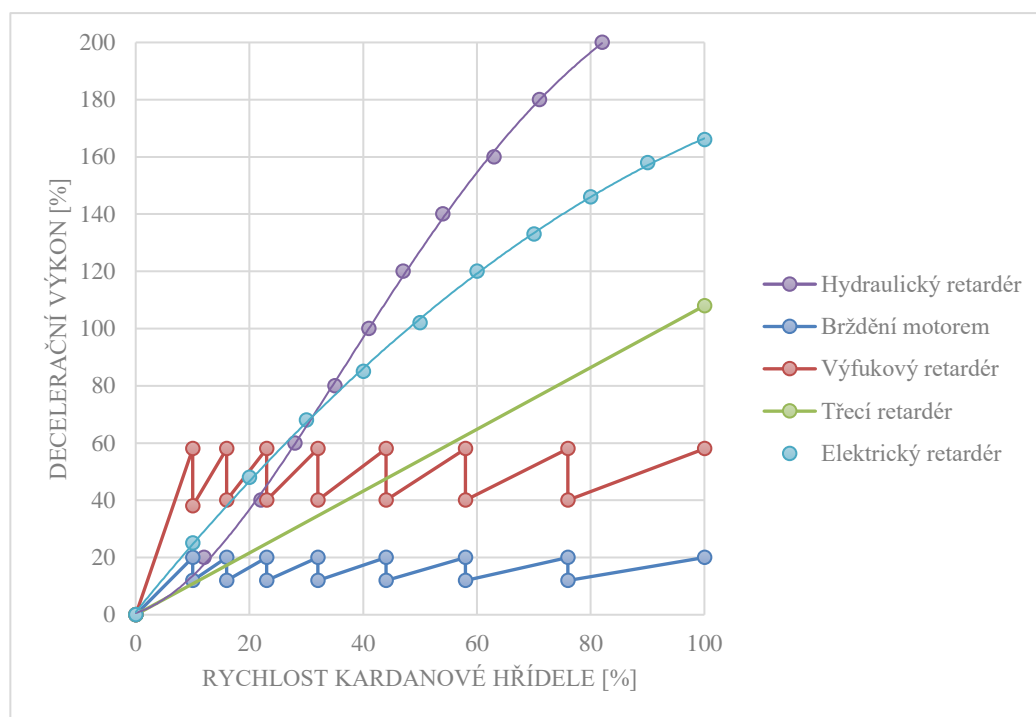
MOTOROVÁ BRZDA

- Účinnost závisí na otáčkách motoru a jeho teplotě
- Rychlost vozidla nemá na brzdný účinek vliv
- Rychlá odezva 100-200 ms
- Velmi hlučné
- Pouze on/off regulace
- Často se doplňuje s hydraulickými retardéry
- Ztráta brzdného účinku při přeřazování
- Decelerační výkon odpovídá přibližně 60-110 % výkonu motoru

VÝFUKOVÁ BRZDA

- Decelerační výkon odpovídá přibližně 50-75 % výkonu motoru
- Odezva okolo 200 ms
- On/off regulace
- Hlasitý provoz

Informace v této kapitole (3.4) jsou převzaty z těchto zdrojů [49][50]



Obr. 52 Graf deceleračního výkonu jednotlivých retardérů, na ose x jsou otáčky hřídele v [%], osa y představuje procentuální brzdný výkon v poměru k výkonu motoru, 100 % odpovídá výkonu motoru daného vozidla, 200 % je pak dvojnásobek jeho výkonu [40].

ZÁVĚR

Tato práce vznikla hlavně z důvodu absence česky přeložených témat ohledně rozjezdových spojek u užitkových vozidel. Sloužit by mohla nejvíce jako výukový materiál, popřípadě jako podklad pro vývoj a zlepšování jednotlivých popisovaných mechanismů.

Cílem bylo sesbírat co nejvíce zahraničních zdrojů a zpracovat popis konstrukce a funkce jednotlivých konstrukčních typů spojek a dále doplnit toto téma o problematiku retardérů.

První část se zabývá uspořádáním jednotlivých komponent v převodovém ústrojí a dále řeší možné konfigurace pohonů, popřípadě konstrukční řešení náprav, které se využívali nebo do dnes využívají.

Druhá nejobsáhlejší část se věnuje problematice spojek. U užitkových vozidel stejně jako u osobních automobilů je používáno mnoho typů spojek, které jsou často konstrukčně téměř identické. Největší rozdíly tvoří velikost daných částí, popřípadě u nákladních vozidel je konstrukce vyrobena z mnohem dražších a kvalitnějších materiálů.

Všeobecně v automobilovém průmyslu je nejrozšířenější jednokotoučová suchá spojka. U užitkových vozidel tomu není jinak a nachází se nejčastěji v konfiguraci s manuálními převodovkami. Její největší předností je vyváženost všech vlastností. Představuje nejlepší kombinaci ceny, výkonu a životnosti. Pro zvýšení přenášeného momentu se často realizuje konstrukce, kde se vloží za sebe dvě spojkové lamely (zapojené do série) a vznikne dvoukotoučová spojka, která má daleko větší únosnost a mnohonásobně vyšší životnost.

V kombinaci s automatizovanými (robotizovanými) převodovkami se též velmi často vyskytují jednokotoučové suché spojky, které bývají nejlevnější možností, ale nepřináší příliš mnoho výhod oproti manuálně ovládaným. Automatizovaná jednokotoučová spojka vyniká hlavně vyšším komfortem, jednodušší obsluhou, popřípadě nepatrně sníží spotřebu paliva ve spojení s perfektně naladěným softwarem.

Mnohem výhodnějším, ale nákladnějším řešením je využití robotizovaných převodovek DCT (Volvo i-shift nebo ZF Traxon Dual), které jsou spojeny s motorem za pomoci dvoukotoučové spojky. V tomto případě se nejedná o sériově zapojené dva kotouče, ale o dvě nezávislé spojky uložené na dvou nezávislých hřídelích. Tyto dva hřídele propojují jednotlivé převody s jednotlivými spojkami a to tak, že první spojce připadají liché převody a druhé převody sudé. V praxi během změny rychlostních stupňů převodovka vždy připraví a předradí další rychlostní stupeň na rozepnutou spojku a při přeřazení se pouze změní používaná spojka. Toto přináší ohromnou výhodu z hlediska úspory času při změně rychlostního stupně a nedochází k úplnému přerušování momentového toku mezi motorem a hnanými koly. Vozidlo například při jízdě do kopce nebo v terénu neztrácí výkon na kolech a jízda je tak mnohem komfortnější a hlavně efektivnější.

Automatické převodovky tvoří dílčí planetové převody. Ke změně rychlostních stupňů dochází výhradně pod zatížením za pomoci lamelových spojek, popřípadě lamelových brzd. Z důvodu, aby nedocházelo k velikým rázům během přeřazení se využívají v kombinaci s automatickými převodovkami hydrodynamické spojky, popřípadě v dnešní době spíše hydrodynamické měniče točivého momentu. Jejich ohromná výhoda je velice dobré tlumení vibrací a rázů. Dále mají téměř neomezenou

životnost, z důvodů velmi malého opotřebení, které zde způsobuje kapalinné tření, popřípadě ocelový prach, který olej obsahuje. Tento prach je v oleji vytvářen vlivem opotřebení ocelových součástí v převodové skříně. Proto je velice důležité měnit pravidelně olej obzvláště u převodovek s hydrodynamickou spojkou.

Největší nevýhodu tvoří skluz mezi hlavními částmi, který snižuje účinnost. Tento problém je částečně řešen zabudovanými uzamykacími spojkami, které skluz téměř odruší, avšak nikdy 100% neodstraní. Automatické převodovky v kombinaci s hydrodynamickými měniči jsou nejdražší variantou pohonu. Za vysokou cenu nabízejí pohon bez přerušení momentového toku, změna rychlostního stupně je téměř okamžitá a při stání lze mít stále zařazený převodový stupeň díky prokluzu hydrodynamického měniče, který je zároveň neustále chlazen proudícím olejem.

Třetí poslední hlavní část se zabývá problematikou retardérů, která je věnována převážně hydraulickým a elektrickým typům, ale okrajově zmiňuje i ostatní druhy.

V Evropě se u nákladních vozidel nejčastěji využívá kombinace motorové brzdy s hydraulickými retardéry, které mohou být vodní nebo olejové. Jejich předností je ohromný decelerační výkon při vysokých rychlostech a relativně malá hmotnost v poměru k brzdovým účinkům. Nedostatky těchto retardérů tvoří malý brzdový účinek při nízkých rychlostech a relativně dlouhá odezva a s tím je spřažena i nemožnost kombinace s bezpečnostním systémem ABS.

Hydraulickým retardéry se dají velice dobře porovnat s elektrickými. Ty mají téměř identické decelerační výkony, téměř okamžitou odezvu a lze je využít i se systémem ABS. Řidič nemusí mít obavy při použití těchto retardérů v zimním období. Největší nevýhodu tvoří ohromná hmotnost, která bývá několikanásobně vyšší než u hydraulických retardérů.

Tato práce se mimo jiné zabývá i neobvyklým řešením kombinace spojky a retardéru v jednom zařízení, která je vyvinuta ve spolupráci dvou společností Mercedes (Daimler AG) a Voith. Tato spojka nese název Voith Viab a kombinuje třecí kotoučovou spojkou s hydrodynamickou. Při rozjezdu vozidla se vždy využije hydrodynamické spojky, čímž nedochází téměř k žádnému opotřebení. Jakmile se vyrovnají rychlosti mezi čerpadlovým a turbínovým kolem, třecí spojka se uzamkne a moment je přenášen za její pomoci bez prokluzu. V případě nutnosti brzdění se uzamkne za pomoci lamelové brzdy turbínové kolo hydrodynamické spojky a začne plnit roli statoru retardéru. Čerpadlové kolo poté přenáší přes třecí spojkou decelerační moment na hřídel převodovky.

Spojením třecí a hydrodynamické spojky je využito výhod obou zařízení, a to hlavně rozjezdů bez opotřebení lamely a jízdy bez ztrát díky zamezení prokluzu hydrodynamické spojky. Zároveň lze využít i funkci retardéru v jednom zařízení což šetří hmotnost vozidla.

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] SCHAEFFLER AUTOMOTIVE AFTERMARKET GMBH & CO. KG, *LuK clutch course: Introduction to clutch technology for cars and LCVs* [online]. 2015, , 60 [cit. 2021-03-06]. Dostupné z: <https://www.rexpert.com/en/mediadocument/LuK-TecBr-Clutch-Course-PC/en>
- [2] VOITH: *S brzděním rychleji do cíle. Retarder* [online]. [cit. 2021-04-23]. Dostupné z: <http://www.audol.cz/uploads/images/voith/Retarder.pdf>
- [3] 100 let nákladního automobilu. *Automobilrevue* [online]. [cit. 2021-4-25]. Dostupné z: https://www.automobilrevue.cz/rubriky/clanky/historie/100-let-nakladniho-automobilu-4-dil-prevodne-ustroji_48030.html
- [4] *Schéma uspořádání 6x6 se dvěma kardanovými hřídeli* [online]. In: . [cit. 2021-03-31]. Dostupné z: <https://allworldwars.com/1950s-Military-Vehicles-Pictorial-Dictionary.html>
- [5] *Schéma uspořádání 6x6 s průběžnými hřídeli* [online]. In: . [cit. 2021-03-31]. Dostupné z: https://mbs.mercedes-benz.com/fileadmin/user_upload/Documents/Defence/187535_MBS_Chassis-TDBs-2018-CompoSet.pdf
- [6] *Tatrovácká koncepce pohonu 6x6* [online]. In: . [cit. 2021-03-31]. Dostupné z: http://tatra.webz.cz/centralni_roura_big.htm#CR_02
- [7] *Tatrovácká koncepce*. *Tatra* [online]. [cit. 2021-04-22]. Dostupné z: <https://www.tatra.cz/proc-tatru/technicka-koncepce-tatra/tatrovacka-koncepce/>
- [8] *Schéma volnoběžné spojky*. In: *THE ENGINEERS POST* [online]. [cit. 2021-03-11]. Dostupné z: <https://www.theengineerspost.com/9-different-types-of-clutches/>
- [9] KŘÍŽ, Rudolf. *Stavba a provoz strojů I: Části strojů*. Praha: SNTL, 1977, 328 s. ISBN 04-231-77.
- [10] Nejnovější technologie umožňují vyrábět spojky s dlouhou životností a nízkou spotřebou paliv. *Motora: autodíly* [online]. [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <https://www.motora.cz/informace/valeo/nejnovejsi-technologie-umoznuji-vyrabet-spojky-s-dlouhou-zivotnosti-a-nizkou-spotrebou-paliva.htm>
- [11] SCHAEFFLER AUTOMOTIVE AFTERMARKET GMBH & CO. KG. *LuK Clutch Course and Failure Diagnosis: Introduction to Clutch Technology – Guidelines for Evaluating Clutch System Malfunctions in Commercial Vehicles* [online]. 2016, 48 s. [cit. 2021-04-22]. Dostupné z: <https://www.rexpert.com/en/mediadocument/LuK-TecBr-ClutchCourse-HCV/en>
- [12] Shirish Goel. *Clutch*. *Slideshare* [online]. [cit. 2021-04-09]. Dostupné z: <https://www.slideshare.net/ShirishGoel/clutch-66185801>
- [13] *Transmission Systems: Heavy Duty Clutch*. In: *Valeo: Service* [online]. [cit. 2021-04-02]. Dostupné z: <https://valeoservice.cld.bz/Valeoservice-CV-Clutch-2020>

- [14] *Clutch Troubleshooting and Warranty Analysis Guide: D&W Clutch & Brake* [online]. [cit. 2021-4-24]. Dostupné z: <http://www.dwclutch.com/D&W/D&W%20Clutch%20&%20Brake%20/Clutch%20TS%20Guide%208.pdf>
- [15] Jednohmotový setrvačnick. In: *PŘÍKRYL: AUTO MOTO* [online]. [cit. 2021-04-02]. Dostupné z: https://automotoprikryl.cz/setrvacnik-sachs-3021600295?qclid=CjwKCAjwgZuDBhBTEiwAXNofRLMVIB3ifz06c7gUaAwzT6KPRdyZ8yJQWYy9uxZH9x0cyFZwCT4Cu8xoCBaAQAvD_BwE
- [16] SCHAEFFLER AUTOMOTIVE AFTERMARKET GMBH & CO. KG. *Kurz spojek LuK: Úvod do techniky spojek osobních motorových vozidel* [online]. 2012, 52 s. [cit. 2021-04-22]. Dostupné z: <https://www.rexpert.cz/cs/mediadocument/LuK-TecBr-Clutch-Course-PC/cs>
- [17] MASSIVE VALEO RANGE EXTENSION FROM THE DUAL MASS FLYWHEEL. In: *Valeo: Service* [online]. [cit. 2021-04-02]. Dostupné z: <https://www.valeoservice.com/en-com/newsroom/massive-valeo-range-extension-dual-mass-flywheel-and-kit4ptm-specialist>
- [18] Detailní schéma komponent spojkového kotouče pro užitková vozidla: Transmission Systems: Heavy Duty Clutch. In: *Valeo: Service* [online]. [cit. 2021-04-02]. Dostupné z: <https://valeoservice.cld.bz/Valeoscope-CV-Clutch-2020>
- [19] Závislost deformace pružného disku na velikosti zatížení spojky: Transmission Systems: Heavy Duty Clutch. In: *Valeo: Service* [online]. [cit. 2021-04-02]. Dostupné z: <https://valeoservice.cld.bz/Valeoscope-CV-Clutch-2020>
- [20] Membránová pružina. In: *SOKO* [online]. [cit. 2021-04-08]. Dostupné z: <http://www.soko.cz/cs/zaci-mackace-fortschritt/fortschritt-e-301/talirova-pruzina-samostatna-3829#prettyPhoto>
- [21] Přítlačný kotouč Sachs XTend se samočinným seřizováním určený pro komerční vozidla. *SACHS* [online]. [cit. 2021-04-08]. Dostupné z: <https://aftermarket.zf.com/go/en/sachs/products/commercial-vehicles/truck-clutches/>
- [22] LuK samonastavovací spojka. *SCHAEFFLER: REXPERT* [online]. [cit. 2021-04-08]. Dostupné z: <https://www.rexpert.cz/cs/schaeffler-products/page-ds2078>
- [23] SCHAEFFLER AUTOMOTIVE AFTERMARKET GMBH & CO. KG. Spojka se samočinným seřizováním (SAC): Technika Speciální nářadí/návod k obsluze. In: *DOCPLAYER* [online]. Srpen 2012 [cit. 2021-04-23]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/11011844-Spojka-se-samocinnym-serizovanim-sac-technika-specialni-naradi-navod-k-obsluze.html>
- [24] SACHS WORKSHOP TIP: Calibrating CoAct, the Concentric Clutch Actuation System. *Sachs* [online]. [cit. 2021-04-21]. Dostupné z: <https://aftermarket.zf.com/go/en/sachs/technology-in-practice/workshop-tips/clutch-systems/calibrating-conact/>
- [25] Truck Dual Clutch Transmission Traxon Dual from ZF. *SpringerLink* [online]. [cit. 2021-4-25]. Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1007/s38313-014-1026-7>

- [26] Advances in the Automotive Systems: An Overview of Dual-Clutch Transmissions. *Research Gate* [online]. [cit. 2021-4-25]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/245550300_Advances_in_the_Automotive_Systems_An_Overview_of_Dual-Clutch_Transmissions
- [27] Lesics. Torque Converter, How does it work ? In: *Youtube* [online]. 13.4.2018 [cit. 2021-04-10]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=bRcDvCj_JPs&t=1s&ab_channel=Lesics
- [28] HECK, Thomas, Brian ZAUGG, Thorsten KRAUSE, Benjamin VÖGTLE a Martin Fuß. Efficient Solutions for Automatic Transmissions: Torque Converters and Clutch Packs. *SCHAEFFLER* [online]. [cit. 2021-04-13]. Dostupné z: <https://schaeffler-events.com/symposium/lecture/t4/index.html#links>
- [29] The new DynamicPerform Multidisk Clutch: Perfectly designed for ZF's successful TraXon automatic transmission. *ZF: Product for Special Vehicles* [online]. [cit. 2021-04-10]. Dostupné z: https://press.zf.com/press/en/releases/release_5893.html
- [30] ZF Group. ZF-TraXon DynamicPerform – Designed to Meet the Highest Requirements (EN). In: *Youtube* [online]. 16.4.2019 [cit. 2021-04-10]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=90UnMMqs6II&ab_channel=ZFGroup
- [31] ZF DynaDamp – tlumící mechanismus. In: *ZF: Products for Trucks* [online]. [cit. 2021-04-10]. Dostupné z: https://www.zf.com/products/en/trucks/products_29270.html
- [32] MÜLLER, Jörg, Rico RESCH, André UHLE a Erik SCHREITERER. Modular DCT System for Future Heavy-duty Commercial Vehicles. *SpringerLink* [online]. [cit. 2021-4-28]. Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1007/s38311-018-0177-6>
- [33] Leistung übertragen: Turbo-Retarder-Kupplung VIAB. In: *VOITH* [online]. s. 4 [cit. 2021-4-28]. Dostupné z: <https://www.antriebe.ch/admin/resources/1569dg2101deviab2014-09.pdf>
- [34] VOITH GROUP. Voith braking systems for trucks - Functional principle of the Turbo Retarder Clutch VIAB (EN). In: *Youtube* [online]. [cit. 2021-4-10]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=xfaq3E01Kg0&ab_channel=VoithGroup
- [35] Clutch Friction Materials Explained. *PHOENIX: Proven Performance Clutch and Brake Technology* [online]. [cit. 2021-03-26]. Dostupné z: <https://www.phoenixfriction.com/t-clutch-materials-explained.aspx>
- [36] Spojková lamela Sachs s organickým obložení. z: *AUTODOC* [online]. [cit. 2021-03-26]. Dostupné z: <https://www.autodoc.cz/sachs/7696018>
- [37] VLK, F. Převodová ústrojí motorových vozidel. Nakladatelství a vydavatelství vlk. První vydání, Brno, 2000. ISBN 80-238-5275-2.

- [38] Friction Materials. *D&W Clutch & Brake* [online]. [cit. 2021-03-26]. Dostupné z: <http://www.dwclutch.com/D&W/D&W%20Clutch%20&%20Brake%202/Friction%20Materials.htm>
- [39] Keramická spojka pro užitková vozidla. z: *ALIBABA* [online]. [cit. 2021-03-26]. Dostupné z: <https://www.alibaba.com/product-detail/15-1-2-x-2-American-62494788681.html>
- [40] HEISLER, Heinz. *Advanced Vehicle Technology* [online]. 2. Willesden College of Technology, London, UK: Butterworth-Heinemann, 17. července 2002n. l., 656 s. [cit. 2021-04-17]. ISBN 978-0-7680-1071-8. Dostupné z: <https://app.knovel.com/web/toc.v/cid:kpAVTE0004/viewerType:toc/>
- [41] Voith Group. Voith braking systems for trucks - Discover the Retarder 115 CT (EN). In: *Youtube* [online]. 12. 6. 2019 [cit. 2021-04-17]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=ox3E1Mplj9I&t=169s&ab_channel=VoithGroup
- [42] VoithTurboGmbHCR. Voith Retarder Animation - Function Retarder VR123+ and VR119. In: *Youtube* [online]. 9. 1. 2012 [cit. 2021-04-17]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=bXai8z99Ug&ab_channel=VoithTurboGmbHCR
- [43] Voith Group. Voith braking systems for trucks and buses - principle of operation of the Voith Aquatarder SWR (EN). In: *Youtube* [online]. 12. 6. 2019 [cit. 2021-04-17]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=UxzSkxkObDI&ab_channel=VoithGroup
- [44] Stoll von Gáti. Voith Animation Aquatarder ECO-SWR. In: *Youtube* [online]. 21. 6. 2017 [cit. 2021-04-17]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=j16pNO3ySfg&ab_channel=StollvonG%C3%A1ti
- [45] Voith Group. Voith braking systems for trucks - Braking with water: Voith Aquatarder PWR (EN). In: *Youtube* [online]. 12. 6. 2019 [cit. 2021-04-17]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=GMhvfYRZPFU&ab_channel=VoithGroup
- [46] Drive Efficiently and Safely: MAN PriTarder. *Voith* [online]. září 2016 [cit. 2021-04-17]. Dostupné z: <https://d2euiryrvxi8z1.cloudfront.net/asset/445934742530/12cea548ba1ccd808033407346af4aed>
- [47] *Retarder Systems: Increased safety - increased service brake life* [online]. [cit. 2021-4-24]. Dostupné z: <https://www.daf.com/-/media/files/document-library/infosheets/general/brakes/daf-retarder-systems-71053-hqp.pdf>
- [48] RETARDER COMPARISONS. *Telma: Friction free efficiency* [online]. [cit. 2021-4-24]. Dostupné z: <https://www.telmausa.com/benefits/retarder-comparisons>
- [49] Common Questions. *HEAVY DUTY: ELECTRIC BRAKE SYSTEMS* [online]. [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <http://electricbrakesystems.com/faq.htm>
- [50] RETARDER COMPARISONS. *TELMA: Friction Free Efficiency* [online]. [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <https://www.telmausa.com/benefits/retarder-comparisons>

- [51] Single Plate Clutch - Constructon, Parts, Working, Advantages and Disadvantages. *Mechanical Walkins* [online]. [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <http://www.mechanicalwalkins.com/single-plate-clutch-constructon-parts-working-advantages-and-disadvantages/>