

UNIVERZITA PARDUBICE

DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA

**Realizace výukového modelu
pro laboratoř – převodovka**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

AUTOR: Jaroslav Hnilica
VEDOUCÍ PRÁCE: Ing. Jan Pokorný

2009

UNIVERSITY OF PARDUBICE

JAN PERNER TRANSPORT FACULTY

**Implementation of tutorial model
for the laboratory – gearbox**

BACHELOR WORK

AUTHOR: Jaroslav Hnilica
SUPERVISOR: Ing. Jan Pokorný

2009

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Katedra dopravních prostředků a diagnostiky
Akademický rok: 2007/2008

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Jaroslav HNILICA
Studijní program: B3709 Dopravní technologie a spoje
Studijní obor: Dopravní prostředky-Silniční vozidla
Název tématu: Realizace výukového modelu pro laboratoř - převodovka

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

- 1) Obecný přehled základních převodovek
- 2) Popis zvolené převodovky
- 3) Demontáž a změření základních parametrů
- 4) Návrh řezů
- 5) Realizace modelu
- 6) Závěr

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

1. Vlk František - Převodová ústrojí motorových vozidel, Brno: Vlk, 1.vydání, 2000, 312 s., ISBN 80-238-5275-2

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jan Pokorný

Katedra dopravních prostředků a diagnostiky

Datum zadání bakalářské práce:

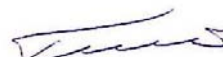
18. února 2008

Termín odevzdání bakalářské práce:

26. května 2008


prof. Ing. Bohumil Culek, CSc.
děkan

L.S.


doc. Ing. Miroslav Tesař, CSc.
vedoucí katedry

dne

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně. Veškeré prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č.121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jménem subjektu je Univerzita Pardubice oprávněna ode mě požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skuteční výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne.....

Popis.....

SOUHRN

Tato práce je zaměřena na popis zařízení, používaných ke změně převodového poměru v automobilovém průmyslu. Zvýšená pozornost bude věnována zejména popisu jednotlivých částí a funkce celku.

Cílem této práce je vytvořit výukový model, na kterém je možno vysvětlit a názorně demonstrovat funkci manuálně řazené pětistupňové převodovky a jejích jednotlivých částí. Dále pak, navrhnout způsob výuky na tomto modelu.

KLÍČOVÁ SLOVA

převodovka, řadící zařízení, synchronizace, zpětný chod, ozubené kolo, výukový model

TITLE

Implementation of tutorial model for the laboratory – gearbox

ABSTRAKT

This work is focused on description of equipments used in automotive industry to change the gear ratio. Increased attention will be paid mainly to the description of the particular parts and function of a whole group.

The aim of this work is to create an tutorial model of gear box. This model is possible to use for functionality explanation and demonstration of the manually operatable five-gearbox and its particular parts. Beside this, the aim is to propose a way of teaching on this model too.

KEYWORDS

gearbox, gear equipment, synchronization, reverse gear, gear, tutorial model

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat Ing. Janu Pokornému za cenné rady a dobré vedení při psaní této práce. Dále bych chtěl poděkovat svému otci Jiřímu Hnilicovi za pomoc při zhotovování výukového modelu. Na závěr bych chtěl poděkovat své přítelkyni Jitce Růžičkové za pomoc a podporu při tvorbě modelu a pomoc se stylistickou úpravou psané části práce.

OBSAH

1	Úvod.....	9
2	Obecný přehled základních převodovek.....	10
2.1	Účel převodovek.....	10
2.2	Základní pojmy.....	11
2.3	Části převodovky.....	12
2.4	Rozdělení převodovek.....	12
2.4.1	Stupňové převodovky.....	13
	Řadící zařízení.....	15
	Synchronizace.....	18
	Synchronizace s pružně omezenou přitlačnou silou.....	18
	Zajištěná (cloněná) synchronizace.....	20
	Zdvojená synchronizace.....	21
	Blokovací synchronizace – systém Porsche se servoučinkem.....	22
	Další konstrukční řešení synchronizačních spojek.....	23
	Zajišťovací zařízení.....	25
	Odstupňování převodovek.....	27
2.4.2	Poloautomatické převodovky.....	30
	Převodovky se sekvenčním řazením.....	31
	Šestistupňová převodovka SMG od BMW.....	31
	Převodovka DSG od Volkswagenu.....	32
2.4.3	Automatické (samočinné) převodovky.....	36
2.4.4	Převodovky bezestupňové.....	38
2.4.5	Převody nemechanické.....	42
	Hydraulický převod.....	43
	Hydrostatický převod.....	43
	Elektrický převod.....	47
3	Popis zvolené převodovky.....	48
3.1	Skříň převodovky.....	48
3.2	Vlastní převody.....	49
3.3	Řadící a zajišťovací zařízení.....	51
3.4	Stálý převod a diferenciál.....	53
3.5	Ložiska.....	54
3.6	Další části.....	54
4	Demontáž a změření základních rozměrů.....	54
4.1	Demontáž.....	54
4.2	Měření základních rozměrů.....	54
	4.2.1 Naměřené údaje.....	55
	4.2.2 Měření sklonu zubů.....	55
5	Návrh řezů.....	56
6	Realizace modelu.....	57
6.1	Výuka na modelu.....	59
7	Závěr.....	60
8	Použitá literatura.....	61
9	Přílohy.....	62
9.1	Obrázky.....	62

1 Úvod

Automobily, které se dnes vyrábí, využívají zatím nejvíce jako pohonnou jednotku spalovací motor. Ty vykazují optimální výkon, hnací moment a spotřebu pohonných hmot jen v omezeném rozsahu otáček. Oproti tomu jízdní podmínky vyžadují rozdílné výkony. Promítá se zde zatížení vozidla, jízdní poměry (stoupání, klesání, zimní provoz, jízda v terénu, atd.) Aby bylo možno vyhovět těmto protichůdným podmínkám, je nutné vřadit mezi motor a hnací kola převodovku.

Svou prací bych chtěl obsáhnout co největší spektrum zařízení ke změně převodového poměru, používaných v automobilovém průmyslu a stručným popisem tak rozšířit obzory čtenářů.

Dále bych se chtěl zaměřit na názorné vysvětlení funkce některých částí a typů nejpoužívanějších automobilových převodovek. Ke znázornění a zároveň i lepšímu pochopení problematiky slouží zhotovený model ze dvou shodných převodovek, které k tomuto účelu poskytla Univerzita Pardubice. Vytvořený model bude sloužit jako praktická pomůcka při výuce. Zároveň doufám, že funkci některých součástí, resp. celé převodovky, na zhotoveném modelu studenti lépe pochopí, zejména ti, kteří neabsolvovali střední školu technického zaměření.

2 Obecný přehled základních převodovek

2.1 Účel převodovek

Převodovky slouží ke změně přenášeného točivého momentu (jednotlivé stupně), k jeho dlouhodobému přerušení (neutrální poloha) a ke změně jeho smyslu (zpětný chod – revers). Dosahuje se toho pomocí převodů, tj. ústrojím, které stupňovitě nebo plynule umožňuje změnu převodového poměru.

Stupňové převodovky jsou buď převodovky s ozubenými čelními koly nebo převodovky s ozubenými planetovými koly. Převodové stupně se řadí ručně. Při změně jednotlivých převodových stupňů se následkem vypnutí spojky vždy přeruší přenos hnacího momentu od motoru na kola. To je nevýhoda zejména při jízdě do stoupání.

Plynulé převodovky umožňují plynulou změnu hnacího momentu automaticky. Používají se zejména samočinné převodovky s hydrodynamickým měničem točivého momentu, přičemž lamelové spojky umožňují řazení bez přerušení přenosu hnacího momentu. Jejich řazení téměř odpadá (volí se pouze režim jízdy).

Hlavním účelem převodovky je umožnit změnu převodu mezi motorem a hnacími koly tak, aby měl motor bez ohledu na rychlost jízdy stále optimální otáčky, při kterých má maximální výkon. Při jízdě po rovině musí motor kromě ztrát v poháněcím ústrojí překonávat jen odpor valení a odpor vzduchu. Výkon motoru se pro automobil volí tak, aby tyto odpory překonával bez převodu v převodovce (přímý záběr) a vysoké otáčky motoru se využily k dosažení největší požadované rychlosti. Při jízdě do stoupání musí motor navíc překonávat tíhovou složku vozidla (odpor vozidla do stoupání), která působí proti směru jízdy vozidla. Poněvadž se motor nesmí přetěžovat a výkon motoru již nestačí překonávat všechny odpory, musí se snížit rychlost vozidla, aby se snížil odpor vzduchu a odpor valení. Výkon motoru klesá v závislosti na snižujících se otáčkách. Proto je třeba zařadit

v převodovce nižší rychlostní stupeň, aby se opět dosáhlo optimálních otáček a tím plného výkonu motoru, který by stačil k překonání zvýšených jízdních odporů.

Kromě toho musí převodovka splnit řadu dalších požadavků. Prostřednictvím zpětného chodu musí umožnit couvání vozidla. Při jízdě ze svahu zajišťuje brzdění vozidla motorem. Při jízdě městem zajišťuje nižší rychlostní stupeň pružnější jízdu, při menší rychlosti vozidla dosahuje větší akcelerace, snadněji předjíždí pomalejší vozidla a je pohotovější při projíždění křižovatkami. Konečně musí převodovka umožnit volný chod motoru při sepnuté spojce a stojícím vozidle. Všechna soukolí převodovky se nastaví tak, aby hnací hřídel byl odpojen od hřídele hnaného a nastavil se neutrální chod.¹

2.2 Základní pojmy

1. Stálý záběr – převod, který trvale mění točivý moment.
2. Přímý záběr – je přímé spojení hnacího i hnaného hřídele v převodovce automobilu.
3. Neutrál – je takové postavení prvků převodovky, při kterém není přenášen točivý moment, je označen N.
4. Převodový stupeň – je označení pro jednotlivé převodové poměry v převodové skříni, charakterizuje jej poměr otáček hnacího a hnaného kola.²
5. Synchronizace převodů – synchronizační zařízení vyrovnává rozdíl obvodových rychlostí dvou ozubených kol (hnacího a hnaného) před jejich vzájemným spojením, toto vyrovnání (synchronizaci) zajišťuje tření kuželových ploch ozubeného kola a synchronizační spojky.³

¹ František Vlk: Převodová ústrojí motorových vozidel (str. 62)

² Vladimír Motejl, Karel Horejš: Učebnice pro řidiče a opraváře automobilů (str. 142)

³ František Vlk: Převodová ústrojí motorových vozidel (str. 78)

2.3 Části převodovky

1. Skříň převodovky
2. Vlastní převody
3. Řadící ústrojí
4. Pojistné a zajišťovací zařízení
5. Pomocný převod (např. pro naviják, pohon 4x4 atd.)
6. Přídavné převody (rozšíření převodových stupňů např. redukce)
7. Volnoběžka (používala se např. u dvoutaktních motorů mazaných směsí)

2.4 Rozdělení převodovek

Převodovky rozdělujeme podle tří různých hledisek

1. Podle druhu převodů
 - 1.a S ozubenými koly
 - S přímým ozubením – používá se u převodovek s řazením pomocí přesunu kol (dnes se používá přímé ozubení u automobilů pouze pro zpětný chod).
 - S šikmým ozubením – výhodou je měkký a tichý záběr, ozubená kola jsou uložena na valivých ložiskách.
 - Planetové
 - 1.b Řetězové
 - 1.c Řemenové
 - 1.d Třecí
 - 1.e Kapalinové
 - Hydrodynamické
 - Hydrostatické
 - 1.f Elektrické
2. Podle změny převodových stupňů

- 2.a Stupňové převodovky – změna převodového poměru je skoková (tří, čtyř, pětistupňová apod.).
- 2.b Plynulé převodovky – změna převodového poměru je plynulá (např. variátor).
- 3. Podle druhu řazení
 - 3.a S přímým řazením – volba jednotlivých stupňů je přímo závislá na působení řidiče.
 - 3.b S nepřímým řazením – řazení je prováděno pomocným zařízením.
 - 3.c Samočinné – volba jednotlivých stupňů je prováděna samočinně.⁴

2.4.1 Stupňové převodovky

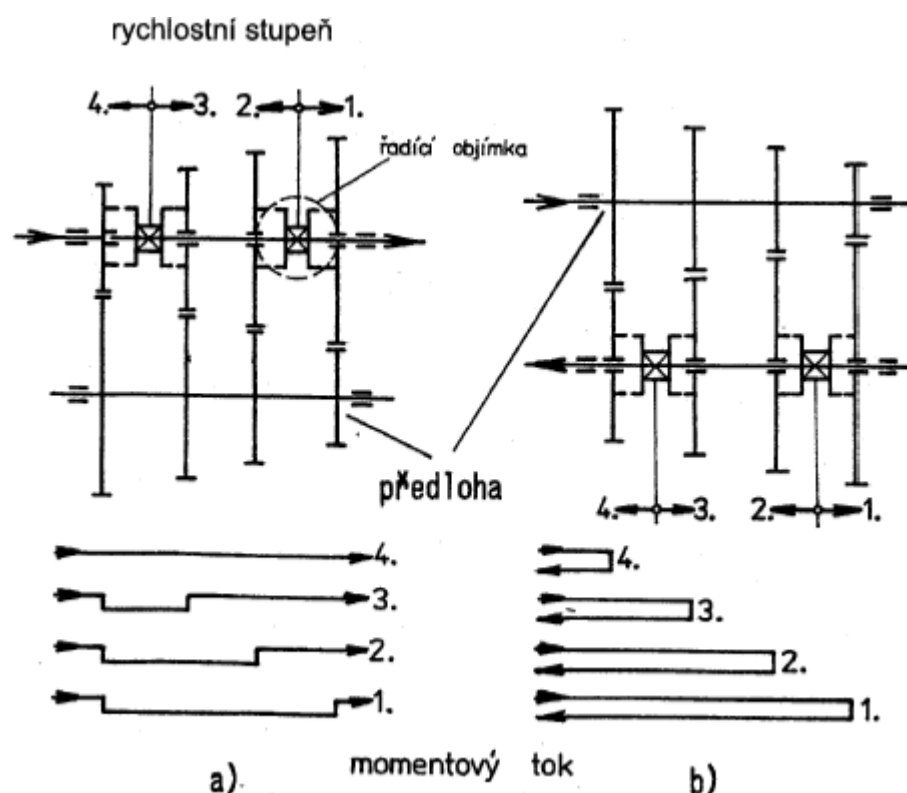
Konstrukce převodovek je závislá na umístění motoru (vpředu, vzadu, podélně, napříč) a přenášeném výkonu. Počet převodových stupňů se volí podle výkonové charakteristiky motoru. Dříve, kdy motory měly velké objemy a nízké provozní otáčky, křivka točivého momentu byla plochá a spotřeba paliva se nesledovala, stačily převodové stupně tři. Většinou se takové automobily chovaly podobně jako traktor, na I. stupeň se auto rozjelo, zařadil se postupně III. stupeň a na něj se jelo až do cíle cesty bez velkého ohledu na sklon vozovky. Krok mezi stupni byl velký a tak motor často neběžel v optimálním režimu, zvláště při jízdě do větších stoupání, kde již III. stupeň nestačil, byl naopak II. stupeň málo a motor běžel ve zbytečně vysokých otáčkách.

Později se snižujícím se objemem motorů a méně plochými křivkami točivého momentu, které jsou u pevně nastaveného rozvodu nutné pro dosažení vyššího výkonu, se přidal stupeň čtvrtý. Dnešní vozidla jsou vybavována minimálně pětistupňovými převodovkami, které umožní lépe využít točivý moment motoru a udržet provozní otáčky v optimálnějších

⁴ Vladimír Motejl, Karel Horejš: Učebnice pro řidiče a opraváře automobilů (str. 143)

režimu. U dražších modelů se používají převodovky šestistupňové s ručním i automatizovaným řazením.⁵

U ručně řazených převodovek se vzhledem k jejich jednoduchosti prosadily převodovky s předlohovým hřídelem, které jsou tříhřídelové (koaxiální) nebo dvouhřídelové (deaxiální), obr. 2.1. U tříhřídelové převodovky mají vstupní a výstupní hřídel společnou osu otáčení, proto je toto uspořádání někdy nazýváno jako „koaxiální“ převodovka.



Obr. 2.1 Schéma dvou a tříhřídelové převodovky⁶

U tříhřídelové převodovky obr. 2.1 a) se točivý moment motoru přenáší malým ozubeným kolem, které je ve stálém záběru s největším kolem předlohového hřídele. Na předlohovém hřídeli je tolik ozubených kol, kolik je rychlostních stupňů (včetně zpětného chodu). Každé kolo předlohy je ve stálém záběru s příslušným kolem na výstupním hřídeli. Tříhřídelová převodovka umožňuje přímý záběr, kdy moment od motoru, vstupující do

⁵ <http://skoda.panda.cz/clanek.php3?id=436>

⁶ Vlk František: Převodová ústrojí motorových vozidel (str. 74)

převodovky hnacím hřídelem, přenáší zubovou spojkou na sousý (koaxiální) hřídel vystupující z převodovky. V tomto případě se předlokový hřídel rovněž otáčí, ale nepřenáší žádný moment. Tříhřídelová převodovka při přímém záběru pracuje bez ozubených kol; při ostatních převodových stupních jsou v záběru vždy dva páry ozubených kol. Tato převodovka se používá, jestliže motor, převodovka a hnací náprava jsou v řadě za sebou (klasické uspořádání poháněcího ústrojí).

U dvouhřídelové převodovky *obr. 2.1 b)* je moment přenášen pro všechny rychlostní stupně vždy jen jedním párem ozubených kol (přímý záběr zde není možný). Účinnost takové převodovky je velmi dobrá, neboť při všech rychlostních stupních, kromě zpětného chodu, je v záběru jen jeden pár ozubených kol. Jedním párem ozubených kol je tedy také dána možnost celkového převodu. Dvouhřídelová převodovka se nejčastěji používá u vozů s motorem u hnací nápravy (zkrácená koncepce poháněcího ústrojí).⁷

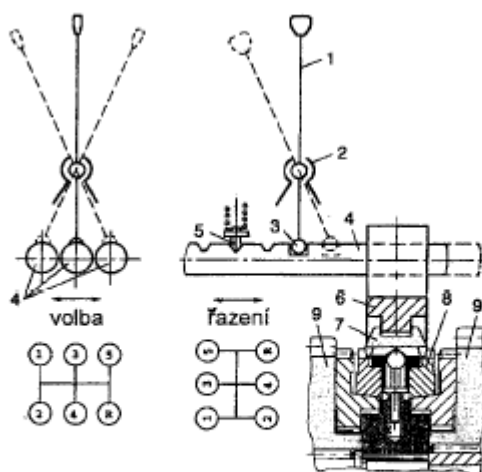
Řadící zařízení

Řazení převodů se děje zapínáním jednotlivých dvojic ozubených kol do záběru. V počátcích automobilizmu se řadilo přesouváním celých ozubených kol po drážkovaném hřídeli. Problémy vznikaly při nevyrovnání otáček hnacího a hnaného hřídele, což způsobovalo nárazy zubů o sebe a ozubení tím velmi trpělo. Z tohoto důvodu muselo být použito ozubení s přímými zuby, které je hlučné. Přešlo se proto na soukolí se šikmými zuby, kdy jsou jednotlivá kola ve stálém záběru. Jedno z nich je na hřídeli uloženo otočně a při řazení se ozubenou spojkou propojí pevně s hřídelem. Převod je dostatečně tichý a řazení je relativně snadné. Účinnost takové převodovky je nepatrně nižší, protože volně se otáčející kola v záběru způsobují určité ztráty. Řadící spojka ale vyžaduje také vyrovnání otáček obou hřídelů, proto se postupně spojky vybavovaly synchronizací. Starší převodovky neměly synchronizovaný I. rychlostní stupeň, dnešní převodovky jsou

⁷ Vlk František: Převodová ústrojí motorových vozidel (str. 73)

synchronizované plně. V principu jde o třecí kuželovou brzdu, která při řazení zpomalí nebo zrychlí příslušný hřídel tak, aby šel určený převod bezhlučně a rychle zařadit.⁸

Změna rychlostních stupňů se dělí na volící pohyb a řadící pohyb. Volícím pohybem, se vybere řadící objímka, která se má řadit, a řadícím pohybem se uvede do záběru ozubené kolo. Na obr. 2.2 je znázorněn příklad pro synchronizovanou převodovku s přímým řazením pomocí tří řadících tyčí. Volba rychlostního stupně a převod ruční síly se děje řadící pákou (1) a kulovým kloubem (2). Řadící palec (3) zasahuje do drážek v jednotlivých řadících tyčích (4). Podélným pohybem řadící páky se axiálně posouvá řadící tyč a tím se řadí rychlostní stupeň. Do řadící objímky (7) zasahuje řadící vidlice (6). Protože každá řadící vidlice může řadit proti sobě ležící volně uložená kola, jsou tři polohy řazení (dvě koncové a jedna střední) řadící tyče (4) zajištěny aretací (5). Řadící vidlice se mohou, jak je znázorněno, axiálně posouvat, a také se otáčet kolem pevného otočného bodu (tzv. řadící vahadlo).



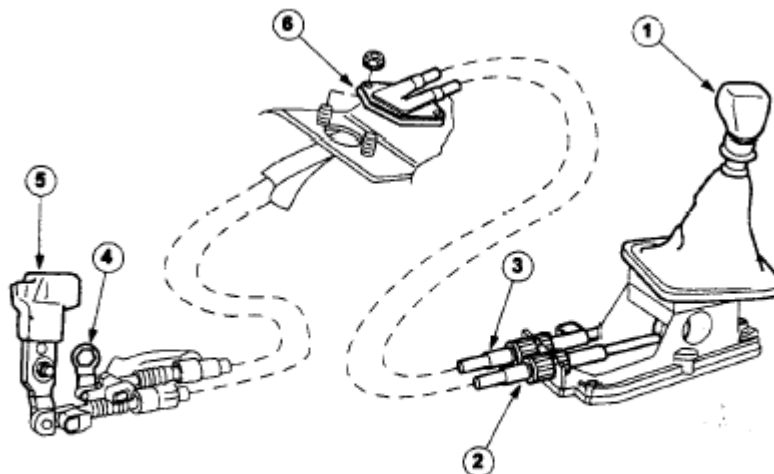
Přímé řazení pětistupňové převodovky třemi řadícími tyčemi: 1 - řadící páka; 2 - kulový kloub; 3 - řadící palec; 4 - řadící tyč; 5 - aretace; 6 - řadící vidlice; 7 - řadící objímka; 8 - synchronizace; 9 - volně uložené ozubené kolo

Obr. 2.2⁹

⁸ <http://skoda.panda.cz/clanek.php3?id=436>

⁹ Vlček František: Převodová ústrojí motorových vozidel (str. 90)

K řazení převodovek se dnes nejvíce používá lankové ovládání. Na obr. 2.3 je znázorněn systém řazení Ford Mondeo. Jedno lanko slouží ke zvolení rychlostního stupně a druhé k jeho zařazení.¹⁰



Lankové ovládání řazení převodovky Ford Mondeo: 1 - řadící páka; 2 - lanko řazení; 3 - lanko předvolby; 4 - páka předvolby; 5 - páka řazení; 6 - vedení lanek

Obr. 2.3¹¹

Zpětný chod se řeší vloženým kolem, které má většinou přímé zuby a řadí se přesouváním bez synchronizace, stejně jako v počátcích automobilizmu (proto nejde často zařadit, pokud není auto v klidu). Ozubení zpětného chodu hnaného hřídele se pro jednoduchost vyrábí na obvodu synchronizační spojky I. a II. stupně. Některé převodovky mají zpětný chod synchronizovaný a soukolí se šikmým ozubením, týká se dražších modelů vozidel. Konstrukce synchronizovaného zpětného chodu je stejná jako u převodů vpřed, je tam pouze o jedno ozubené kolo (vložené) více.¹²

Řazení může být přímé – provádí řidič vlastní silou, nepřímé – z popudu řidiče vykonává řazení rychlostních stupňů zvláštní řadící ústrojí, nebo automatické – řazení probíhá samočinně.

¹⁰ Vlk František: Převodová ústrojí motorových vozidel (str. 89, 93)

¹¹ Vlk František: Převodová ústrojí motorových vozidel (str. 93)

¹² <http://skoda.panda.cz/clanek.php?id=436>

Synchronizace

Pro zařazení jednotlivých stupňů je nutné vyrovnat otáčky hřídele a kola dané rychlosti, jinak není možné lehce a bezhlučně zařadit. Normálně by při řazení vyššího rychlostního stupně bylo nutné čekat, až se vlivem odporů v převodovce sníží otáčky příslušného hřídele natolik, aby obvodové rychlosti ozubených kol řazeného převodu byly stejné (nebo se lišily pouze nepatrně). Aby se nemuselo tak dlouho čekat, pomáhá se tomu zapnutím spojky, kdy se díky rychleji se snižujícím otáčkám motoru zpomalí i hmotnosti v převodovce. Při řazení nižšího rychlostního stupně je nutné tyto hmotnosti roztočit na otáčky vyšší, což se děje pomocí tzv. řazení s dvojným vyšlápnutím spojky a použití meziplynu. Správný odhad velikosti meziplynu dělá lidem s malým technickým citem problémy a tak byla vyvinuta synchronizace.

Synchronizace s pružně omezenou přitlačnou silou

Brzdění a zrychlování kol zde napomáhá třecí spojka, která se dostává do činnosti při řazení. Tato spojka se pro zvýšení samosvorného účinku vyrábí jako kuželová. Třecí plocha kroužku je drážkovaná pro lepší odvod oleje ze styčné plochy, jinak olejový film brání správné činnosti synchronizace. Synchronizační spojka se skládá z jádra s třecím kroužkem ze speciální mosazi, přesouvací objímky (věnce s vnitřním ozubením) a kuličkové pojistky. Kuličkové pojistky jsou použity většinou tři rovnoměrně rozmístěné po obvodu spojky.

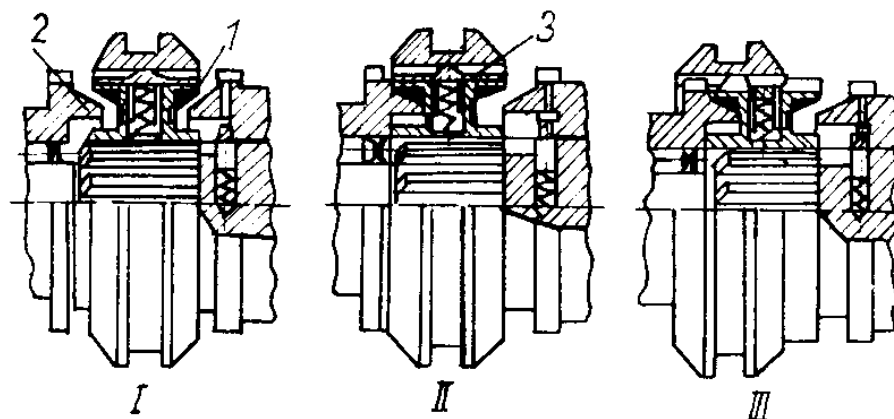
Každé řazené ozubené kolo má na svém boku ozubení s druhou polovinou třecí spojky (ocelová broušená kuželová plocha), do kterého zapadne ozubení synchronizační spojky. Synchronizační spojka je na hřídeli posuvná axiálně, hřídel je drážkovaný a tak se na něm nemůže otáčet. Posun synchronizační spojky je řešen vidlicí, která zapadá do vybrání na obvodu spojky. Kola jednotlivých rychlostí na stejném hřídeli jsou volně otočná, ale axiální pohyb není možný (má jen nezbytnou vůli pro možnost volného otáčení).

Řazení rychlostního stupně vypadá následovně obr. 2.4:

I. poloha – synchronizační spojka je mezi oběma rychlostními stupni a není tedy v záběru s žádným kolem, není zařazen žádný rychlostní stupeň.

II. poloha – pohybem řadící páky se dostává do záběru třecí spojka, která vyrovná otáčky ozubeného kola a hřídele (platí pro zpomalení i zrychlení kola vůči hřídeli).

III. poloha – pokračující tlak přemůže kuličkovou pojistku a dojde k přesunutí ozubení synchronizační spojky na ozubení kola, řazení je dokončeno. Řadící vidlice se aretuje kuličkovou pojistkou buď na ovládací tyči, nebo se vytvoří další zářez na převlečném kroužku a využívá se kuličkové pojistky na synchronizační spojce, případně se kombinuje obojí. Tím je synchronizační spojka držena v určené poloze a rychlostní stupeň nevypadne ze záběru.



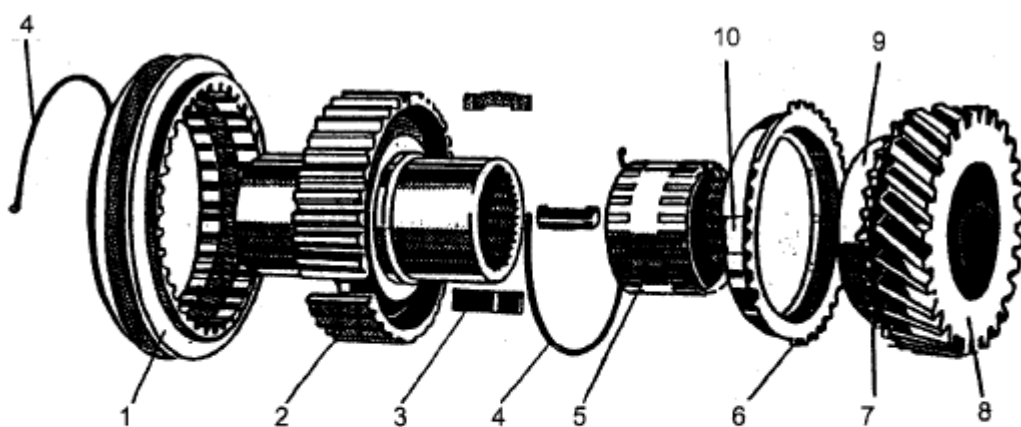
Obr. 2.4 Klasická konstrukce synchronizační spojky s pružně omezenou přitlačnou silou¹³

Problém tohoto uspořádání je v rychlosti řazení. Pokud chceme zařadit rychle, zvýšíme tlak na řadící páku, což vede k dřívějšímu překonání odporu kuličkové pojistky a k zařazení dojde dříve než se otáčky vyrovnají. Řazení je hlučné a namáhá ozubení synchronizační spojky a kola. Z tohoto důvodu se přešlo na synchronizaci zajištěnou.

¹³ <http://skoda.panda.cz/clanek.php3?id=436>

Zajištěná (cloněná) synchronizace

Zajištěná synchronizace pracuje na stejném principu jako klasická synchronizace s pružně omezenou přitlačnou silou, je však u ní navíc clonící kroužek, který zabraňuje zasunutí řadící objímky do unášecího ozubení před jejich vzájemným vyrovnáním (synchronizací) otáček; navíc umožňuje rychlejší a tiché řazení. Jednotlivé díly jištěné synchronizace znázorňuje obr. 2.5.



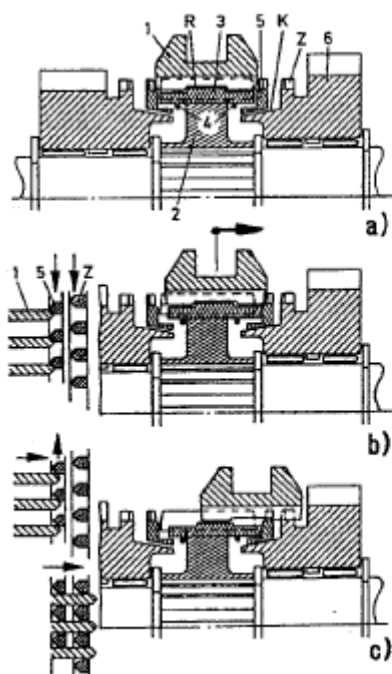
Díly synchronizačního zařízení s clonicím kroužkem: 1 - řadící objímka; 2 - synchronizační těleso; 3 - jistící tělíška; 4 - pružné jistící kroužky; 5 - jehlová ložiska pro středové nebo volné kolo; 6 - clonící kroužek; 7 - unášecí ozubení; 8 - převodové nebo volné ozubené kolo; 9 - třecí kužel; 10 - drážka

Obr. 2.5¹⁴

Funkce jištěné synchronizace je znázorněna na obr. 2.6. Řadící objímka (1), která je na synchronizačním tělese (2) axiálně posuvná (avšak neotáčí se), je při řazení posouvána ve směru unášecího ozubení (Z), které je na ozubeném kole (6). Přitom se zároveň posouvají tři jistící tělíška (3), která jsou pružnými jistícími kroužky (4) tlačena do prstencové drážky (R) v řadící objímce (1). Čelní plochy jistících tělíšek přitlačují clonící kroužek (5) na třecí kroužek (K) ozubeného kola (6). Otáčkovým rozdílem mezi převodovým kolem (6) a synchronizačním tělesem (2) vzniká brzdny

¹⁴ Vlk František: Převodová ústrojí motorových vozidel (str. 79)

moment, který vyvolává natočení do drážky (10) ve clonícím kroužku (5). Tímto natočením jsou zešikmené zuby na clonícím kroužku (5) tlačeny do zešikmených zubů v řadící objímce (1) a další posuv není možný; clonící (jistící) zařízení je uvedeno do činnosti, *obr. 2.6 b*). Třením mezi clonícím kroužkem (5) a třecím kuželem (K) se docílí vyrovnání otáček mezi synchronizačním tělesem (2) a převodovým kolem (6). Řadící objímku (1) lze dále posunout a clonící kroužek (5) se natočí zpět do střední polohy (šipka na levé horní části na *obr. 2.6 c*) a dojde k zasunutí vnitřního ozubení řadící objímky (1) do unášecího ozubení (Z).¹⁵



Konstrukce a funkce jištěné synchronizace se clonícím kroužkem: 1 - řadící objímka; 2 - synchronizační těleso; 3 - jistící tělíska; 4 - pružné jistící kroužky; 5 - clonící kroužek; 6 - ozubené kolo; K - třecí kužel; Z - unášecí ozubení; R - prstencová drážka; a) volná poloha; b) synchronizace; c) zařazení převodového stupně

Obr. 2.6¹⁶

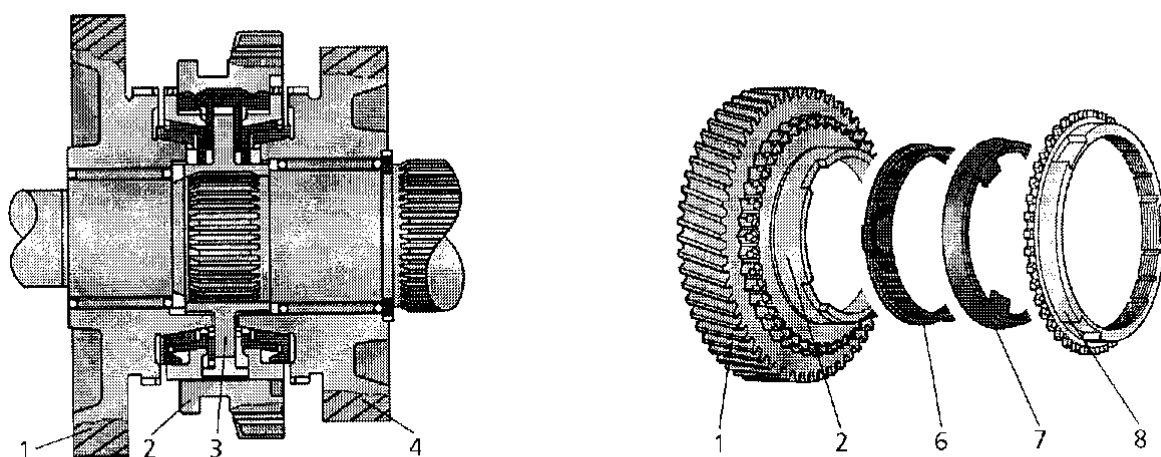
Zdvojená synchronizace

Pokud chceme snížit ovládací sílu řazení při zachování rychlosti řazení, je nutné zvětšit plochu třecí spojky. Prostým zvětšením plochy kužele dosáhneme také zvětšení axiálních rozměrů synchronizačního

¹⁵ Vlk František: Převodová ústrojí motorových vozidel (str. 79-80)

¹⁶ Vlk František: Převodová ústrojí motorových vozidel (str. 80)

ústrojí, což je nežádoucí. Z tohoto důvodu se používá zdvojená synchronizace se dvěma třecími kroužky různých průměrů, které jsou umístěny nad sebou, mezi nimiž je další třecí kroužek. Axiální rozměr synchronizační spojky se nemění. Zdvojnásobení plochy má za následek poloviční ovládací síly se zdvojnásobením účinku synchronizace. Tato synchronizace je výrobně dražší a tak se používá jen u nejnamáhanějších převodových stupňů, což je většinou I. a II. stupeň.



- 1 řazené kolo 1. rychlostního stupně
- 2 přesuvná objímka
- 3 jádro synchronní spojky pro 1. a 2. rychlostní stupeň
- 4 řazené kolo 1. rychlostního stupně

- 5 kuželová plocha řazeného kola pro synchronizaci
- 6 vnitřní synchronní kroužek
- 7 kroužek s kuželovou plochou
- 8 vnější synchronní kroužek

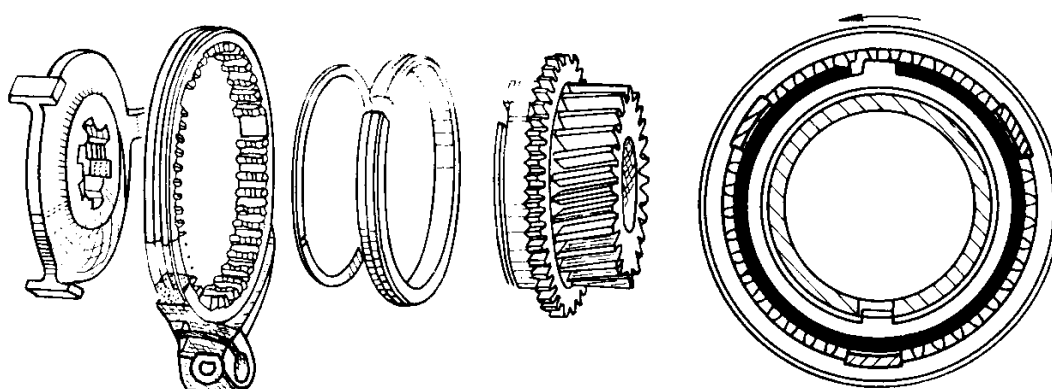
Obr. 2.7 Synchronizační spojka se dvěma třecími kroužky (Fabia u německých motorů)¹⁷

Bloková synchronizace – systém Porsche se servoučinkem

Snad nejlepší technické řešení u synchronizace bez komplikací s dvojitými třecími kroužky vyvinuli u Porsche. Jeho přednostmi jsou malé rozměry, tedy nízká hmotnost a možnost velmi rychlého řazení. Celá spojka vypadá výrazně odlišně od spojek běžně používaných. Skládá se z jádra se třemi nosy, na které je nasazena přesouvací objímka zubové spojky. Zuby

¹⁷ <http://skoda.panda.cz/clanek.php3?id=436>

mají upravený tvar, jejich bok má kuželové sražení. Prstenec třecí kuželové spojky je rozříznutý a je nasazen na ozubené kolo rychlostního stupně, které má zub, který brání otáčení prstence. Pružný kroužek brání jeho vypadnutí. Při řazení se využívá servoučinek, stejný jako má náběžná čelist bubnových brzd. Při otáčení ozubeného kola a přesouvání objímky se prstenec opře o zub na kole a vnější kuželovou plochou se začíná brzdit o objímku, servoučinek silně tento jev podporuje a jakmile se celý prstenec sevře, téměř zablokuje kolo a prstenec proti otáčení, objímku lze pouze axiálně zasunout do záběru s ozubeným kolem. Nepatrné vybrání uprostřed šířky zubů přesuvné objímky zajišťuje díky pružnosti prstence aretaci zařazeného rychlostního stupně. Servoučinek rozříznutého kroužku je velmi účinný a k rychlému řazení stačí jen malá síla, řadit je možné velmi rychle.¹⁸



Obr. 2.8 Synchronizace Porsche¹⁹

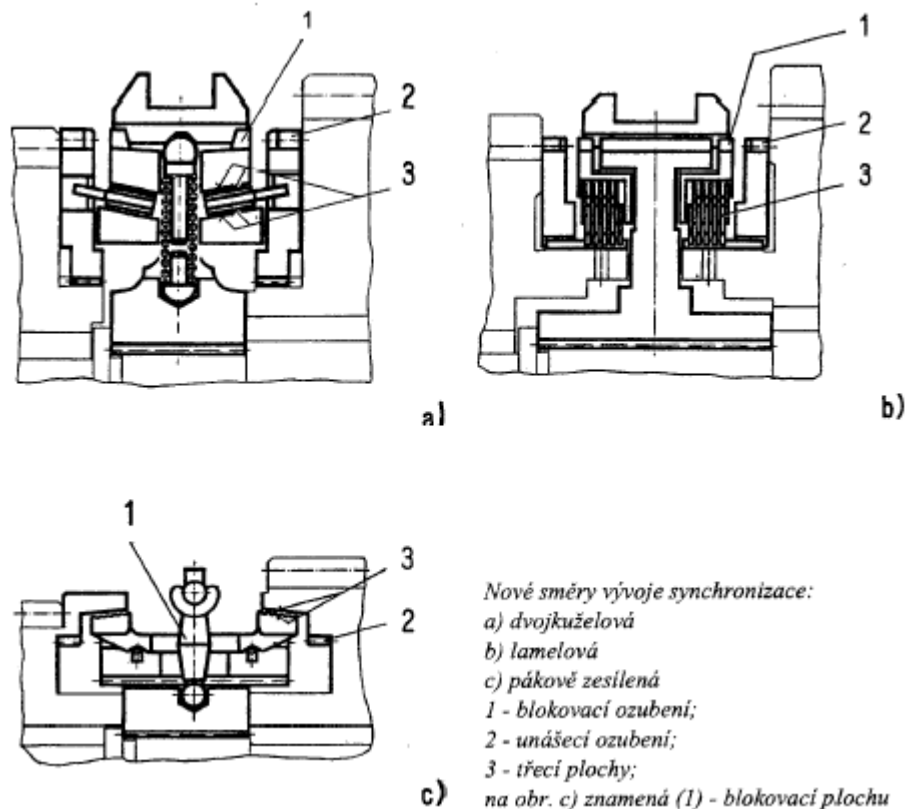
Další konstrukční řešení synchronizačních spojek

Na obr. 2.9 jsou znázorněna další konstrukční řešení synchronizačních spojek. U dvojkuželové synchronizace obr. 2.9 a) je v důsledku dvojnásobně velké třecí plochy zapotřebí poloviční řadící síla, tzn. dvojnásobně větší výkonnost. U lamelové synchronizace obr. 2.9 b) se při konstrukci vychází ze zkušeností získaných u třecích spojek resp. třecích brzd. Zmenšením

¹⁸ <http://skoda.panda.cz/clanek.php3?id=436>

¹⁹ <http://skoda.panda.cz/clanek.php3?id=436>

řadící síly je možné také vnitřním převodem, jak je tomu u pákové zesílené synchronizace obr. 2.9 c).²⁰



Obr. 2.9²¹

Z uvedených popisů vyplývá – řadit je možné pouze v takovém případě, kdy je jedno z kol řazeného rychlostního stupně volně otočné a alespoň trochu se vůči druhému hřídeli otáčí. Malý rozdíl v otáčkách je důležitý proto, aby nezůstávaly zuby synchronizační spojky a kola stát proti sobě, přestože mají oboustranné náběhy, často to znemožní zařazení převodu. Hnaný hřídel je spojen s poháněnými koly a tak zde není stupeň volnosti možný. Volný může být pouze hnací hřídel, tedy musí být odpojen spojkou od motoru.

Řazení pod zatížením je nutné řešit jiným způsobem, synchronizační spojky a celý řadící systém takové řazení neumožňuje.

²⁰ Vlk František: Převodová ústrojí motorových vozidel (str. 85)

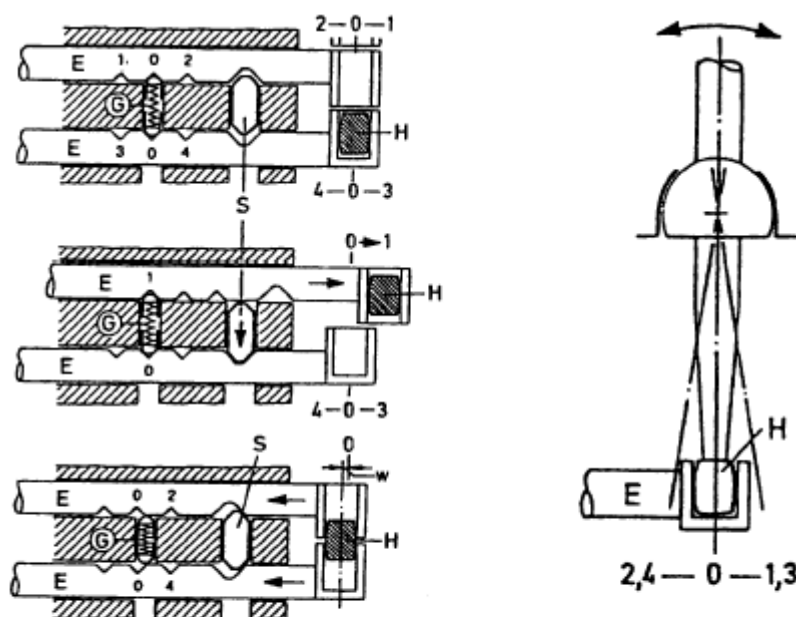
²¹ Vlk František: Převodová ústrojí motorových vozidel (str. 85)

Dále snaha o rychlé zařazení (zvláště na první dva převodové stupně) nadměrně namáhá synchronizační kroužky, jejich životnost rychleji klesá. Také velký rozdíl mezi otáčkami hnacího a hnaného hřídele při řazení nadměrně namáhá synchronizační ústrojí, proto je vhodné při řazení patřičného převodového stupně z neutrálu při jízdě z kopce použít meziplyn. Po shlédnutí příslušných obrázků je jasné, že jsou zde důležité jednotlivé rozměry všech dílů synchronizačního ústrojí, protože vzájemné vzdálenosti dílu umožní správnou funkci sestavy. Jakmile se tedy nějakým způsobem rozměry změní, přestane synchronizace uspokojivě pracovat. Platí to v první řadě pro třecí kroužek, i malé opotřebením třecí plochy změní vzdálenost převlečného kroužku synchronizace k ozubenému kolu převodu, při které dochází k maximálnímu tření mezi kuželovými plochami. Hřídel tedy není ještě dostatečně zabrzděn a již dochází k narážení zubů spojky o sebe, což znemožní bezhlučné zařazení, a pokud nedojde k brzké opravě, dojde také ke zničení ozubení spojky.²²

Zajišťovací zařízení

Zajišťovací zařízení v převodovce zabráňuje samovolnému zařazení rychlostního stupně, udržuje zařazený rychlostní stupeň v záběru celou šířku zubů a brání jeho samovolnému vysunutí. Dále zajišťuje jednotlivé rychlostní stupně tak, aby nedošlo k současnému zařazení dvou nebo více rychlostních stupňů, což by způsobilo zablokování a následné poškození převodovky. Podle konstrukce převodovky zajišťuje pojistné ústrojí i neutrální polohu rychlostních stupňů pro jízdu dopředu při řazení zpětného chodu. Uspořádání a funkce řadícího uzávěru (zámku) a řadící aretace schématicky znázorňuje *obr. 2.10*

²² <http://skoda.panda.cz/clanek.php3?id=436>



Zajišťovací zařízení pro čtyřstupňovou převodovku: E - řadící tyče; G - zajištění polohy posuvných kol nebo přesouvacích objímk synchronizačních spojek; S - zámek pro pojištění proti současnému zařazení dvou rychlostních stupňů; H - řadící páka

Obr. 2.10²³

Tři obrázky na levé straně ukazují uspořádání řadících tyčí (E) pro čtyři dopředné stupně v půdorysu. Pravý obrázek ukazuje záběr řadící páky (H) do řadících tyčí (E). Horní levý obrázek platí pro chod naprázdno. Zámek (S), který zabraňuje současnému zařazení dvou rychlostních stupňů není v činnosti; jističí zařízení (G) udržuje obě řadící tyče v poloze pro běh naprázdno. U čtyřstupňových převodovek je řadící páka (H) při běhu naprázdno držena v řadící tyči pro III. a IV. rychlostní stupeň, a to kulovou západkou s tlačnou pružinou (G). Západka je uložena buď v komůrce zasouvací vidlice a výřezy pro západku jsou v tyči zasouvací vidlice. Uprostřed levé části obr. 2 je zařazen I. rychlostní stupeň; zámek (S, šipka) zablokuje řadící tyč (E) pro III. a IV. stupeň. Zámek (S) účinkuje tak, že z polohy pro běh naprázdno může být vysunuta jen jedna řadící tyč, přičemž jejím posunutím je druhá řadící tyč zablokována. Dojde-li při nepřesném

²³ Vlk František: Převodová ústrojí motorových vozidel (str. 88)

řazení k současnému posuvu obou řadících tyčí, pak po krátké dráze (w) je pohyb zablokovan zámekem (S), tzn. nelze zařadit žádný rychlostní stupeň.²⁴

Toto je jen jedno z možných řešení zajišťovacích zařízení. Dnes každý výrobce automobilů resp. převodovek používá svou vlastní konstrukci zajišťovacího zařízení pro své převodovky. Konstrukcí je tolik, že popsat všechny je nemožné.

Odstupňování převodovek

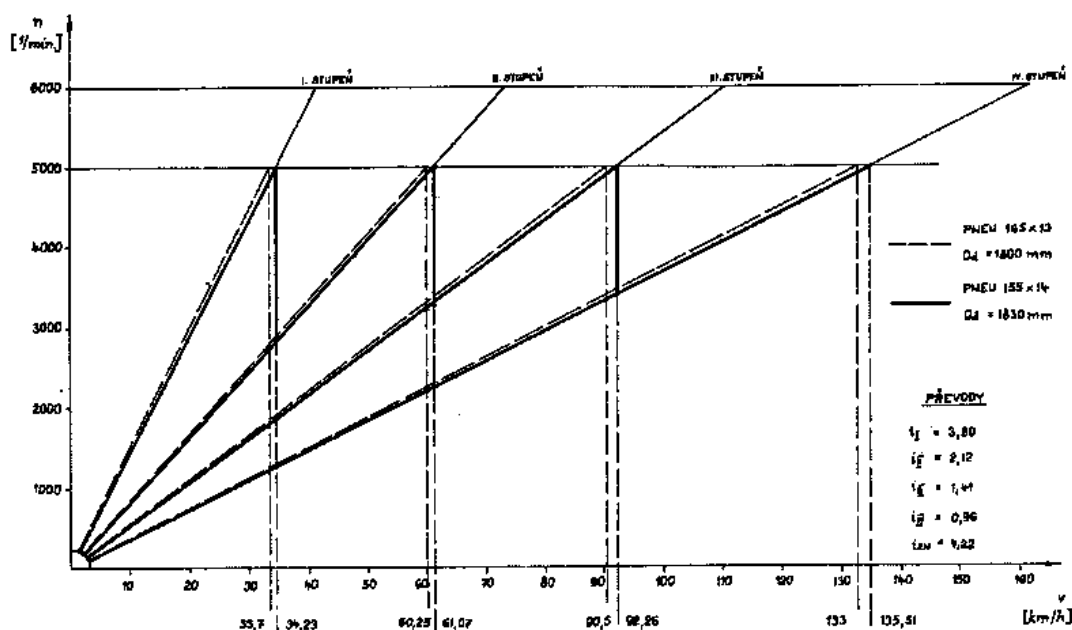
Odstupňování převodovek má velký vliv na celkový provozní charakter vozidla. Nevhodné odstupňování převodů má negativní vliv na provozní vlastnosti, motor neběží v optimálním režimu, je nutné ho výrazně vytáčet a v nejběžnějších provozních režimech není schopen podat dostatečný výkon.

Při návrhu se nejdříve spočítá podle výkonu, hmotnosti vozidla, průměru pneumatik a dosažitelné stoupavosti stálý převod a převod I. rychlostního stupně. Převod ale nesmí být tak velký, aby způsoboval prokluz hnacích kol, pokud nejsou pneumatiky schopné tak velký moment přenést na vozovku, je nutná korekce převodu směrem k menšímu číslu. Další stupně se přidávají podle charakteristiky točivého momentu, obecně platí, že mezi prvními stupni je větší krok a směrem k vyšším stupňům se odstupňování zmenšuje. Delší krok mezi I. a II. stupněm ale vede k přetěžování synchronizačních spojek, které se (hlavně na II. stupni) opotřebí nejdříve. V převážně městském provozu dochází k většímu opotřebení synchronizace i na III. stupni.

Podle určení se nejvyšší stupeň řeší jako normální, tedy takový, na který dosáhne vozidlo maximální rychlosti při maximálním výkonu motoru, nebo jako rychloběh. Rychloběhem rozumíme tak velký převod, na který vozidlo není schopno dosáhnout maximální rychlosti, ale odlehčí motor z otáček při dálničním provozu. Rychloběh umožní snížit provozní otáčky. Výsledkem je nižší spotřeba a menší opotřebení motoru (počet otáček na

²⁴ Vlk František: Převodová ústrojí motorových vozidel (str. 88-89)

ujetý kilometr se sníží). Nevýhodou tohoto řešení je nutnost dřívějšího řazení na nižší rychlostní stupeň i při malých stoupáních. Kromě toho musí být nejčastěji používané otáčky na tento převod v oblasti nejmenší měrné spotřeby paliva, jinak se naopak spotřeba zvýší (motor neběží v optimálním režimu), je tedy nutné s tím počítat při konstrukci motoru. Odstupňování převodovek se nejlépe zobrazí graficky tzv. pilovým diagramem *obr. 2.11*, kde se na osy x-y vynese rychlost vozidla a otáčky motoru. V tomto diagramu je možné odečíst závislost otáček motoru a dosažitelné rychlosti vozidla na příslušné rychlostní stupně. Správně zvolené odstupňování musí zabezpečit požadavek na přechod z maximálních otáček do otáček max. točivého momentu při řazení nahoru. Pokud toto nelze splnit, je nutné přidat další převodový stupeň a odstupňování upravit. Tento požadavek je možné nesplnit v případě posledního převodového stupně, který je zvolen jako rychloběh. Na rychloběh totiž nelze dosáhnout maximálních otáček, převod bývá velmi těžký.²⁵

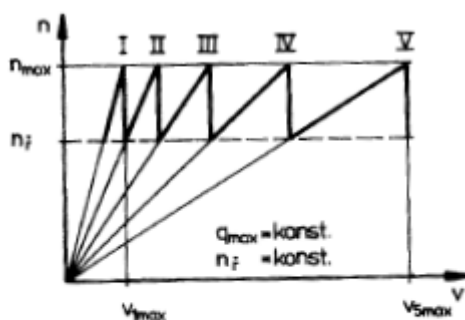


Obr. 2.11 Pilový diagram čtyřstupňové převodovky Škoda 742²⁶

²⁵ <http://skoda.panda.cz/clanek.php3?id=436>

²⁶ <http://skoda.panda.cz/clanek.php3?id=436>

Je-li poměr dvou po sobě jdoucích převodů stálý $q_n = \text{konst.}$ (převody jsou odstupňovány podle geometrické řady), budou ležet spodní špičky pilového diagramu na rovnoběžce s vodorovnou osou (tzn. řadící otáčky $n_f = \text{konst.}$). Je zde dobře vidět i určitou nevýhodu tohoto odstupňování převodů, totiž poměrně značný rozdíl mezi maximální rychlostí dosaženou na nejmenší rychlostní stupeň (na obr. 2.12 V. rychlostní stupeň) a sousední rychlostní stupeň (IV.). Proto se někdy volí kvocient q_n proměnlivý, zmenšující se se zmenšováním převodu (tj. q_n se zmenšuje pro větší rychlostní stupeň): $q_{4-5} < q_{3-4} < q_{2-3} < q_{1-2}$. Tento proměnlivý kvocient znamená, že poměr $i_1 / i_2 < i_2 / i_3 < i_3 / i_4 < i_4 / i_5 \dots < i_{z-1} / i_z$. Toto odstupňování nazýváme progresivním obr. 2.13. Stupeň progresivity může být zvolen např. tak, že poměr dvou sousedních kvocientů (rychlostních skoků) je konstantní.²⁷

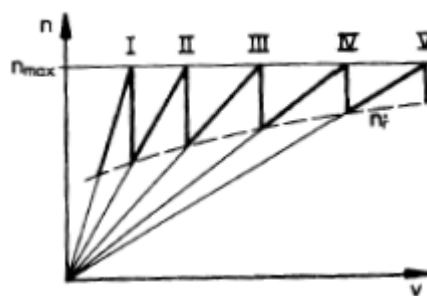


Pilový diagram pětistupňové převodovky s geometrickým odstupňováním rychlostních stupňů

Obr. 2.12²⁸

²⁷ Vlk František: Převodová ústrojí motorových vozidel (str. 69-70)

²⁸ Vlk František: Převodová ústrojí motorových vozidel (str. 71)



*Pilový diagram pětistupňové převodovky
s progresivním odstupňováním
rychlostních stupňů*

Obr. 2.13²⁹

2.4.2 Poloautomatické převodovky

Převodovky, které jsou ovládány pouze řadící pákou, nazýváme poloautomatické převodovky, resp. převodovky se selektivním řazením převodových stupňů. Automobily s poloautomatickými převodovkami mohou mít dvoupedálovou ovládací soustavu, u které je pedál spojky nahrazen automatickým zařízením. Do skupiny poloautomatických převodovek patří také mechanické převodovky, u kterých je použito elektropneumatického nebo elektrohydraulického řazení.

Dvoupedálové poloautomatické ovládání musí zabezpečit:

1. automatické zapnutí spojky při rozjezdu automobilu,
2. průběh zapínání musí mít pozvolný náběh, po kterém následuje dostatečně rychlé úplné zapnutí spojky,
3. vypnutí spojky při poklesu otáček motoru na hranici otáček běhu naprázdno, toto vypnutí musí být rychlé,
4. přerušování silového toku mezi motorem a převodovkou při řazení převodových stupňů (pokud nejsou řazeny pod zatížením),
5. při vypnuté spojce nesmí během řazení stoupnout otáčky motoru,
6. parkovací brzdění motorem při stojícím vozidle.³⁰

²⁹ Vlk František: Převodová ústrojí motorových vozidel (str. 71)

³⁰ Vlk František: Převodová ústrojí motorových vozidel (str. 141-142)

Zástupcem poloautomatických převodovek je např. systém WSK. Tento systém je řešen jako klasická stupňová převodovka s použitím automatické spojky.

Převodovky se sekvenčním řazením

Převodovky se sekvenčním (postupným) řazením se začaly objevovat u vozidel Formule 1 na přelomu osmdesátých a devadesátých let. Od té doby se rozšířily i do automobilů dalších kategorií. U osobních automobilů se začaly používat v roce 1997 (např. Ferrari F 355 F1). Základ tvoří klasická „mechanická“ převodovka s čelními ozubenými koly a samočinně ovládaná třecí kotoučová spojka.

Šestistupňová převodovka SMG od BMW

Pro model M od modelového roku 1997 nabízí firma BMW alternativu sekvenčního (postupného) řazení. Rychlostní stupně se u této převodovky neřadí v klasickém schématu H, ale v řadě za sebou přímým pohybem volící páky. Šestistupňová převodovka SMG (Sequentille M Getriebe) byla vyvinuta firmou BMW ve spolupráci s firmami Fichtel&Sachs a Getrag. Základ tvoří standardní šestistupňová převodovka BMW M3, doplněná řadou servomechanismů a elektronickou řídicí jednotkou (řazení probíhá elektrohydraulicky). Převodovka SMG je sice těžší a rozměrnější, ale umožňuje řazení bez ubrání „plynu“. Při řazení na nižší rychlostní stupně elektronika chrání motor před přetočením i po řidičově chybě a usnadňuje řazení samočinným dávkováním „meziplynu“. Ve vozidle chybí spojkový pedál, protože činnost kotoučové spojky je zcela samočinná. Vozidlo se rozjede pouhým sešlápnutím akceleračního pedálu. Řidič může volit buď plně samočinné řazení E (Ekonomy) jako s běžnou planetovou samočinnou převodovkou, nebo postupné řazení S (Sport) volící pákou. Řazený

rychlostní stupeň se zobrazuje na displeji pod stupnicí otáčkoměru na přístrojové desce.³¹

Převodovka DSG od Volkswagenu

Nejlepší řešení tohoto požadavku pro sériovou produkci představil Volkswagen pod názvem DSG (Direct Shift Gearbox). V principu jde o úpravu tříhřídelové převodovky rozdělením na dvě převodovky se dvěma spojkami (v olejové lázni) a dvěma vstupními a výstupními hřídeli. Vstupní hřídele jsou z důvodu úspory místa vloženy do sebe (jeden hřídel je dutý). Jedna spojka tvoří větev s lichými (včetně zpětného chodu) a druhá spojka větev se sudými převodovými stupni.

Řazení probíhá tak, že se vždy podle otáček motoru a polohy plynového pedálu zařadí jeden stupeň (první větev převodovky), který je spojen s motorem pomocí příslušné mokré spojky a zároveň se zařadí stupeň následující (v druhé větvi převodovky), který je ale zařazen naprázdno, protože je druhá mokrá spojka vypnutá. Automaticky nebo povelém od řidiče se spojky prohodí a tak je zařazen další stupeň. U první větve se ihned zařadí stupeň následující. Při poklesu otáček je tomu naopak, zařadí se stupeň o jeden nižší. Ke změně převodu dochází neobyčejně rychle, protože jsou příslušné rychlostní stupně již zařazené, jen se připojí přes mokrou spojku k motoru. Změna převodu trvá cca 30 – 40 ms při nepřerušném přenosu výkonu.

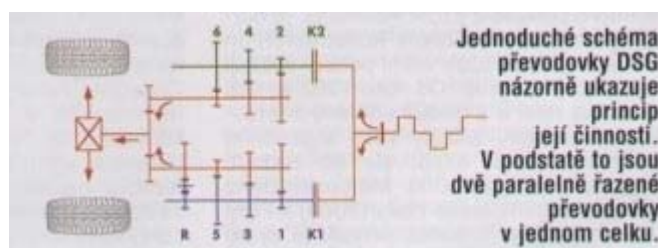
Oba výstupní hřídele zabírají přímo na ozubení stálého převodu, pokud není stálý převod s diferenciálem ve společné skříně, je nutné provést spojení dalším ozubeným kolem.

Řadit je možné díky elektrohydraulickému systému buď plně automaticky, nebo ručně pomocí páček nebo tlačítek (jedním se řadí nahoru, druhým dolů).

³¹ Vlk František: Převodová ústrojí motorových vozidel (str. 149-150)

Alfou a omegou principu převodovky DSG jsou spojky. Spojky jsou vícelamelové v olejové lázni vyrobené včetně jejich ovládacího systému ve vysokém stupni přesnosti.

Použití suchých spojek se neosvědčilo. Při přeřazování dochází po určité době k záběru obou spojek, suché spojky nedokázaly odvést vyvinuté teplo a navíc jejich schopnost tlumit vznikající vibrace je omezená. Spojky jsou zkonstruované jako soustředné, jedna má větší průměr než druhá, ale schopnost přenášení momentu motoru je stejná. Životnost spojek je minimálně 250 000 km. Hřídele od spojek jsou vloženy do sebe, tím se stává převodovka velmi kompaktní. Řadící mechanismus jednotlivých rychlostních stupňů má větší synchronizační spojky z důvodu rychlého řazení.



Obr. 2.14 Princip převodovky se dvěma spojkami³²

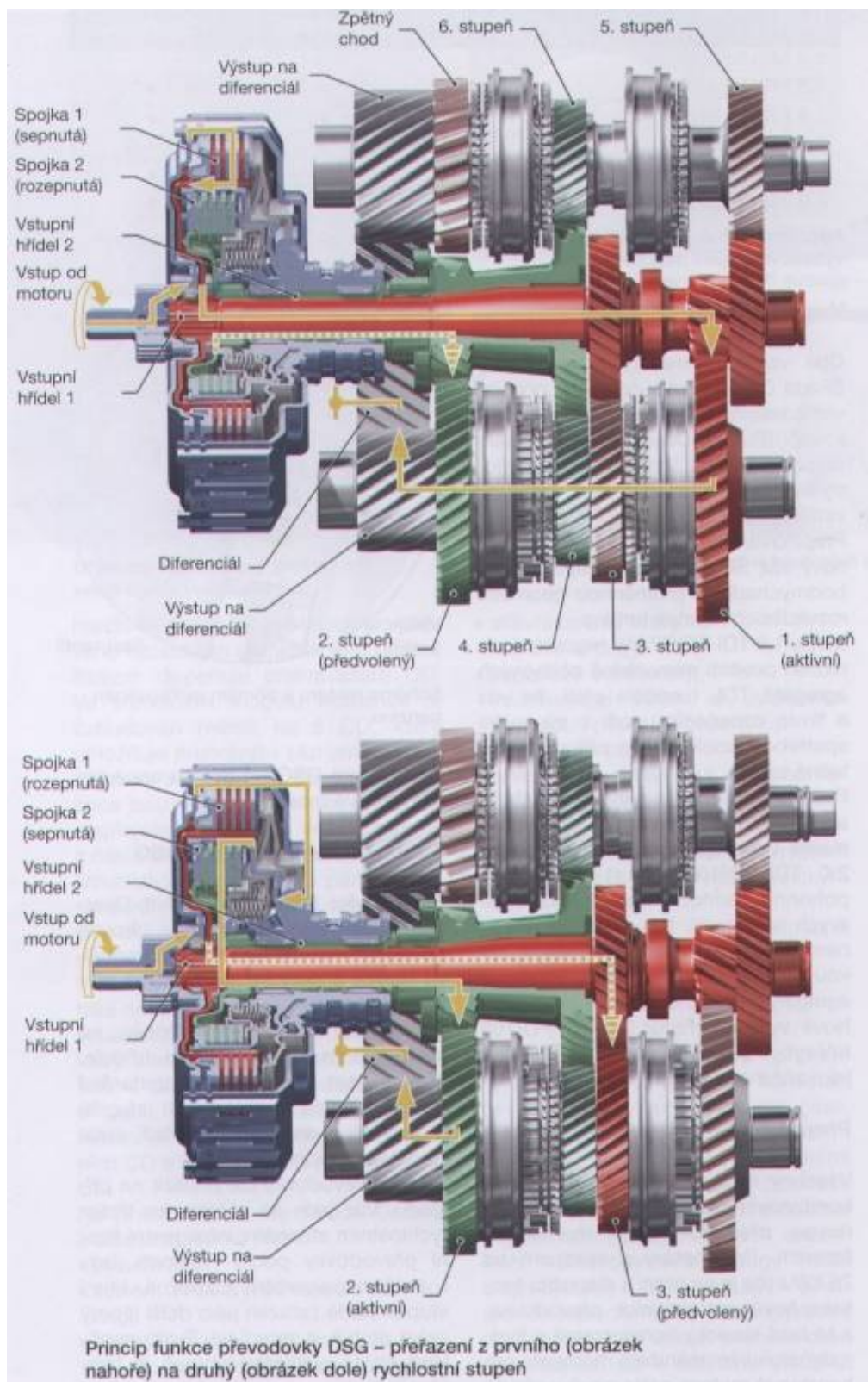
Ovládání převodovky zajišťuje mechatronický systém řízený počítačem. Pedál spojky zcela chybí, elektronika se stará i o ovládání spojky při rozjezdu. V normálním režimu se řadí postupně jeden převodový stupeň po druhém, nutností je střídání lichých a sudých převodových stupňů. Programové vybavení ale dokáže zajistit i přeskočení několika stupňů. Např. zařazení II. stupně přímo ze VI. stupně se děje tak, že se nakrátko zařadí stupeň pátý a potom ihned převod druhý. Celá tato akce je zvládnuta za méně než 1 sekundu s komfortem řazení nejlepších samočinných převodovek s planetovými převody.

Součástí převodovky je olejové čerpadlo a chladič oleje, který musí zvládnout odvést až 70 kW ztrátového výkonu při rozjezdu. Olejové čerpadlo

³² <http://skoda.panda.cz/clanek.php3?id=437>

vytváří tlak cca 20 bar a má výkon až 90 l/min. Olej slouží k ovládní hydrauliky a zároveň převodovku i maže. Řídící jednotka je propojena přes datovou sběrnici BUS s ostatními systémy vozidla a na základě takto získaných údajů volí režim řazení. Pro vnější ovládní je použita klasická páka s polohami P, R, N, D, S, v režimu D je řazení velmi komfortní, v režimu S se využívá zkrácené doby řazení (na úrovni 30 ms) a dolů se řadí s meziplynem. Je možné i přímé ovládní řazení pomocí páček na volantu, nebo se přesune volící páka do pravé roviny s polohami +/- (systém Tiptronic).

Řadit je možné libovolně, ale elektronika nedovolí zařadit příliš nízký rychlostní stupeň, který by vedl k přetočení motoru. Systém je vybaven funkcí Launch Control pro nejlepší využití výkonu motoru při rozjezdu. Uvedená převodovka váží 90 kg, obsahuje 6,4 l oleje a přenes 350 Nm. (Hmotnost převodovky vzhledem k velikosti přenášeného momentu není zase tak velká a odpovídá zhruba převodovkám automatickým).



Obr. 2.15 Ukázka principu řazení u převodovky DSG³³

³³ <http://skoda.panda.cz/clanek.php3?id=437>

2.4.3 Automatické (samočinné) převodovky

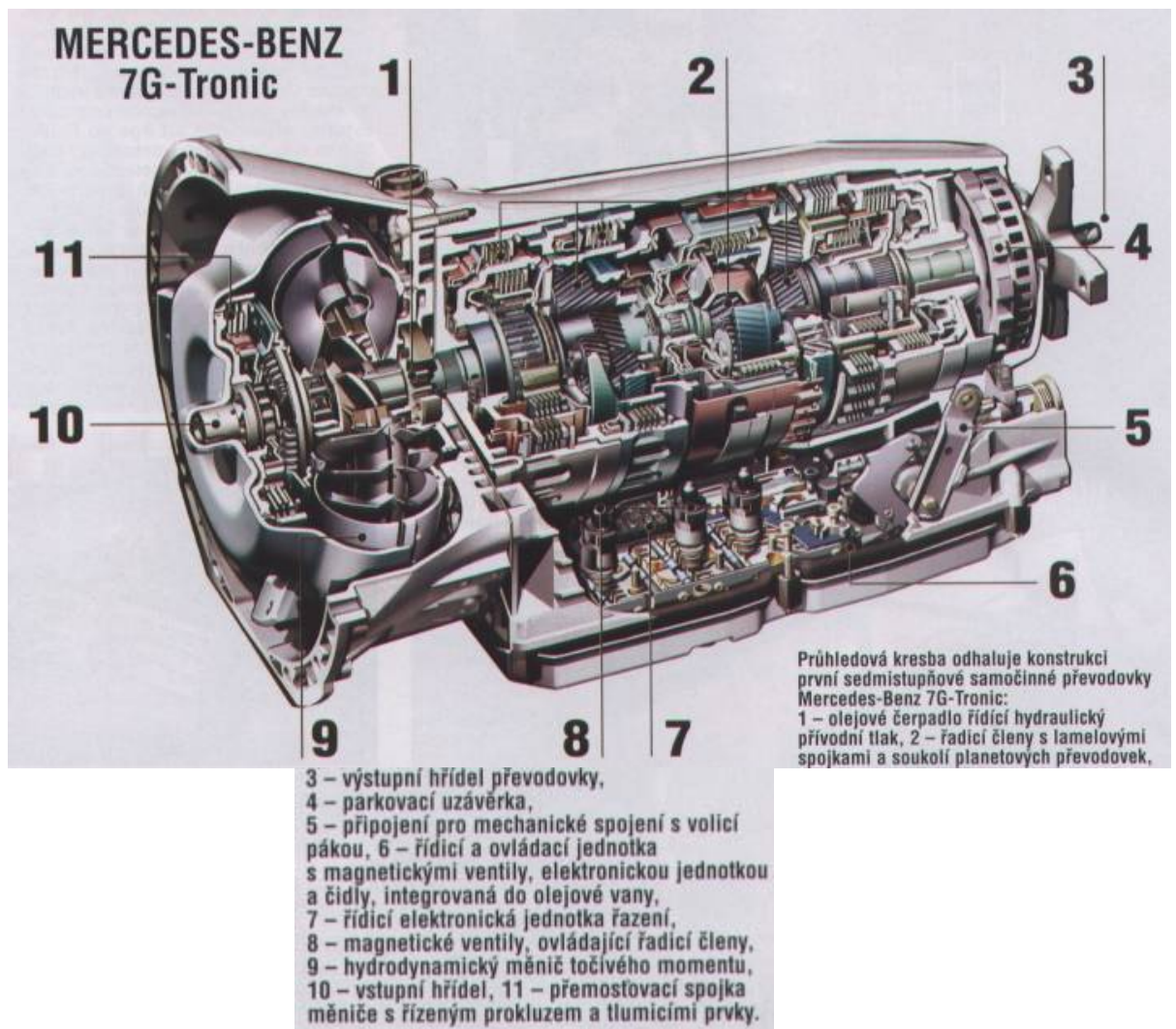
Řadit správné převodové stupně vždy v optimální dobu je pro velkou většinu řidičů, z nichž mnozí nemají vůbec technický cit, velkým problémem a proto, ale i z důvodu pohodlí při jízdě, je nutné takové převodovky vybavit automatickým řazením. Automatické řazení u klasické převodovky je ale další technickou komplikací, protože převodovky této konstrukce nejsou schopné řazení bez přerušení přenosu výkonu, je nutné motor od převodovky krátce odpojit. Z tohoto důvodu byla vyvinutá převodovka s hydrodynamickou spojkou s měničem momentu a planetovými soukolími. Tato konstrukce převodovky vznikla již před desítkami let. Převodovky byly pouze třístupňové, protože se využívalo schopnosti měniče momentu překlenout určité fáze chodu motoru. Měnič je svou schopností násobit točivý moment vlastně dalším převodovým stupněm, proto tři převodové stupně stačily. Tehdy se na ekonomiku provozu příliš nehledělo, důležitý byl komfort jízdy.

Ovládání vozu bylo zbaveno spojového pedálu, stačilo pouze sešlápnout akcelerační pedál a automatika zajistila plynulý rozjezd. Při přeřazování bylo ještě cítit určité trhnutí, které ale nebylo tak nepříjemné jako trhnutí při nesprávném řazení klasickým způsobem. K přeřazování jednotlivých stupňů se využívalo hydraulických elementů v závislosti na rychlosti jízdy a otáčkách motoru. Pomocí páky na středovém tunelu se volil režim řazení.

Obecně měla vozidla s automatickými převodovkami nižší dosažitelnou rychlost, menší akceleraci a asi o 10 – 15 % vyšší spotřebu. Pro vysokou cenu se těmito převodovkami vybavovaly vozidla vyšších cenových kategorií. Později se začaly používat převodové stupně čtyři a měnič momentu se u poslední rychlosti přemostil, tím se omezily ztráty prokluzem, spotřeba paliva poklesla. Poslední typy automatických převodovek mají až sedm převodových stupňů a měnič se překlenuje už od třetího stupně. Automatickými převodovkami se dnes vybavují i vozidla nižších cenových kategorií, ale jen některé modely a převážně na přání. Vrcholem je

sedmistupňová převodovka se dvěma zpětnými chody a překlenováním měniče momentu na všech převodových stupních Mercedes Benz 7G – Tronic *obr. 2. 16*.

Řazení je dnes řízeno elektronicky v součinnosti s ECU motoru. Změna převodu je nepostřehnutelná, zjistitelná pouze změnou otáček motoru. Obecným problémem automatických převodovek je jejich větší složitost a hmotnost. K řazení se používá soustava spojek a brzd, kterými se mění funkce jednotlivých částí planetových soukolí a tím změna převodu. Důležité je mít v převodovce dostatečné množství předepsaného oleje. Používá se speciální typ pro automatické převodovky, v současnosti je to olej plně syntetický.



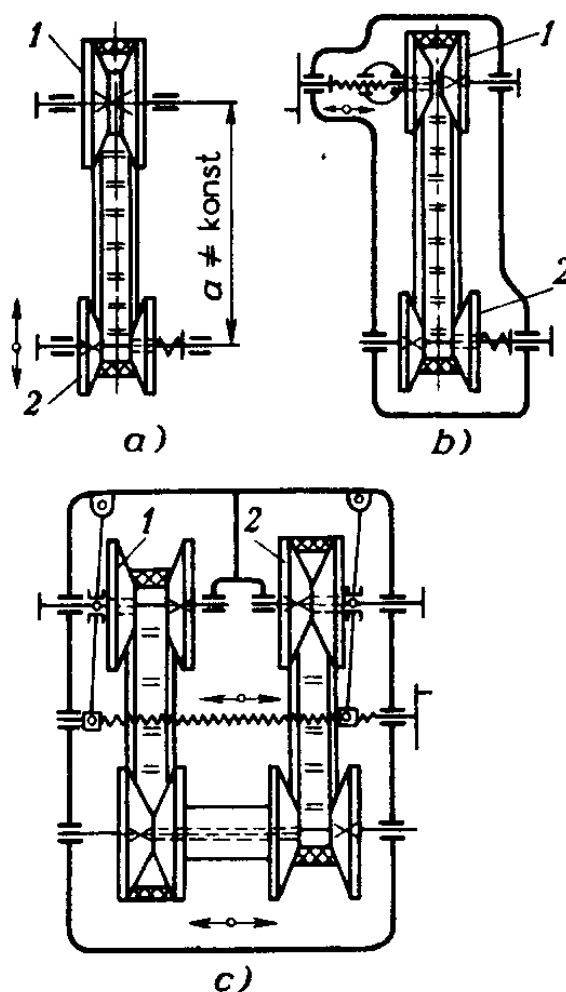
Obr. 2.16³⁴

2.4.4 Převodovky bezestupňové

Bezestupňový převod neboli převod s nekonečně velkým počtem převodových stupňů, je nejvýhodnějším řešením převodovek pro automobily. Průběh tažné síly je možné vytvořit přesně podle křivky požadovaného průběhu tažné síly na nápravě, což je pro provoz vozidla ideální. Převodovky s plynule měnitelným převodem se řeší jako převodovky třecí, kde se využívá změny průměrů rotačních částí hnacího a hnaného hřídele.

³⁴ <http://skoda.panda.cz/clanek.php3?id=437>

Nejklasičtějším příkladem použití bezestupňového převodu je variátor, který je tvořen dvěma páry kuželových kol (řemenic), mezi nimiž je klínový řemen. Oddalováním a přibližováním obou polovin řemenic klínový řemen opisuje pokaždé jiný poloměr a tím se mění převodový poměr.



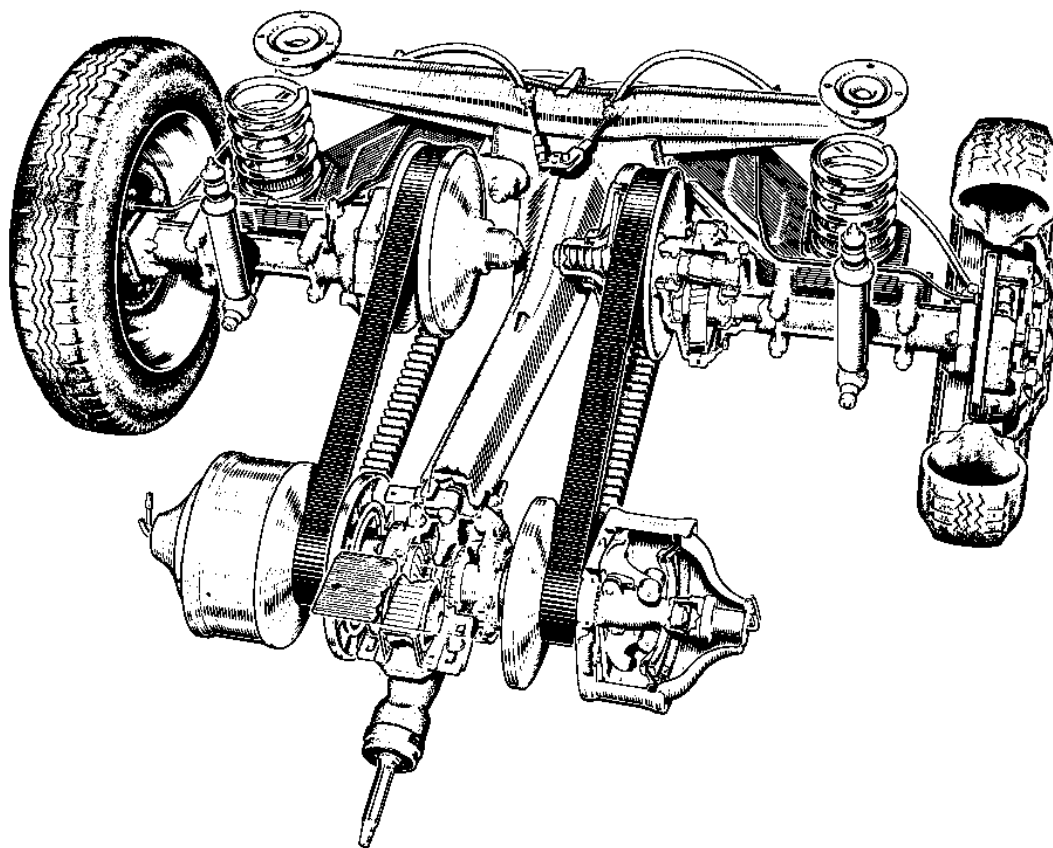
Obr. 2.17 Schématické zobrazení variátoru (a) jednostupňový – regulace změnou vzdálenosti os, řemenice 1 pevná, řemenice 2 stavitelná, b) dvoustupňový převod – regulace změnou vzdálenosti polovin řemenic, c) čtyřstupňový převod – přestavují se vnější poloviny hnací a hnané řemenice, převod je násobkem dvoustupňového převodu)³⁵

Tento převod je použitelný do výkonu asi 50 kW s účinností mezi 80 a 90 % a je často používán v průmyslu.

U motorových vozidel se objevila konstrukce bratrů Van Doornových u vozu DAF 55 Daffodil v roce 1958, kde fungoval v automatickém režimu

³⁵ <http://skoda.panda.cz/clanek.php3?id=437>

na základě odstředivého regulátoru a odstředivé spojky. Na obr. 2.18 je kompletní převodový systém tohoto vozu, nazvaný Variomatic I. U vozu DAF 66, kde byla kyvadlová náprava nahrazena nápravou De Dion, a přenos výkonu na kola zajišťovaly kloubové hřídele. Střední část je i s brzdami uložena na rámu a tedy stále v jedné rovině s řemenicemi hnacími, klínové řemeny se už při propuštění nápravy nekříží, jak tomu bylo u DAF 55.



Obr. 2.18 Pohon vozu DAF 55³⁶

Automatický převod klínovým řemenem řízený odstředivým regulátorem měl i sněžný skútr Jawa. Zde byl pouze jeden klínový řemen a hnací řemenice je upravena tak, že se při volnoběhu obě poloviny vzdálí natolik, že řemen dosedne vnitřním povrchem volně až na kuličkové ložisko a převod se rozpojí. Skútr tedy nemá žádnou spojku. Hnaná řemenice měla

³⁶ <http://skoda.panda.cz/clanek.php3?id=437>

přídavný element, který zajistil při velkém zatížení sevření řemenic a tím zvětšení převodu, tedy částečně „podřadil“.

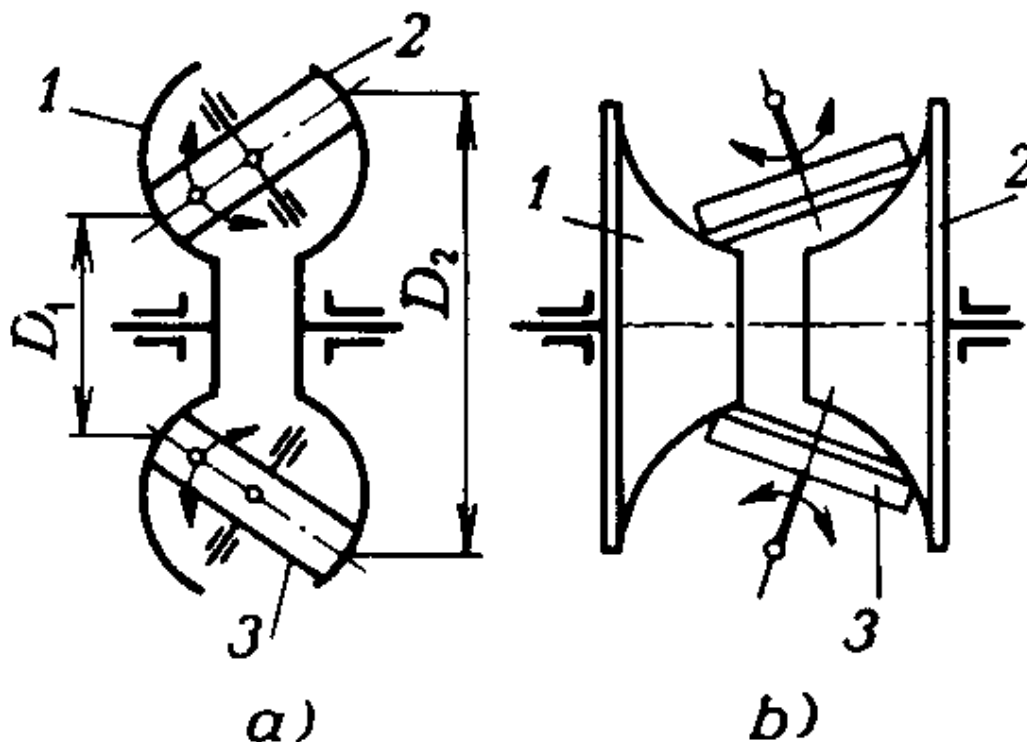
Klínové řemeny mají několik vad – nedostatečnou životnost, schopnost přenést omezený výkon a nesmí být zamaštěny. Ford se proto postupně spojil s Fiatem a Van Doorne Transmissie BV. Zaměřil se na vývoj převodovky CTX, kterou do poloviny 70. let přepracoval na „obrácený“ systém CVT. Klínový řemen u CTX přenáší výkon tahem, převodovka CVT naopak tlakem, jinak je řešení stejné.

Klínový řemen je zde nahrazen velkým množstvím klínovitých segmentů, které jsou navlečeny na speciálním pásu o vysoké pevnosti v tahu. Tento pás drží segmenty v určené poloze a 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 %.

U Audi (převodovka Multitronic) je řešení jiné. Přenos výkonu se odehrává opět tahem, ale je použit speciální článkový řetěz 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.

Plynule měnitelnou převodovku na mechanickém principu vyvinuli také Japonci pro luxusní vozy s velkoobjemovými motory (firma Jatco TransTechnology pro Nissan Cedric 3.0 Turbo, zadní náhon). Principem je převod podle *obr. 28 b*. Uvedený typ má možnost převodového poměru až 1:8 a účinnost 70 – 94 %, je ovšem výrobně pracný. Japonci postavili převodovku se dvěma paralelními polotoroidy, tím se zvýšila schopnost přenosu momentu přes 300 Nm, i když je velmi pracné dosáhnout stejného rozložení momentu na obě soustavy. Tlak ve styčných plochách je extrémně vysoký (4 GPa!) a vynutil si vývoj speciálního oleje, který pod tímto tlakem

udrží souvislou vrstvu. Převodovku doplňuje planetový převod sloužící ke změně směru otáčení a hydrodynamická spojka s měničem momentu.



Obr. 2.19 Plynule měnitelný převod toroidního typu (a) převod s třecími koly a kruhovými plochami, b) převod s třecími koly a výkyvnými kotouči)³⁷

Porovnání převodovek z hlediska účinnosti

- CVT s kovovým řemenem nebo řetězem: 90 – 97 %
- polotoroidní CVT 70 – 94 %
- samočinná pětistupňová 86 %
- mechanická s ručním řazením 97 %

2.4.5 Převody nemechanické

Mezi převody bez mechanické vazby patří převody hydraulické, hydrostatické a elektrické.

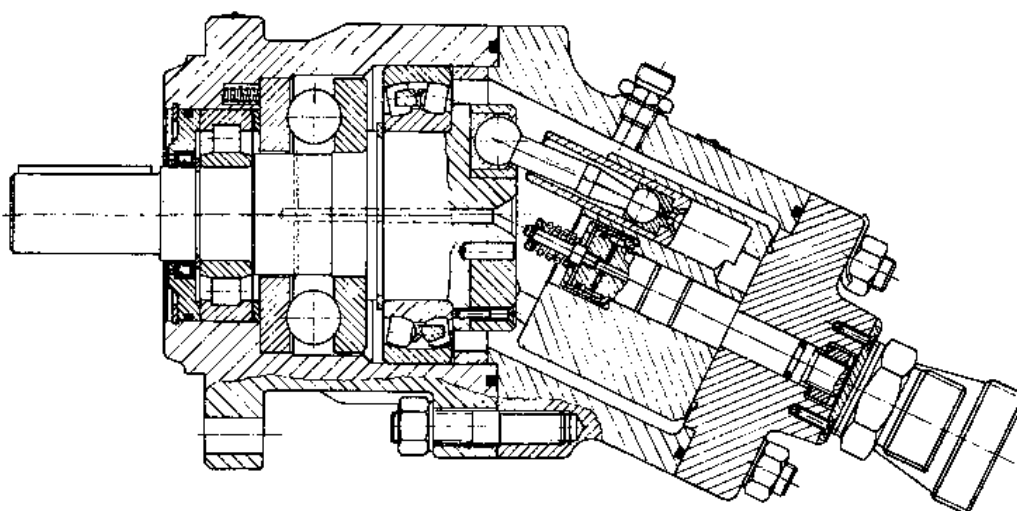
³⁷ <http://skoda.panda.cz/clanek.php3?id=437>

Hydraulický převod

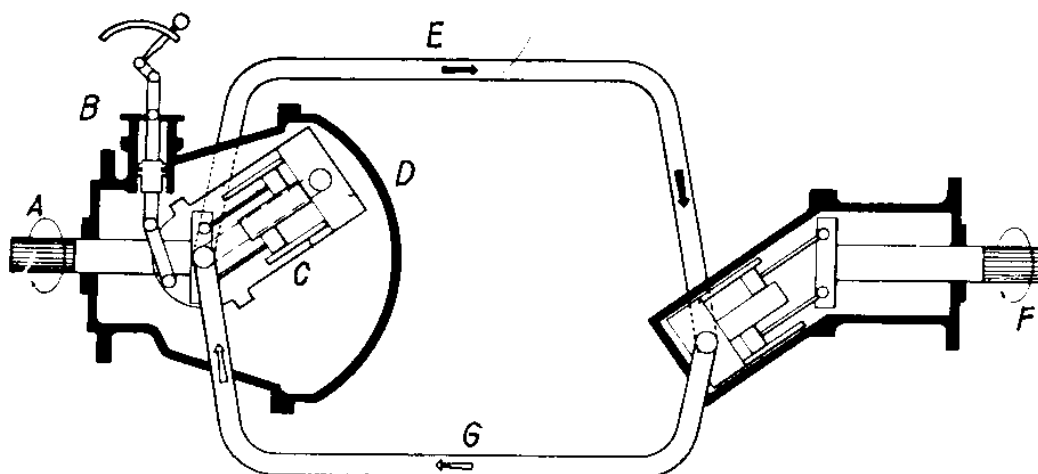
Hydraulickým převodem se rozumí převod tvořený olejovým čerpadlem a hydromotorem, kterým bývá také upravené hydraulické čerpadlo, nebo kapalinová turbína podobná hydraulické spojce. Převod je vhodný tam, kde nejsou nároky na účinnost a kde dochází k přenosu výkonu na větší vzdálenosti se zcela rozdílnými osami otáčení, tedy u různých zemědělských mechanismů apod. Důležité je zpětné vedení oleje k zásobníku čerpadla, vytlačený olej se musí vrátit zpět k čerpadlu. Používá se málo, změna převodového poměru je možná mechanickou změnou pracovního objemu čerpadla nebo hydromotoru.

Hydrostatický převod

Výrazně více se používá převodu hydrostatického, kde se k přenosu výkonu využívá změny objemu přečerpávané kapaliny. Na straně pohonu je axiální pístové čerpadlo s měnitelným zdvihem pístů a na straně náhonu je stejné čerpadlo s konstantním objemem válců zapojené jako motor. Axiální čerpadlo s neměnitelným zdvihem je na *obr. 2.20*. Pístové čerpadlo nemusí být nutně použito, ale pro regulaci má nejlepší vlastnosti.



Obr. 2.20 Hydrostatické čerpadlo s neměnitelným objemem Technometra³⁸



- A – pohon čerpadla,
- B – ovládání sklonu čerpadla,
- C, D – skříň čerpadla,
- E – tlakové potrubí od čerpadla k hydromotoru,
- F – hydromotor s neměnitelným objemem,
- G – zpětné potrubí od hydromotoru k čerpadlu

Obr. 2.21 Schéma hydrostatického převodu s přestavitelným čerpadlem³⁹

Pohyb pístů zajišťuje přes ojnice s kulovými čepy otáčení šikmé desky, která vysune a zasune písty do válců vytvořených v bloku, který je

³⁸ <http://skoda.panda.cz/clanek.php3?id=437>

³⁹ <http://skoda.panda.cz/clanek.php3?id=437>

otočný na čepu v hlavě. Rozvod kapaliny je šoupátkový bez pohyblivých dílů, jde pouze o vybrání v hlavě. Otáčení bloku zajišťují ojnice pístů, které se opírají o stěny válců. Toto čerpadlo dodává na jednu otáčku konstantní množství oleje, nelze je tedy regulovat.

Pro změnu objemu čerpané kapaliny je nutné měnit sklon šikmé desky, což se řeší vykláněním bloku s písty. Takové čerpadlo nebo hydromotor je nutné použít pro možnost změny převodového poměru. Změna převodového poměru je závislá na poměru objemů čerpadla a hydromotoru. Lze tedy jednou dvojicí, kde má hydromotor neměnitelný objem a čerpadlo je přestavitelné s maximálním objemem větším než je objem hydromotoru, zajistit převod menší i větší než 1. Poměr objemů je převodovým číslem. Výhodnější je kombinace přestavitelné čerpadlo a neměnitelný hydromotor než naopak, nejlepším řešením je mít obě součásti přestavitelné, což ale komplikuje ovládání a tak se toto řešení používá zřídka.

Axiální čerpadlo je možné jeho vykláněním dostat do polohy, kdy se žádný olej nepřečerpává (písty mají nulový zdvih), tedy výkon se nepřenáší. Jednoduchým způsobem se tak nahrazuje spojka. V této poloze je hydromotor zablokovaný, sloupec oleje neumožní jeho otáčení a tak je vozidlo zabrzděno. Vykloněním čerpadla na druhou stranu se mění směr toku oleje, tedy mění se směr otáčení hydromotoru. Pokud je hydromotor přestavitelný a čerpadlo neměnitelné, změna převodu je možná, ale nelze dosáhnout nulových otáček, je tedy nutná spojka, což vše zbytečně prodražuje a komplikuje. Hydrostatický převod lze vyrobit malý, protože je možné použít vysokých tlaků (45 MPa) a spojovací potrubí nemusí mít velký průměr. Osa pohonu a spotřebiče může být libovolná.

Účinnost dobře provedeného hydrostatického převodu dosahuje 90 %, což je hodnota přijatelná. Provoz při převodu menším než 1 je energeticky lepší než u hydrodynamického převodu, převod blížký 1 má naopak menší účinnost. Kromě toho je chod čerpadla i hydromotoru při plném zatížení hlučný. Jeho výroba vyžaduje vysokou přesnost, což zařízení značně prodražuje.

Hydrostatický převod vhodný pro motorová vozidla musí mít čerpadlo i hydromotor přestavitelný, jinak není možné použít možnosti jízdy na neutrál (oba díly musí být nastaveny do polohy, kdy se písty nepohybují, pouze se bloky s písty volně otáčejí), nebo se musí vybavit alespoň volnoběžkou mezi hydromotorem a nápravou. Tento druh převodu se rozšířil u stavebních strojů, zahradních i velkých traktorů a k pohonů přidaných mechanismů, kde jízda na neutrál prakticky nepřipadá v úvahu.

Využití hydrostatického převodu se přímo nabízí k akumulaci energie získané při brzdění nebo chodu na volnoběh pro městské autobusy a vozidla pracující v podobném režimu, kdy doba rozjezdu a brzdění téměř přesahuje dobu normální jízdy.

Hydrostatický převod se upraví tak, aby se při brzdění vozidla zapnul hydromotor jako čerpadlo a natlakoval zásobní nádrž hydraulickou kapalinou (brzdil by vozidlo podobně jako retardér), která se potom při rozjezdu využije spolu s výkonem motoru. V případě nedostatku času při krátkých brzdících režimech by se využíval přebytek výkonu spalovacího motoru při jízdě mezi zastávkami pro natlakování zásobníku. Zásobník nebude velký, protože objem kapaliny nemusí být pro tyto přechodné režimy velký. Podle zkušeností stačí motor s o 40 % menším výkonem, tedy je lehčí a hlavně bude mít v provozu v součinnosti s akumulací energie nižší spotřebu paliva. Motor není nutné vytáčet do vysokých otáček pro nutnost řazení, jeho životnost se zvýší, kromě toho poklesne produkovaný hluk.

Hydrostatický převod pro osobní vozidla se musí řešit tak, aby se využilo co nejvíce jeho předností a výrazně se potlačily jeho nedostatky. Převodovka tedy bude kombinovaná, přenos bude větvený, část výkonu v režimech, v kterých se vozidlo nachází přechodně, bude zajišťována hydrostatickým převodem, po zbylou dobu poslouží klasický převod ozubenými koly. Čerpadlo nemá měnitelný objem, hydromotor je přestavitelný odstředivým regulátorem (tedy přesně naopak, než se běžně používá). Pohon čerpadla od motoru je přes primární soukolí, sekundární převod zajišťuje hydrostatický mechanismus. Po rozjezdu se využije plynulé změny hydrostatického převodu, dojde tedy k posílení momentu, při

zvyšování otáček se odstředivým regulátorem mění i sklon desky hydromotoru až dojde k zamezení pohybu pístů, tím se zablokuje i čerpadlo a přenos výkonu je pouze přes primární ozubené soukolí. Čerpadlo i hydromotor se otáčejí s hřídelem, ale jejich písty stojí a neopotřebovávají se, hlučnost výrazně klesá. Převodovku je možné řešit s jedním nebo dvěma převodovými stupni, protože hydrostatický převod obsáhne všechny převodové stupně. Další převodové stupně zlepšují ekonomiku provozu, protože přenos výkonu ozubením má vyšší účinnost, než přes hydrostatický převod. Řadit další stupně je možné ručně buď pomocí klasické spojky, nebo převodovku řešit s planetovými převody a řadit pomocí lamelových spojek a brzd (výhodnější řešení). Výhodou hydrostatických převodů je nulový skluz, nedochází tedy k zbytečným ztrátám jako u hydrodynamického měniče momentu.

Elektrický převod

Elektrický převod se používá u největších stavebních vozidel, lodí a lokomotiv. Je to velmi jednoduché, ale ne tak docela ekonomické řešení. Na spalovací motor se připojí generátor o potřebném výkonu a na každou nápravu (lokomotivy) nebo dokonce každé kolo (stavební vozidla s nosností až 200 tun, kde je to jediné rozumné řešení přenosu výkonu) se připojí přes redukční převod elektromotor. Spalovací motor tedy může pracovat v optimálních otáčkách, kde má generátor největší účinnost, bez ohledu na rychlost vozidla. Nejčastěji se s tímto pohonem setkáme u dieselelektrických lokomotiv, což bývají i lokotraktory s výkonem přes 700 kW, kde je toto řešení přijatelnější než hydraulický převod, který se svého času také používal. Problém elektrického přenosu je v ceně, velké hmotnosti a účinnosti, tedy pro motorová vozidla nejhorší možné řešení. Pokud si spočítáme účinnost generátoru, jednotlivých motorů a nutnosti regulace a dalších elektrických ztrát, dostaneme nevyhovující číslo. Zlepšením je opět větvení přenosu, které měla velmi známá vlaková jednotka „Slovenská strela“ vyrobená firmou Tatra. Zde se přenos dělá čistě elektricky do doby,

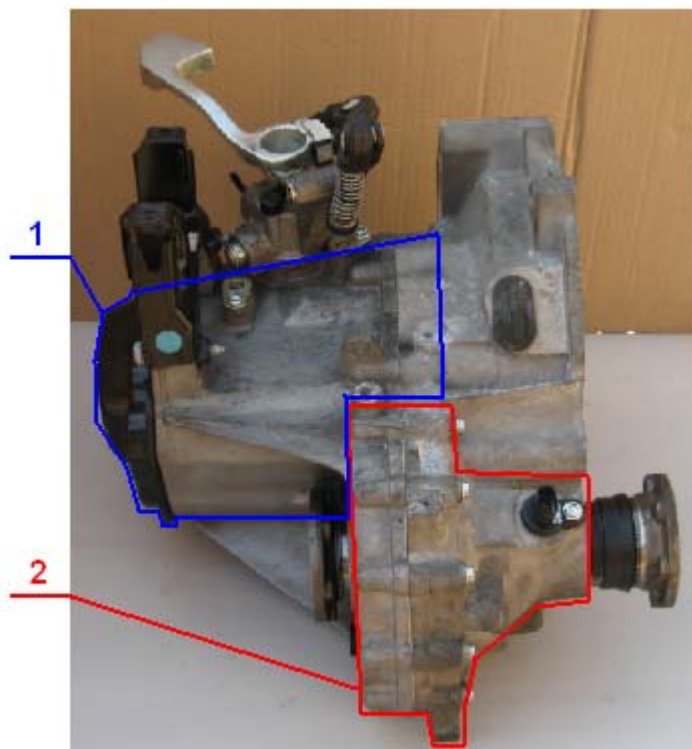
kdy se otáčky generátoru a trakčních motorů vyrovnaly, v ten okamžik byly oba stroje spojeny třecí spojkou a pohon byl čistě mechanický. Podobný systém byl navržen i pro Tatra 111, ale do výroby se nedostal.⁴⁰

3 Popis zvolené převodovky

Převodovka, kterou věnovala Univerzita Pardubice k realizaci modelu, je ze Škody Fabia 1.4/16V/55kW.

3.1 Skříň převodovky

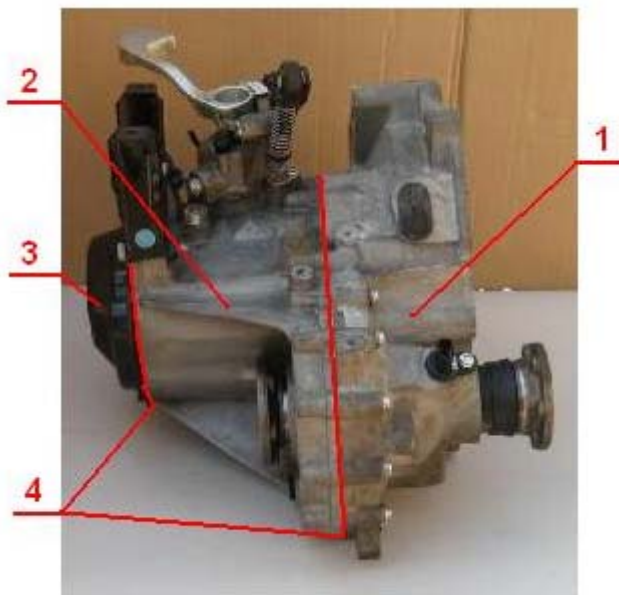
Skříň převodovky je vyrobena jako odlitek ze slitiny hliníku s následným opracováním funkčních ploch. Jelikož je u modelu fabia použita zkrácená koncepce poháněcího ústrojí (motor vpředu – pohon předních kol) je skříň převodovky sloučena v jeden celek se skříní rozvodovky *obr.3.1*.



Obr. 3.1 (1 - převodovka, 2 - rozvodovka)

⁴⁰ <http://skoda.panda.cz/clanek.php3?id=437>

Z montážních důvodů je skříň dělena na tři části *obr. 3.2*.

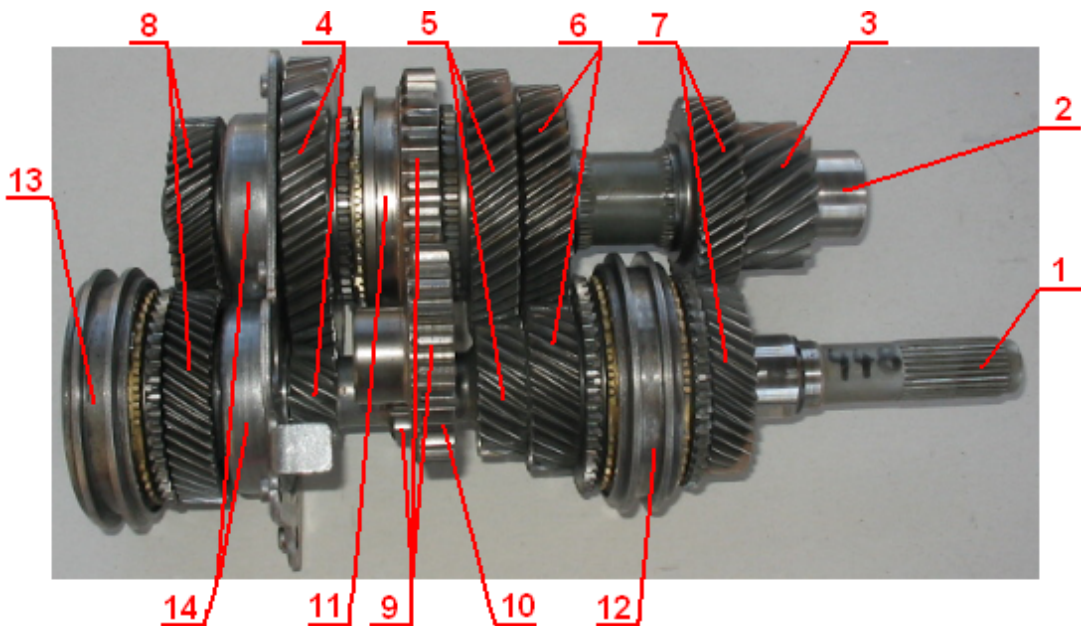


Obr. 3.2 (1 - část s přírubou pro uchycení k motoru, 2 - střední část, 3 - víko V. rychlostního stupně, 4. dělicí roviny)

Skříň je opatřena přírubou pro uchycení k motoru. Příruba zároveň slouží jako kryt spojky. Zde je její ovládání a upevňuje se zde i spouštěcí zařízení. Na opačné straně skříně je držák, kterým se přes silentblok upevňuje převodovka do karoserie.

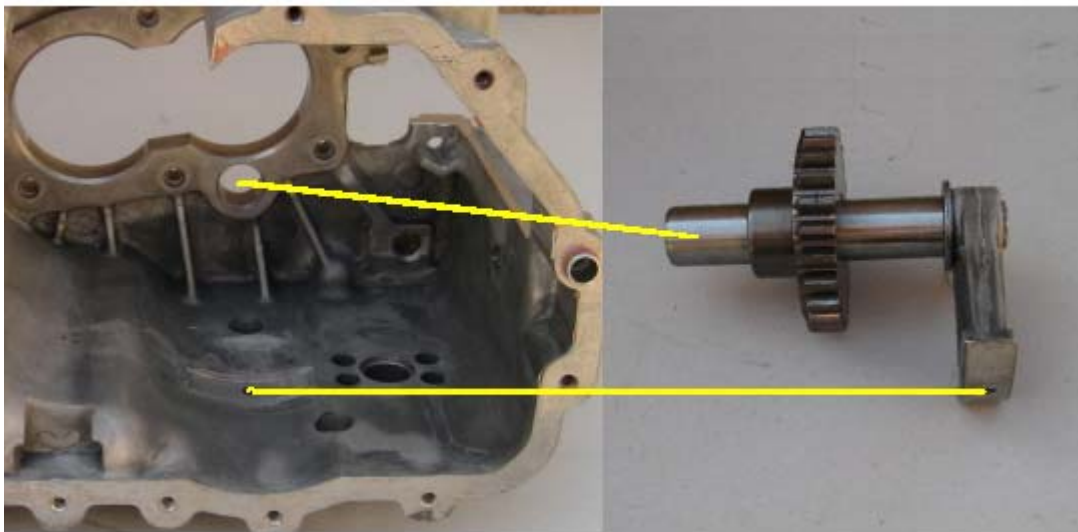
3.2 Vlastní převody

Jde o klasickou dvouhřídelovou převodovku, proto jsou pro vlastní převody použita čelní ozubená soukolí se šikmými zuby. Jediné soukolí, které má zuby přímé, je soukolí pro zpětný chod *obr. 3.3 pozice 9*. Jednotlivé převody se řadí pomocí synchronizačních spojek se zajištěnou (cloněnou) synchronizací *obr. 3.3 pozice 11, 12, 13*. Opět mimo zpětného chodu, který je řazen přesunem vloženého kola *obr. 3.3 pozice 10*.



Obr. 3.3 (1 - vstupní hřídel s drážkováním pro uložení spojkového kotouče, 2 - výstupní hřídel, 3 - pastorek stálého převodu, 4 - soukolí I. rychlostního stupně, 5 - soukolí II. stupně, 6 - soukolí III. stupně, 7 - soukolí IV. stupně, 8 - soukolí V. stupně, 9 - soukolí zpětného chodu, 10 - vložené kolo zpětného chodu, 11 - Synchronizační spojka pro I. a II. rychlostní stupeň, 12 - synchronizační spojka pro III. a IV. rychlostní stupeň, 13 - synchronizační spojka pro V. rychlostní stupeň, 14 - klec ložisek)

Za povšimnutí stojí uložení hřídele pro vložené kolo zpětného chodu. Na jedné straně je tato hřídel uložena s tolerancí jako čep v díře (díra je vyvrtána ve skříni převodovky). Na straně druhé je hřídel nalisována a zajištěna roznyťováním v kruhové výseči, ta zapadá do vyfrézované kruhové drážky (vyfrézována ve skříni převodovky) o stejném poloměru, jaký má kruhová výseč. Kruhová výseč je pak ke skříni převodovky připevněna šroubem *obr. 3.4*.

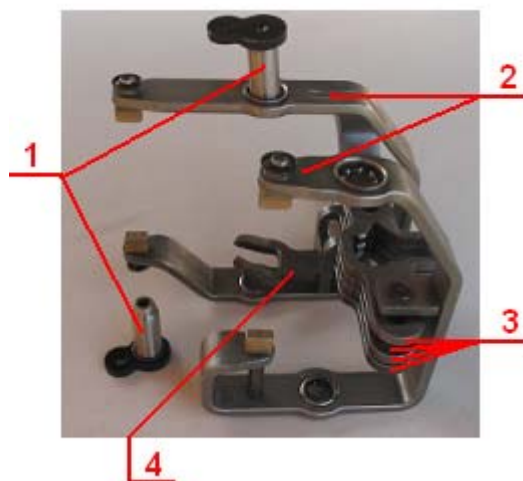


Obr. 3.4 Čep vloženého kola zpětného chodu

3.3 Řadící a zajišťovací zařízení

Řazení je zajištěno dvojicí lanek, které jsou ovládána řadící pákou. Jedno lanko nastaví řadící palec do příslušné řadící tyče (volící pohyb), druhé lanko zajišťuje posun řadící tyče (řadící pohyb).

K řazení jednotlivých rychlostních stupňů je zde použit kulisový mechanismus, který lze rozdělit na dvě části, a to na řadící tyče, které přecházejí v řadící vidličky a na řadící palec spojený trubkou se zajišťovacím zařízením. Řadící tyče s vidličkami jsou do skříně převodovky připevněny pomocí čtyř čepů obr. 3.5 pozice 1.



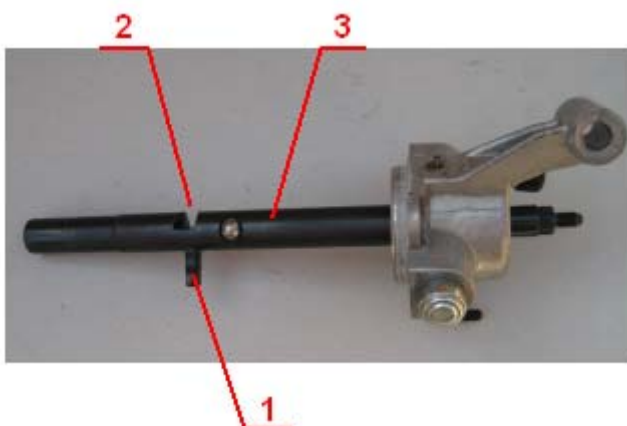
Obr. 3.5 (1 - upevňovací čepy, 2 - řadící vidličky, 3 - řadící tyče, 4 - řadící vidlička pro zpětný chod)

Zajišťovací zařízení lze ještě rozdělit na dvě části:

1. K zamezení zařazení více rychlostních stupňů (např. II. a IV.) je zde použita kulisa obr. 3.6. Dále zařazení více rychlostních stupňů najednou nedovoluje trubka obr. 3.7 pozice 3, na které je řadící palec obr. 3.7 poz. 1. Tato trubka prochází skrze řadící tyče obr. 3.5 poz. 3. Proti řadícímu palci je výřez obr. 3.7 poz. 2, který dovoluje pohyb vždy jen jedné řadící tyči. Zpětný chod má ještě pojistku na řadící páce, která se pro zařazení zpětného chodu musí stlačit a pak zařadit „jakoby“ I. rychlostní stupeň.



Obr. 3.6 Kulisa

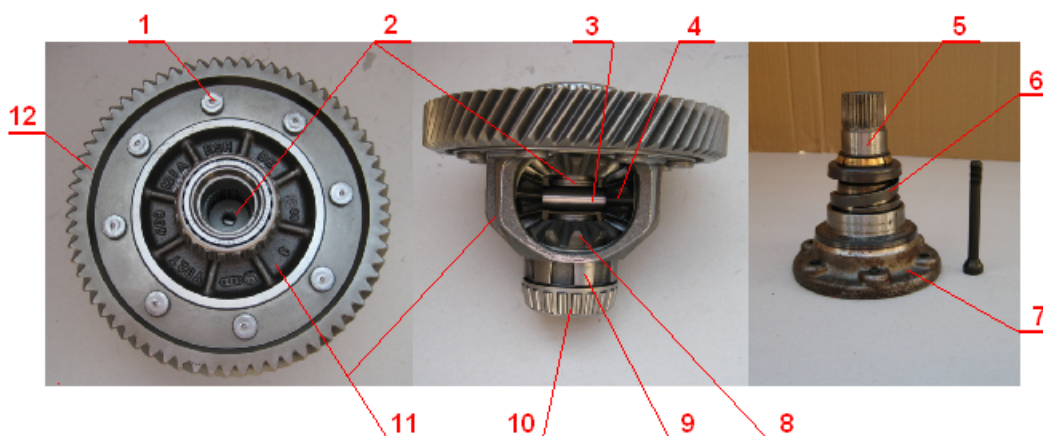


Obr. 3.7 Řadící palec (1 - řadící palec, 2 - výřez, 3 - trubka)

2. Druhou částí zajišťovacího zařízení je kuličková západka, která zabraňuje samovolnému zařazení rychlostního stupně a zároveň vypadnutí zařazeného rychlostního stupně ze záběru.

3.4 Stálý převod a diferenciál

Stálý převod zajišťuje čelní soukolí se šikmými zuby. Pastorek je součástí výstupního hřídele. Talířové kolo je přínýtováno ke kleci diferenciálu osmi nýty. Klec diferenciálu je uložena ve skříni rozvodovky pomocí dvou kuželíkových ložisek. Na jedné straně je opatřena zuby pro snímač otáček, ze kterých je následně počítána rychlost vozidla. Diferenciál je kuželový se dvěma satelity na společném čepu. Mezi satelity, planetovými koly a klecí diferenciálu je podložka ze speciálního plastu, pro zvýšení svornosti. Planetová kola jsou navíc k této podložce přitlačována pomocí pružin, které jsou navlečeny na výstupních hřídelích. Výstupní hřídele jsou duté. Pomocí šroubů a speciálních matek jsou přišroubovány k planetovým kolům. Pružiny se opírají o klec diferenciálu a vytlačují výstupní hřídele směrem ven z diferenciálu a tím přitlačují planetová kola na plastovou podložku.



Obr. 3.8 Diferenciál (1 - nýt, 2 - speciální matka pro sešroubování planetového kola a výstupní hřídele, 3 - čep satelitů, 4 - satelit, 5 - výstupní hřídel, 6 - pružina, 7 - příruba pro kloub, 8 - planetové kolo, 9 - ozubení pro snímání otáček, 10 - kuželíkové ložisko, 11 - klec diferenciálu, 12 - talířové kolo)

3.5 Ložiska

Ložiska všech ozubených kol, která jsou na hřídelích uložena otočně, jsou jehlová s plastovou klecí. Výjimkou je vložené kolo zpětného chodu, u kterého je použito ložisko kluzné.

Hřídele jsou uložena na jedné straně pomocí kuličkových ložisek, na straně druhé pomocí válečkových ložisek.

Diferenciál je na obou stranách uložen v kuželíkových ložiskách.

3.6 Další části

Dále je na převodovce umístěn snímač otáček a spínač zpětných světel, který sepne při zařazení zpětného chodu.

4 Demontáž a změření základních rozměrů

4.1 Demontáž

Demontáž probíhala následujícím způsobem:

1. odmontování všech venkovních částí (snímače, držáky, víka atd.),
2. demontáž skříně na tři části podle *obr. 3.2*,
3. demontáž řadícího zařízení s vlastními převody,
4. očištění zbytků tmelů a lepidel,
5. důkladné umytí všech částí ve speciální odmašťovací lázni.

4.2 Měření základních rozměrů

Měření základních rozměrů jsem provedl posuvným měřítkem s přesností 0,05 mm.

4.2.1 Naměřené údaje

Hlavové průměry ozubených kol v mm						
	I. stupeň	II. stupeň	III. stupeň	IV. stupeň	V. stupeň	zpětný chod
d1(vstup)	35,5	47,35	58,6	66,8	72,5	34,6
d2 (výstup)	103,9	92,25	80,8	71	64,9	94,6
d3(vložené)						66,75

Počty zubů						
	I. stupeň	II. stupeň	III. stupeň	IV. stupeň	V. stupeň	zpětný chod
Z1(vstup)	11	21	30	38	46	11
Z2 (výstup)	38	44	43	41	41	35
Z3(vložené)						24

Průměr vstupního hřídele: $D_v = 21$ mm

4.2.2 Měření sklonu zubů

Měření bylo provedeno následujícím způsobem. Nejprve jsem na papír narýsoval přímkou. K této přímce jsem položil hliníkové pravítko. Hnané ozubené kolo V. rychlostního stupně jsem opatrně smočil v oleji tak, aby se zachytil jen na vrškách zubů. Kolem jsem poté jel podél pravítka a zuby zanechávaly olejovou stopu na papíře. Vybral jsem nejlepší stopu zubu. Pomocí pravítka a tužky jsem tuto stopu protáhl tak, aby se nechal změřit úhel sklonu zubů pomocí úhломěru.

Úhel sklonu zubů jsem vypočetl odečtením naměřeného úhlu od úhlu 90° .

$$\beta = 90^\circ - 55^\circ$$

$$\underline{\underline{\beta = 35^\circ}}$$



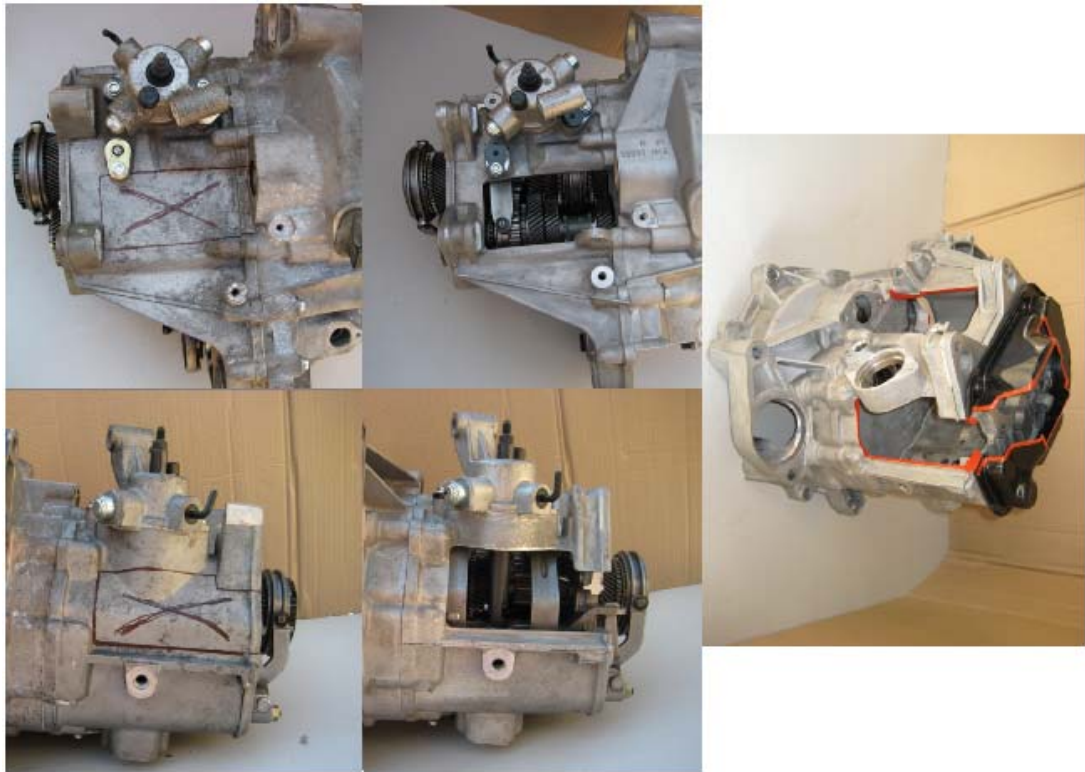
Obr. 4.1 Orientační měření úhlu sklonu zubů

5 Návrh řezů

Řezy jsem navrhl tak, aby bylo vidět na všechny důležité součásti uvnitř převodovky, ale zároveň se zachováním celistvého vzhledu skříně převodovky a všech jejích důležitých částí. Více obr. 5.1, 5.2.



Obr. 5.1 Řez skříní rozvodovky



Obr. 5.2 Návrhy a řezy skříní převodovky

Řezy jsem se rozhodl provést odfrézováním nepotřebného materiálu, aby vzniklé řezy byly rovné. Po frézování jsem pilníkem očistil otřepy a srazil hrany, aby se o ně studenti neporanili. Pro zvýraznění jsem vzniklé řezy nabarvil červenou barvou.

6 Realizace modelu

Jako základnu jsem pro celý model použil dřevěnou desku, kterou jsem nabarvil bílou barvou. Pro upevnění převodovky k základně jsem vyrobil držáky. Převodovku jsem umístil na pravou polovinu základny (dále jen Model A). Aby bylo možno simulovat chod převodovky, na vstupní hřídel jsem přidělal kliku vlastní výroby.

Jelikož by se určité funkce nedaly na takovémto modelu demonstrovat, použil jsem ještě jednu totožnou převodovku. U té jsem rozřezal skříň tak, aby zůstaly jen nosné části pro vlastní převody a řazení a bylo tak na všechny součásti dobře vidět. Na takto rozřezané skříní jsem nebarvil hrany,

jak tomu bylo na Modelu A. Proto, že zde skříň není v řezu, ale slouží pouze jako nosná část („držák“) pro převody a řazení. Do rozřezané skříňe jsem namontoval zpět převody a řazení. Pomocí držáků vlastní výroby jsem i druhou upravenou převodovku (dále jen Model B) připevnil k základně, tentokrát do levé poloviny.

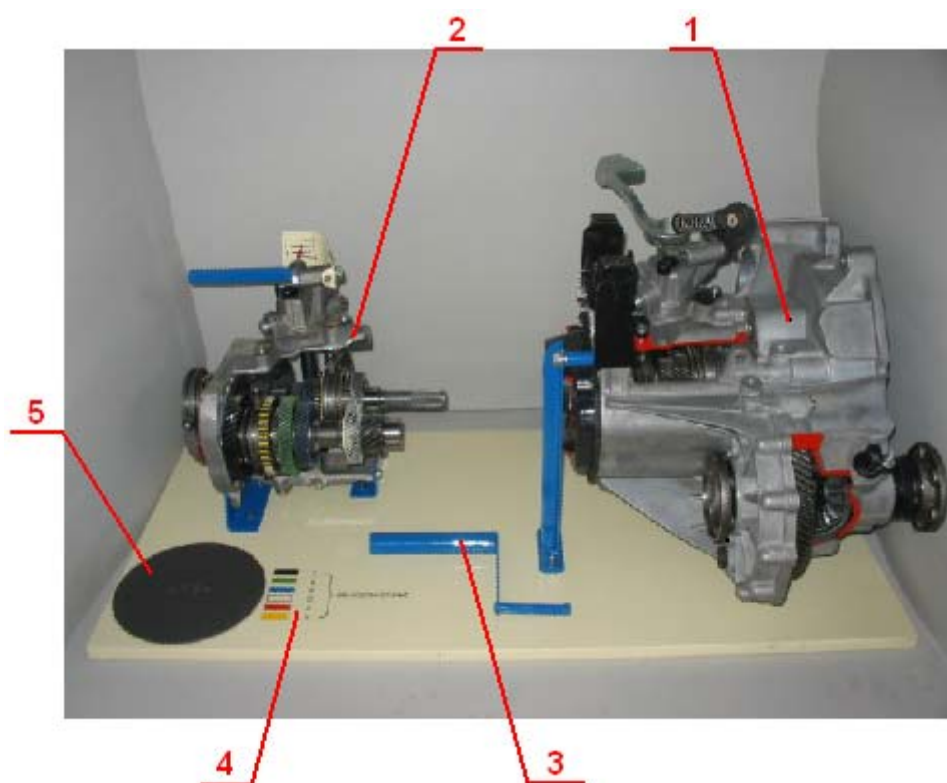
V rámci zachování tradičních barev školy, jsou držáky a klika nabarveny modrou barvou.

Na Modelu B jsem pro názornost nabarvil hnaná kola (při umístění v laboratoři budou blíže ke studentům) jednotlivých rychlostních stupňů různými barvami. Na základně jsem pomocí těchto barev zhotovil legendu. Jednotlivé barvy zobrazují příslušný rychlostní stupeň.

Na Model B jsem dále vyrobil provizorní řadící páku, která je opatřena hrotem. Naproti hrotu je plechová destička, na které je nakreslené schéma řazení tak, jako na řadící páce. Hrot při řazení provizorní řadící pákou ukazuje právě zařazený rychlostní stupeň.

Poslední věcí na Modelu B, kterou jsem zhotovil, jsou pojistné kroužky, které zajišťují synchronizační spojku, hnací kolo a hnané kolo V. rychlostního stupně. Tyto pojistné kroužky se dají velmi lehce sejmout a následně i celé soukolí se synchronizační spojkou V. rychlostního stupně. Předchozí krok jsem udělal, aby si studenti mohli následně synchronizační spojku rozebrat a vidět tak, z jakých dílů je složena. Případně na ní může vyučující demonstrovat funkci.

Na základně je přilepena v levém rohu pěnová podložka, pro odkládání dílů z výše zmíněné synchronizační spojky V. stupně.



Obr. 6.1 Celkový pohled na model (1 - Model A, 2 - Model B, 3 – klika, 4 – legenda k rychlostním stupňům, 5 – odkládací podložka)

6.1 Výuka na modelu

Jako možný způsob výuky lze použít celou kapitolu 3 Popis zvolené převodovky, doplněné o funkci synchronizace s clonícím kroužkem (str. 20), které jsou na modelu použity. Funkci synchronizační spojky s clonícím kroužkem je možno demonstrovat v praxi na Modelu B a to sice na V. rychlostním stupni, kde je snadno demontovatelná.

7 Závěr

Hlavním přínosem této práce je vytvoření modelu, rozsáhlé fotodokumentace a popisy, které budou sloužit jako praktická pomůcka při výuce.

Na Modelu A je vidět řešení celé koncepce převodovky, která je sloučena s rozvodovkou, a uspořádání všech jejích částí. Na tomto modelu je také, pomocí kliky na vstupním hřídeli, možno simulovat chod použité převodovky.

Model B slouží k lepšímu pochopení funkce jednotlivých částí převodovky, jako jsou zejména vlastní převody, synchronizační spojka, řadící a zajišťovací zařízení. Ozubená kola jednotlivých převodových stupňů jsou zde pro lepší orientaci označena různými barvami. Na základně je k těmto barvám legenda popisující, která barvy znázorňuje jaký převodový stupeň. Řadící zařízení je zde opatřeno provizorní řadící pákou, která umožňuje simulaci řazení jednotlivých stupňů, a je řešena tak, aby bylo vidět, který rychlostní stupeň je právě zařazen. Soukolí V. převodového stupně se synchronizační spojkou je z Modelu B snadno demontovatelné. Synchronizační spojku je následně možno rozebrat na jednotlivé díly.

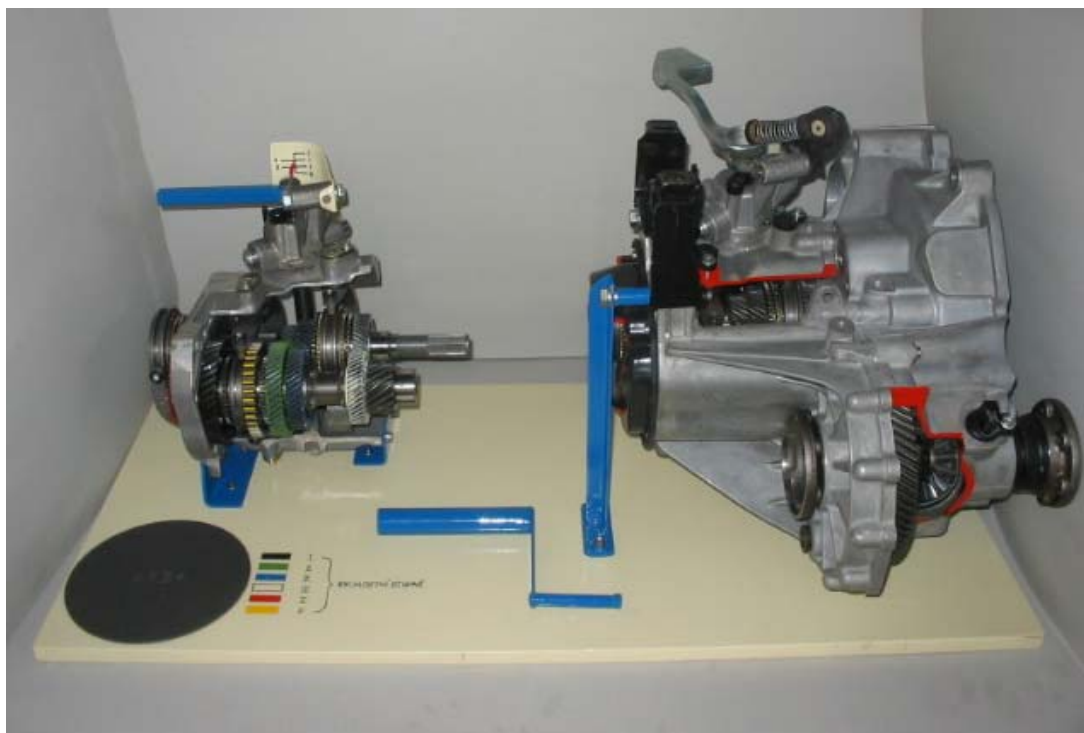
V práci je rozsáhlý popis zvolené převodovky, který by mohl sloužit jako možný způsob výuky na zhotoveném modelu.

8 Použitá literatura

- [1] Vlk, František: *Vozidlové spalovací motory*. Brno, 2003. 1. vyd. (580 str.), ISBN 80-238-8756-4
- [2] Motejl, Vladimír: *Učebnice pro řidiče a opraváře automobilů*. Brno, 1998. 1. vyd. (504 str.), ISBN 80-85763-00-1
- [3] Vlk, František: *Lexikon moderní automobilové techniky*. Brno, 2005. 1. vyd. (344 str.), ISBN 80-239-5416-4
- [4] JIŘÍ ČECH. Převodná ústrojí II. *Škoda techweb* [online]. 20.červenec 2004 [cit. 2009–05–10]. Dostupný z WWW: <<http://skoda.panda.cz/clanek.php3?id=436>>.
- [5] JIŘÍ ČECH. Převodná ústrojí III. *Škoda techweb* [online]. 20.červenec 2004 [cit. 2009–05–10]. Dostupný z WWW: <<http://skoda.panda.cz/clanek.php3?id=437>>.

9 Přílohy

9.1 Obrázky



Obr. 9.1 Pohled zředu



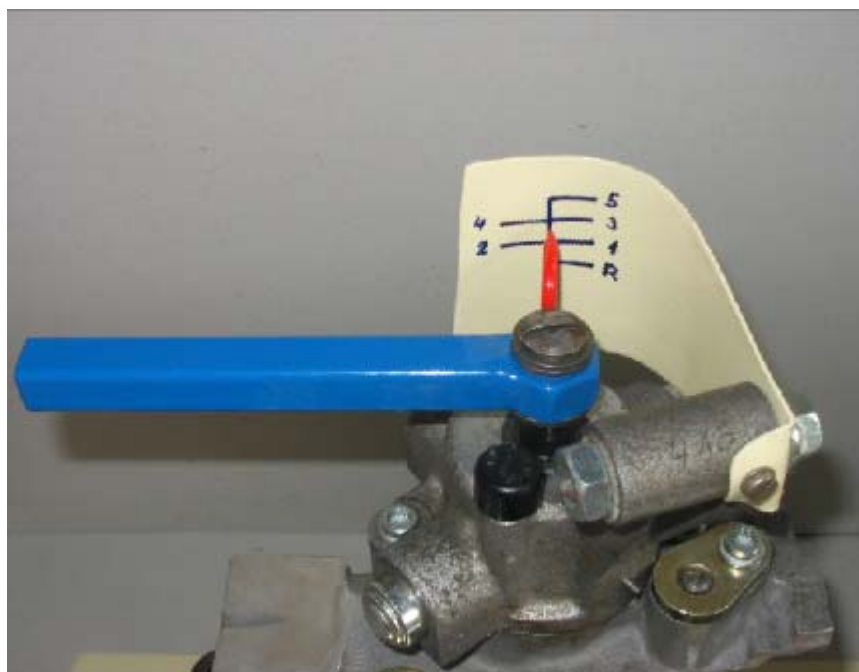
Obr. 9.2 Pohled zprava



Obr. 9.8 Rozložená synchronizační spojka



Obr. 9.3 Pohled zleva



Obr. 9.4 Detail provizorní řadící páky s hrotem a schéma řazení



Obr. 9.5 Detail odnímatelné synchronizační spojky V. rychlostního stupně



Obr. 9.6 Spínač zpětných světel



Obr. 9.7 Snímač otáček