

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra mechaniky a strojnictví

**Historický vývoj
převodových mechanismů**

Bakalářská práce

Autor: Erik Heyrovský

Vedoucí bakalářské práce: prof. Ing. David Herák, Ph.D.

Praha 2018

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Erik Heyrovský

Obchod a podnikání s technikou

Název práce

Historický vývoj převodových mechanismů

Název anglicky

Historical development of transmission mechanisms

Cíle práce

Cílem bakalářské práce je popsat historický vývoj převodových mechanismů a stanovit zásadní milníky, jež v kontextu doby tento vývoj ovlivnily.

Metodika

Student popíše v bakalářské práci historický vývoj převodových mechanismů v jednotlivých historických epochách a určí zásadní milníky jejich vývoje. V práci budou také uvedeny vnější faktory, které vývoj převodových mechanismů ovlivnily.

Doporučený rozsah práce

30 stran

Klíčová slova

mechanika, části strojů, konstruování, pružnost a pevnost, statika

Doporučené zdroje informací

Bolek, A., Kochman, J.: Části strojů, svazek 1., Praha, SNTL 1989
Bolek, A., Kochman, J.: Části strojů, svazek 2., Praha, SNTL 1990
Dugas, R.: A history of mechanics. Courier Corporation, 2012.
Hill, D.: A history of engineering in classical and medieval times. Routledge, 2013.
Orlov, P., I.: Základy konštruovania, Bratislava, VTEL 1979

Předběžný termín obhajoby

2017/18 LS – TF

Vedoucí práce

prof. Ing. David Herák, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra mechaniky a strojnictví

Elektronicky schváleno dne 23. 1. 2017

doc. Ing. Pavel Neuberger, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 23. 1. 2017

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan

V Praze dne 16. 03. 2018

Prohlašuji,

že jsem bakalářskou práci na téma: **Historický vývoj převodových mechanismů** vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Jsem si vědom, že moje bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí.

Jsem si vědom že, na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

V Kamenici dne 12.2.2018

Erik Heyrovský

Poděkování

Zde bych rád poděkoval panu prof. Ing. Davidu Herákovi, PhD. za vedení a cenné rady a hlavně trpělivost při zpracování bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat paní doc. PhDr. Iloně Gillernové CSc. za pomoc se stylizací a jazykovou úpravou textu.

Abstrakt: Tato bakalářská práce si klade za cíl zmapovat kompletní historii převodových mechanismů od prvotních jednoduchých řešení až po komplikované a sofistikované systémy používané v současnosti. Úvod bakalářské práce je věnován definici převodových mechanismů a jejich rozdělení do jednotlivých skupin. Následně se bakalářská práce věnuje historickému vývoji jednotlivých skupin převodových mechanismů, doplněnému o ukázkou a popis vybraných typů vozidel a uspořádání převodových mechanismů v těchto vozidlech. V závěru práce se zabývám hypotetickou otázkou budoucího vývoje.

Klíčová slova: mechanická převodovka, automatická převodovka, diferenciál, spojka

Historical development of transmission mechanism

Summary: Target of this bachelory thesis is to map complete history of transmission mechanism from first very simple mechanism to very complicated and sophisticated systems that are used in present days. First part of bachelory thesis is making definition of each type of transmission mechanisms and their identification to defined parts. Then this bachelory thesis study historical development of each defined part of transmission mechanisms with add of description selected vehicles and type of used transmission mechanism. At the end this bachelory thesis hypothetically discuss about possible future progression.

Keywords: manual transmission, automatic transmission, differential, clutch

Obsah

1. Úvod	8
2. Převodové mechanismy obecně	9
3. Historie ostatních převodových mechanismů.....	10
3.1. Spojky	10
3.2. Přenos hnací síly na poháněná kola	18
3.3. Diferenciály.....	20
4. Převodovky.....	21
4.1. Manuální převodovky.....	21
4.2. Automatické převodovky	28
4.2.1. Dvoustupňové automatické převodovky	33
4.2.2. Automatické převodovky CVT	35
4.2.3. Robotizované převodovky.....	38
5. Uspořádání převodových mechanismů ve vybraných vozidlech	40
5.1. Buick Roadmaster – 4. generace	40
5.2. DAF Turbotwin – Dakar speciál	41
5.3. Porsche 959	42
6. Závěr	43
7. Použité zdroje	45
7.1. Internetové zdroje.....	45
7.2. Literární zdroje	46
8. Seznam obrázků	47

1. Úvod

Vynález ozubeného kola byl logickým pokračováním po vynálezu kola. Není s podivem, že mnozí označují ozubené kolo za druhý největší vynález v historii lidstva právě po vynálezu kola. Aniž si to uvědomujeme, dnešní svět by bez ozubeného kola stěží existoval v podobě, jaké ho známe a většina věcí denní potřeby by bez ozubeného kola prakticky nefungovala. Ozubené kolo je tedy každodenní součástí našich životů a s převodovými mechanismy je to stejné.

Tato bakalářská práce si klade za cíl zmapovat historii a historický vývoj převodových mechanismů. Přestože převodové mechanismy můžeme najít téměř ve všech odvětvích lidské činnosti – od mechanických pohyblivých betlémů, přes výrobní linky, energetiku až k dopravě, zaměření této práce směřuje výhradně na převodové mechanismy v automobilovém průmyslu ještě konkrétněji je hlavní částí této bakalářské práce historie a vývoj převodovek motorových vozidel.

Proto bude tato práce rozdělena do několika základních bloků – základní historický přehled převodových mechanismů (kromě převodovek), historie a vývoj mechanických převodovek, historie a vývoj automatických neboli samočinných převodovek, který bude ještě dále dělen na dílčí subkapitoly se zaměřením na samočinné, dvouspojkové a s plynule měnitelným převodovým poměrem (CVT). V závěrečné kapitole uvedu příklad uspořádání převodových mechanismů ve vybraných typech vozidel, která byla z mého pohledu zajímavá buď z hlediska historického vývoje, nebo konstrukčního řešení.

Bakalářská práce poskytuje přehled o vývoji převodových mechanismů od prvních velmi jednoduchých řešení až po složité a sofistikované systémy používané v dnešních dnech.

2. Převodové mechanismy obecně

Úkolem převodových mechanismů je přenášet točivý moment na hnací kola motorového vozidla. Tvoří je všechna ústrojí, která jako celek nebo jednotlivě spojují, případně rozpojují přenášený točivý moment, dále mění jeho velikost a smysl otáčení při přenosu na hnací kola nápravy.

Převodové mechanismy tedy můžeme rozdělit dle způsobu přenosu točivého momentu pro:

- a) krátkodobé přerušení točivého momentu
- b) změnu velikosti
- c) stálé spojení
- d) rozdělování přenášeného točivého momentu

Pro krátkodobé přerušení točivého momentu se jako převodná ústrojí používají spojky případně volnoběžky. Spojky jsou součástí převodných mechanismů, umístěných mezi motorem a převodovkou a umožňují spuštění motoru bez zátěže, plynulé rozjetí vozidla, volbu převodového stupně a jeho řazení, zastavení vozidla odpojením přenosu výkonu vozidla. Volnoběžka slouží k rozpojení točivého momentu v případě, že otáčky hnané hřídele (kol hnací nápravy a zařazeného převodového stupně) jsou větší než otáčky motoru.

Pro změnu velikosti a smyslu točivého momentu slouží převodovky (zpravidla pro zvětšení točivého momentu), jejichž součástí je zpětný převodový stupeň. Spalovací motory motorových vozidel vykazují optimální výkon a hnací moment, včetně spotřeby pohonných hmot pouze v omezeném rozsahu otáček. Proti tomu jízdní podmínky a využití vozidel vyžadují tyto parametry ve velmi rozdílné podobě. Promítá se zde zatížení vozidel, jízdní poměry (silnice, zimní provoz, nadmořská výška, apod.). Tyto protichůdné vlastnosti řeší pouze převodová skříň, případně doplněná u nákladních a speciálních vozidel o převodovku přídatnou. Přídatné převodovky slouží při potřebě zvýšení rozsahu a odstupňování základních převodů. Jedná se zejména o redukční převodovky, rychloběžky a rozdělovací převodovky. Redukční převodovka je v podstatě převodem „do pomala“ (větším než 1:1) a jde o převod dvoustupňový, čímž se docílí zdvojnásobení počtu

převodových stupňů. Je součástí převodovky, nebo je konstrukčně zcela samostatným dílem (například u vozidel Tatra 138, 148 a 815). Rychloběh neboli rychloběžka je přidavný převod, jehož převodový poměr je „do rychla“ (menší než 1:1). Při jeho zařazení se sníží otáčky motoru až o 25%, je součástí převodovky a volí se jako samostatný převodový stupeň – typickým příkladem byl 5. rychlostní stupeň u vozidel Škoda 120 a 130.

Pro stálé spojení sloužící k trvalému spojení a přenosu točivého momentu se používají spojovací a kloubové hřídele. Spojovací hřídele se využívají u součástí, které vůči sobě nemění polohu. Kloubové hřídele se využívají u součástí, která vůči sobě polohu mění a přenos točivého momentu při změně polohy je zajištěn právě díky kloubům.

Jako rozdělovací součásti převodových mechanismů je používána rozdělovací převodovka, neboli rozvodovka, která se používá u nákladních a terénních automobilů, které mají více hnacích náprav. U nich je třeba hnací moment rozdělit na všechna kola hnacích náprav. Je většinou samostatnou částí, i když i zde se najdou výjimky jako například v případě vozidla Praga V3S. Dále diferenciály, které jsou součástí rozvodovky a umožňují diferenci otáček kol hnací nápravy při projíždění zatáčkou. V tomto okamžiku totiž opisují kola jedné nápravy nestejnou dráhu a mají tak i rozdílné otáčky. Rozdělovací součásti převodových mechanismů mají stálý převod. [16]

3. Historie ostatních převodových mechanismů

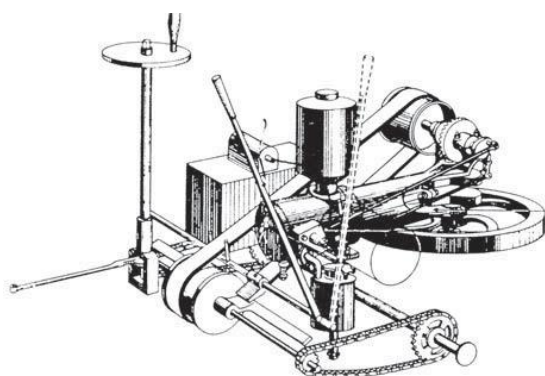
3.1. Spojky

Přestože vývoj samohybných prostředků dopravy neboli automobilů sahá daleko před vývoj prvního spalovacího motoru, tak potřeba převodovek a tím pádem spojek se váže až k prvním spalovacím motorům. Důvod je jednoduchý – ve století průmyslové revoluce spolu soupeřily zpočátku samohybné prostředky poháněné párou nebo motorem elektrickým. Až teprve ke konci 19. Století se do tohoto pomyslného souboje přidávají motory spalovací. A právě prvně jmenované způsoby pohonu – tedy pára a elektřina jsou

natolik specifické, že v drtivé většině případů nepoužívaly měnitelné převodování při cestě výkonu na poháněná kola.

Za úplné prapředky spojky lze považovat řešení pomocí kožených pásů, což bylo řešení převzaté z jiných průmyslových odvětví a aplikováno do automobilového průmyslu. Systém spočíval v plochém koženém řetězu, který byl válečkem napnutý a následně přenesl výkon motoru na ozubená kola. Při uvolnění napínacího válečku řemen proklouzl a výkon přestal přenášet. Tento systém měl za následek velmi rychlé a výrazné opotřebení koženého řemenu. Vylepšené řešení tohoto systému spočívalo v instalaci napínací řemenice stejné velikosti vedle řemenice hnacího řemenu. Následně se zatáhlo za páku, kterou se řemen přesunul z napínací řemenice na řemenici hnacího řemenu (viz obrázek č. 1). Tento způsob byl použit také v automobilu vyrobeném a patentovaném Carlem Benzem v roce 1886, který Bertha Benzová použila k první dálkové jízdě z Mannheimu do Pforzheimu. Ovšem mnoho nevýhod tohoto řešení – jako například rychlé opotřebení převodového řemenu, nízká účinnost, omezená účinnost kupříkladu během deštivého počasí a v neposlední řadě vzhledem k vzrůstajícím výkonům spalovacích motorů také potřeba převodových mechanismů s více volitelnými rychlostmi - nutilo konstruktéry k hledání dalších řešení.

Obrázek 1 - řešení spojky u motorového vozu Carl Benze



Zdroj: <http://www.partinfo.co.uk/files/LuK%20Clutch%20Course.pdf>

Výsledkem tohoto hledání nových řešení byla široká škála typů spojky, včetně předchůdců spojky, tak jak je známe z dnešních dní tedy spojky založené na principu tření. Princip, že disk umístěný na konci klikového hřídele motoru je spojován s druhým stacionárním hřídelem. Ve chvíli kdy se oba disky dostanou do kontaktu, se na základě tření uvádí druhý

disk do pohybu. Se zvyšujícím se přítlakem na primární disk se zvyšuje tření mezi disky, současně se zvyšující se rychlostí unášeného disku, do té doby než oba disky dosáhnou stejných otáček. Tento způsob spojky byl již ovládán nožním pedálem, který převáděl sílu, kterou působil řidič vozidla proti pružině, která rozpojovala disky (nebo již můžeme říci spojku) od sebe. Ze způsobu provedení je patrné, že síla potřebná k použití tohoto systému byla velmi vysoká. Uživatelé dnešních vozidel by byli velmi překvapeni, jak velká ve skutečnosti byla.

Základní forma tohoto návrhu byla použita již v roce 1889 u vozu firmy Daimler, kde bylo použito systému kuželu, který je tlačěn do speciálně tvarovaného setrvačnicku a spojkový pedál tlačí přes pružinu proti směru zasunutí tohoto kuželu. Zajímavostí je, že jako první spojkové obložení bylo použito velbloudí srsti spletené do pásů, kterými byl obložen zasouvaný kužel. Toto obložení bylo brzy nahrazeno koženými pásy, které byly namočeny do ricinového oleje jako ochrana proti vlhkosti, mastnotě a oleji. Jasně výhody – tedy samočinné nastavování bez zvýšeného namáhání pohonu nebo převodového hřídele však brzy převážily nevýhody tohoto řešení – rychlé opotřebení obložení a jeho komplikovaná výměna. Také setrvačnick a kužel spojky byly velmi velké, což znamenalo vysokou setrvačnost a dlouhou dobu zvednutí spojky, což činilo změnu rychlosti poměrně komplikovanou (i vzhledem k tomu, že rychlostní synchrony byly ještě hudbou budoucnosti).

Řešení tohoto problému se objevilo v roce 1910 a to pomocí spojkové nebo převodkové brzdy. Tento mechanismus byl ovládán dalším nožním pedálem ovládaným a umístěným společně se spojkovým pedálem. Dalším problémem se ukázala teplotní diference mezi setrvačnickem a kuželem spojky, který byl teplotně izolován koženým obložením, které mnohokrát vedlo k zaseknutí spojkového kužele v setrvačnicku ve chvíli, kdy setrvačnick roztažený teplem vznikajícím při řazení a jízdou, následně vychladl.

O nová řešení a posun vývoje se snažilo několik firem – zmiňme například firmu Neue Automobil-Gesellschaft (NAG) a její spojku, která měla plechový kužel obalený velbloudí srstí a byla vybavena rotujícími čepelemi pro chlazení, které byly na dvoudílném koženém kroužku, připojeném na setrvačnick. Dvoudílné řešení usnadnilo údržbu a snížilo míru opotřebení. S dalším řešením přišla opět firma Daimler, která vyrobila kužel spojky

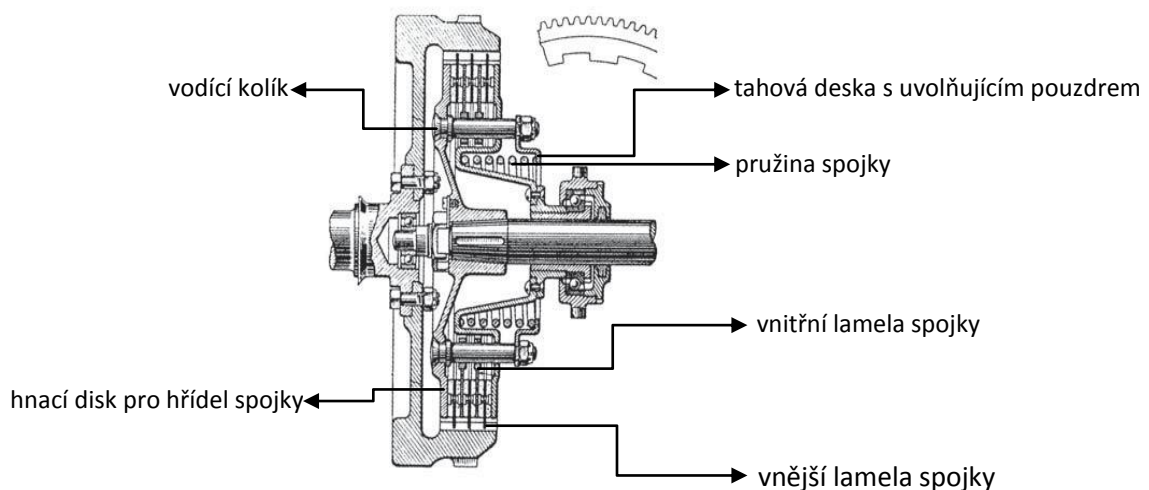
z hliníku a pro omezení zasekávání kužele v setrvačnicku nechala na jeho povrch kapat v pravidelných intervalech olej. I přes tato řešení se již v období kolem konce první světové války se stávala čím dál tím více používaná kovová třecí obložení.

V průběhu 20. let minulého století dominovalo kuželové řešení, díky svojí jednoduchosti. Kovové spojky s válcovými třecími plochami se příliš neuplatňovaly kvůli svým slabým provozním charakteristikám. Jediným konkurentem kuželových spojek zůstávalo řešení firmy Daimler v podobě pružinové spojky, což byl jakýsi derivát válcové spojky z přelomu století. Toto řešení přežilo až do období konce první světové války díky svému důmyslnému řešení. Tato pružinová spojka měla silnou spirálovou pružinu, která dosedala bubnovým pouzdem na konec převodkového, který byl vsazen do výřezu setrvačnicku a druhým koncem na kovový kryt pružiny na který působilo táhlo spojkového pedálu. Stlačení spojkového pedálu se pružina natáhla a jeho následným uvolnění se pružina stáhla a postupně se stáčela více a více a tím působila na bubnové pouzdro, čímž roztáčela hřídel převodovky. Tento způsob vyžadoval jen malou sílu a umožňoval jemné roztočení převodkového hřídele.

Přibližně v době, kdy Daimler rozvíjel svojí pružinovou spojku, experimentoval již profesor Hele-Shaw z Anglie s vícelamelovou spojkou, která může být považována za předchůdce dnešní konvenční jednokotoučové suché spojky. Tato vícelamelová spojka, pojmenovaná „Weston Clutch“ po prvním velkosériovém výrobcu spojek, měla velkou výhodu oproti kuželové třecí spojce v podobě mnohem větší ploše tření, menším nárokům na prostor a konstantnímu záběru – viz obrázky 2 a 3. Na obrázku 2 je více lamelová spojka profesora Hele-Shawa z Anglie – varianta suché spojky s nýtovaným obložení. Na obrázku 3 jsou vidět Lamely ze Hele-Shaweho spojky - vlevo je vnitřní lamela, vpravo pak vnější lamela. Konstrukčně byla vícelamelová spojka provedena tak, že zde byl setrvačnick spojen s bubnovým pouzdem, který mělo uvnitř drážky, které odpovídají drážkám na vnější straně, díky čemuž umožňuje otáčet se setrvačnickem anebo klikovým hřídelem a zároveň se pohybovat podélně. Stejný počet disků s identickým vnitřním vybráním je vycentrován náboji spojeném s hřídelí spojky. Disky se opět mohou pohybovat na hřídeli spojky podélně. Při montáži se střídají vnitřní a vnější lamely a tím tvoří jednotlivé lamelové pakety, takže vždy hnací a poháněný disk jdou jeden za druhým. Lamelové páry vytvořené tímto způsobem, původně s bronzovým diskem vždy proti kovovému, byly tlačeny

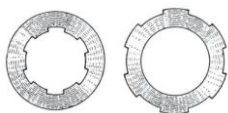
dohromady pomocí přítlačné desky, na kterou působila síla spojkové pružiny. Tímto způsobem byly všechny lamely spojky stále spojeny. Toto postupné zvyšování třecího efektu umožňovalo vícelamelové spojce velmi jemný a plynulý záběr. Sešlápnutím spojky a tedy uvolněním pružinového tlaku, došlo k rozpojení lamel a tedy přerušení točivého momentu. Změnou počtu jednotlivých lamel mohl být nastaveny požadované parametry spojky. Tyto vícelamelové spojky byly ponořené buď do olejové, nebo ropné lázně, případně pracovaly „na sucho“, ale v tomto případě bylo nutné použít speciální nýtované třecí obložení. Největší slabinou těchto spojek byl tahový účinek (zejména pokud pracovala v olejové lázni), kdy docházelo při sešlápnutí spojky pouze k částečnému odpojení lamel a tím byla ztížena změna převodových stupňů.

Obrázek 2 - více lamelová spojka profesora Hele-Shawa



Zdroj: <http://www.partinfo.co.uk/files/LuK%20Clutch%20Course.pdf>

Obrázek 3 - lamely z Hele-Shaweho spojky



Zdroj: <http://www.partinfo.co.uk/files/LuK%20Clutch%20Course.pdf>

Další odlišný směr ve vývoji spojky započala roku 1904 firma De Dion & Bouton, kdy představila jednolamelovou spojku, která ovšem v tuto dobu narážela na nedostačující materiály. Proto se do širšího použití dostala až v průběhu 20. let minulého století v USA hlavně na základě velké poptávky zásobovacího průmyslu, který ke konci této dekády

uděloval licence evropským výrobcům. Ovšem následně během několika let tyto jednolamelové spojky postupně nahradily kuželové i vícelamelové konkurenty.

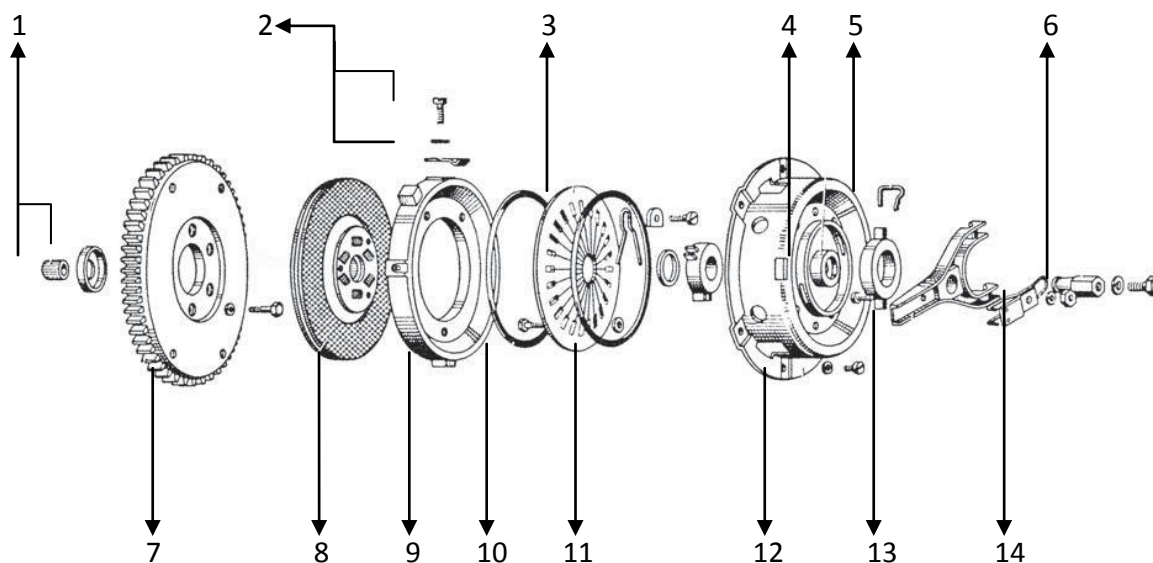
De Dion & Bouton používali k mazání povrchu jednolamelové spojky grafit, ale obrovským rozvojevým skokem byl příchod ferodoasbestových (železoasbestových) obložení ke konci 20. let 20. století. Toto obložení se používá až do dnešních dnů, pouze se přešlo na bez asbestovou variantu. Výhody jednolamelové suché spojky jsou zřejmé – menší hmotnost spojkové lamely umožnila rychlejší uvolnění, čímž učinila změnu rychlostních stupňů mnohem jednodušší a stejně tak dala zapomenout na spojkové resp. převodovkové brzdy a jejich přídatné pedály.

Nicméně jako každé začátky i počáteční konstrukce jednolamelové spojky byla poměrně komplikovaná. Pouzdro spojky bylo tvořeno přírubou na setrvačnicku a kryt spojky byl přišroubovaný k tomuto pouzdru. Tento kryt spojky držel táhla pák, které byly tlačeny dovnitř pružinami a které přenášely tlak od vnitřního středového disku přes třecí lamelu a tedy přenos síly od setrvačnicku. Třecí kotouč byl spojen buď s připojovacím, nebo převodovým hřídelem. Spojka byla spojena a rozpojena pomocí kruhového disku, který pohyboval kuželem dopředu a dozadu. Strany tohoto kužele odpovídajícím způsobem ovládaly pružinami stlačené páky, které stlačením nebo uvolněním zapojovaly, respektive odpojovaly vnitřní středový disk. Tím, že se kužel neustále otáčel kolem kruhového disku, bylo potřeba mazání v pravidelném intervalu. Spojka se spirálovými pružinami, ve které je spínací zátěž produkována právě těmito pružinami, se ukázala jako řešení, jež se dočkalo širšího využití.

V první vývojové fázi bylo experimentováno s centrálně uspořádanými pružinami, ale pouze řešení s množstvím malých pružin, rozložených kolem vnějšího okraje pouzdra spojky, se dostalo do výroby ve velkém měřítku. Principem této spojky byly páky, které tlačily na spirálové pružiny přes uvolňovací ložiska, která se volně pohybovala na hřídeli spojky a uvolňovala tlak na lamelu a tím i rozpojení spojky. Velikost přenášeného zatížení mohla být změněna použitím různé sady spirálových pružin. S dalším vývojem motorů se ale začala ukazovat zásadní nevýhoda tohoto řešení v tom, že při vyšších otáčkách motoru byly spirálové pružiny, umístěné na vnější straně přitlačné lamely, tlačeny dále směrem ven proti pružinovým pouzdrům vlivem odstředivé síly. Tření vznikající mezi pružinou a

pouzdrům zapříčinilo změnu charakteristiky zatížení spojky během jízdy. Čím vyšší byly otáčky motoru, tím se síla potřebná k rozpojení spojky stávala vyšší. Ruku v ruce s tím byla ložiska pro uvolňovací páky pod neustálým zatížením, které vedlo k rychlejšímu opotřebení a zejména pokud docházelo často k řazení ve vysokých otáčkách, opotřebovávala se tato ložiska velmi rychle. Proto roku 1936 přichází z výzkumných laboratoří firmy General Motors nová varianta tohoto konstrukčního řešení v podobě spojky s membránovou pružinou. Toto řešení se již koncem 30. let minulého století dostává do širšího využití. Evropa se s tímto řešením seznámila zejména díky vojenským vozidlům US Army GMC, která zůstala a byla nadále používána v Evropě po druhé světové válce. Již v průběhu první poloviny 50. let minulého století začalo být toto řešení využíváno evropskými výrobci. Prvními vozidly z německé produkce, která byla vybavena touto spojkou, byla vozidla Porsche 356, Goggomobil, BMW 700 a DKW Munga. Velkosériové výroby se tato spojka dočkala roku 1956 s vozidlem Opel Rekord. Řešení spojky je nejlépe vidět na obrázku 4.

Obrázek 4 - membránová spojka vyvinutá firmou General Motors



1 – kluzné ložisko, 2 – pojistná pružina se šroubem, 3 – membránová pružina, 4 – uvolňovací kroužek, 5 – pojistná pružina, 6 – kulový kolík pro vidlici spojky, 7 – setrvačnick, 8 – unášec, 9 – přítlačný kotouč, 10 – vnitřní úchytný kroužek, 11 – vnější úchytný kroužek, 12 – kryt spojky, 13 – uvolňovací vidlička, 14 – vratná pružina uvolňovací vidličky

Spojka s membránovou pružinou je konstrukčně symetrická, a proto nemění svojí charakteristiku se zvyšujícími se otáčkami motoru. Toto byl rozhodující vývojový parametr, zejména s příchodem vysokootáčkových motorů a s rozvojem motorového rozvodu OHC (over head camshaft), tedy s vačkou umístěnou v hlavě motoru. Tento vývoj prakticky vytlačil řešení spojky s tlačnými pružinami. Ke konci 60. let minulého století již téměř všichni výrobci přešli k využívání spojky s membránovou pružinou. Již v tuto dobu se mezi největší výrobce tohoto typu spojky zařadila společnost LuK. Hlavními výhodami spojky s membránovou pružinou byly jednoduchá konstrukce, konstantní zatížení, menší prostor potřebný pro relativně vysoké zatížení (což je velmi důležité zejména u příčně umístěných motorů) a v neposlední řadě stejná charakteristika v celém spektru otáček motoru. Díky těmto výhodám je dnes spojka s membránovou pružinou používána téměř výhradně.

Souběžně s tímto vývojem se vyvíjela i spojková lamela. Neustále se měnící rychlost a kolísání točivého momentu spalovacího motoru způsobuje vibrace, které jsou přenášeny z klikového hřídel, spojky a převodového hřídele do převodovky, což má za následek hluk a opotřebení zubů převodových kol. Tyto efekty jsou ještě zesilovány setrvačníky s nižší hmotností a lehké konstrukce v moderních automobilech. Takže spojkové lamely byly vybaveny torzními tlumiči a pružinovým obložením.

Ovládání spojky bylo po dlouhou dobu náročné na sílu, protože vyvinutá síla na spojkový pedál musela být dále přenášena přes klouby a hřídele. Zvýšení komfortu při ovládání spojky přineslo v 30. letech použití ocelového lanka a velmi výrazným posunem bylo vyvinutí hydraulického zesílení v 50. letech 20. století.

V průběhu dalších let bylo snahou výrobců také zjednodušit nebo automatizovat ovládání spojky. Již roku 1918 přišla firma Wolseley s první myšlenkou elektromagnetické spojky. Z počátku 30. let minulého století postavila francouzská firma Cotal převodovku s předvoličem a elektromagnetickou spojkou, která byla použita v luxusních vozech. Princip spočíval v tom, že řidič „předovolil“ další požadovaný převodový stupeň, který byl následně zařazen sešlápnutím spojkového pedálu bez nutnosti použití řadicí páky. Experimentů s automatickou spojkou se účastnilo mnoho firem – vzpomeňme například Saxomat od firmy Fichtel & Sachs, LuKomat od firmy LuK, Manumatik firmy Borg & Beck

nebo Ferlec od Feroda. Žádný z těchto systémů se ovšem budoucnosti nedočkal, protože konkurence v podobě automatické převodovky s násobiči točivého momentu byla příliš velká. [1]

3.2. Přenos hnací síly na poháněná kola

Prvotní řešení přenosu síly produkované motorem na hnaná kola bylo pomocí plochého řemene a to většinou koženého. Toto řešení bylo spojené s mnohými nevýhodami – zejména sníženou účinností během nepříznivého počasí (toto řešení bylo využíváno v době, kdy ani řidič vozidla neměl nad sebou jakoukoli ochranu proti nepřízni počasí, takže i většina komponentů vozidla byla bez ochranných krytů a tedy vystavena vlivům nepříznivého počasí), dále velmi rychlým opotřebením, zvýšeným prokluzem a podobně. Tyto neduhy nutily konstruktéry a vynálezce v prvopočátcích automobilového vývoje hledat jiný způsob přenosu produkované síly.

Další variantou se stal řetězový pohon, který použil například i již zmiňovaný Carl Benz v jeho prvním vozidle. Řetězový pohon měl mnoho výhod, mezi které můžeme zmínit lehkou konstrukci, jednoduché opravy a výměny, levné výrobní náklady. Ve srovnání s kardanovou hřídelí, o které se zmíním za chvíli, dokázal řetězový způsob pohonu lépe reagovat na výkyvy nápravy při přejezdu nerovností, kterých bylo v raných dobách automobilismu na cestách zaručeně více než hladkých a rovných cest. Mezi velmi výrazné zastánce tohoto druhu pohonu můžeme jednoznačně jmenovat firmu Frazer Nash. Nevýhoda tohoto přenosu se začala ukazovat až se vzrůstajícím výkonem a hmotností vozidel, kdy při velkém zatížení vozidla docházelo k časté poruše v podobě přetržení řetězu. Přesto například americký výrobce nákladních vozidel Mack setrval u tohoto způsobu pohonu až do 30. let 20. století.

Pomineme-li atypická vozidla jako je v dnešní době Morgan Three Wheeler (což je automobilová tříkolka, která svojí koncepcí stojí na rozhraní mezi motocyklem a automobilem), která i v dnešní době používá řetězový pohon zadního kola, tak jako poslední sériově vyráběné vozidlo s řetězovým pohonem byla Honda S600 v 60. letech minulého století. Na druhou stranu, vzhledem ke zmíněným pozitivním vlastnostem

tohoto druhu pohonu, se řetězový pohon stále téměř dominantně používá u motocyklů, kde naopak ostatní druhy pohonů – řemenem, případně kardanem jsou zastoupeny v mnohem menší míře.

Téměř souběžně s řetězovým pohonem probíhal vývoj pohonu pomocí kardanového hřídele neboli kardanu. Jde o způsob pohonu, který se zachoval až do dnešních dnů a to jak u osobních, tak i užitkových a hlavně nákladních vozidel. Chceme-li se blíže podívat na vývoj kardanu, musíme se vrátit až do roku 1545, kdy italský matematik Girolamo Cardano uvedl, že princip kardanů může být použit k přenosu rotačního pohybu skrze šikmé spojení, které se vyvinulo do podoby kardanového kloubu neboli kříže. Tento nový koncept byl poprvé k vidění v roce 1548 na kočáru při přepravě svatého římského císaře Karla V. V roce 1676 se Robert Hooke vrátil ke Cardanovu nápadu a použil jej ke konstrukci nástroje, který umožnil bezpečnější cestu ke studiu slunce. Tento nový nástroj využil nový typ spojení, který umožňoval, aby kroutící pohyb jednoho hřídele byl přenesen na druhý hřídel bez ohledu na to, jak byly tyto hřídele vůči sobě orientovány.

Od této doby uplynulo celých 240 let než Clarence W. Spicerová uplatnila tuto myšlenku v automobilovém průmyslu. Společnost Spicer získala roku 1903 patent na univerzální kloub a tuto inovativní myšlenku následně použila v automobilu s vlastním designem. Ještě o trochu dříve – konkrétně roku 1895 položili základ koncepce pohonu vozidel, tak jak je známý i v dnešní době, pánové Louise-Rene Panhard a Emil Levassor. Jejich vůz představený v uvedeném roce měl vpředu vertikálně umístěný motor, který přes spojku, třístupňovou posuvnou převodovku a řetězovou hřídel, poháněl zadní kola. Jedinými moderními prvky chybějící v této koncepci byly zadní náprava s diferenciálem a hnací hřídel místo řetězu. Tyto prvky přišly o tři roky později - roku 1898, kdy milionář Louis Renault při vývoji svého vozidla spojil vertikální motor s poháněnou zadní nápravou pomocí kovového hřídele. Louis Renault použil řešení, které nazval „živá“ zadní náprava, které spočívalo v přizpůsobení myšlenky se kterou přišel v roce 1893 americký technik C.E. Dury – šlo o použití tzv. diferenciální zadní nápravy, což bylo zařazení diferenciálu do rozvodu zadní nápravy. Toto řešení mělo za následek velmi výrazné snížení opotřebení kol zadní nápravy, kterými trpěli automobily ostatních výrobců, kteří vyžívali systém tzv. „mrtvé“ nápravy, kdy se při zatáčení otáčela obě kola zadní nápravy stejnou rychlostí. Naproti tomu „živá“ neboli diferenciální zadní náprava umožňovala, aby se při zatáčení

otáčela kola poháněné nápravy rozdílnými rychlostmi – vnější kolo se pohybovalo rychleji než kolo vnitřní. Toto souhrnné řešení – kovová hřídel a spojení pomocí univerzálních kloubů vyvinutých firmou Spicer bylo ve velmi krátké době převzaté a zařazené do výroby většinou tehdejších výrobců automobilů. Tím vznikla koncepce přenosu hnací síly v podobě tzv. kardanu a kardanových křížů, tak jak je používáme dodnes.

Samotné použití přenosu pomocí kovové hřídele, bez použití kardanových křížů bylo v praxi nepoužitelné, protože tento systém přenosu pohonu nedokázal reagovat na vzájemný pohyb zadní nápravy vůči výstupu z převodovky, ke kterému docházelo díky nerovnostem při pohybu vozidla. Tento neduh byl pomocí kardanových křížů (nebo spojek, nebo kloubů) plnohodnotně odstraněn. [2, 3]

3.3. Diferenciály

Historie diferenciálů je velmi úzce spjata s vývojem kardanových křížů a hřídelí, jak jsme jej již popsali v předchozí kapitole. Již víme, že s prvním myšlenkou diferenciální zadní nápravy, která díky speciálnímu systému ozubenému soukolí dovoluje při průjezdu zatáčkou, aby se kola poháněné nápravy otáčela každé jinou rychlostí – vnější kolo rychleji a vnitřní pomaleji, přišel již v roce 1893 americký technik C. E. Dury. Praktického využití ovšem tato myšlenka dočkala až roku 1898 díky francouzskému milionáři Louisi Renaultovi, který tento systém použil při vývoji svého vozidla. Toto je první doložené a ověřené použití diferenciálu v automobilu. Ovšem některé prameny uvádějí, že již roku 1828 opatřil Francouz Onesiphore Peckqueur svůj parní vůz diferenciálem namontovaným na zadní poháněné nápravě. Oproti tomu v Anglickém městě Coventry je postaven pomník anglickému konstruktérovi Jamesu Starleyovi, který údajně diferenciál vynalezl roku 1879. Co je pravda, si netroufám tvrdit, a proto se podržím potvrzeného použití diferenciálu ve vozidle z roku 1898.

Jako zajímavost je možné také uvést za předchůdce diferenciálu řešení, které si nechal patentovat roku 1824 William Henry James. Jeho řešení spočívalo v tom, že měl ve svém voze dva parní stroje, z nichž každý poháněl jedno kolo. Množství páry, přicházející do

každého z obou strojů, bylo ovládáno dvěma kohouty, jejichž řízení bylo automaticky měněno podle počtu otáček obou zadních kol.

Vrátíme-li se k diferenciálu, použitým roku 1898 ve vozidle se spalovacím motorem, zjistíme, že tato základní myšlenka zůstává během automobilového vývoje poměrně stejná a v průběhu let se mění řešení a provedení diferenciálů z hlediska způsobu pohonu vozidel – zda má vozidlo motor umístěný vpředu a pohon předních kol, motor vpředu a pohon zadních kol, motor vzadu (nebo uprostřed) a pohon zadních kol, případně zda využívá koncepce pohonu 4x4. Dále z konstrukčního hlediska přinesl vývoj diferenciálů řešení v podobě samosvorných diferenciálů, uzávěrek diferenciálů, které buď samočinně podle jízdních podmínek, nebo pokynem řidiče upravují charakteristiku výstupu hnací síly z diferenciálu. Zde můžeme zmínit jako důležitý přelom počín automobilky Studebaker, která roku 1956 přichází jako první s diferenciálem s omezenou svorností, který zavádí do sériové výroby. S rozvojem elektroniky a mechatroniky dochází k uplatnění elektronicky omezených svorností diferenciálů a elektronických uzávěrek diferenciálu, což je obdoba výše zmíněných řešení, pouze za pomoci elektronického řízení.[4]

4. Převodovky

4.1. Manuální převodovky

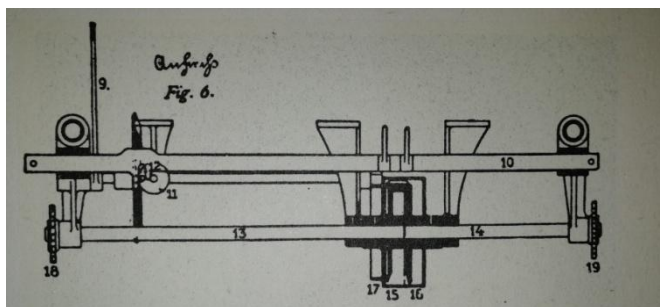
Mapování historie manuálních převodovek můžeme začít již na sklonku roku 1801, konkrétně 28. 12. 1801, kdy došlo k úspěšnému předvedení parního vozidla Richardem Trevithickem. Na tento vůz dokonce získal patent na řešení vysokotlakého expanzního parního stroje, čímž obešel Wattovy patenty, které byly na parní stroj kondenzační. Tento Trevithickův parní stroj měl dvojčinný ležatý parní válec, který poháněl pístní tyč prodlouženou směrem kupředu, kde bylo vedení, na tuto tyč navazovala ojnice obrácená opačným směrem (tj. nazad, aby stroj nebyl příliš dlouhý), která působila na kliku otáčející ozubeným kolem. Jeho zuby zabíraly do většího ozubeného kola, nasazeného na zadní ose vozu. Přitom bylo možné měnit poměr převodu obou ozubených kol, čímž se měnila rychlost a tažná síla vozu. Bohužel změna tohoto převodového poměru byla možná pouze

u stojícího vozidla a rovnala se spíše servisnímu zásahu, než změně převodového poměru, jak bychom si jí představili dnes. Jelikož všechny začátky bývají trnité, tento vůz krátce nato, v době kdy byl vynálezce na obědě, úplně shořel. Richard Trevithick pravděpodobně kvůli přemíře svých dalších plánů v rozvoji silničních vozidel nepokračoval a na místo toho sestrojil první anglickou parní lokomotivu. Nicméně základní kámen byl položen, ale uplynulo skoro třicet let, než tato myšlenka dospěla k dalšímu rozvoji.

Další pokusy o sestavení převodů měnitelných za jízdy můžeme přičíst v roce 1825 Henry Petovi a roku 1832 W. H Jamesovi. Nicméně až roku 1858 sestavil Thomas Ricket parní vůz s měnitelnými převody během jízdy, který skutečně fungoval. Ačkoli byly tyto počiny se změnou převodového poměru u parních vozidel ojedinělé, další vývoj převodovek musíme hledat až v době nástupu spalovacích motorů, které změnu převodového poměru ke svému provozu, díky charakteristikám zážehového případně vznětového motoru, vysloveně potřebují.

Roku 1885 vyrobil Carl Benz motorovou tříkolku, označovanou jako první prakticky použitelný automobil světa. V této tříkolce používá jednoduchou převodovku, kterou si nechává v tomtéž roce také patentovat. Na obrázku 5 je možné pro zajímavost vidět vyobrazení této převodovky v podobě, v jaké se nacházela v tehdejším patentovém spisu.

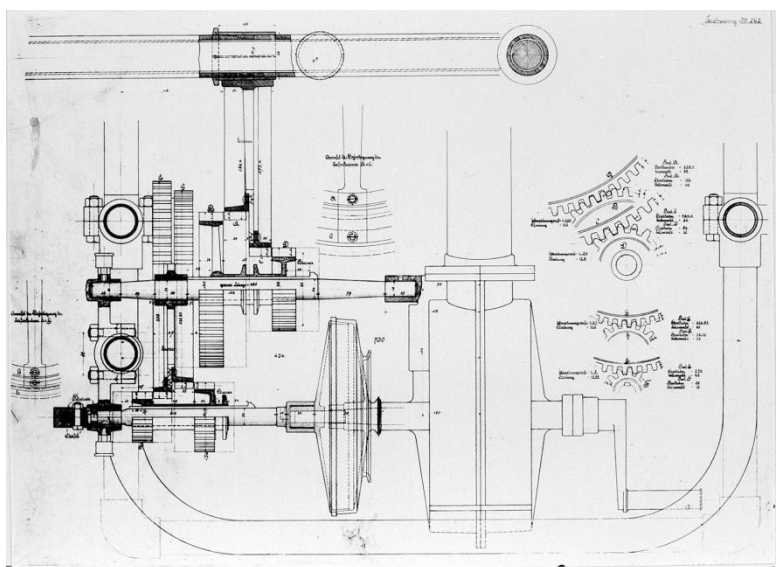
Obrázek 5 - jednoduchá převodová skříň patentovaná Carlem Benzem



Zdroj: Alois Lustig, Jaroslav Jezdinský: *Od dřevěného kola k automobilu*

Roku 1889 přichází Gottlieb Daimler se čtyřkolovým vozidlem vybaveným dokonce jednoduchou čtyřstupňovou převodovkou, kterou můžeme včetně diferenciálu vidět na obrázku 6.

Obrázek 6 - převodovka se čtyřmi stupni použitá ve vozidle Daimler



Zdroj: <http://www.seriouswheels.com>

V těsném závěsu následovali německé konstruktéry pánové Panhard a Levassor, kteří roku 1895 přišli s vozidlem, které bylo vybavené třístupňovou převodovkou. Obecně lze toto vozidlo považovat za základní stavební kámen automobilové koncepce, která je s různými obdobími používána dodnes. Jejich vozidlo mělo vpředu uložený motor, následovala třístupňová převodovka a řetězový pohon zadní nápravy. Zajímavostí je, že konstruktér Levassor vycházel při konstrukci této převodovky z řešení, které se nacházelo na soustružích používaných ve stejné době. Jednalo se o řešení, kdy se tak říkajíc „natvrdo“ přesunovaly pákou jednotlivá ozubená kola mezi sebou, což mělo za následek velké rázy při změně rychlostí i u velmi zkušených řidičů. Tento způsob řazení vyžadoval velmi pečlivé načasování a velmi jemnou práci při dávkování plynu. Přesto si přezdívku „crash box“ neboli nárazová krabice tato převodovka nevysloužila jen tak pro nic za nic. Velmi slavný se stal i výrok Levassora - jejího konstruktéra, který prohlásil: „Je to brutální, ale funguje to.“ Toto řešení zdokonalil roku 1898 Louis Renault použitím diferenciálu a převodový řetěz nahradil hřídelem. V každém případě uvedené konstrukční řešení připisované právě dvojici Panhard a Levassor využívala na přelomu 19. a 20. století drtivá většina automobilových výrobců.

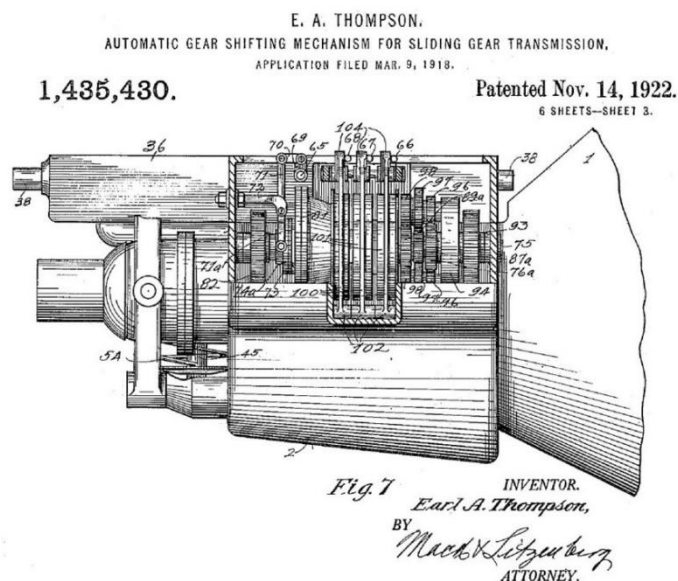
Velmi výrazně se z této hegemonie vymykala převodovka použitá ve vozidle Ford model T. Plechová Lizie, což je přezdívka pod kterou zná toto vozidlo doslova celý svět, měla

dvoustupňovou převodovku vybavenou dokonce zpětným rychlostním stupněm. Každá z rychlostí měla vlastní spojku a na podlaze vozidla jsme tedy mohli najít tři pedály. Paradoxně tyto pedály neměly stejnou funkci, jaká by nás napadla dle zkušeností ze současných automobilů. Plyn se ovládal páčkou vpravo pod volantem a zmíněné tři pedály měly tuto funkci: úplným sešlápnutím levého pedálu se zařadila jednička, vůz se rozjel po uvolnění páky ruční brzdy. V polovině zdvihu pedálu byl neutrál a po úplném uvolnění levého pedálu došlo k přeřazení na dvojku. Sešlápnutí prostředního pedálu aktivovalo zpátečku, po jeho uvolnění se vůz opět rozjel vpřed. Za cenu poškození, na tuto dobu poměrně levné převodovky, bylo navíc možné tímto způsobem zpomalit vozidlo při panickém brzdění mnohem výrazněji než s pomocí brzdy, která ovládala pedál umístěný úplně vpravo. Konstrukční řešení této převodovky, která byla nazývána planetová, bylo takové, že centrální kolo (nazývané „sluneční“ kolo) bylo obklopené třemi planetovými koly. Dnes je takové řešení s planetovými koly mnohem více používáno u automatických převodovek než u jejích manuálních protějšků.

Z uvedených příkladů prvotních převodových mechanismů jasně patrné, že řidič tehdejších vozidel musel při změně rychlostních stupňů vynaložit buď velkou sílu, nebo velkou obratnost, případně kombinaci obojího a toto snažení bylo navíc nezřídká doprovázeno nepříjemnými rázy a skřípěním způsobeným spojování ozubených kol, která se otáčela v době řazení rozdílnými rychlostmi. Proto se dá říct, že obrovským milníkem ve vývoji manuálních převodovek byl vynález synchronů. Za původcem tohoto vynálezu se musíme vydat za velkou louží, přesněji do firmy General Motors a jejím konstruktérem Earlem A. Thompsonem. Ten přichází roku 1922 s patentem na synchronizovanou převodovku, jejíž náhled je zobrazen na obrázku číslo 7.

Konstrukční řešení této převodovky řeší vyrovnaní neboli synchronizaci rychlosti otáčení mezi jednotlivými převodovými zuby před jejich uvedením do společného záběru. Toto řešení tedy velmi usnadnilo přeřazování rychlostních stupňů a mimo jiné odpadlo do té doby naprosto nevyhnutelné dvojitě vyšlapávání spojkového pedálu při změně rychlostních stupňů. Do praktické výroby se nicméně tento patent dostává až roku 1928 ve vozidlech značky Cadillac, spadajících do koncernu General Motors. Zajímavostí je, že roku 1930 prodal Thompson svůj patent firmě General Motors za cenu 1.000.000,- USD, což byla na tuto dobu nepředstavitelná částka.

Obrázek 7 - patent synchronizované převodovky E.A. Thompsona



Zdroj: <http://www.hemmings.com>

Budeme-li sledovat kariérní dráhu E.A.Thompsona dále, zjistíme že roku 1932 dostává od General Motors volnou ruku k sestavení odborného týmu, který má za úkol vývoj převodovky, kde by byla mechanická síla nutná k přeřazení, nahrazena hydraulickým mechanismem. Tento tým přichází roku 1936 s poloautomatickým planetovým přenosem, který vyžadoval konvenční spojku pro spuštění a rozjezd a poté manuální posun z dvourychlostního automatického nízkého rozsahu na dvoustupňový automatický vysoký rozsah. Posun byl proveden pod zátěží bez použití pedálu spojky. Toto řešení je jakýsi meziprodukt mezi manuální a automatickou převodovkou, nicméně v současnosti můžeme obdobné řešení najít například v traktoru John Deere 5820.

Vrátíme-li se ke konstrukčním detailům synchronizované převodovky, zjistíme, že obecný návrh synchronizačních kroužků lze připsat GM, ale stylizaci kroužků, která přetrvává téměř do dnes má na svědomí americká divize Warner Gear společnosti Borg-Warner Corporation z roku 1939. Roku 1952 představuje firma Porsche ve svém modelu Porsche 356 kuželové synchronizační kroužky, které jsou po mnoho let nazývány Porsche typ. S dalším vylepšením tvaru synchronizačních kroužků přichází roku 1967 automobilka FIAT, která vylepšuje použití těchto kroužků u motorů s nižším výkonem.

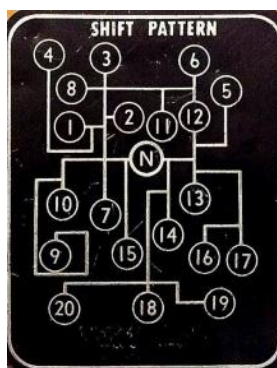
Přestože synchronizované převodovky byly představené již na konci 20. let ještě v 50. letech se běžně používaly převodovky se synchrony pouze mezi druhým a třetím rychlostním stupněm. Dokonce řidičské manuály z tehdejší doby nabádaly řidiče, aby v případě potřeby přeřazení z druhého na první rychlostní stupeň radši zastavili úplně vozidlo, přeřadili na první rychlost a následně se znovu rozjeli. Plně synchronizované tři, čtyř, případně později pěti a více rychlostní převodovky se stávají standardem až počátkem 80. let. U moderních automobilů je běžné provedení s pěti respektive šesti rychlostními stupni. Jako výjimku můžeme zmínit vozidlo Porsche 911, které má 7 rychlostních stupňů, kdy nejvyšší rychlosti je dosahováno na šestý rychlostní stupeň a „sedmička“ je učená jako jakýsi rychloběh pro klidnou jízdu v nižších otáčkách.

U nákladních vozidel můžeme vysledovat velmi podobný vývoj, nicméně u těchto vozidel velmi brzy vstupují do hry převodovky přídatné, které dále zvyšují základní počet převodových stupňů hlavní převodovky. Důvod je velmi prostý. Nákladní vozidla se musí potýkat s mnohem vyšším hmotnostním zatížením oproti osobním automobilům a k tomu mají k dispozici velmi malý rozsah efektivních pracovních otáček dieselových motorů. Tohoto se docílí použitím přídatné převodovky před nebo za hlavní převodovkou, případně současného použití obou. Ze základní tří nebo čtyř stupňové převodovky se použitím přídatných převodovek před i za hlavní převodovkou, rázem stávají 12-ti (2x3x2) respektive 16-ti (2x4x2) stupňové mechanismy. Tyto přídatné převodovky bývají velice často integrovány do společné skříně s převodovkou základní. Pokud je nutné podstatně zvýšit celkový rozsah převodů, tedy poměr mezi nejnižším a nejvyšším převodem, používá se přídatná dvoustupňová rozsahová převodovka za základní převodovkou, tedy rozsahová redukce, zpravidla planetové soukolí. Počet rychlostních stupňů se díky němu zdvojnásobuje a obě skupiny převodů na sebe navazují. Tam, kde končí rozsah prvních tří nebo čtyř rychlostních stupňů, začíná rozsah druhý. V praxi se používá označení dolní a horní řada. Řadu volí řidič buď přepínačem, nebo přesuvnou objímkou na řadicí páce, případně přesuvnou kulisou ovládanou řadicí pákou. Schéma řazení se označuje jako dvojitě H (2H, HH). Předřazená převodovka, tedy dělicí redukce (Split), dává možnost volby ze dvou stálých převodů základní převodovky, tedy převodu mezi vstupní hřídelí převodovky (od motoru) a předlohou hřídelí. Poměr převodů je volen tak, že předřazená redukce dělí jednotlivé rychlostní stupně na polovinu. Celkový počet

rychlostních stupňů je tak opět dvojnásobný. Například u základní čtyřstupňové převodovky má řidič k dispozici každý ze stupňů jako pomalý (Low) nebo rychlý (High), tedy „půlený“ nebo „celý“. Předřazená převodovka se obvykle ovládá elektropneumatikou tak, že pokyn pro řazení dává řidič přepínačem na řadicí páce. K vlastnímu přeřazení dochází při sešlápnutí pedálu spojky. Stálé převody lze volit tak, že přímý záběr je buď na celém (H), nebo půleném (L) nejvyšším rychlostním stupni. Tato konstrukce zajišťuje jemné odstupňování převodů, ale celkový rozsah převodů základní převodovky zvětšuje jen nevýznamně. Vzhledem k dvojímu stálému převodu mají tyto převodovky i dva různé zpětné rychlostní stupně.

Zde bych jako zvláštnost uvedl řadicí schéma vozidla Kenworth W900L, tak jak jej můžeme vidět na obrázku č.8.

Obrázek 8 - schéma řazení Kenworth W900L



Zdroj: <http://www.smartdrivetest.com>

Pro běžného řidiče, zvyklého z osobního vozidla na 5 rychlostních stupňů a jednu řadicí páku, musí tento způsob řazení připadat jako doslova z jiné planety. Pouze podotýkám, že k řazení dle tohoto schématu se používají celkem tři řadicí páky.

Přestože mnozí řidiči, kteří nemají automobil jen jako věc pro přepravu z bodu A do bodu B, jsou ze současného vývoje smutní, tak pravdou zůstává, že manuální převodovky nejen v osobních, ale i užitkových a nákladních vozidlech pomalu ale jistě směřují ke konci své kariéry. Dá se říci, že každým rokem více a více prohrávají svůj boj se svými automatickými kolegy nebo spíše by se dalo říci soupeřkami. Můžeme zde poměrně rozsáhle polemizovat o tom, že automatické převodovky mají dnes mnohem větší efektivitu, rychlost přeřazení a mnoho dalších výhod oproti manuálním převodovkám, ale zde se asi

přikloním k názoru mnoha skalních fandů automobilismu – automobil s automatickou převodovkou – to prostě „není ono“. Koncern Volkswagen ve své vizi 2025 dokonce uvádí, že do roku 2025 chce mít všechna vozidla ze své produkce vybavené pouze automatickou převodovkou.....smutné.[2, 5, 6, 7, 17, 18]

4.2. Automatické převodovky

Zatímco u manuálních převodovek bylo, vzhledem k provozním charakteristikám Ottova zážehového respektive Dieselova vznětového motoru troufám si říci jejich použití a vývoj naprostou nutností, u vzniku a vývoje automatických převodovek bychom příčinu mohli s nadsázkou spatřovat v lenosti a pohodlnosti. Přestože k využití potenciálu zážehového i vznětového motoru manuální převodovky plně postačovaly, to co vedlo konstruktéry k tvorbě prvotních automatických převodovek, byla snaha o zjednodušení řazení a větší jízdní komfort pro řidiče vozidel.

První pokus o konstrukci automatické převodovky spatřuje světlo světa již roku 1904 zásluhou bratří Sturtevantů z Bostonu. Jejich konstrukční řešení nabízelo dvě rychlosti dopředu, které byly řazeny a uvolňovány působením odstředivých závaží, bez nutnosti použití nožní spojky. Jakmile se zvýšily otáčky motoru, závaží se zhoupla a zapojila převodové pásy – nejdříve nižší převodový pás a následně vyšší převodový pás. Bohužel tehdejší materiály ještě nebyly natolik pevné, aby tato převodovka mohla být použita v širším měřítku, protože zhoupenutí závaží, která měla uvést v činnost převodové pásy, bohužel velmi často končilo tím, že závaží kompletně opustilo převodovku jako celek. Tím se tento systém stal v praxi naprosto nepoužitelný.

Další dílek skládačky vývoje použitelné automatické převodovky se snažil roku 1921 přidat Horner Munro, který na toto řešení dokonce získal ve stejném roce patent. Jeho řešení ovšem nevyužívalo hydraulické kapaliny, tak jak je běžné dnes, ale stlačeného vzduchu. Bohužel díky tomuto řešení nebyla tato převodovka schopna přenášet větší výkony a proto se ani tento pokus širšího uplatnění nedočkal.

Již poměrně zajímavým pokusem bylo roku 1934 řešení firmy Reo, nazvaný Reo self-shifter (což by se dalo přeložit jako Reo – samočinně řadící). Technicky se jednalo o dvě

převodovky zapojené do série. Při běžné jízdě řadila první převodovka převodové stupně směrem nahoru prostřednictvím záběru odstředivé více lamelové spojky – velmi podobná myšlenka jako u bratří Sturtevantů – druhá převodovka ovšem musela být řazena manuálně a to v případě potřeby podřazení na nižší rychlostní stupeň. Jistě pokrok to byl, ale pořád to nebylo řešení, které si dnešní řidiči vybaví, pokud před nimi zmíníme automatickou převodovku.

Proto nás naše pátrání přivádí opět ke jménu E.A.Thompson. Ano, správně, tento konstruktér pracoval pro společnost General Motors a jeho vynález – synchronní kroužky - již jednou velmi usnadnil řidičův život. Přesto se svým týmem na popud společnosti GM vrhnul do další výzvy a tím byla automatická převodovka. Jakousi mezi zastávkou tohoto týmu mezi manuální a automatickou převodovkou byla čtyř rychlostní poloautomatická planetární převodovka, která vyžadovala klasickou spojku pro zařazení a rozjezd na první rychlostní stupeň a jedno manuální přeřazení mezi dvoustupňovou malou řadou a dvoustupňovou vyšší řadou. Toto přeřazení již probíhalo pod zatížení bez použití pedálu spojky. Převodovka tedy řadila sama z jedničky na dvojku a pak ve vyšší řadě z trojky na čtyřku. Tato převodovka byla široké veřejnosti představena v automobilech dceřiné společnosti GM a to v automobilech Oldsmobile, pod názvem Automatic Safety Transmission (AST). Zajímavostí z dnešního pohledu až úsměvnou je, že tato převodovka byla nabízena jako příplatková výbava za cenu 80 (!) \$ a celkem si jí do svých automobilů zvolilo cca 28 000 motoristů. Název „safety“ byl marketingově prezentován tak, že se řidič může soustředit více na řízení vozidla, vozovku a okolní provoz, než na řazení rychlostních stupňů.

Vývoj ovšem pokračoval dál a výsledek byl představen roku 1940 tentokrát GM divizí Cadillac. Dalo by se říci, že převodovka Hydra-Matic (jak se tato převodovka nazývala) byla první skutečnou a plnohodnotnou automatickou převodovkou. Její řešení spočívalo v použití tří planetových soukolí, které byly ovládány hydraulicky za pomoci tlakového regulátoru a tlakovým modulárním systémem pro automatické ovládání a nabízela čtyři rychlosti dopředu a jeden zpětný chod. Ke spojení motoru a převodovky byla použita kapalina, což je řešení, které je možné připsat společnosti Chrysler a to již roku 1937, ale tato jej nedokázala použít v praxi dříve než roku 1941, kdy představila převodovku

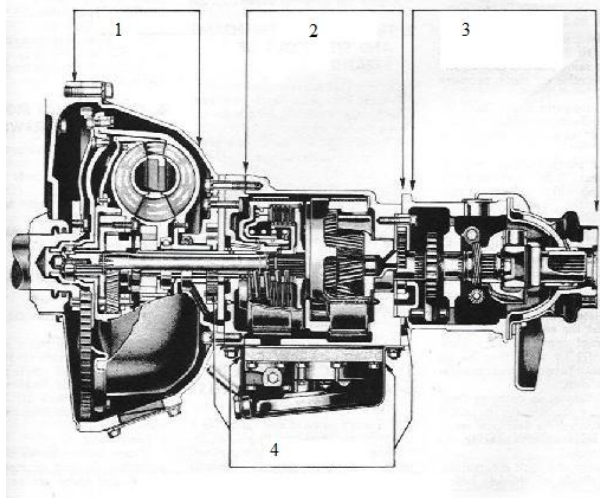
Chrysler Fluid Drive. Toto ovšem nebyla automatická převodovka, ale standardní manuální převodovka s kapalinovým řazením nikoliv spojkou.

Vrátíme-li se ještě k převodovce Hydra-Matic, lze podotknout, že u této převodovky nebyl použit hydrodynamický měnič – jeho funkci plnila hydraulická spojka. Nejednalo se tedy ještě úplně přesně o automatickou převodovku, jakou používáme dnes. Cadillac si tuto převodovku cenil ve své volitelné výbavě na 57\$. Během druhé světové války byl vývoj těchto převodovek pro osobní automobily dočasně přerušen a hledalo se využití tohoto systému pro armádní potřeby. Na druhou stranu, využití technologií během války pomohlo převodovku vypilovat téměř k dokonalosti a proto se vyráběla ještě mnoho let po ukončení válečného konfliktu roku 1945. Mnoho automobilek dokonce zakoupilo licenci na výrobu tohoto typu převodovky – zmiňme například Rolls-Royce, který ji používal ve svých modelech a vozech Bentley, nebo také konkurenční Lincoln, což byla luxusní divize koncernu Ford. Inspirací se tato převodovka stala i firmě Mercedes, ale o těchto převodovkách více v dalším textu. Hydra-Matic se stala mezi motoristy velmi oblíbenou, o čemž svědčí i to, že se jí vyrobilo přes 13 milionů kusů.

Hned po skončení druhé světové války se výrobci automobilů vrhli do dalšího vývoje automatických převodovek a tato snaha vyústila roku 1948 v uvedení převodovky Dynaflo automobilkou Buick, opět pod křídly GM. Tato převodovka již byla vybavena hydrodynamickým násobičem točivého momentu a planetovými koly v uspořádání v jakém se prakticky používá i dnes a nabízela dva rychlostní stupně směrem vpřed a zpátečku. Buick nabízel Dynaflo jako volitelnou výbavu za cenu 224\$ (všimněme si již výrazného cenového rozdílu oproti cenové nabídce převodovky AST nebo Hydra-Matic) pro model Roadmaster. Revolučním přínosem byl zámek hydrodynamického měniče, který přemostil měnič ve chvíli, kdy vozidlo jelo konstantní rychlostí. A tím docílil odstranění velkého neduhu automatických převodovek – tedy vysokých mechanických ztrát. I přes poměrně vysokou pořizovací cenu této volitelné položky, bylo převodovkou Dynaflo během tří let vybaveno 85% produkce Buicku. Jistou zajímavostí je, že u této převodovky byly použity některé myšlenky a řešení, které byly testovány na vozidle, u kterého by nás to asi ani nenapadlo – na tanku M18 Hellcat Destroyer. Řez touto převodovkou můžeme vidět na obrázku 9.

Ostatní výrobci velmi rychle pochopili potenciál a přínos této převodovky a proto během krátké doby přicházejí se svými variantami – Chevrolet a jeho Powerglide, Ford s Fordomaticem, Mercury a jeho Merc O-Matic, všechny roku 1950, Chrysler M-6 Torque Converter Automatic v roce 1951. Roku 1949 přichází s automatickou převodovkou vybavenou násobičem momentu také automobilka Packard, ale na rozdíl od ostatních výrobců je tato převodovka výsledkem jejich vlastního konstrukčního vývoje a nemá tedy s Dynaflo nic společného.

Obrázek 9 – automatická převodovka Buick Dynaflo z roku 1948



1 – kryt setrvačníku a hydrodynamický měnič momentu, 2 – obal převodovky, přímo řízená spojka a planetová kola, 3 – držák zadního ložiska, náhon tachometru, zámek parkovací polohy, výstup na kardan, 4 – hydraulické ovladače, olejová pumpa, olejová vana

Zdroj: <http://www.charlietranny.com/Dynaflo.htm>

O další posun se postarala firma Borg-Warner, která roku 1951 přichází s převodovkou s násobičem momentu, která nabízí tři rychlostní stupně vpřed a zpátečku. Tyto převodovky dodávala od počátku padesátých let automobilkám Ford, American Motors a Studebaker. Třístupňové převodovky s hydrodynamickým měničem postupně v 60. letech 20. století nahradily jak své dvoustupňové předchůdkyně, tak převodovky Hydra-Matic.

Než se podíváme na vývoj automatických převodovek také do Evropy, zmíním ještě poslední údaj. V současné době je ve Spojených státech amerických – tedy rodišti

automatické převodovky – vybaveno automatem 90% všech osobních vozidel a pick-upů neboli trucků jak je Američané nazývají.

Na evropské automobilové scéně se výrobci poměrně dlouho drželi pouze manuální převodovky. Mezi prvními výrobci, kteří přinesli automatickou převodovku i pro evropské zákazníky jsou Rolls Royce a Bentley, kteří používali licenci GM na výrobu převodovky typu Hydra-Matic, dále Mercedes, který přestože vyvíjel i svoje vlastní řešení, nakupoval od roku 1956 převodovky od firmy Borg-Warner. V roce 1956 přichází také Jaguár se svým model XK140 do kterého dává na přání automatickou převodovku.

S prvním vlastním konstrukčním řešením Mercedes roku 1961 pro vozidla řady W111 a W112. Bylo sice trochu podobné převodovce Hydra-Matic, ale byl to výsledek vývoje automobilky Mercedes a nikoliv licenční výroba jako u ostatních automobilek. Převodovka měla 4 rychlostní stupně a automatickou spojku – tady podoba s Hydra-Matic. Pro řešení s hydraulickou startovací spojkou se Mercedes rozhodl z důvodu výhody snížení přenosových ztrát ve srovnání s převodovkami vybavenými násobičem momentu. Do vozidla Mercedes 220 SEb byla možnost volit tuto převodovku jako příplatkovou výbavu, ale do vozidla typu 300 SE se dokonce dodávala již jako standardní výbava. Důkazem toho, že obliba těchto převodovek u Mercedesu rostla velmi rychle je ten, že roku 1966 bylo touto převodovkou vybaveno již 100 000 vozidel, roku 1971 to bylo již půl milionu a miliontého kusu dosáhl Mercedes roku 1975. Zároveň roku 1972 přichází Mercedes s převodovkou vybavenou násobičem momentu, která je standardně dodávána pro vozidla 450 SE a 450 SEL. V dalších letech se automatické převodovky ať už jako standardní výbava nebo příplatková dodává pro stále širší okruh vozidel Mercedes. Z počátku se pro vysokovýkonné modely s motory V-8 dodává třístupňová převodovka, zatímco pro slabší varianty se dodává převodovka čtyřrychlostní. Od roku 1980 se již stává čtyřstupňová převodovka standart pro všechna osobní vozidla Mercedes vybavená automatickou převodovkou. V říjnu roku 1990 přichází automobilka s automatickou převodovkou vybavenou pěti rychlostními stupni.

S první šestistupňovou převodovkou ovšem přichází roku 2001 konkurenční BMW. Ústrojí ZF 6HP26 od firmy ZF (ZF Friedrichshafen AG) bylo jako první namontováno do BMW řady 7, konkrétně do řady E65. Touto převodovkou bylo později vybaveno velké množství

vozidel. Namátkou zmiňme Jaguar, Land Rover, Lincoln, Ford, Maserati a verzi převodovky upravenou pro pohon všech kol pak používají například vozidla VW Phaeton, Audi A8, Bentley Continental nebo Audi S6 a RS6. Roku 2003 přichází sedmistupňová převodovka, za jejímž vývojem stojí firma Jatco, kterou vlastní automobilka Nissan.

Skoro by se dalo říci, že vývojovým trendem poslední doby se stává hon za co největším počtem převodových stupňů v automatických převodkách. Naprostým standartem u většiny osobních aut se staly převodovky se šesti až osmi rychlostními stupni, ovšem výjimkami už nejsou ani převodovky se stupni devíti. Významný výrobce na poli automatických převodovek – firma ZF se ovšem nechala slyšet, že dle jejího názoru je reálně využitelným počtem převodových stupňů v oblasti osobních automobilů je počet deset, ke kterému do budoucnosti směřuje. Ovšem na jakém počtu se vývoj v budoucnosti zastaví, si nyní netroufám odhadnout. [2, 8, 9, 10, 11]

4.2.1. Dvouspojkové automatické převodovky

Za vynálezce dvouspojkové převodovky je považován Francouz Adolphe Kégresse, který si svůj vynález nechává patentovat již roku 1939. K výrobě však již bohužel nedošlo z důvodu začátku druhé světové války a na dlouhou dobu se tento vynález zdál být zapomenutý. Myšlenku použít převodovku se dvěma spojkami oprášilo až v osmdesátých letech Porsche, které nasazuje vozidlo Porsche 956 s převodovkou označenou PDK (Porsche Doppelkupplung) do závodů na soutěžním okruhu v Kyalami. Koncern Volkswagen, respektive jeho divize Audi, používá dvouspojkovou převodovku o dva roky později v rallyovém speciále Audi Sport Quattro S1. Výhodou tohoto systému bylo velmi rychlé řazení, které těmto vozidlům poskytovalo značnou výhodu. Do sériové výroby se převodovka se dvěma spojkami dostává ve vozidle Porsche 959, které bylo vyráběné mezi lety 1986 a 1989. To byl ovšem na dlouhou dobu také jediný vůz vybavený takovouto převodovkou, protože v této době ještě trápila vozidla vybavená touto převodovkou její spolehlivost.

Až roku 2003 totiž přichází automobilka Volkswagen se svojí převodovkou typu DSG (direkt-schalt getriebe), vyvíjenou ve spolupráci s firmou Borg-Warner. Teprve automobilka Volkswagen dokázala prosadit převodovku vybavenou dvěma spojkami do

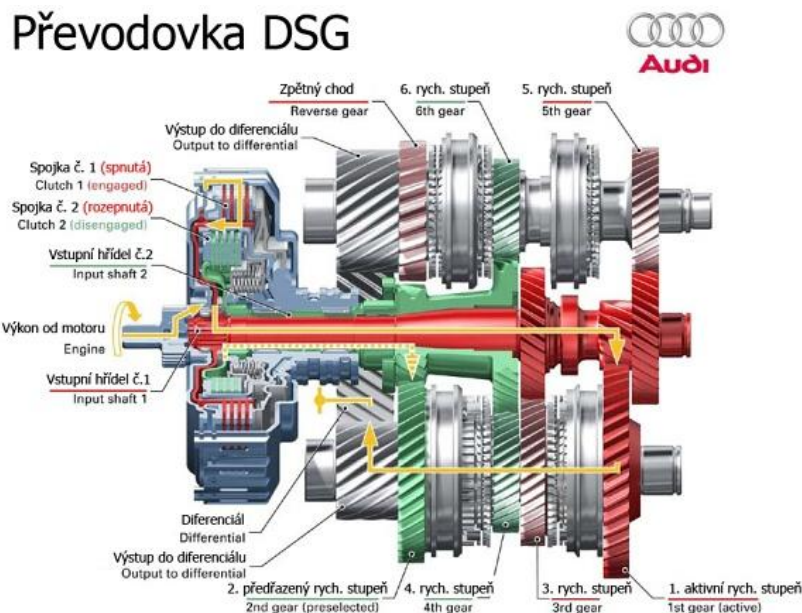
široké škály modelů. Princip převodovky DSG je v podstatě velmi jednoduchý. První vozidla vybavená touto převodovkou měla k dispozici šest rychlostních stupňů. V podstatě je tato převodovka složena ze dvou třístupňových převodovek a dvojice spojek ve společné skříni. Jedna z nich je určena pro liché stupně 1, 3 a 5, zatímco druhá pro sudé 2, 4 a 6, na jejím konci je výstupní hřídel s pastorkem směrem k diferenciálu. Revolučním krokem je to, že jsou zapojeny stále dva převodové stupně najednou, tedy v každé převodovce jeden. U konvenční převodovky by to vedlo k jejímu zablokování, v případě DSG přicházejí ke slovu dvě spojky, z nichž vždy pouze jedna během jízdy přenáší hnací sílu, druhá je otevřena a jí příslušející ozubená kola převodů se otáčejí volně. Teprve při řazení se jejich role změní, což se děje prakticky současně, téměř bez poklesu přenášeného výkonu. Střídání funkce spojek totiž trvá pouhých 0,14 s. O vlastní řazení se stará hydraulický systém s vyspělou elektronikou podle jednoduché logiky; při zrychlování je vždy předvolen (propojen) následující vyšší rychlostní stupeň, při brzdění pak stupeň nižší. Konstrukční řešení převodovky DSG je přehledně vidět na obrázku č. 10. Jasným signálem oblíbenosti a funkčnosti této převodovky je, že od uvedení v roce 2003 do dnešního dne bylo vybaveno touto převodovkou více než jeden milion vozidel.

Dalo by se říci, že konkurence ve vývoji tohoto typu převodovek trochu zaspala, takže se postupně přidávali až ve chvíli, kdy Volkswagen přichází již s druhou generací DSG vybavenou sedmi rychlostními stupni a oproti předchozí verzi jsou použity suché spojky, které poskytují nižší ztráty, než spojky v olejové lázni použité u předchozí generace. Samozřejmě ne u všech modelů a výkonů bude možné použít suché spojky, protože u větších výkonů a točivých momentů je použití chladivé olejové lázně nepostradatelný. Z tohoto důvodu je druhá generace zatím určena pro menší motory, protože je schopna přenášet točivý moment maximálně 250 N.m (oproti předchozí generaci, která zvládala přenést 350 N.m).

Do nabídky dvouspojkových převodovek vstoupila několikrát zmíněná firma ZF se svojí sedmistupňovou převodovkou PDK pro vozy Porsche, která dokáže přenést točivý moment až 500 N.m a zvládne otáčky motoru až 9000 ot/min. Konkurenční firma Getrag připravila převodovku DKG (Doppelkupplungsgetriebe), kterou použilo BMW ve svém modelu M3. Pro automobilky Ford a Volvo připravila převodovku Powershift s dvojicí spojek v olejové lázni. Postupně se přidávají další výrobci a automobilky jako například

Borg-Warner a jejich Dual-Tronic DSG pro Chrysler a také pro největší čínskou automobilku Shanghai Automotive Industry Corporation (SAIC). [2, 9, 10, 12]

Obrázek 10 - převodovka DSG pro vozidla Audi



Zdroj: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/prevodovka-dsg/>

4.2.2. Automatické převodovky CVT

Začnu-li tuto kapitolu trochu s nadsázkou, pak mohu napsat: Japonci je milují, Evropané jsou k nim přezíraví a Američané je takřka neznají. Mluvím o automatické převodovce CVT neboli Continuously Variable Transmission, tedy převodovka s plynule měnitelnou změnou převodového poměru. Rozjezd vozidla zde umožňují třecí lamely umístěné uvnitř převodovky a nenachází se zde hydrodynamický měnič. Přenos kroutícího momentu zajišťuje klínový pás (řemen), umístěný mezi hnacím a hnaným kuželovým bubnem (řemenicí). Tento klínový řemen se skládá z velkého množství klínovitých segmentů, které jsou navlečeny na speciálním pásu o vysoké pevnosti v tahu. Tento pás drží segmenty v určené poloze, celý komplet funguje jako ocelový klínový řemen. Protože jsou segmenty navlečeny volně (i když těsně vedle sebe), je přenos výkonu možný pouze tlakem. Řemenice jsou k sobě přitlačovány silou 20 000 N, převod je mazán z důvodu snížení opotřebení a odvodu tepla. U tohoto řešení je výhoda vysoké životnosti a možnosti přenosu většího výkonu (přes 100 kW) při účinnosti 90 - 97%. Variátorová

převodovka ECVT je založena na stejném principu avšak s jedním rozdílem. Je vybavena speciálním elektromagnetickým měničem, který umožňuje rozjezd vozidla.

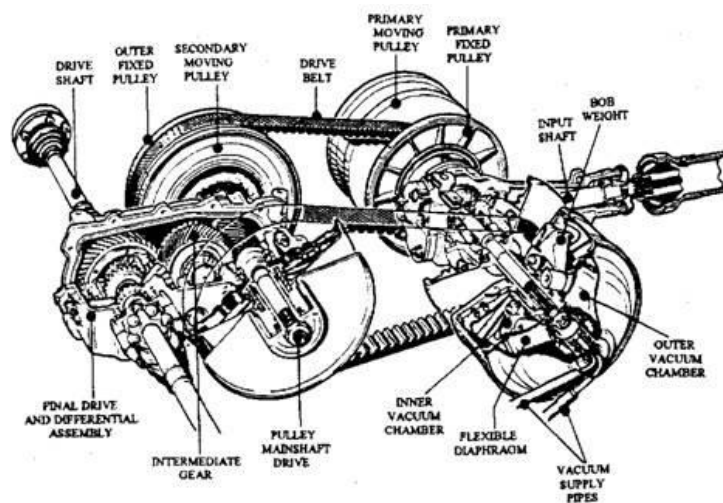
Jako první s touto myšlenkou přišla automobilka DAF. Tuto automobilku si dnes výhradně spojíme s nákladními automobily a málokdo dnes již ví, že v šedesátých až sedmdesátých letech 20. století vyráběl DAF také vozidla osobní. A byl to právě typ DAF 600, který byl jako první osazený převodovkou CVT označenou Variomatic. Tato převodovka představovala vlastní patentní řešení firmy DAF a žádné takové řešení se nikdy dříve v žádném vozidle neobjevilo. Její provedení je možné vidět na obrázku 11.

Konstrukčně tato převodovka pracovala s dvěma klínovými řemeny a dvěma kónickými řemenicemi o proměnném průměru. Změnu převodového poměru obstarávala automatika, která využívala podtlaku vznikajícího v sání. Motor tím mohl běžet v optimálních otáčkách, kde nabízel nejvýhodnější poměr mezi výkonem a spotřebou. Tím byly alespoň částečně kompenzovány téměř 30% mechanické ztráty přenášeného točivého momentu, pokud bychom stejný motor porovnali ve vozidle s manuální převodovkou. Brzdný účinek motoru byl u vozidel vybavených touto převodovkou aktivován tlačítkem na přístrojové desce. Úsměvnou zajímavostí je fakt, že vozidla s touto převodovkou mohla jet na zpátečku stejně rychle jako dopředu.

Ve snaze prokázat použitelnost a výdrž tohoto typu převodovky, nasazoval DAF svá vozidla do automobilových soutěží. Roku 1968 vyhrál vůz DAF 55 soutěž nazvanou „Alpská jízda“ a v témže roce obsadil sedmnácté místo v konkurenci sta vozů v ultramaratonu z Londýna do Sydney. Závodní jezdci na vozidlech s CVT oceňovali, že zároveň plnil funkci samosvorného diferenciálu. To bylo způsobeno tím, že každé poháněné kolo mělo vlastní dvojici řemenic.

Mezi moderní zastánce této převodovky patřila automobilka Audi, která tímto typem převodovky osazovala svoje modely pod názvem Multitronic. V nich je přenos výkonu tahem pomocí speciálního článkového řetězu s upravenými boky čepů, které jsou klínovitě zbroušeny. Jde o mnohořadý řetěz o šířce 38 mm z podobného materiálu, jaký se používá na výrobu valivých ložisek. Přítlačná síla vzhledem k menší styčné ploše vzrostla na 65 000 N. Přenesený výkon je přes 150 kW / 300 Nm. Tento princip vyvinula automobilka Porsche.

Obrázek 11 - Variomatic automobilky DAF



Zdroj: <http://what-when-how.com/>

Rozdíl mezi řazenou převodovkou a multitronicem spočívá ve skutečnosti, že nejhospodárnější provozní oblast motoru může být v multitronicu aktivována nikoli změnou pevných převodových stupňů, ale článkovým řetězem, který simuluje nekonečné množství převodů. Článkový řetěz se přesunuje a napíná mezi dvěma páry hydraulicky nastavitelných kuželů, čímž se plynule mění výsledný převod. Motor pracuje vždy v nejhospodárnější oblasti otáček a multitronic proto dosahuje nižší spotřeby paliva než srovnatelné automatické převodovky. O změnu převodového poměru se stará speciálně konstruovaný dvojitý hydraulický píst, který reaguje velmi rychle a přesně na pokyny elektronické řídicí jednotky. Jednotka shromažďuje a porovnává řadu provozních dat a informací a je umístěna uvnitř převodovky v zadní části. Jízdní režim převodovky je možné využít v automatickém režimu řadicí páky v pozici D, nebo je možno „řadit“ ručně šest (u modifikované verze sedm) pevně definovaných virtuálních rychlostních stupňů. Pro manuální volbu virtuálních převodových stupňů může řidič využít dva impregnované kolébkové spínače na volantu. Olejovou náplň převodovky tvoří celkem dva druhy kapalin. První je olej pro hypoidní soukolí a je aplikován do skříně diferenciálu. Druhou olejovou náplní je speciální převodový olej vyvinutý a použitelný pouze pro uvedený typ převodovky. Tento olej má mikroskopická tělíska (háčky), které jsou nutné pro dokonalý přenos třecích sil mezi článkovým řetězem a variátorovým soukolím.

Nicméně nasazení převodovek CVT u evropských vozidel můžeme označit spíše za výjimečné. Většímu rozšíření zde i přes použití moderních materiálů brání životnost

řemenu případně řetězu a jejich neschopnost přenášet větší točivé momenty. Na druhou stranu tato vlastnost společně s malou hmotností a kompaktními rozměry velmi vyhovuje nasazení v malých městských vozidlech vyráběných v Japonsku. Tato vozidla nazývaná „kei car“, disponují velmi malými motory – většinou nepřesahujícími objem 600 kubických centimetrů a proto jim osazení převodovkami CVT nezpůsobuje žádné potíže nebo limity. V Japonsku jsou tato vozidla velmi oblíbená a vyráběná ve velkých počtech. V Evropě se tento segment neprosadil a o americkém kontinentu se u uvedené kategorie vozidel ani nemá cenu zmiňovat. [13, 19]

4.2.3. Robotizované převodovky

Robotizované převodovky můžeme najít ve vozidlech nižších tříd nebo v užitkových vozidlech. Konstrukčně bychom je mohli zjednodušeně popsat jako manuální převodovky s automaticky ovládanou spojkou. Oproti klasickým samočinným převodovkám, které využívají planetová soukolí, najdeme u robotizovaných převodovek kola s čelním ozubením. Základní myšlenku tohoto řešení přinesla roku 1939 automobilka Chrysler, jako alternativu ke konkurenční převodovce Hydra-Matic. Chryslerova Fluid-Drive byla třístupňová přímo řazená převodovka s talířovou kapalinovou spojkou. Řazení probíhalo ručně, ale bez nutnosti vyšlápnout spojku. Dobové prameny dokonce uváděly možnost startovat vozidlo se zařazeným rychlostním stupněm, nebo možnost rozjíždět se na druhý rychlostní stupeň. Roku 1941 přichází Chrysler s následníkem této převodovky, který označoval názvem Vacamatic. Zde byly základní ručně řazené převody doplněné integrovaným rychloběhem, který řidič samočinně odpojil uvolněním plynového pedálu, což mělo za následek vyvolání podtlaku v motoru a aktivaci rychloběhu. V pozdějších modelech M5 a M6-Presto Matic se k této aktivaci využíval vyspělejší elektrohydraulický okruh. Následně Chrysler nasazoval tento typ převodovky i ve svých ostatních značkách – De Soto (Tip-Toe Shift), Dodge (Gyro-Matic) a Plymouth (Hy-Drive).

Evropským zástupcem vybaveným plně automatizovanou převodovkou, jež měla hydraulicky ovládanou spojkou i řazení, byl legendární vůz Citroën DS19. V šedesátých letech minulého století přichází firma Fichtel & Sachs s převodovkou označenou Saxomat,

kteřou můžeme následně najít jako alternativu k manuální převodovce v celé řadě vozidel jako například Fiat 1800, BMW 600, Saab 93, Borgward Isabella a dalších.

V současnosti se robotizované převodovky používají převážně v malých vozidlech, protože oproti klasickým planetovým automatům nabízejí menší konstrukční rozměry a při stejné velikosti nabízejí větší počet rychlostních stupňů. Konstrukce těchto převodovek se v rámci jednotlivých výrobců příliš neliší a základem bývá pěti nebo šesti rychlostní přímo řazená převodovka, přičemž ovládání spojky a řazení za řidiče řeší elektronika pomocí akčních členů. U osobních vozidel se uplatňují dva typy ovládání – elektromechanické a elektrohydraulické. Jejich nevýhodou je výrazná prodleva při řazení, která vadí zejména při akceleraci a předjíždění. Tento typ převodovek totiž neumí podřadit pod zatížením, takže při požadavku na podřazení dochází k přerušení toku výkonu a to i zásahem do řízení motoru.

Cestu, jak zkrátit dobu řazení, ukázala britská firma Zeroshift. Synchronizační mechanismus nahradila zubovými spojkami (tzv. dog clutch) a problémy s rázy a hlukem odstranila patentovaným řešením se třemi posuvnými kameny. Ty uzamknou zuby na volně otočném kole a odstraní tak radiální vůli, s níž zubové spojky obecně pracují. Například přeřazení z jedničky na dvojku podle zveřejněných informací trvá jen 0,1 s. Zeroshift také ve svých materiálech jako výhodu konstrukce uvádí až o čtvrtinu menší ovládací sílu proti konvenční synchronizaci. Samostatnou kapitolu představuje pětistupňová samočinná převodovka Honda, používaná v typech CR-V nebo Accord. Přestože jde o ústrojí s čelním ozubením, k řazení nepoužívá synchronizaci, ale pět hydraulicky ovládaných lamelových spojek. Navíc místo talířové spojky má klasický měnič momentu s přemosťovací spojkou Lock-Up, který zlepšuje komfort rozjezdu a při akceleraci řízeným prokluzem krátkodobě zvyšuje točivý moment. Při jízdě proto neřadí tak často jako nové převodovky se šesti a více stupni. Největšího rozmachu se automatizované převodovky dočkaly u nákladních vozů, zejména v dálkové dopravě, kde přispívají k úspoře paliva i prodloužení životnosti spojek. Rozšiřují se také v těžkých nákladních automobilech; nechybí ani v nabídce nové Tatra 158 Phoenix, která používá ústrojí ZF AS Tronic. Jejich německý výrobce nabízí ucelenou řadu automatizovaných šesti-, dvanácti- a šestnáctistupňových převodovek AS Tronic pro točivé momenty 700 až

3100 N.m. U nich bývá spojka i řazení ovládané elektromechanicky nebo pneumaticky, samotné řazení je zpravidla vzduchotlakové. [14]

5. Uspořádání převodových mechanismů ve vybraných vozidlech

5.1. Buick Roadmaster – 4. generace

Buick Roadmaster modelového roku 1948, čtvrtá generace tohoto vozidla, tak jak ji můžeme vidět na obrázku 12 je význačná tím, že měla jako první možnost být osazena převodovkou Dynaflo, o které jsme se zmiňovali v části o automatických převodovkách.

Obrázek 12 - Buick Roadmaster modelového roku 1948



Zdroj: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:1948_Buick_Roadmaster_-_blue_-_fvr.jpg

Buick Roadmaster se nabízel v provedení čtyřdveřového sedanu, dvoudveřového coupe, dvoudveřového kabrioletu, a nebo čtyřdveřového kombi. Se svými rozměry 5524 x 1966 x 1679 mm (d x š x v) a rozvorem v délce 3277mm se rozhodně nedal zařadit mezi malé vozy. Byl osazen řadových osmiválcem o objemu 320 kubických palců a byl nabízen pouze v kombinaci s ručně řazenou třístupňovou převodovkou. To platilo až do roku 1948, kdy přichází na trh převodovka Dynaflo, která mohla být do modelu Roadmaster objednána jako příplatková výbava. Uspořádání motoru a převodovky bylo na tuto dobu naprosto typické – vpředu podélně uložený řadový osmiválcový motor, na který navazovala třístupňová manuální, nebo později dvoustupňová automatická převodovka, následoval kardan a zadní náprava vybavená diferenciálem.

Celkově spatřilo světlo světa osm generací modelu Roadmaster, kdy poslední byla vyráběna v letech 1991-1996. [20, 21]

5.2. DAF Turbotwin – Dakar speciál

Zařazení tohoto vozidla mezi vybrané typy je způsobeno jeho naprostou unikátností a provedením toho, o co se neúspěšně pokoušelo mnoho konstruktérů. Schéma vozidlo DAF Twinturbo je vidět na obrázku č. 13.

Obrázek 13 - schéma vozu DAF TurboTwin



Zdroj: <http://www.jongerenwebsite.net>

Jednalo se o čistokrevný závodní speciál určený pro soutěž Rally Paříž Dakar pro rok 1987. Řidičem tohoto vozidla byl Jan De Rooy, který si dával za cíl absolutní vítězství nejen v kategorii kamionů, ale i mezi osobními vozy. Co ho k tomuto velmi sebevědomému cíli hnalo, byla právě unikátní konstrukce pohonu jeho nákladního vozu. Speciál DAF disponoval dvěma přeplňovanými vznětovými řadovými šestiválci DAF 1160 DKZ, každý o objemu 11,6 litru a společně poskytovali výkon 736 kW (1000k). Byly umístěny ve speciálně vyrobeném hliníkovém rámu s rozvorem 4200mm. Každý z motorů poháněl jednu nápravu, které byly tuhé a odpružené půleliptickými listovými pery. Za zadní nápravou se nacházela palivová nádrž na 760l. I přes celkové rozměry vozidla 7100x2500x2300mm (d x š x v) uměl speciál uhánět rychlostí lehce přes 210km/h. Celosvětově známé se stalo video vozu z rychlostní zkoušky na písčném povrchu, na

kterém předjíždí v plném tempu jedoucí vozidlo Peugeot 405 Turbo 16 pilotované Ari Vatanenem. Zajímavostí vozidla bylo také to, že motory se daly zařadit do tahu „proti sobě“ tedy kdy jeden motor poháněl nápravu směrem vpřed a druhý motor poháněl druhou nápravu směrem vzad, nebo obráceně. Tohoto uspořádání využíval jezdec v etapách s písčnými dunami, pokud jeho automobil uvázl a opatrným zacházením s touto možností se mu podařilo svůj vůz vyprostit za pomoci síly motoru. Nikoli jak bylo běžné, za pomoci síly paží řidiče a ostatních členů posádky. Pro rok 1987 se Janu de Rooyovi jeho cíl naplnit nepodařilo – vyhrál sice kategorii kamionů, ale v celkovém pořadí skončil na 11 místě. Proto pro rok 1988 přichází s další modifikací tohoto vozidla, které disponuje již výkonem 1220k z obou motorů a dokáže zrychlit z 0 na 100km/h za méně než 8 sekund a maximální rychlost atakuje hranici 240km/h.

Bohužel ve stejném roce dochází k tragické nehodě druhého identického vozidla pilotovaného Theo van den Rijtem. Jeho vůz krátce po startu jedné etapy najel v rychlosti cca 180km/h na terénní vlnu, která vystřelila vozidlo do vzduchu, což mělo za následek šest přemetů a smrt navigátora vozidla. Po této tragédii ohlásil DAF ukončení působení na Rally Paříž Dakar a sen Jana de Rooye o celkovém vítězství se tak nenaplnil přestože soutěž opouštěl na celkově pátém místě a jeho vůz na celkové vítězství šanci rozhodně měl. [15]

5.3. Porsche 959

Vozidlo Porsche 959, tak jak jej můžeme vidět na obrázku 14, je první sériově vyráběné vozidlo vybavené dvouspojkovou převodovkou. Porsche tuto převodovku označovalo PDK (Porsche Doppelkupplung).

Porsche 959 drželo v době svého uvedení na trh titul nejrychlejšího sériově vyráběného vozidla světa s maximální rychlostí 318km/h. Bylo vyvinuté speciálně jako homologační speciál pro rallyové závody skupiny B. Ještě předvýrobní model dokázal roku 1986 vyhrát soutěž Rally Paříž Dakar v kategorii automobilů.

Koncepčně si tento model zachoval DNA vozu Porsche 911, tedy plochý vzduchem chlazený šestiválcový motor, dopovaný dvěma turbodmychadly a uložený za zadní

nápravou. Pro lepší ovladatelnost byl vybaven průkopnickým systémem pohonu všech čtyř kol, který se později objevil i v modelu 911 Carrera 4. Dalšími neobvyklými konstrukčními prvky byly hliníkové dveře, panely kapoty a zadního kryty motoru, které byly připojeny k samonosné skořepinové karoserii z neuvěřitelně odolného plastu, který se běžně používá v letecké výrobě.

Obrázek 14 - Porsche 959



Zdroj: <http://autoweek.com>

Celkem se vozu Porsche 959 vyrobilo 200 kusů, přesto jej můžeme nazývat sériově vyráběným vozidlem. Vůz se vyráběl v letech 1986 až 1989. [20]

6. Závěr

K pohonu automobilů ať už osobních nebo nákladních slouží v dnešní době poměrně široké spektrum variant. Ať už se jedná o motory benzínové nebo naftové, poháněné stlačeným zemním plynem případně alternativně pomocí LPG, nebo je o v poslední době hodně diskutovaný elektrický pohon. Na rýsovacích prknech konstruktérů se můžeme potkat i s pohonem na vodík, případně možná i další varianty nám zatím neznámé. Proto si v tomto odvětví je těžké troufnout spekulovat, která z uvedených možností bude budoucností pohonu automobilů či která je naopak je odsouzena k pomalému zapomenutí.

Řekl bych, že u převodových mechanismů je situace ohledně predikce budoucnosti o něco málo jednodušší. Již několik let můžeme sledovat postupný vývoj, vedoucí k vyloučení řidiče z procesu řazení rychlostních stupňů na maximální možnou míru. Zda je to dobře nebo špatně ukáže až budoucnost, nicméně vzhledem k přirozené lidské pohodlnosti se domnívám, že ač to mnohým řidičům může být skoro až líto, tak manuálním převodovkám pomalu ale jistě zvoní hrana. Věřím, že zanedlouho se dočkáme situace, kdy mladá nastupující generace řidičů se bude bezradně dívat na otevřenou kulisu šestistupňové manuální převodovky ve vozidle Ferrari a tři pedály na podlaze, tak jako dnešní generace řidičů by jen s obtížemi měnila rychlostní stupně ve vozidlech produkovaných po první světové válce.

Proto si myslím, že mohu s klidným svědomím odhadnout, aniž bych byl přehnaně statečný, že budoucnost převodových mechanismů je jednoznačně mezi zástupci automatických převodovek. Velkým favoritem v tomto zápolení budou samozřejmě převodovky v provedení se dvěma spojkami – DSG. Zda nás do budoucna překvapí nový vývoj variátorů, nebo naopak se od tohoto systému úplně ustoupí, zjistíme během následujících zhruba deseti let.

Cílem této bakalářské práce bylo podat ucelený přehled o vývoji převodových mechanismů. Tuto kategorii jsem rozdělil na dílčí části podle funkce jednotlivých částí převodových mechanismů. V první části jsem se zabýval obecnou charakteristikou těchto částí, ve druhé části jsem se zabýval historií převodových mechanismů kromě převodovek samotných. Ve třetí části jsem se zabýval historií mechanických a automatických převodovek, které jsem ještě rozdělil do podsekcí – převodovky DSG, CVT a robotizované. V závěru jsem uvedl příklady několika vozidel, které výrazným způsobem promluvily do historického vývoje převodových mechanismů.

Závěrem bych vyzdvihl, že jednoznačně nejdůležitějším vnějším vlivem v současném vývoji převodových mechanismů je snaha automobilek splnit velmi přísné emisní limity, což vede k optimalizované spolupráci mezi motorem a převodovým ústrojím a hlavně snaha o využití efektivních otáček motoru v co největší míře. Proto mají automatické převodovky v současnosti až deset převodových stupňů, a vzhledem ke stále se zpřísnujícím emisním normám bude tento vliv razantně zasahovat do dalšího vývoje i v budoucnosti.

7. Použité zdroje

7.1. Internetové zdroje

- [1] LuK Clutch Course [online]. . [cit. 2018-02-24]. ISBN. Dostupné z:
<http://www.partinfo.co.uk/files/LuK%20Clutch%20Course.pdf>
- [2] Automobile history [online]. . [cit. 2018-02-26]. ISBN . Dostupné z:
<https://www.motorera.com/history/hist10.htm>
- [3] Machine service, Inc. [online]. . [cit. 2018-02-26]. ISBN . Dostupné z:
<https://www.machineservice.com/products/universal-joints/history-behind-the-universal-joint/>
- [4] Differential gear [online]. . [cit. 2018-02-26]. ISBN . Dostupné z:
<https://www.britannica.com/technology/differential-gear>
- [5] Ing. Branko Remek, CSc.: Převodovky nákladních automobilů [online]. 2015. [cit. 2018-02-28].ISBN. Dostupné z: <http://www.dnoviny.cz/silnicni-doprava/prevodovky-nakladnich-automobilu2101>
- [6] Mike Parker. History of manual transmission [online]. . [cit. 2018-02-26]. ISBN . Dostupné z: <https://itstillruns.com/history-manual-transmissions-5163365.html>
- [7] Ray T. Bohacz. Synchronesh Gearbox [online]. 2015 . [cit. 2018-02-26]. ISBN . Dostupné z: <https://www.hemmings.com/magazine/hcc/2015/01/Synchronesh-Gearbox/3745481.html>
- [8] Media Daimler: 50 years of automatic transmission. [online]. . [cit. 2018-03-02].ISBN. Dostupné z: <http://media.daimler.com/marsMediaSite/en/instance/ko/50-years-of-automatic-transmissions-from-Mercedes-Benz.xhtml?oid=9915119>
- [9] Přehled významných dat světového motorismu [online]. . [cit. 2018-03-02].ISBN. Dostupné z: <http://www.eurooldtimers.com/cze/historie-clanek/781-prehled-vyznamnych-a-zajimavych-dat-svetoveho-motorismu.html>
- [10] Luděk Vokáč: Kolečko ke kolečku: od dvou nefungujících stupňů po desetistupňový automat. [online]. 2013 . [cit. 2018-03-02].ISBN. Dostupné z: https://auto.idnes.cz/historie-automatickych-prevodovek-d61-/automoto.aspx?c=A130818_203039_automoto_vok

- [11] Rolla J. Crick: Former Portlander to receive award [online]. 2017 . [cit. 2018-03-02].ISBN. Dostupné z: <http://www.dvwd.org/earlthompson.html>
- [12] Pavel Biskup: Dvouspojková převodovka DSG/PDK/DKG [online]. 2008 . [cit. 2018-03-02].ISBN. Dostupné z: [https://www.automobilrevue.cz/rubriky/automobily/technika/dvouspojková-prevodovka-dsg-pdk-dkg_32920.html](https://www.automobilrevue.cz/rubriky/automobily/technika/dvouspojкова-prevodovka-dsg-pdk-dkg_32920.html)
- [13] Continuously variable transmission (CVT) Automobile [online]. . [cit. 2018-03-06].ISBN. Dostupné z: <http://what-when-how.com/automobile/continuously-variable-transmission-cvt-automobile/>
- [14] Převzato z časopisu Automobil: Automatizované převodovky – bez pedálu spojky [online]. . [cit. 2018-03-06].ISBN. Dostupné z: https://www.automobilrevue.cz/rubriky/automobily/technika/automatizovane-prevodovky-bez-pedalu-spojky_42832.html
- [15] Aleš Dragoun: DAF Turbotwin (1984-1988) – Úspěchy i tragédie [online]. . [cit. 2018-03-08].ISBN. Dostupné z: <http://veteran.auto.cz/clanek/550/daf-turbotwin-1984-1988-uspechy-i-tragedie>

7.2. Literární zdroje

- [16] MOTEJL, Vladimír, HOREJŠ, Karel. *Učebnice pro řidiče a opraváře automobilů*. Brno : Litera, 1998. 504 s. ISBN 80-85763-00-1.
- [17] LUSTIG, Alois, JEZDINSKÝ, Jaroslav. *Od dřevěného kola k automobilu* Praha : Impresa, 1938. 302 s. ISBN není uveden.
- [18] VACEK, Zdeněk. *Planetový průkopník*. Publikováno v časopise: AutoTip Classic. Praha : Czech news center a.s., 2017. 130 s. ISSN 1210-1087.
- [19] VACEK, Zdeněk. *Hold variátorům*. Publikováno v časopise: AutoTip Classic. Praha : Czech news center a.s., 2017. 130 s. ISSN 1210-1087.
- [20] LILLYWHITE, David. *Encyklopedie klasických automobilů*. Praha: Ottovo nakladatelství, s.r.o., 2005, 544 s. ISBN 80-7360-312-8.
- [21] DE LA RIVE BOX, Rob. *Encyklopedie osobních vozů (1945-1975)*. Brno : REBO Production, 1999. 296 s. ISBN 80-7234-071-9.

8. Seznam obrázků

Obrázek 1 - řešení spojky u motorového vozu Carl Benze	11
Obrázek 2 - více lamelová spojka profesora Hele-Shawa	14
Obrázek 3 - lamely z Hele-Shaweho spojky.....	14
Obrázek 4 - membránová spojka vyvinutá firmou General Motors.....	16
Obrázek 5 - jednoduchá převodová skříň patentovaná Carlem Benzem.....	22
Obrázek 6 - převodovka se čtyřmi stupni použitá ve vozidle Daimler	23
Obrázek 7 - patent synchronizované převodovky E.A. Thompsona.....	25
Obrázek 8 - schéma řazení Kenworth W900L	27
Obrázek 9 – automatická převodovka Buick Dynaflo z roku 1948	31
Obrázek 10 - převodovka DSG pro vozidla Audi.....	35
Obrázek 11 - Variomatic automobilky DAF	37
Obrázek 12 - Buick Roadmaster modelového roku 1948.....	40
Obrázek 13 - schéma vozu DAF TurboTwin.....	41
Obrázek 14 - Porsche 959.....	43