

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2341R001 Konstrukce průmyslové techniky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Variátory a jejich použití

Autor: **Michal BENEDA**

Vedoucí práce: **Doc. Ing. Zdeněk HUDEC, CSc.**

Akademický rok 2012/2013

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne: 28. 6. 2013

.....

podpis autora

AUTORSKÁ PRÁVA

Podle Zákona o právu autorském. č.35/1965 Sb. (175/1996 Sb. ČR) § 17 a Zákona o vysokých školách č. 111/1998 Sb. je využití a společenské uplatnění výsledků bakalářské/diplomové práce, včetně uváděných vědeckých a výrobně-technických poznatků nebo jakékoliv nakládání s nimi možné pouze na základě autorské smlouvy za souhlasu autora a Fakulty strojní Západočeské univerzity v Plzni.

PODĚKOVÁNÍ

Tato práce by byla jen těžko realizovatelná bez odborného vedení. Za poskytnuté materiály, rady, podporu a v neposlední řadě trpělivost bych chtěl poděkovat především mému vedoucímu práce Doc. Ing. Zdeňku Hudcovi, CSc. Dále bych chtěl taktéž poděkovat Ing. Josefu Papežovi a Ing. Miroslavovi Panskému jako konzultantům ze společnosti MOTOR JIKOV Strojírenská a.s., divize Mechanizace.

Michal Beneda

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

| | | | |
|----------------------|---|-------------------|--------------------------------|
| AUTOR | Příjmení Beneda | Jméno Michal | |
| STUDIJNÍ OBOR | 2341R001 „Konstrukce průmyslové techniky“ | | |
| VEDOUcí PRÁCE | Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Hudec, CSc. | Jméno Zdeněk | |
| PRACOVISŤE | ZČU - FST - KKS | | |
| DRUH PRÁCE | DIPLŮMOVÁ | BAKALÁŘSKÁ | Nehodící se škrtněte |
| NÁZEV PRÁCE | Variátory a jejich použití | | |

| | | | | | |
|----------------|---------|----------------|-----|--------------------|------|
| FAKULTA | strojní | KATEDRA | KKS | ROK ODEVZD. | 2013 |
|----------------|---------|----------------|-----|--------------------|------|

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

| | | | | | |
|---------------|----|---------------------|----|----------------------|---|
| CELKEM | 36 | TEXTOVÁ ČÁST | 32 | GRAFICKÁ ČÁST | 4 |
|---------------|----|---------------------|----|----------------------|---|

| | |
|---|--|
| <p>STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</p> <p>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</p> | <p>V první polovině bakalářské práce je obsažen úvod do převodových ústrojí a rešerše konstrukce variátorů. Druhá polovina práce je věnována jejich aplikacím, tj. činnosti variátorů v malé zemědělské technice od marketingového zadání až po navržené konstrukční řešení.</p> |
|---|--|

| | |
|---|---|
| <p>KLÍČOVÁ SLOVA</p> <p>ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</p> | <p>Převodovka, Variátor, CVT, Plynule měnitelný převod, Automatická převodovka, Toroidní převod</p> |
|---|---|

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

| | | | |
|--------------------------|---|-----------------|-----------------------------------|
| AUTHOR | Surname Beneda | Name Michal | |
| FIELD OF STUDY | 2341R001 “ Design of Manufacturing Machines“ | | |
| SUPERVISOR | Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Hudec, CSc. | Name Zdeněk | |
| INSTITUTION | ZČU - FST – KKS | | |
| TYPE OF WORK | DIPLOMA | BACHELOR | Delete when not applicable |
| TITLE OF THE WORK | Variators and their utilisation | | |

| | | | | | |
|----------------|------------------------|-------------------|----------------|---------------------|------|
| FACULTY | Mechanical Engineering | DEPARTMENT | Machine Design | SUBMITTED IN | 2013 |
|----------------|------------------------|-------------------|----------------|---------------------|------|

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

| | | | | | |
|----------------|----|------------------|----|-----------------------|---|
| TOTALLY | 36 | TEXT PART | 32 | GRAPHICAL PART | 4 |
|----------------|----|------------------|----|-----------------------|---|

| | |
|---|--|
| BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS | The first half of my thesis is concerned with the introduction into the gear case systems and the research of the construction of variator. The second half of my study deals with their own applications - it means activity in a small agricultural engineering ranging from the marketing task to the designed construction solution. |
| KEY WORDS | transmission, variator, Continuously Variable Transmission, automatic transmission |

Obsah

| | |
|--|-----------|
| 1. Úvod | 2 |
| 2. Účel a hlavní části převodového ústrojí | 3 |
| 2.1 Rozdělení převodového ústrojí..... | 3 |
| 2.2 Účel převodů | 4 |
| 2.3 Druhy převodů..... | 4 |
| 2.3.1 Třecí převody..... | 5 |
| 2.3.2 Řemenové převody | 7 |
| 3. Převodovka..... | 10 |
| 3.1 Rozdělení převodovek..... | 10 |
| 3.1.1 Podle kinetiky | 10 |
| 3.1.2 Podle funkce | 10 |
| 3.1.3 Podle přenosu energie..... | 10 |
| 4. Konstrukce variátorů | 11 |
| 4.1 Párová kuželová kola | 11 |
| 4.2 Protilehlá kuželová kola | 12 |
| 4.3 Talířovitá konstrukce..... | 13 |
| 4.4 Sférická konstrukce | 14 |
| 4.5. Variátor CVT..... | 15 |
| 5. Použití variátorů v praxi..... | 17 |
| 5.1 Využití u dvoustopých vozidel a čtyřkolek..... | 17 |
| 5.1.1 Elektronicky řízený variátor | 17 |
| 5.2 Užití v automobilovém průmyslu..... | 18 |
| 6. Možnosti aplikace variátoru ve výrobcích malé zemědělské mechanizace. | 21 |
| 6.1 Úvod..... | 21 |
| 6.2 Stručná charakteristika vybraného podniku | 21 |
| 6.3 Návrh nového výrobku BDR 583 Vario | 22 |
| 6.3.1 Dosavadní stav zahradních sekaček..... | 22 |
| 6.3.2 Podstata technického řešení | 22 |
| 6.3.3 Kinematické schéma sekačky BDR 583 VARIO s výpočtem..... | 23 |
| 6.4 Výhody a nevýhody variátoru s klínovým řemenem | 29 |
| 6.5 Možnosti uplatnění uvedeného pohonu v sortimentu výrobků divize Mechanizace . | 29 |
| 6.6 Závěr..... | 29 |
| 7. Závěr | 31 |
| 8. Seznam použitých pramenů..... | 32 |

1. Úvod

Dnešní doba nabízí mnoho technických pokroků. Největší rozvoj techniky je všeobecně spojován s dobou průmyslové revoluce a industrializace, kdy dochází ke změně společnosti, která se nyní začíná orientovat na průmyslovou výrobu. Tento proces začíná již ve druhé polovině 18. století a pokračoval ještě během 19. století. Změnou společnosti byla zapříčiněna potřeba stále pokročilejší a dokonalejší techniky.

Mezi pokroky 19. až 21. století můžeme zařadit mimo jiné i stroje poháněné motory. Motorů máme již spousty druhů, např. spalovací motory, elektromotory, hydromotory a jiné. Přesto se v dnešní době stále nejvíce využívají spalovací motory, a to i přes jejich poměrně nízkou účinnost, optimální výkon jen při určitých otáčkách a neekologický provoz.

Motor všeobecně efektivně pracuje v určitém rozmezí otáček. V tomto pracovním rozsahu otáček vytváří motor určitý točivý moment, který není konstantní. Velikost tohoto točivého momentu musí být tedy pomocí převodovky změněna tak, aby se mechanismus mohl pohybovat za všech podmínek, které přicházejí při jeho provozu v úvahu.

Převodovka je mechanický měnič velikosti točivého momentu, který podle zařazeného převodu (rychlostního stupně) mění točivý moment motoru. Nejčastěji se k tomuto účelu používají převodovky se společně zabírajícími ozubenými koly.

Tato práce je věnována variátorům a jejich použití, což jsou ve své podstatě právě převodovky, které slouží k plynulé změně točivého momentu. První polovina práce je věnována převodům obecně, kde se uvádí účel a podstata převodového ústrojí. Dále jsou popsána převodová ústrojí, ze kterých plynule přecházím k obecnému řešení převodů. Zde nalezneme rozdělení převodů podle používaného způsobu změny točivého momentu a přenosu. Konkrétně je zde popsán každý uvedený způsob převodu.

Po obecném úvodu do převodů přechází práce ke konstrukci variátorů, kde je popsáno několik možných druhů variátorů s náhledy na konstrukci. Jsou zde uvedeny nejjednodušší druhy variátorů, které byly používány již před několika desítkami let, až po nejmodernější konstrukce variátorů. V další kapitole po konstrukci variátorů se věnuji jejich možnostem užívání, kde se dozvíme, jaké typy variátorů se používají od automobilu přes motocykl až po sekačky.

Ve druhé polovině práce se zabývám používáním variátorů v malé zemědělské technice, do které můžeme zařadit především bubnové sekačky, sněhové frézy, kultivátory a další, které potřebují komfortnější ovládání. Typ variátoru, který je zde řešený, funguje na principu proměnných průměrů řemenic, kde je přenos točivého momentu proveden přes klínový řemen. Impulsem pro zavedení tohoto variátoru do bubnových sekaček byly potřeby zákazníků, kteří využívali tyto sekačky staršího typu bez variátoru. Podněty se objevily již v zahraničí, kam se tyto sekačky exportují. Se zadáním pak přichází marketing, další řešení se vedlo přes konstrukci, technologii, výrobu prototypů až po finální sériovou výrobu.

V závěru je uvedeno srovnání výše zmiňované malé zemědělské techniky s konkurenčními výrobky.

2. Účel a hlavní části převodového ústrojí

V kapitole čerpáno z literatury [1], [2], [3], z elektronických zdrojů [5], [6], a z ostatních zdrojů [1].

Převodová ústrojí jsou všechna ústrojí, která jako celek i jednotlivě spojují motor s hnacími koly za účelem přenosu točivého momentu nebo jeho přerušení i za účelem změny jeho velikosti nebo smyslu.

2.1 Rozdělení převodového ústrojí

Podle způsobu přenosu točivého momentu a podle účelu rozlišujeme tato převodová ústrojí:

Pro krátkodobé přerušení přenosu točivého momentu

- a) **Spojka**- převodové ústrojí, jehož dvě základní části, část hnací a hnaná, jsou spolu silově spojeny, mohou však být řidičem vozidla nebo samočinně rozpojovány
- b) **Volnoběžka**- převodové ústrojí, které přerušuje přenos točivého momentu samočinně, jestliže hnaná část má vyšší otáčky než část hnací; přenáší pohyb i točivý moment pouze v jednom smyslu

Pro změnu velikosti přenášeného točivého moment

- a) **Převodovka** – převodové ústrojí, které slouží ke změně velikosti přenášeného točivého momentu, popř. ke změně jeho smyslu (zpětný chod)
- b) **Přídavné převody** – převodové ústrojí, které doplňuje převodovku za určitým účelem

Pro stálé spojení

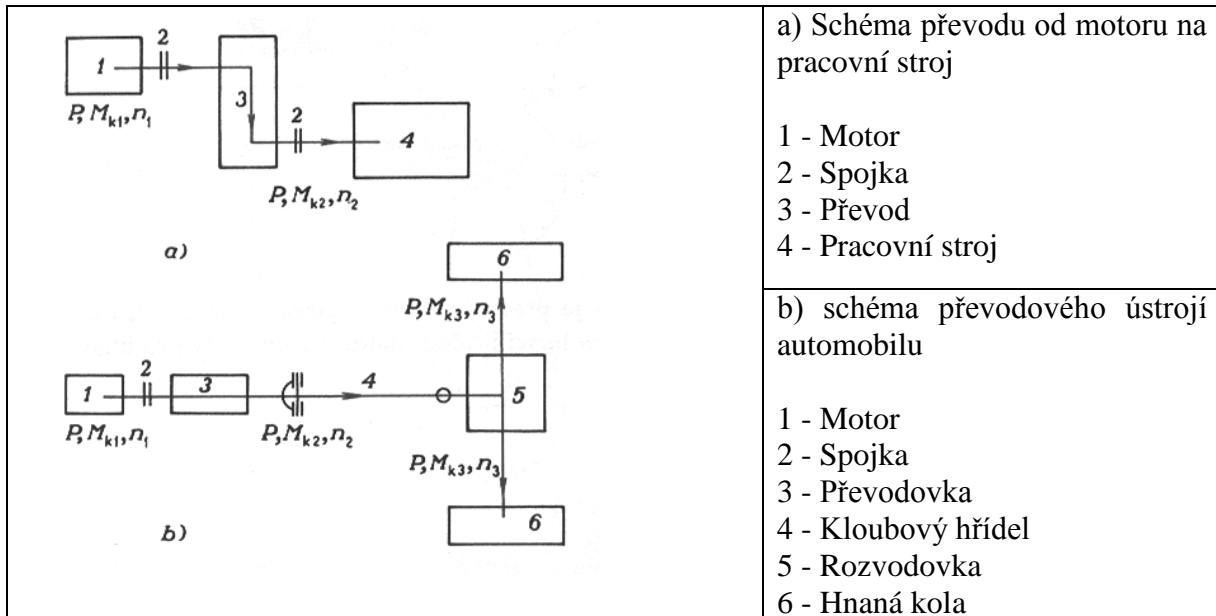
- a) **Spojovací hřídel** – spojuje jiná převodová ústrojí, která nemění svou vzájemnou polohu
- b) **Kloubový hřídel** - spojuje jiná převodová ústrojí, která mění svou vzájemnou polohu (jeho součástí jsou převodové klouby)

Pro rozdělení přenášeného točivého momentu

- a) **Rozdělovací převod** – převodové ústrojí, které u vozidel s pohonem obou (všech) náprav rozděluje točivý moment na různé nápravy
- b) **Diferenciál** – převodové ústrojí, které rozděluje točivý moment na obě hnací nápravy (popř. na všechny hnací nápravy) a současně samočinně umožňuje rozdílné otáčky levého i pravého hnacího kola, popř. přední i zadní nápravy, když obě kola nebo nápravy konají nestejnou dráhu (např. jízda v zatáčce)

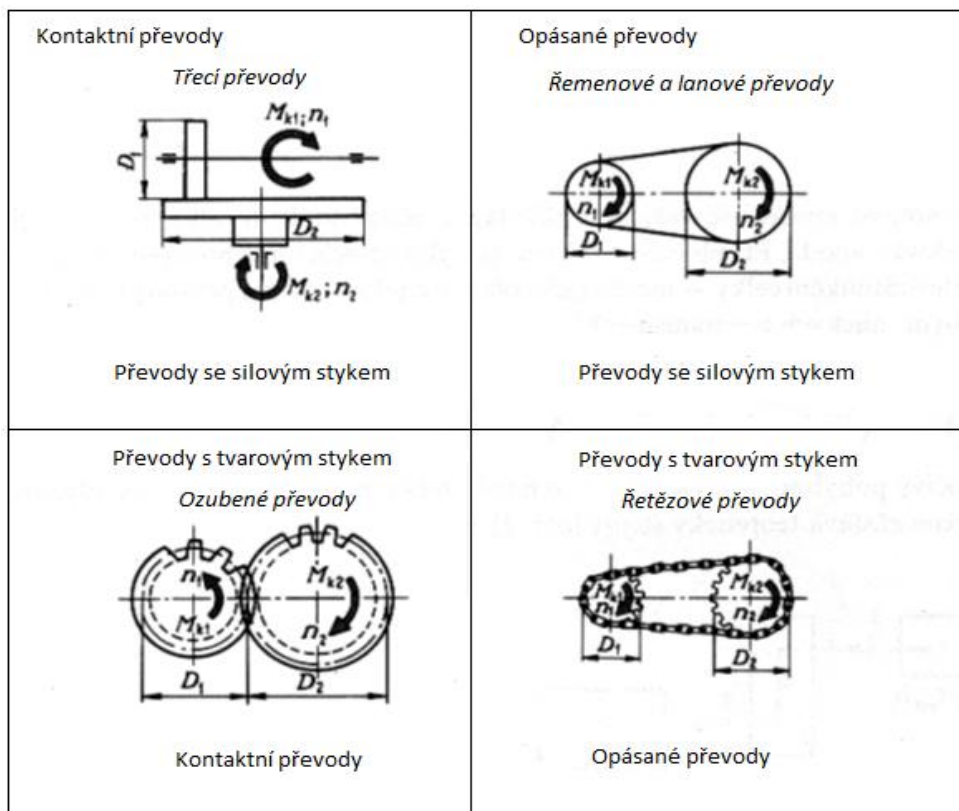
2.2 Účel převodů

Účelem mechanických převodů je převést točivý pohyb a změnit jeho otáčky a tím i krouticí momenty při zachování přenášeného výkonu.



Obr. 2.1 - Schéma převodů od motoru na pracovní stroj a převod. ústrojí automobilu

2.3 Druhy převodů



Obr. 2.2 – Druhy převodů uspořádané v tabulce

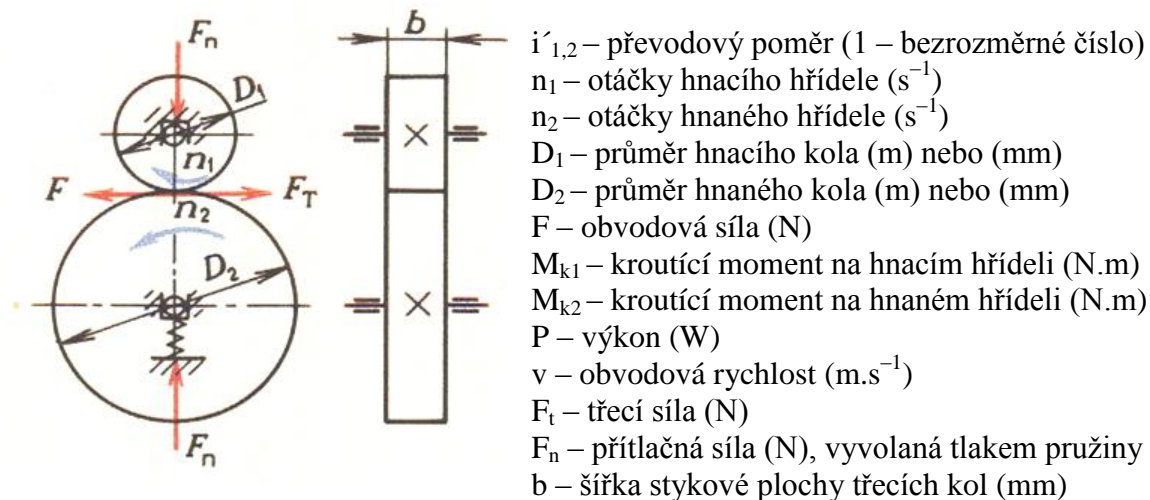
2.3.1 Třecí převody

Charakteristika

Třecí převody jsou kontaktní převody se silovým stykem. Obvodová síla se u nich přenáší mezi vzájemně přitlačovanými koly nebo mezi kotouči třením. Tyto převody mohou být uspořádány jako převody se stálým převodovým číslem nebo jako převody s plynule měnitelným převodovým číslem. Kvůli skluzu není převodový poměr přesný.

Použití

Třecí převody se používají k přenášení menších výkonů, např. pro pohon třecích šroubových lisů a různých přístrojů (např. magnetofonů). Jejich využití je známo také u pohonu vrat, kde zároveň fungují jako třecí spojka.



Obr. 2.3 - Schéma třecího převodu

Výhody třecích převodů

Výhod třecích motorů je několikanásobně více než jejich nevýhod. Patří mezi ně například jednoduchá výroba, pro kterou není třeba speciálních strojů, dále klidný a nehlukný chod, jež je způsoben třecím obložením. Ještě můžeme uvést, že pro přenos kroutícího momentu není třeba žádný tažný člen, podstatná je i malá vzdálenost os, což umožňuje úsporu místa, také velká trvanlivost, kterou zajišťuje vyměnitelnost třecího obložení. Za povšimnutí stojí eliminace opotřebení obložení pomocí pružného nebo nastavitelného uložení ložiska, třecí převod může plnit funkci spojky přitlačením nebo uvolněním kotoučů, je možno u něho měnit otáčky za chodu stroje při plném zatížení. Také případné rázy v pohonu se vyrovnávají prokluzem třecích kol, a tím jsou součásti chráněny před přetížením.

Nevýhody třecích převodů

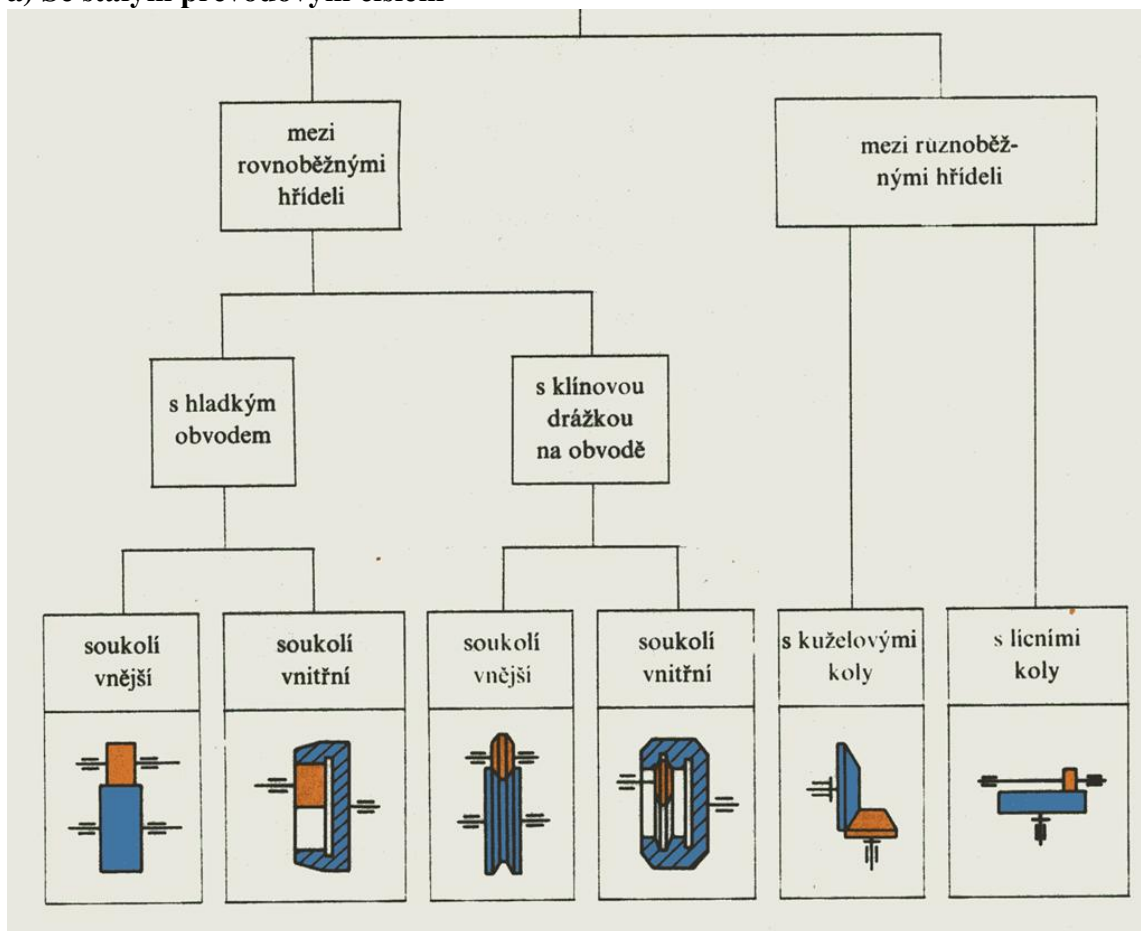
Mezi nevýhody patří převážně značně vysoký tlak hřídele a ložiska vyvolaný přitlačnou silou a nestálost převodového poměru zapříčiněno kolísáním otáček, a to i při pečlivé výrobě a montáži součástí převodu.

Přenášený výkon je omezen:

1. prokluzem (součinitel tření f a bezpečnost proti prokluzu k)
2. otláčením (dovolený tlak v třecích plochách na 1 mm šířky kola p_D)
3. opotřebením (trvanlivost)
4. ohřátím a zadřením (třecí výkon P_T a odvod tepla).

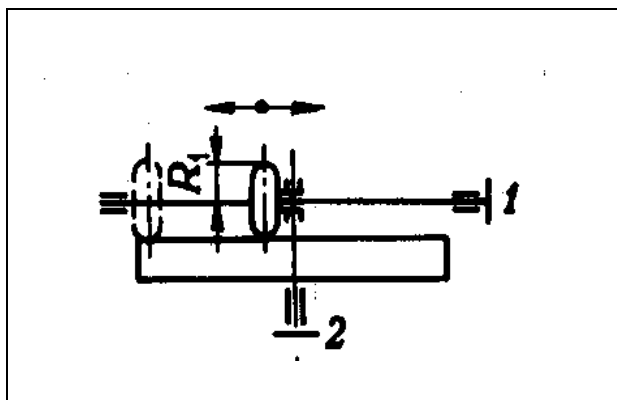
Rozdělení třecích převodů:

a) Se stálým převodovým číslem

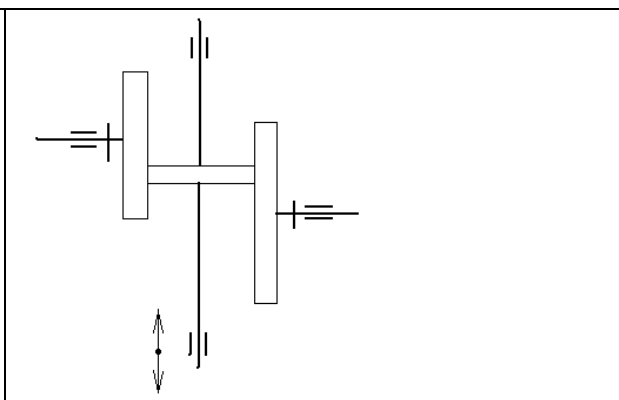


Obr. 2.4 – rozdělení třecích převodů schématické

b) S plynule měnitelným převodovým číslem - variátory



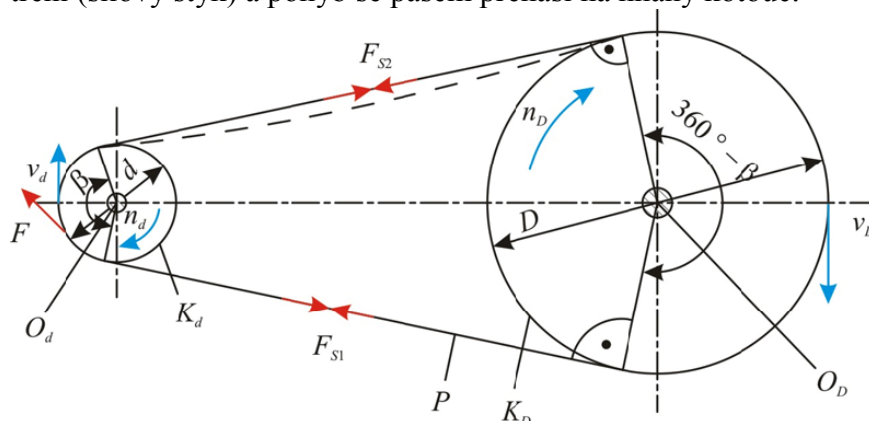
Obr. 2.5 - Variátor s přímým stykem



Obr. 2.6 - Variátor s nepřímým stykem (Mezi hnací a hnané kolo je vloženo jiné kolo, převod s lícními koly.)

2.3.2 Řemenové převody

Krouticí moment se přenáší pásem z hnacího hřídele na hnaný, který je opásán kolem řemenových nebo lanových kotoučů (řemenic nebo lanových kladek), naklínovaných na hřídelích. Při otáčení hnacího hřídele vzniká na ploše styku věnce hnacího kotouče a pásu tření (silový styk) a pohyb se pásem přenáší na hnaný kotouč.



Obr. 2.7 - Základní schéma opásaného třecího převodu

K_d - hnací kotouč

K_D - hnaný kotouč

O_d - hnací hřídel

O_D - hnaný hřídel

P - opásání

$(360^\circ - \beta)$ - úhly opásání kotoučů

Pro opásání tažných členů se používají řemeny a lana, v přesné mechanice kromě toho i šňůry, polyamidová vlákna a struny. Opásané převody se silovým stykem se používají pro méně přesné převody na velkou a střední vzdálenost hřídelí. Používají se nejen ve strojírenství, ale též v přesné mechanice, lékařské technice, vysokofrekvenční technice, elektrotechnice apod.

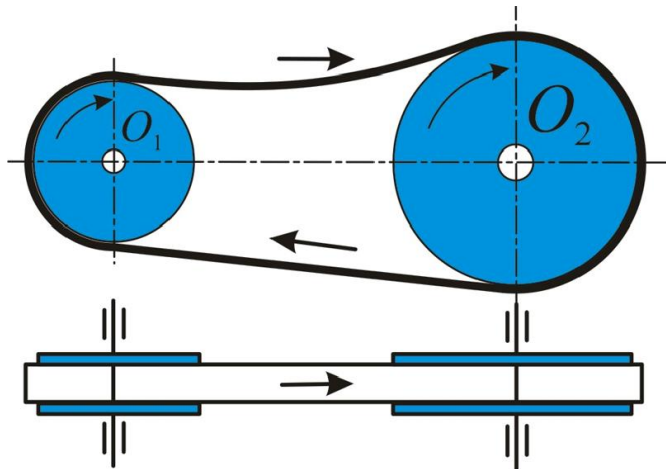
Při návrhu řemenového převodu se snažíme o takové uspořádání, aby prověšení řemene neovlivňovalo negativně úhel opásání. Na obr. 1 je správné řešení tohoto jevu. Ve spodní části řemene je řemen napínán větší silou F_{S1} , a tím nedojde k podstatnému prověšení. V horní části převodu zase podstatně menší síla F_{S2} způsobí prověšení řemene, a tím se zvětší úhel opásání. Pro případ opačného směru otáčení by došlo ke změně sil, horní část řemene by byla více napínána a spodní méně. V důsledku toho by došlo ke zmenšení úhlu opásání.

Výhody řemenových převodů

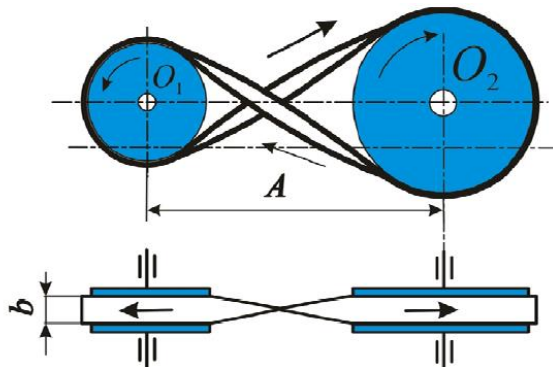
Mezi největší výhody řemenových převodů patří bezsporně jednoduchá a levná výroba, snadná údržba a tichý chod. Také možnost současného pohánění několika hřídelí. Tyto převody zachycují a tlumí rázy pružnosti pásů, zároveň chrání pracovní stroje před přetížením.

Nevýhody řemenových převodů

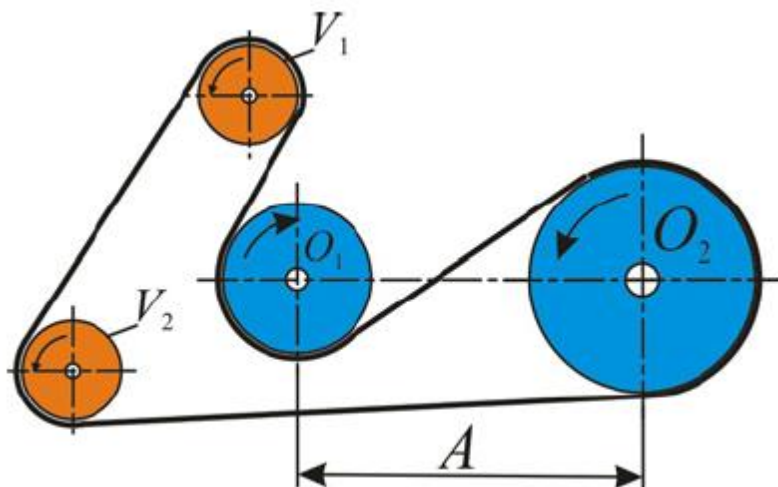
Špatná odolnost vůči vysokým teplotám, vlhkosti, prachu, nečistotám a oleji značně zneprůjemňuje provoz těchto převodů. Mezi další nevýhody řadíme i znemožnění přenosu krouticího momentu na větší vzdálenosti. Dále jsou tu větší tlaky na ložiska v důsledku potřebného předpětí pásu a nutný skluz pásu a tedy tažné elementy z některých materiálů musí mít zařízení pro dodatečné napínání, protože se trvale prodlužují.

Základní schémata opáсанých převodů se silovým stykem**Obr. 2 8 - Řemenový třecí převod s otevřeným opáсанím**

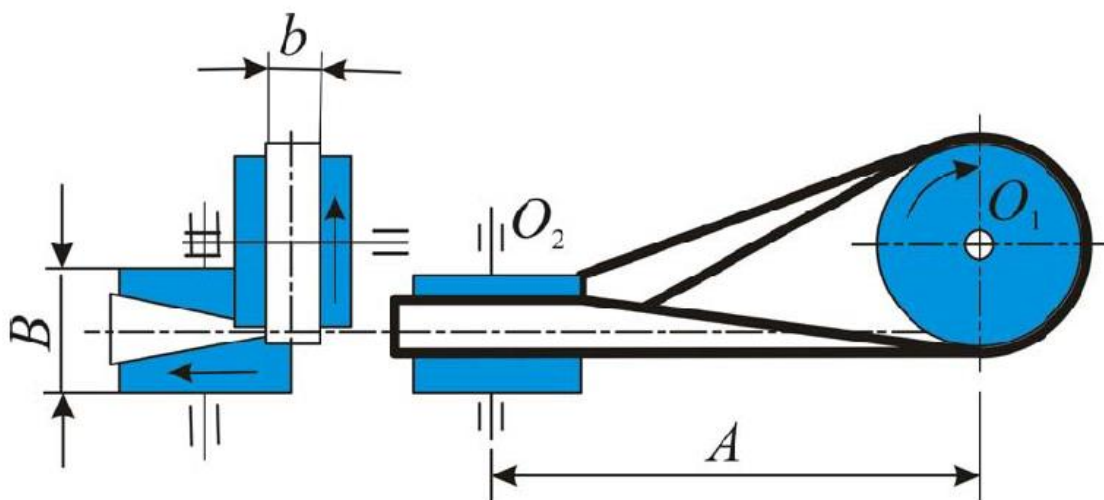
Rovnoběžné hřídele - smysl otáčení hřídelí je shodný. Při větších vzdálenostech os hřídelí je nutné, aby horní část pásu byla ochablá a dolní napjatá. Při tomto uspořádání se zvětšuje úhel opásaní kladky.

**Obr. 2.8 - Řemenový třecí převod se zkříženým opáсанím**

Rovnoběžné hřídele – mění se smysl otáčení hřídelí. Vidíme větší úhel opásaní. Protože se pás ve zkřížení po sobě tře, nehodí se tyto převody pro velké rychlosti ($v \leq 15$ m/s) a pro široké pásy. Vzdálenost os musí být větší ($A \geq 20b$, kde b = šířka pásu).

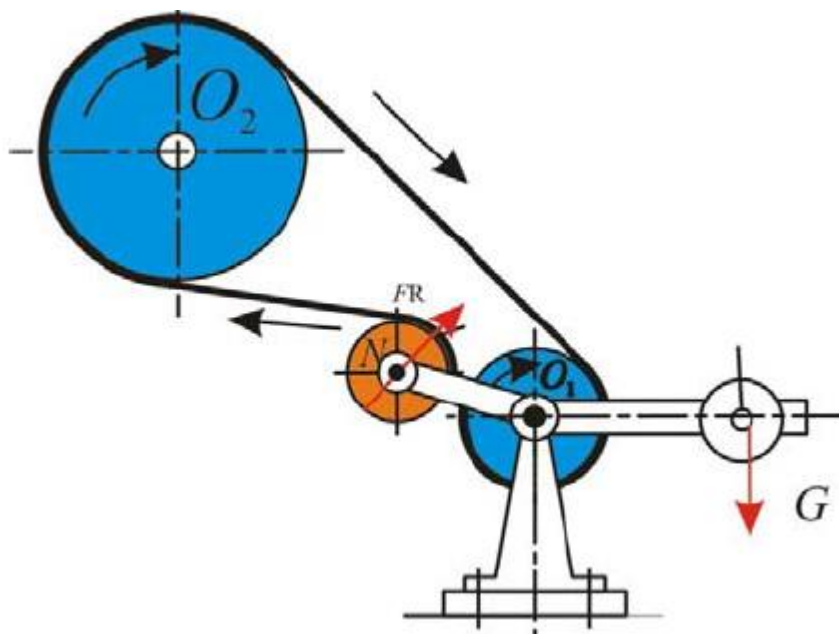
**Obr. 2.9 - Řemenový třecí převod s otevřeným opáсанím a kladkami - možnost změny smyslu otáčení**

Rovnoběžné hřídele - mění se smysl otáčení hřídelí. Je patrný větší úhel opásání. Používá se tam, kde není možno použít předchozí způsob. Použití je vhodné pro menší vzdálenosti hřídelí a větší rychlosti v_1 a v_2 - vodící kladky.



Obr. 2.10 - Řemenový třecí převod s polozkříženým opásáním

Obrázek představuje mimoběžné hřídele, pouze pro jeden smysl otáčení. Pás musí nabíhat na oba kotouče v jejich středních rovinách. Kotouče musí být dostatečně široké ($B \geq 1,4B$). Vzdálenost os bývá $A = 3$ až 10 m, nejčastěji 5 m.



Obr. 2.11 - Řemenový třecí převod s otevřeným opásáním a napínací kladkou

Rovnoběžné hřídele - při velkých převodových číslech i (až 20) a pro malé vzdálenosti os. Napínací kladka N se montuje do ochablé části pásu (může být i dole) v blízkosti malého kotouče. Napínací kladka je k pásu přitlačována buď závažím, nebo pružinou. Napínací kladka nejen zajišťuje stálou napínací sílu, ale také zvětšuje úhel opásání, což má příznivý účinek na výkon.

3. Převodovka

V kapitole čerpáno z literatury [2], [3].

Převodovka je realizace mechanického převodu, tj. technické zařízení, které mění rotační pohyb na rotační pohyb s obecně (ne nutně) jinou úhlovou rychlostí a točivým momentem. Obvyklé typy převodovek umožňují nastavit jeden z několika různých takových převodových stupňů. Převodovka je součástí mnoha strojů, nejčastěji se s ní setkáme v motorových vozidlech.

3.1 Rozdělení převodovek

Převodovky můžeme rozdělit podle několika parametrů: např. kinetiky, funkce, přenosu energie, způsobu řazení a dalších.

3.1.1 Podle kinetiky

a) rotační ► rotační nebo lineární

vstupní energie do převodovky je přenášena rotačním pohybem hřídele, výstupní energie je přenášena rotačním pohybem hřídele, ale s jinou charakteristikou (jiné otáčky / jiný krouticí moment / jiný směr otáčení)

b) rotační ► lineární

vstupní energie do převodovky je přenášena rotačním pohybem hřídele, výstupní energie je přenášena lineárním pohybem (posuvem)

c) lineární ► lineární

vstupní energie do převodovky je přenášena lineárním pohybem (posuvem), výstupní energie je přenášena lineárním pohybem (posuvem)

d) rotační ► periodický

vstup do převodovky vykonává rotační pohyb, výstup převodovky vykonává periodický rotační (kývavý) pohyb nebo periodický posuvný pohyb (tam-zpět)

3.1.2 Podle funkce

a) lineární

výstup převodovky je vždy lineárně úměrný poloze vstupu, např. úhlu natočení hřídele

b) nelineární

výstup převodovky vykonává pohyb, který není přímo úměrný vstupu převodovky (spojitý, nelineární), případně může být výstup z převodovky přerušovaný (nespojité, nelineární)

3.1.3 Podle přenosu energie

obousměrné

vstup a výstup převodovky je možno zaměnit (zpravidla u jednoduchého soukolí)

jednosměrné

převodovka má určenou vstupní a výstupní stranu pro přenos energie (zpravidla vícestupňové převodovky)

samosvorné

konstrukce převodovky principiálně neumožňuje obousměrný přenos výkonu (např. šroubové a šnekové převodovky)

4. Konstrukce variátorů

V kapitole čerpáno z literatury [3] z elektronických zdrojů [2],[4].

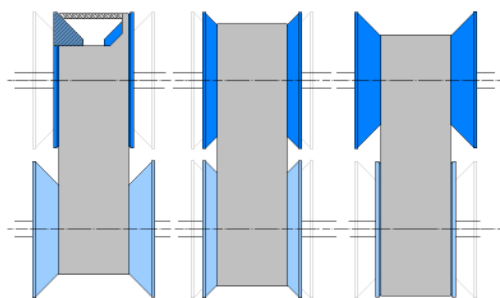
4.1 Párová kuželová kola

Princip funkce

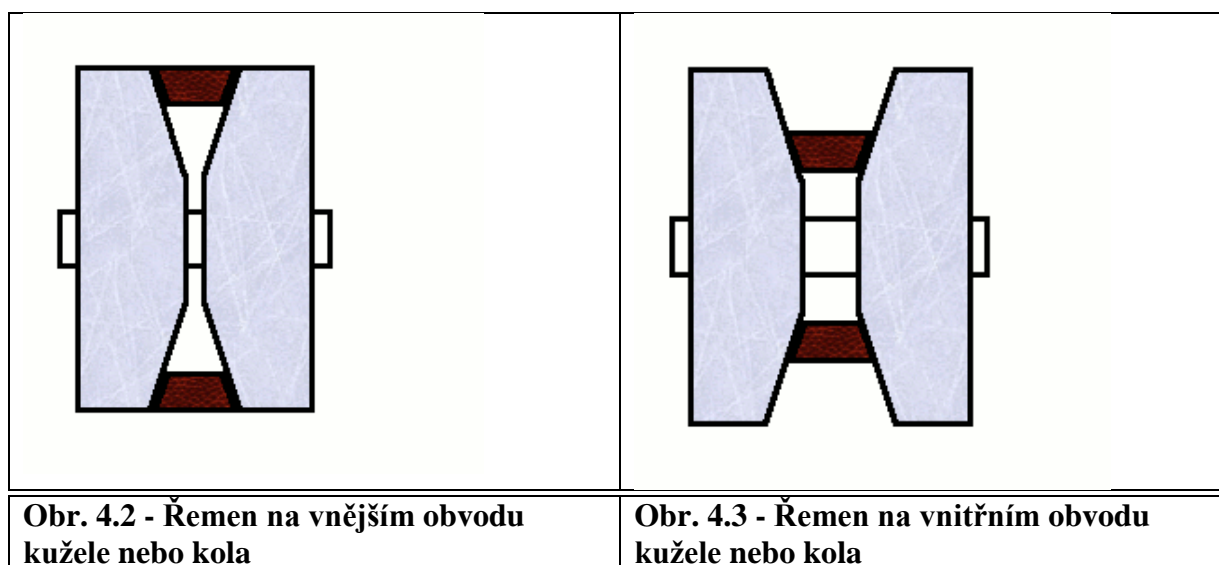
Principem funkce je přenos krouticího momentu a otáček jako u řemenice. Na rozdíl od klasické řemenice se v tomto případě na straně hnaného i hnacího kola používá proměnný poloměr a průměr.

Konstrukce

Na straně hnací i hnané je využíváno páru kuželových kol. Tato kola tvoří společně drážku pro vedení řemenu. Aby bylo koly tvořeno úžlabí pro řemen, jsou uspořádána vrcholy proti sobě. Změněná vzdálenost mezi kuželů způsobuje změnu poloměru a tím pádem i průměru, přes který je veden řemen. Přesně daná je poloha kuželů, a to taková, že na straně hnané i hnací hřídele musí platit rovnost mezi vzdáleností převodu a délkou neboli obvodem řemenu.



Obr. 4.1 - Schéma variátoru s párovými kuželovými koly



4.2 Protilehlá kuželová kola

Princip funkce

Rozhodující jsou dva rotující kužele. Tyto kužele jsou uloženy ve dvou osách, a to vodorovně a ve stejné rovině. Řemenem nebo vloženým kolem dochází pak k přenosu mezi povrchem a danými kuželí.

Přenos řemenem

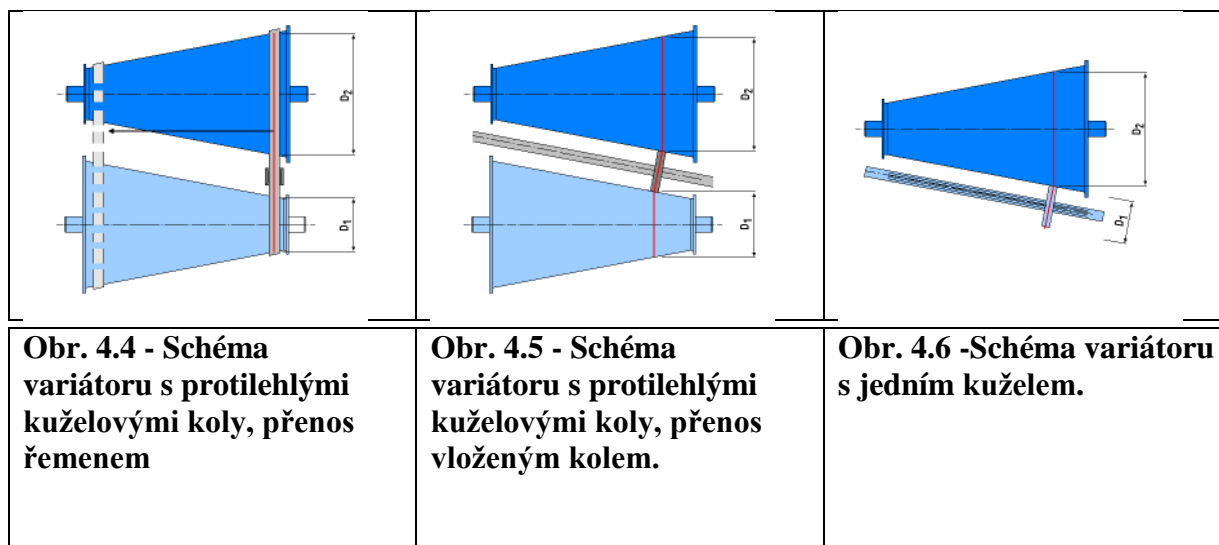
Přenos je uskutečněn díky řemeni vedenému vodícími saněmi. Díky těmto saním je zajištěna přesná poloha řemeni, která je určena danému převodu. Vodící saně se pravidelně pohybují mezi okraji kuželů. Pokud je řemen na největším poloměru a průměru jednoho z kuželů, automaticky se zároveň nachází i na nejmenším poloměru a průměru druhého z kuželů a naopak. Převodový poměr lze změnit rozdílnou polohou řemeni na obvodu kuželů, kolmo na jejich osu.

Přenos vloženým kolem

Tento přenos je uskutečňován pomocí vloženého kola, které se posouvá mezi kužely. Pokud je dané kolo na největším poloměru a průměru jednoho z kuželů, pak se automaticky nachází i na nejmenším poloměru a průměru druhého z kuželů a naopak. Převodový poměr lze změnit pomocí odlišné polohy vloženého kola v rovině os kuželů. Osa, po které je posouváno vložené kolo, je pevná.

S jedním kuželem

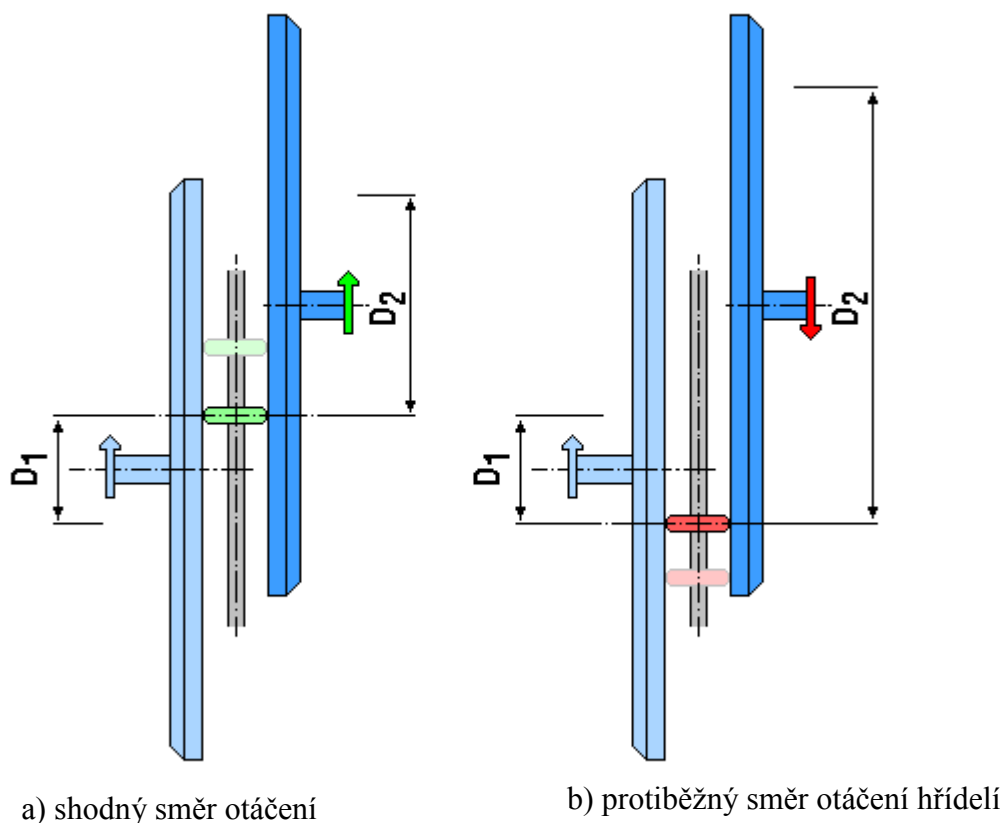
Modifikovaná verze předešlého typu je právě řešení s jedním kuželem. Funkce vloženého kola je nyní změněna, v tomto případě je kolo uloženo na drážkové hřídeli. Díky hřídeli je uskutečněn přenos krouticího momentu i posuv kola ve směru osy v jednom momentu. Těmito úkony je zajištěna změna dotykového bodu kola s povrchem kužele, tedy i s tím související změna převodového poměru. Průměr D_1 je nyní konstantní.



4.3 Talířovitá konstrukce

Přenos vloženým kolem

V tomto případě dochází k přenosu pomocí vloženého kola, které je přesouváno směrem na spojnicí os talířovitých kol. Během konstrukce je tedy zajištěna plynulá změna převodového poměru, tak i změna směru otáčení. Kolo se posouvá po pevné ose. Nyní rozlišujeme dvě možné varianty podle polohy vloženého kola vzhledem k vstupnímu a výstupnímu hřídeli. První variantou je verze, že vložené kolo se nachází mezi osou vstupní a výstupní hřídele. Potom je směr otáčení vstupní a výstupní hřídele shodný. Na obrázku je tato varianta značena zelenou barvou. Druhá z variant nastává tehdy, když se vložené kolo nachází vně za osou hřídele. Pak je směr otáčení hřídelí protiběžný. Tato varianta je značena na obrázku červenou barvou.



Obr. 4.7 - Schéma variátoru s talířovitými koly, přenos vloženým kolem

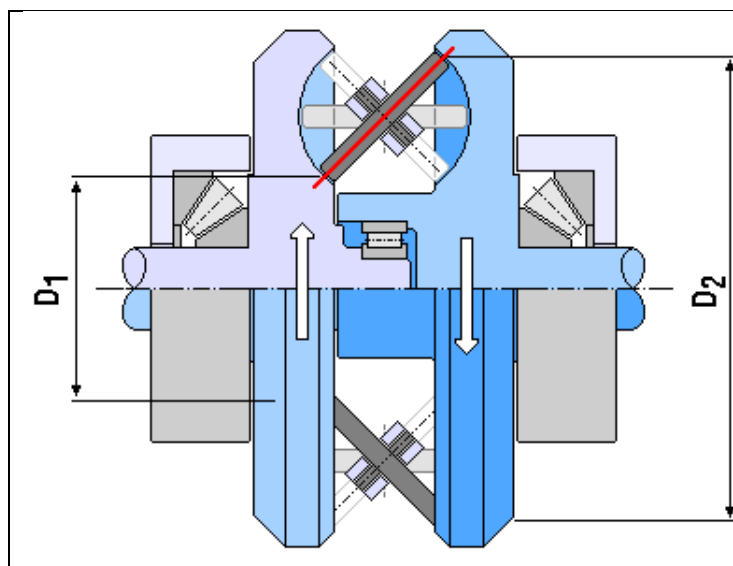
4.4 Sférická konstrukce

Přenos vloženým kolem

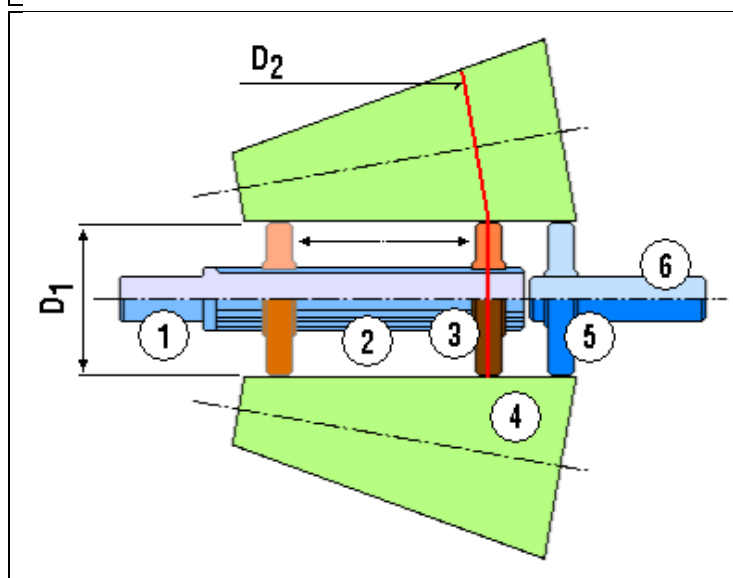
Konstrukční řešení přenosu vloženým kolem je velmi blízké konstrukci planetové převodovky. Kolo je vloženo mezi unášeči na vstupní a výstupní hřídeli. Toto kolo zapadá do kruhového vybrání v ploše unášečů. Měnit poměr poloměrů a průměrů na vstupní a výstupní straně unášečů, a tím i měnit plynule převodový poměr lze pomocí úhlu natočení vloženého kola. Nezbytné pro konstrukci je použít minimálně jedno ze tří vložených kol.

Přenos vnějšími kužely

Konstrukce této varianty je obdobná konstrukci variátoru s jedním kuželem a vychází právě z této konstrukce. U konstrukce s přenosem s vnějšími kužely jsou však použity tři nebo více vnějších kuželů, rovnoměrně rozmístěných po obvodu vloženého kola, z toho pak vyplývá řešení. Pokud dojde ke změně polohy vloženého kola ve směru osy, kde se pohybuje po drážkové hřídeli, lze zapříčinit změnu převodového poměru. Průměr D_1 je konstantní. Další vložené kolo dotýkající se kuželů stále ve stejném místě je použito k přenosu krouticího momentu z vnějších kuželů. Toto kolo nemá žádný proměnný převodový poměr. Může být dále zaměněno ozubeným převodem.



Obr. 4.8 - Schéma sférického variátoru, přenos vloženým kolem



Obr. 4.9 - Schéma sférického variátoru, přenos vnějšími kužely

- 1 – vstupní hřídel
- 2 – drážkovaná hřídel
- 3 – vložené kolo posuvné
- 4 – vnější kužely
- 5 – vložené kolo pevné
- 6 – výstupní hřídel

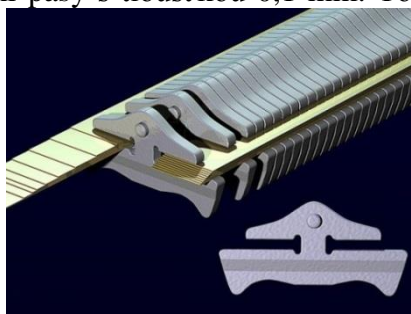
4.5. Variátor CVT

CVT (z anglického Continuously Variable Transmission) je průběžně měnitelný převod. Jedná se o počítačem řízenou plynulou převodovku, jejímž základem je variátor. Variátor tvoří dvě dělené klínové řemenice, a to hnací a hnané, přičemž každá z nich je tvořena dvěma ocelovými kuželovými kotouči. První z kotoučů je nepohyblivý a druhý povoluje axiální posuv. Axiálním posuvem kuželových kotoučů se zvětšují nebo zmenšují činné poloměry klínových řemenic (r_1 a r_2). Tím je dosaženo plynule se měnícího převodového poměru i .



Obr. 4.10 - Převodovka s plynule měnitelným převodem

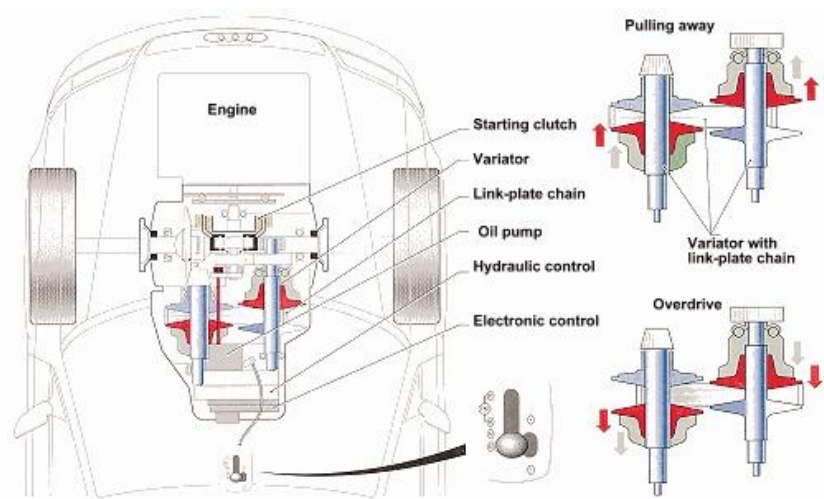
Točivý moment se přenáší z hnací na hnanou řemenici ohebným ocelovým řemenem. Tento řemen je složen z mnoha ocelových článků, které jsou navlečeny na dvou ohebných ocelových prstencích. Každý z těchto prstenců je tvořen několika na sebe položenými tenkými pásy s tloušťkou 0,1 mm. Točivý moment je přenášen **tlakem** z jednoho článku na



druhý.

Obr. 4.11- Ocelový řemen pro přenos točivého momentu

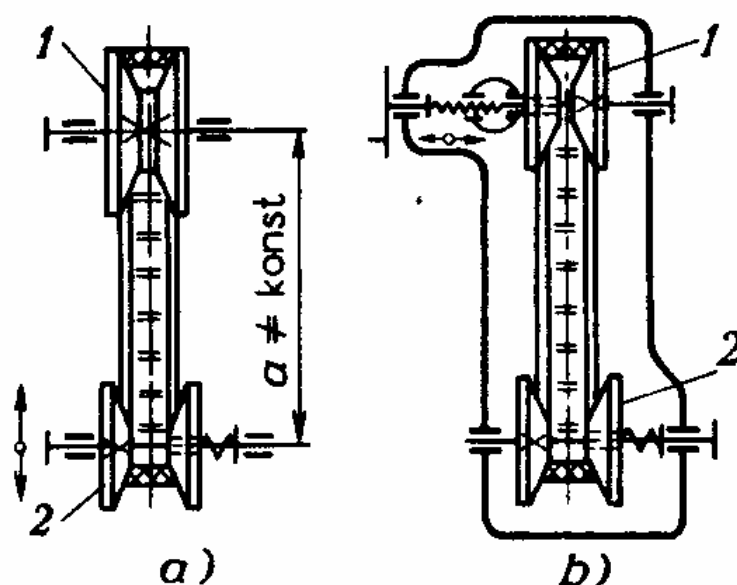
Automobil s převodovkou CVT je značně odlišný od klasických automatických převodovek. Přestože řidič nalezne na voliči známé symboly (P, R, N, D), tak hned po rozjezdu poznáme rozdíl. Motor se vytočí do optimálních výkonových otáček a tyto otáčky drží. Automobil sice stále zrychluje, ale otáčky motoru přesto vůbec nekolísají. Během daného režimu dochází k plynulé změně převodového poměru a je tak umožněno držet konstantní a optimální otáčky motoru. Po akceleraci otáčky padají, a poté si elektronika nalezne optimální převodový poměr. Dále se automobil s převodovkou CVT chová jako klasický automat.



Obr. 4.12 - Převodovka s plynule měnitelným převodem v automobilu

Historie CVT

Převodovku CVT, tedy převodovku s plynule měnitelným převodem, vynalezla automobilka DAF, a to již v druhé polovině padesátých let. Její název byl Variomatic. Nová převodovka se měla stát velkou a silnou zbraní samotného automobilu. Její výhody spočívají především v nejlepším přizpůsobení otáček, momentu motoru rozsahu hnacích sil a provozních rychlostech vozidla.



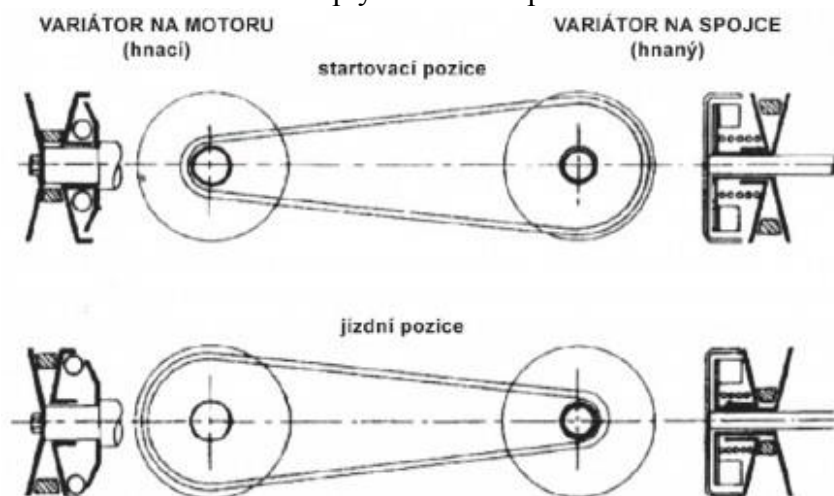
Obr. 4.13 - Schéma variátorů: a) Jednostupňový převod, 1 pevná, 2 posuvná řemenice
b) Dvoustupňový převod

5. Použití variátorů v praxi

V kapitole čerpáno z literatury [1], [2], z elektronických zdrojů [5], [6].

5.1 Využití u dvoustopých vozidel a čtyřkolek.

Variátor je používán hlavně u skútrů nebo užitkových čtyřkolek. Systém obsahuje dvě řemenice - hnací na klikovém hřídeli a hnanou na hřídeli, zajišťující pohon na zadní kolo. Na řemenicích je nasazen klínový řemen. Obě řemenice mění svůj průměr v závislosti na otáčkách, a tím mění převodový poměr. Hnací řemenice je vybavena odstředivým regulátorem, který zajišťuje změnu z malého průměru na velký. Změnou průměru hnací řemenice dochází k napínání klínového řemenu, a ten přemůže sílu inverzní pružiny, která tlačí na jednu půlku řemenice hnané. Tato řemenice se automaticky přizpůsobuje potřebné délce řemene a dochází k plynulé změně převodu.



Obr. 5.1 – Princip činnosti variátoru v závislosti na otáčkách motoru

5.1.1 Elektronicky řízený variátor

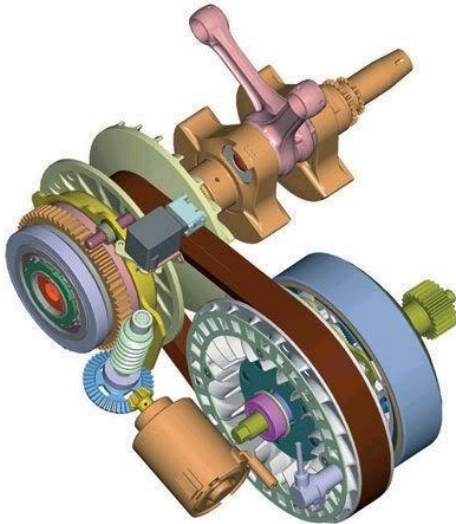
Tento systém se používá na skútrech s větším objemem, např. Suzuki Burgman 650, nebo ho můžeme najít u strojů spadajících pod Piaggio Group atd. Do skupiny Piaggio patří také Aprilia, proto není divu, že se elektronicky řízený variátor objevil i na velké motorce Aprilia Mana 850.



Obr. 5.2 - Aprilia Mana 850 s elektronicky řízeným variátorem

Tento typ variátoru má tu výhodu, že s ním lze brzdít motorem. Elektronicky řízený variátor není řízen odstředivou silou, ale jak už vyplývá z názvu, elektromotorem. Elektromotor

posunuje hnací řemenicí k sobě a od sebe, tím mění její průměr, a tím i převodový poměr. Řídící jednotka má pro různé rychlosti přednastaveny různé polohy hnací řemenice. U Aprilie má jezdec na výběr z automatického nebo manuálního modu. U manuálního modu je zde možnost řadit nohou nebo rukou. Ovšem zase dáváte vědět řídící jednotce o tom, kam chcete řadit. Řídící jednotka pak přes elektromotor posune hnací řemenice k sobě, když chcete řadit na vyšší rychlost, a od sebe při podřazování. Motocykl v režimu manuálního řazení nabízí 7 rychlostních stupňů. O přenos síly mezi variátorem a sekundárním převodem se stará odstředivá spojka. Z této konstrukce je patrné, že nejde motorku zaparkovat v kopci se zařazeným rychlostním stupněm, a proto také je vybavena ruční brzdou.



Obr. 5.3 - Elektronicky řízeného variátoru

5.2 Užití v automobilovém průmyslu

Převodovky s plynule měnitelným převodem CVT (Continuously Variable Transmission) jsou z principiálního hlediska vůbec nejlepším typem pro pohon strojů se spalovacím motorem, tedy i automobilu. Jak už název napovídá, na rozdíl od klasických stupňových převodovek nemají pevně dané převodové poměry, jejich konstrukce umožňuje teoreticky nekonečné množství převodů. Díky tomu umějí optimálně regulovat tažnou sílu motoru v závislosti na rychlosti tak, aby běžel v optimálních otáčkách z hlediska výkonu nebo spotřeby.

Převodovky CVT se konstruují jako převodovky třecí. Převodové stupně se nastavují změnou průměrů rotačních částí, přenášejících točivý moment mezi vstupním a výstupním hřídelem. V osobních automobilech se používají dva typy, variátorové a toroidní, přičemž drtivá většina patří do první kategorie. Éru nasazení převodovek typu CVT odstartoval v roce 1958 Variomatic, použitý v malém automobilu DAF 600 (prototyp převodovky byl zkonstruován již o osm let dřív). Princip variátoru je však znám mnohem déle, popsal ho již Leonardo da Vinci v patnáctém století. V automobilech se začaly rozšiřovat koncem osmdesátých let minulého století, a to hlavně díky japonským značkám.

Variátor tvoří dvě řemenice s axiálně posuvným kuželovým kolem, mezi nimiž obíhá klínový řemen nebo řetěz. Jedna řemenice je spojena se vstupním hřídelem, druhá s výstupním. Oddalováním a přibližováním kuželů se mění průměr, který řemen opisuje, a tím i samotný převodový poměr. Při rozjezdu, kdy je zapotřebí největší převod, resp. tažná síla, je na primární řemenici nastaven nejmenší průměr. Jelikož má řemen pevnou délku, nepočítáme-li mírné deformace, sekundární řemenice se sama nastaví na největší průměr.



Obr. 5.4 – Rozklad převodovky CVT

Zatímco potřebnou přitlačnou sílu primární řemenice vyvolává hydraulika, u sekundární kontrastní pružina. Nejlépe se fungování variátorové převodovky vysvětluje na jízdě ustálenou rychlostí. Po rovině při 130 km/h převodovka nastaví převod tak, aby se otáčky motory pohybovaly v oblasti optimální spotřeby. Například zážehový 2.4/131 kW v Suzuki Kizashi se pohybuje v otáčkách 2000 min⁻¹, což jsou hodnoty turbodieselů. Ve stoupání by však už motor neměl dost síly, což by vedlo ke zhoršení spotřeby a emisí. Převodovka proto upraví převodový poměr a zvýší otáčky motoru. Převodový rozsah CVT určují průměry řemenic, takže je limitovaný zástavbovými rozměry. Nejčastěji se dnes pohybuje kolem šesti stupňů.

Nová generace převodovky Xtronic CVT od Nissanu montovaná do malé Micry se ale může pochlubit rekordní hodnotou 7,3 (samočinná osmistupňová ZF má 7), a to díky dalšímu dvoustupňovému planetovému převodu (1,821 a 1,000) vloženému do stávající jednoduché planetové převodovky. Tu má většina CVT, slouží však pouze k řazení zpětného chodu. Díky přidavnému převodu mohli konstruktéři použít menší řemenice, přičemž sekundární není už ponořena v olejové lázni. Zmenšily se tak rozměry skříně i vnitřní ztráty o 10%! Součástí CVT jsou dále předlokový převod, umožňující upravit převodovku pro různé verze motoru, tlumič torzních kmitů a rozjezdové spojky (elektronicky řízené lamelové či elektromagnetické práškové), které v poslední době nahrazuje hydrodynamický měnič. Ten výrazně zlepšuje komfort rozjezdu a díky blokovací spojce přemostující měnič už nemá takové ztráty. Důležitým prvkem CVT jsou převodové oleje, které jsou vzhledem k dosahovaným tlakům na bocích řemenic extrémně tepelně i tlakově namáhány. Každý výrobce si proto předepisuje svůj unikátní a nezaměnitelný typ.

Výhody bezstupňových převodovek jsou jasné: ve srovnání s klasickými samočinnými převodovkami jsou rozměrově menší, mohou mít větší rozsah převodů a asi o 10 % nižší spotřebu. Z důvodů, proč je nabízí jen pár výrobců, je několik. CVT snesou v porovnání s planetovými automaty mnohem menší zatížení. Nejslabším článkem je řemen. V

počátcích byly pryžové, dnes se nejčastěji používá ocelový řemen splňující požadavky na pevnost, životnost, je přístupný i cenově. Tvoří ho dva svazky pásů z ušlechtilé oceli, které nesou lisované kovové prvky. Přestože tyto řemeny snesou až 250 N.m, variátorové převodovky se objevují většinou jen se zážehovými motory. Spojení se vznětovými motory je sporadické. Prokluzující řemeny už po 70 000 km přinutily Ford stáhnout převodovku Durashift z nabídky modelu C-Max s 1.6 TDCi. Dnes proto nabízí variátor s turbodieselem Mercedes-Benz ve třídě A a B (160 CDI Autotronic) nebo Audi. Právě převodovka Multitronic používající místo řemenu řetěz měla snést vysoké točivé momenty i šestiválcového turbodieselu (2.7 V6 TDI). Bohužel zejména v kombinaci s chiptuningem znamenal vysoký točivý moment pro tuto převodovku postupnou zkázu řemenic. Ve značkovém servisu se opravy řeší výměnou za nový kus (cena asi 120 000 Kč), specializované servisy provedou podle stupně poškození nápravu asi za polovinu. I přes počáteční problémy Multitronic z nabídky německé automobily nezmizel, v modernizované podobě ho lze v modelech A4 a A6 kombinovat se zážehovými 1.8 a 2.0 TSI a vznětovými 2.0 a 3.0 TDI, vždy ale bez quattro. Řetěz používá i převodovka Lineartronic od Subaru nabízená s pohonem všech kol a zážehovým 2.5/123 kW v modelech Legacy a Outback nebo Xtronic v Nissanu Murano. Za nízkou popularitou CVT převodovek v Evropě ale stojí i její projev při jízdě. Lidem vadí neustálé kolísání otáček motoru a chování při plné akceleraci, kdy otáčky vyletí do oblasti maximálního výkonu, což bývá kolem 6000 min⁻¹. Výrobci proto přišli s možností ručního řazení, nejčastěji šesti až sedmi (nový Multitronic v A6 dokonce osmi) přednastavených převodů, čímž se variátory přiblížily běžné samočinné převodovce. Ani skutečná spotřeba není v porovnání s konvenčními automaty o tolik nižší, často bývá dokonce horší.



Obr. 5.5 – Řez převodovkou Nissan CVT

6. Možnosti aplikace variátoru ve výrobcích malé zemědělské mechanizace.

V kapitole čerpáno z literatury [4], [5], [6], z elektronických zdrojů [7], [8], [9], z ostatních zdrojů [2], a z použitého software [1].

6.1 Úvod

V divizi mechanizace se zkušení konstruktéři a technologové zabývají především konstrukcí malé zemědělské techniky. Pod pojmem malá zemědělská technika rozumíme bubnové sekačky, travní sekačky, kultivátory, sněžné frézy atd. Každoročně jsou od nich očekávány nějaké konstrukční novinky pro nadcházející sezónu. Protože konkurence je na dnešním tuzemském, ale i Evropském trhu velice vysoká, a také jsou kladeny na výrobky neustále přísnější Evropské normy, je zapotřebí výrobky designově a konstrukčně upravovat. Výrobky, které pochází ze společnosti Motor Jikov, nachází na tuzemském i evropském trhu své stálé zákazníky a obchodní partnery, kteří i nadále chtějí odebírat tyto osvědčené a kvalitní výrobky. Proto Motor Jikov je náročný na kvalitu výrobků, aby zákazníci nebyli nuceni odejít ke konkurenci. V poslední době jsme od našich zákazníků zaznamenali požadavky na vícerychlostní bubnové sekačky a mulčovače. Další podnět k zavedení vícerychlostních sekaček a mulčovačů je silná konkurence, která tyto výrobky už začíná vyvíjet také. Proto se v divizi mechanizace rozhodlo o zavedení variátoru do sekaček.

Cílem druhé poloviny bakalářské práce je zaměřením se na tento variátor a jeho užití v malé zemědělské technice, případně jiné technické finančně efektivnější řešení, které by variátor nahradilo.

6.2 Stručná charakteristika vybraného podniku

Tradice společnosti MOTOR JIKOV Group a.s. sahá až do roku 1899. Za 114 let prošla mnoha etapami vývoje a dnes je tato ryze česká akciová společnost matkou čtyř dceřiných podniků se strojírenským a slévárenským zaměřením. Vzájemné provázání výrobních programů společností MOTOR JIKOV Strojírenská a.s., MOTOR JIKOV Slévárna a.s., MOTOR JIKOV Fostron a.s. a MOTOR JIKOV GREEN a.s. umožňuje využití synergie a dosažení globálně konkurenceschopné efektivity a kvality výroby. Hlavními obory podnikání holdingu MOTOR JIKOV GROUP jsou slévárenství, obrábění, montáže a podpůrné procesy (výroba forem a jednoúčelových strojů, kalení v ochranné atmosféře, galvanické zinkování, černění, žihání atd.) se zaměřením převážně na automobilový a spotřební průmysl. Sortiment vlastních výrobků zahrnuje např. čerpací stanice na stlačený zemní plyn (CNG), zahradní a zemědělskou techniku, nýtovací nářadí, dvoutaktní motory Jikov, formy a jednoúčelové stroje. Výrobní portfolio dále doplňují dílce pro filtrační a hydraulické systémy, manipulační techniku, montážní zařízení, speciální obráběcí stroje, kardanové hřídele, tlakové odlitky ze slitin hliníku a zinku, nízkotlaké odlitky z hliníku, odlitky ze šedé a tvárné litiny a další příslušenství a komponenty. Dvě třetiny produkce směřují na export na vyspělé mezinárodní trhy. Hlavními odběrateli jsou světové a nadnárodní koncerny automobilového průmyslu. MOTOR JIKOV Group a.s. disponuje silným inovačním potenciálem a širokým záběrem výroby a služeb. Klade velký důraz na spokojenost zákazníka, kvalitu, vývoj nových produktů a vzdělávání zaměstnanců. Ročně vynakládá významné finanční prostředky do rozvoje, do strojního vybavení letos investuje až 80 mil. Kč. Zaměstnává okolo 900 pracovníků a v loňském roce dosáhla tržeb ve výši 1,3 mld. Kč.

Divize mechanizace - hlavním výrobním programem je motorová zahradní technika pro domácí i profesionální využití. Součástí výrobního portfolia jsou i nadále dvoutaktní motory JIKOV a mimo jiné také čisticí stroje pro firmu Tennant.

6.3 Návrh nového výrobku BDR 583 Vario

Zavedení nového výrobku bubnové sekačky BDR 583 Vario vzniklo z podnětů zákazníků, a to jak tuzemských, tak zahraničních. Při sekání trávy v členitém terénu jsou na bubnové sekačky a mulčovače kladeny různé požadavky od zákazníků, např. změnit rychlost pojezdu. Zákazníci by především uvítali druhý až třetí převodový stupeň pro rychlejší pojezd vpřed a také jeden převodový stupeň pro pojezd zpět.

6.3.1 Dosavadní stav zahradních sekaček

Sekačky na trávu opatřené pohonem pojezdových kol jsou vybaveny motorem s hnací řemenicí, ze které je klínový řemen pohonu veden jednak na hnanou řemenici žacího rotoru, jednak na hnanou řemenici převodovky, jejíž výstupní hřídel tvoří náhony pojezdových kol.

Pojezdovou rychlost kol lze regulovat snížením nebo zvýšením otáček motoru, avšak při snížených otáčkách značně klesá točivý moment, a v důsledku toho klesá výkon žacího ústrojí, zejména ve vysoké husté trávě.

Jsou známé převodovky založené na použití dvou nebo více řemenic s odlišnými průměry, na které se klínový řemen přehazuje jednoduchými mechanickými prostředky. Nevýhoda těchto převodových ústrojí spočívá v tom, že není možné nastavit převodový poměr plynule tak, aby optimálně vyhovoval aktuálním podmínkám sečení.

Ve velkých sekačkách a zahradních malotraktorech je potencionálně možné využít známých variátorů s odstředivou regulací. Jejich velké zástavbové rozměry ale vylučují použití takových variátorů, např. u malých rotačních a bubnových sekaček.

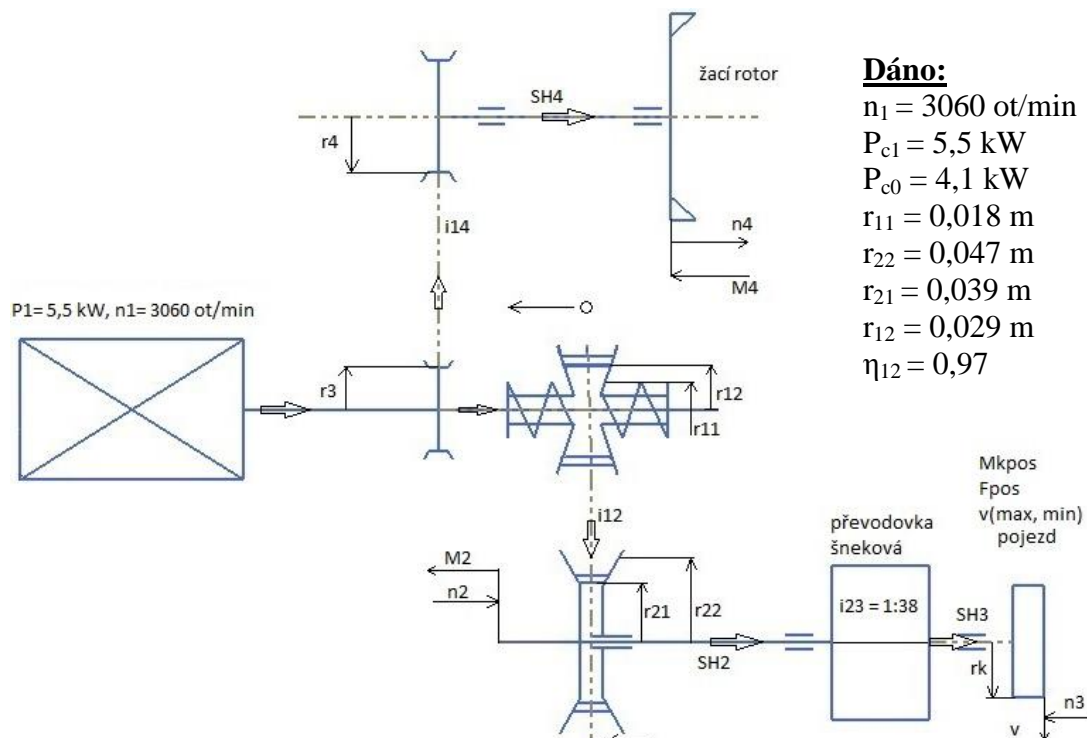
Pro bezstupňovou regulaci převodového poměru řemenových převodů jsou známé řemenové variátory, které ke změně průměru hnané řemenice využívají řemenici složenou ze dvou polovin s kuželovitými stěnami, z nichž alespoň jedna polovina je axiálně posuvná. Posouváním této části se mění na přivrácených kuželovitých plochách pracovní průměr hnané řemenice, na kterém zabírá klínový řemen, a tím se mění převodový poměr.

6.3.2 Podstata technického řešení

Převod mezi hnací jednotkou a převodovkou pojezdu je realizován klínovým řemenem a dvěma speciálními řemenicemi. Každá řemenice má jednu bočnici pevnou a druhou pohyblivou. Na převodovce je řemenice, která má spodní bočnici pohyblivou a ovládanou v axiálním směru segmentem s čelní vačkou. Ovládání je provedené lanovodem a pákou umístěnou v místě obsluhy. Pohyb v axiálním směru změnil průměr řemenice, a tudíž i převod.

Řemenice na motoru má pohyblivou horní část spodní řemenice, která je proti spodní pevné bočnici přitlačována pružinami. Jak se mění průměry na řemenici převodovky, tak axiální posuv pohyblivé bočnice řízený pružinami mění průměr řemenice motoru a řeší automaticky dopínání řemenu, převod za konstantní osové vzdálenosti.

6.3.3 Kinematické schéma sekačky BDR 583 VARIO s výpočtem



Obr. 6.1 - Kinematické schéma sekačky BDR 583 VARIO

Výpočet: - vycházím z převodového poměru a kinematického schématu

$$i_{12} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{r_2}{r_1}$$

a) Výpočet přev. poměru z průměrů řemenic variátoru

$$i_{12(1)} = \frac{r_{22}}{r_{11}} = \frac{0,047}{0,018} = 2,61$$

$$i_{12(2)} = \frac{r_{21}}{r_{12}} = \frac{0,039}{0,029} = 1,35$$

b) Výpočet max. a min. otáček na hnané hřídeli

$$n_{2max} = \frac{n_1}{i_{12(2)}} = \frac{3060}{1,35} = 2267 \text{ ot/min}$$

$$n_{2min} = \frac{n_1}{i_{12(1)}} = \frac{3060}{2,61} = 1172 \text{ ot/min}$$

c) Určení posuvového výkonu, celkové účinnosti a posuvového momentu

$$\eta_c = \eta_{12} * \eta_{23} = 0,97 * 0,8036 = 0,78$$

$$P_{pos} = P_{c1} - P_{c0} = 5,5 - 4,1 = 1,4 \text{ kW}$$

$$P_{pos} = M_{1pos} * 2\pi * n_1 \Rightarrow M_{1pos} = \frac{P_{pos}}{2\pi * n_1} = \frac{1400 * 60}{2\pi * 3060} = 4,37 \text{ Nm}$$

d) Výpočet převodových poměrů celkových pro min. a max. průměr řemenic a otáček na kole

$$i_{1k(1)} = i_{12(1)} * i_{23} = 2,61 * 38 = 99,18 \quad n_{3max} = \frac{n_{2max}}{i_{23}} = \frac{2267}{38} = 59,66 \text{ ot/min}$$

$$i_{1k(2)} = i_{12(2)} * i_{23} = 1,35 * 38 = 51,3 \quad n_{3min} = \frac{n_{2min}}{i_{23}} = \frac{1172}{38} = 30,84 \text{ ot/min}$$

e) Výpočet posuvového točivého momentu na kolech

$$M_{Kpos(1)} = M_{1pos} * i_{1K(1)} * \eta_c = 4,37 * 91,18 * 0,78 = 311 \text{ Nm}$$

$$M_{Kpos(2)} = M_{1pos} * i_{1K(2)} * \eta_c = 4,37 * 51,3 * 0,78 = 175 \text{ Nm}$$

f) Výpočet maximální a minimální posuvové rychlosti na kolech

$$v_{max} = \omega * r_k * \eta_c = \frac{\pi * n_{3max} * r_k * \eta_c}{30} = \frac{\pi * 59,66 * 0,169 * 0,78}{30} = 0,824 \frac{m}{s}$$

$$\Rightarrow 2,96 \text{ km/h}$$

$$v_{min} = \omega * r_k * \eta_c = \frac{\pi * n_{3min} * r_k * \eta_c}{30} = \frac{\pi * 30,84 * 0,169 * 0,78}{30} = 0,426 \frac{m}{s}$$

$$\Rightarrow 1,53 \text{ km/h}$$

g) Výpočet posuvové síly na kolech

$$F_{pos(1)} = \frac{2 * M_{kpos(1)}}{D_k} = \frac{2 * 311}{0,338} = 1840 \text{ N}$$

$$F_{pos(2)} = \frac{2 * M_{kpos(2)}}{D_k} = \frac{2 * 175}{0,338} = 1036 \text{ N}$$

a1) Výpočet účinnosti šnekového převodu

Dáno:

| | |
|--------------------------|-----------|
| Modul | 2 |
| Šnek jednoduchý | 1 |
| Úhel stoupání | 4°58'11'' |
| Úhel záběr | 20° |
| Průměr roztečné kružnice | 23 |
| Osová vzdálenost | 50 |
| Stoupání šroubovice | Levé |
| Převodový poměr | 1:38 |

Tab. 6.1 – Parametry šnekového převodu

a1) Výpočet účinnosti šnekového převodu

$$\eta_{2k} = \frac{\operatorname{tg} \gamma}{\operatorname{tg}(\gamma + \varphi^*)} = \frac{\operatorname{tg} 4,9737^\circ}{\operatorname{tg}(4,9737^\circ + 1,2065)} = 0,8036$$

$$\omega_1 = \frac{2\pi * n_{2max}}{60} = \frac{2\pi * 2267}{60} = 237,39 \text{ rad/s}$$

$$v_1 = \frac{d_1}{2} * \omega_1 = \frac{0,023}{2} * 237,39 = 28,178 \text{ m/s}$$

$$v_k = \frac{v_1}{\cos(\gamma)} = \frac{28,178}{\cos 4,9737} = 28,2845 \text{ m/s}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = f = 0,02 + \frac{0,03}{v_k} = 0,02 + \frac{0,03}{28,2845} = 0,02106 * \operatorname{tg}^{-1} > \varphi = 1,2065$$

Popis použitých veličin:

n_1 - vstupní otáčky motoru [ot/min]

n_2 - otáčky hnané hřídele [ot/min]

r_{11} - min. poloměr řemenice motoru[m]

r_{22} - max. poloměr řemenice přev. [m]

r_{21} - min. poloměr řemenice přev. [m]

r_{12} - max. poloměr řemenice mot.[m]

i_{12} - převodový poměr [-]

η_c - celková účinnost převodů[-]

η_{12} - účinnost řemenového převodu[-]

η_{23} - účinnost šnekového převodu[-]

P_{pos} - posuvový výkon na kolech[W]

M_{Ipos} - posuvový točivý moment[Nm]

r_k - poloměr kola [-]

i_{23} - převodový poměr šneku[-]

$i_{1k(1,2)}$ - převodový poměr na kole [-]

M_{kpos} - točivý moment na kole [N.m]

v_{max} - maximální pojezdová rychlost [m/s]

v_{min} - minimální pojezdová rychlost [m/s]

F_{pos} - posuvová síla [N]

η_{2k} - účinnost šnekového převodu [-]

η_c - celková účinnost převodů [-]

ω_1 - úhlová rychlost [rad/s]

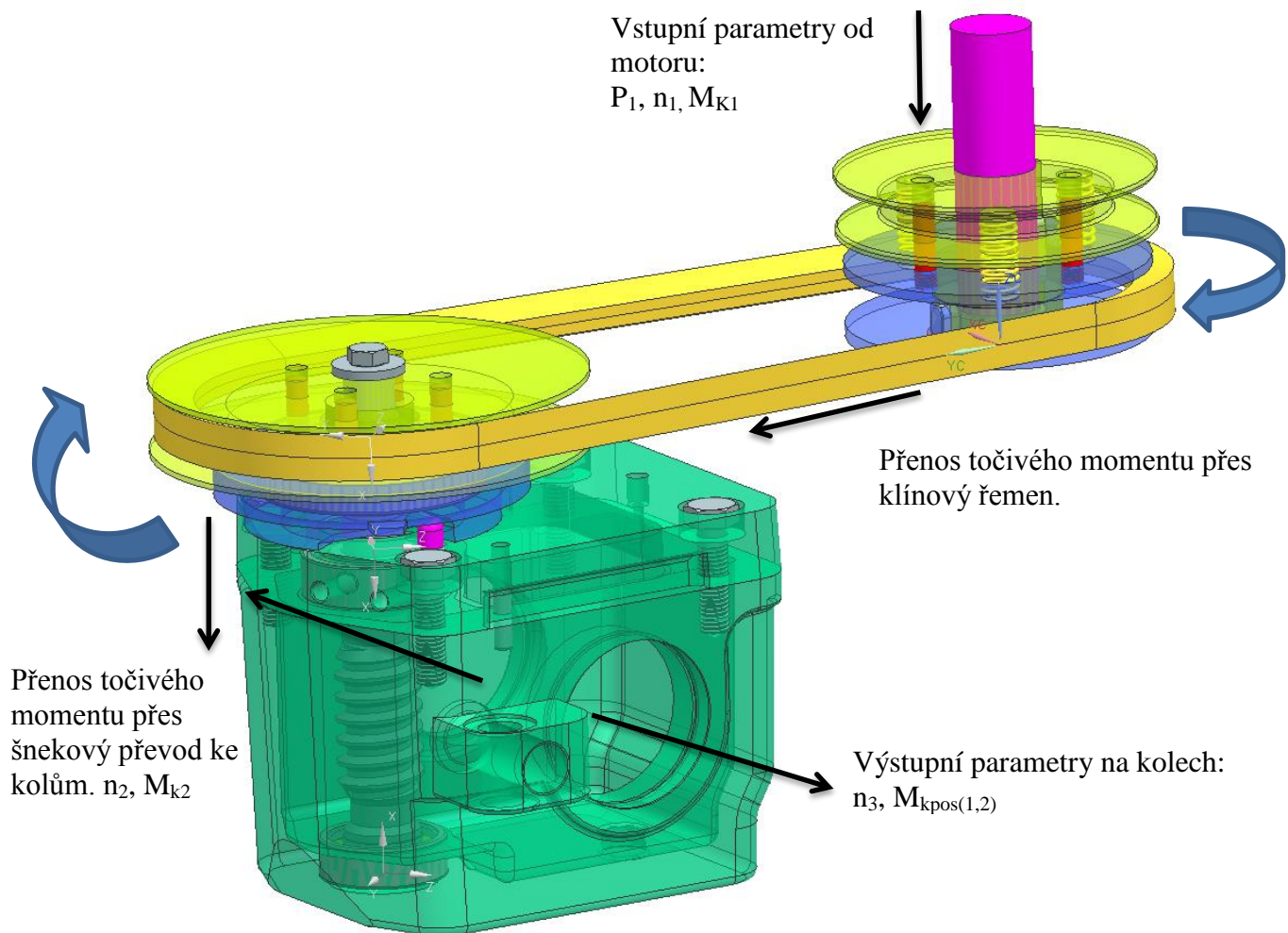
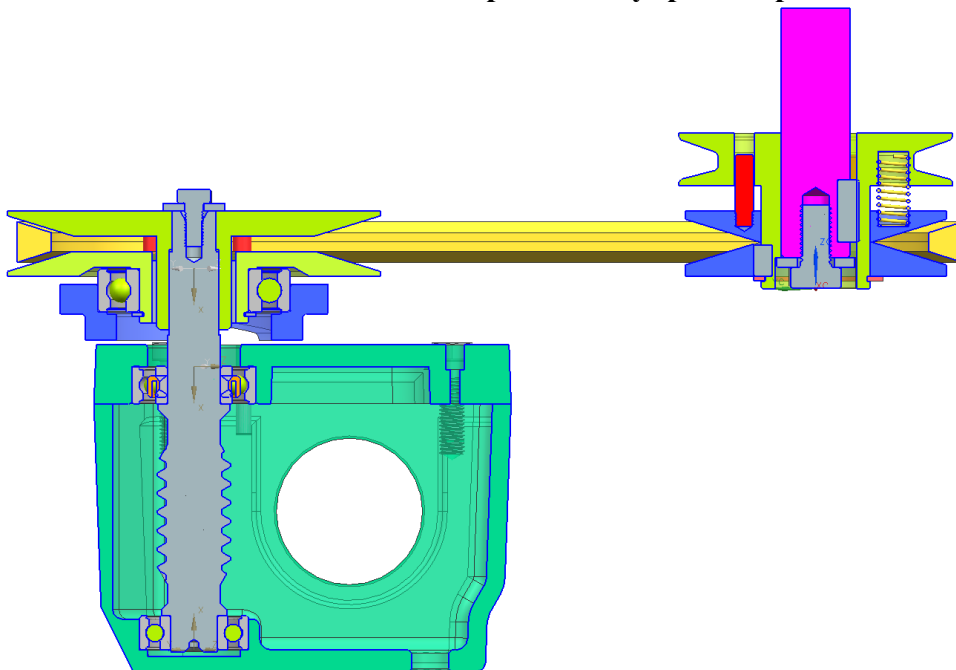
v_1 - střední obvodová rychlost šneku [m/s]

v_k - střední kluzná rychlost [m/s]

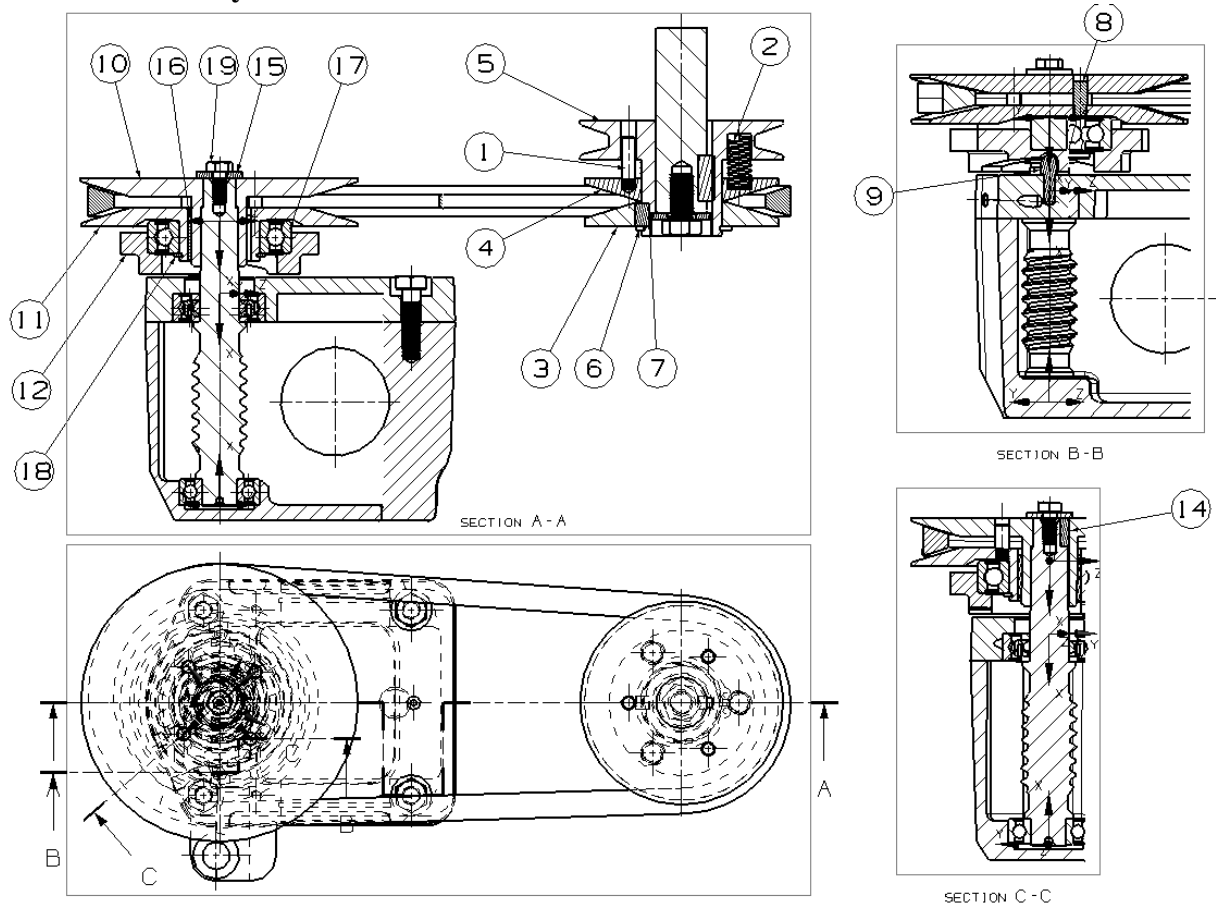
γ - úhel stoupání [°]

φ - třecí úhel [°]

f - součinitel tření [-]

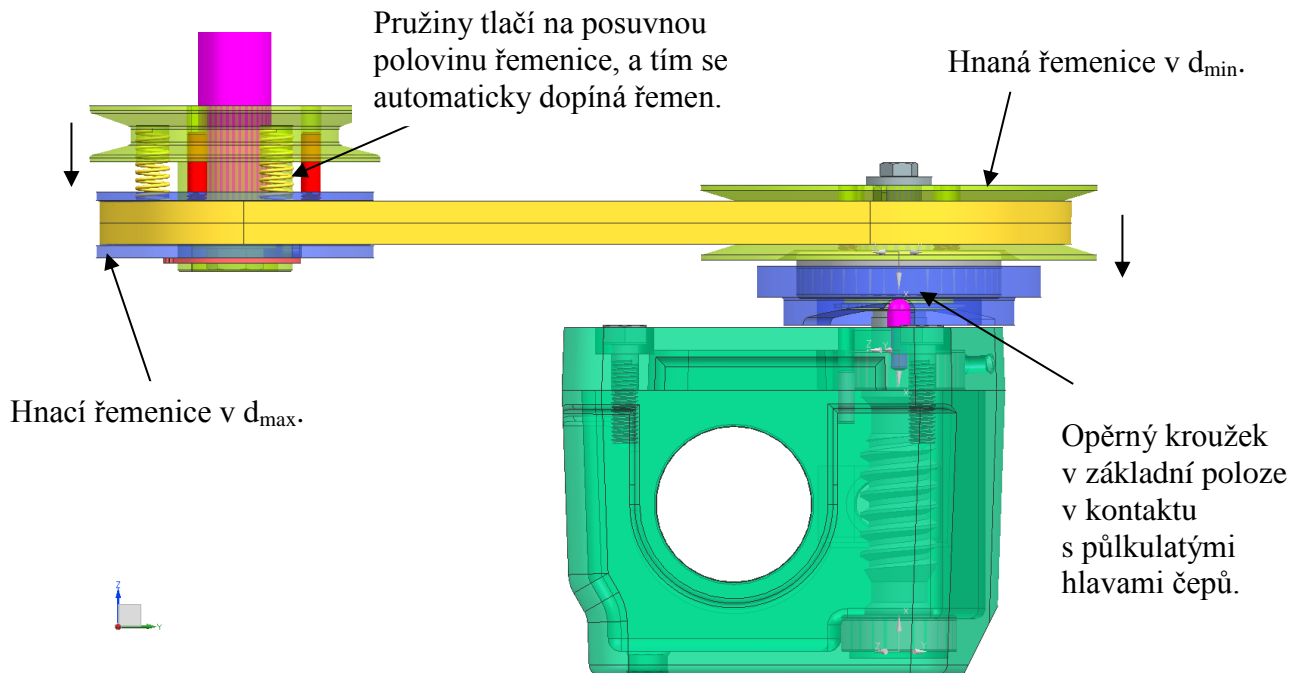
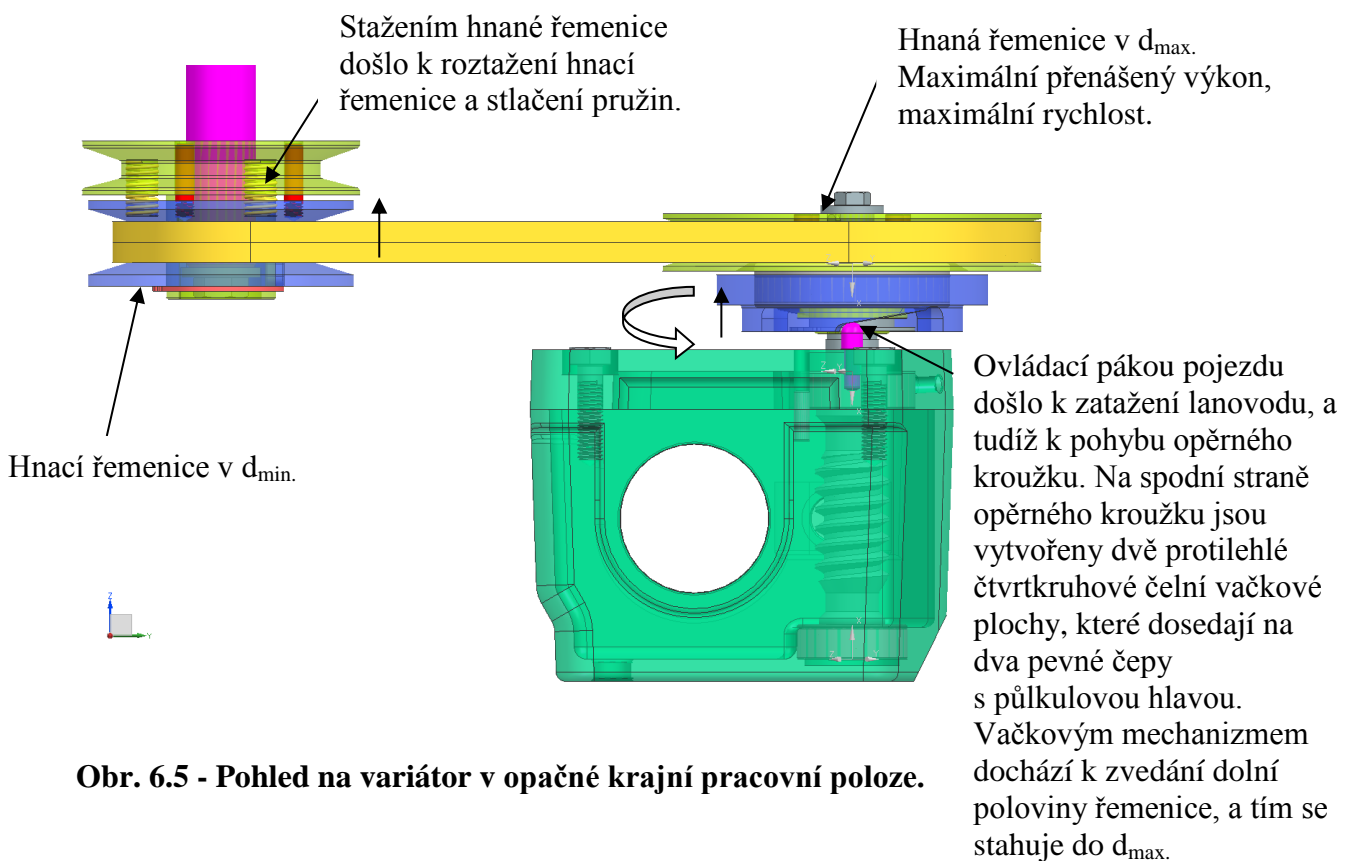
Zobrazení 3D sestavy variátoru, přenosu točivého momentu od motoru, až na kola.**Obr. 6.2 - Sestava variátor se skříní převodovky- průběh přenosu točivého momentu.****Obr. 6.3- Řez sestavou variátoru a skříní převodovky**

Kusovník sestavy variátoru



| Kusovník- Variátor | | | | |
|------------------------------------|--------------------------------------|---------|----------|-------|
| Poř. Č. | Název | Nákup | Materiál | Počet |
| Řemenice motoru sestava | | | | |
| 1 | Čep řemenice motoru | výkres | 14 220 | 3 |
| 2 | Pružina | výkres | 12 090 | 3 |
| 3 | Bočnice řemenice motoru | výkres | litina | 1 |
| 4 | Bočnice řemenice motoru volná | výkres | litina | 1 |
| 5 | Řemenice motoru | výkres | litina | 1 |
| 6 | Kroužek pojistný 35 - DIN 471 | katalog | ocel | 1 |
| 7 | Pero těsné 6x6x10 - DIN 6883 | katalog | ocel | 1 |
| Řemenice převodovky sestava | | | | |
| 8 | Čep velké řemenice | Výkres | 14 220 | 4 |
| 9 | Čep vodící | Výkres | 14 220 | 2 |
| 10 | Bočnice řemenice horní | Výkres | 11 523 | 1 |
| 11 | Bočnice řemenice dolní | Výkres | 11 523 | 1 |
| 12 | Vačka | Výkres | 19 312 | 1 |
| 13 | Pero | Výkres | ocel | 1 |
| 14 | Podložka ocel 20x6,2x2,5 zinkovaná | Katalog | 11 373.1 | 1 |
| 15 | Pouzdro 2420KN | Katalog | - | 1 |
| 16 | Ložisko 6007 2RS | Katalog | - | 2 |
| 17 | Pojišťovací kroužek 35x1,12 Din 5417 | Katalog | ocel | 1 |
| 18 | Šroub M6x14 ČSN 02110325 | Katalog | ocel | 1 |

Tab. 6.2 – Kusovník variátoru

Zobrazení maximálního a minimálního průměru řemenic variátoru.**Obr. 6.4 - Pohled na variátor s hnací řemenicí na maximálním průměru a hnanou řemenicí na minimálním průměru.****Obr. 6.5 - Pohled na variátor v opačné krajní pracovní poloze.**

6.4 Výhody a nevýhody variátoru s klínovým řemenem

Výhody variátoru s klínovým řemenem:

- Velmi tichý chod
- Pružný záběr => Tlumení kmitání, chvění
- Snesou velmi vysokou obvodovou rychlost
- Nízké náklady na provoz (není nutno mazat) => Nejlevnější převod
- Možnost funkce: pojistné spojky proti přetížení (prokluz)
- Nevyžaduje přesnou výrobu a montáž

Nevýhody variátoru s klínovým řemenem:




- Nezaručení stálého převodového poměru, tj. prokluz => nespolehlivá kinematika
- Nutné předepnutí - případné namáhání ložisek a hřídelů
- Vyvození předepnutí - napínací ústrojí:
- Zkrácení řemenu při nezměněné osové vzdálenosti
- Napínání kladkou stálá osová vzdálenost, přitlačovanou závažím, pružinou nebo posuvem kladky
- Zvětšením vzdálenosti os (nejjednodušší, nejlevnější)
- Samonapínací tíhou hnacího motoru
- Vytahování a opotřebení řemenů
- Nízká tuhost převodu
- Při prokluzu vzniká statická elektřina
- Špatná odolnost vůči vysokým teplotám, vlhkosti, prachu, nečistoty (mastnoty)

6.5 Možnosti uplatnění uvedeného pohonu v sortimentu výrobků divize Mechanizace

Variátor nalezne své uplatnění především u sekaček a mulčovačů v náročném terénu, kde potřebujeme nižší pojezdové rychlosti a zároveň se snížením rychlosti nás neomezí na výkonu žacího ústrojí, jak tomu bylo u výrobků bez variátoru. Naopak, když potřebujeme vyšší rychlosti na rovinnatých plochách, zvolíme vyšší pojezdové rychlosti, což ocení majitelé mulčovačů, které mulčují především větší plochy, např. fotbalové hřiště. Další uplatnění bylo možné v zimním období, kdy je zapotřebí odklízet velké přívally sněhu sněžnou frézou.

6.6 Závěr

V závěru své druhé poloviny bakalářské práce bych chtěl zvážit výhody a nevýhody tří vybraných výrobků, které uvádím v tabulce pod textem. V prvním a druhém případě se jedná o sekačku vyráběnou firmou Motor Jikov Green. Třetí bubnovou sekačku jsem zvolil k porovnání od konkurenční firmy značky Dakr. Když porovnáím první dvě sekačky od jednoho výrobce, narazím na jeden velký a podstatný rozdíl, což je regulovatelnost pojezdu pomocí výše popsaného variátoru. Jediné, co lze k výrobku (sekačka BDR 583 Vario) namítnout je chybějící zpětný chod. Ale na druhou stranu to není tak podstatná chyba, kvůli které by se sekačka neuchytila na tuzemském i zahraničním trhu, protože v obou kolech jsou uloženy volnoběžky, které uživateli značně ulehčí manipulaci se sekačkou jak při zatáčení, tak i při zpětném chodu. U třetího konkurenčního modelu nalezneme i zpětný regulovatelný pojezd, ale s rozdílem ceny vyšší skoro o 10 000 Kč, než u modelu s variátorem, což myslím, že je v dnešní době pro mnohé budoucí uživatele rozhodujícím faktorem při koupi.

| | | |
|--|--|--|
| Předchozí model bubnové sekačky BDR 583 Vario | Nejvyšší vyráběný model bubnové sekačky s regulovatelným pojezdem ve firmě Motor Jikov | Konkurenční výrobek bubnové sekačky značky Dakr s hydrostatickou převodovkou, která má také regulovatelný pojezd dopředu i reverz. |
| BDR 581SL Bella (převodovka) | BDR 583 Vario (variátor) | Panter FD-2H (hydrostatická převodovka) |
|  |  |  |
| M: Honda GCV 160 | M: Briggs&Stratton 950 Series | M: Briggs&Stratton 950 Series |
| P = 4,1 kW | P = 5,5 kW | P = 5,5 kW |
| Šneková převodovka | Variátor a šnekový převod | Hydrostatická převodovka |
| v = konst | $v_1 = 1,53 \text{ km/h}$ | $v_1 = 0 \text{ km/h}$ |
| | $v_2 = 2,96 \text{ km/h}$ | $v_2 = 6 \text{ km/h}$ |
| Pojezd a žací ústrojí mají jednotlivé páky ovládní, tudíž jsou umožněny delší přejezdy s vypnutým žacím ústrojím. | Pojezdová rychlost udávaná výrobcem 2.0-3.7 km/h | Pojezdová rychlost udávaná výrobcem: 0-6 km/h vpřed 0-3 km/h vzad |
| Výhody: - oddělené ovládní pojezdu a žacího ústrojí - Nižší pořizovací cena | Výhody: - regulovatelná rychlost pojezdu - Přijatelná cena v poměru cena/výkon - Volnoběžky v kolech pro pohodlnější manipulaci při otáčení popř. reverz. | Výhody: - regulovatelná rychlost pojezdu dopředu i reverzu. |
| Nevýhody: - konstantní pojezdová rychlost, což může v náročném terénu způsobovat problémy s ovládním sekačky a naopak na rovné dlouhé úseky nízká pojezdová rychlost. | Nevýhody: - chybí zpětný chod - Nižší pojezdová rychlost | Nevýhody: - vysoká cena - hydrostatická převodovka drahý případný servis a údržba |
| Cena: 21 990 Kč | Cena: 26 990 Kč | Cena: 35 980 Kč |

Tab. 6.3. – Závěrečné zhodnocení a porovnání výrobku s konkurencí.

7. Závěr

Variátory patří mezi dlouhodobě používané a poměrně rozšířené druhy převodovek, především co se týče užití v motocyklech a v automobilovém průmyslu. Během své historie nacházely uplatnění především v automobilovém průmyslu, díky japonskému trhu se později rozšířily i do ostatních průmyslových odvětví.

Ve významné části bakalářské práce byla věnována pozornost převodům, kde byly uvedeny podstatné informace pro konstrukci variátorů. Z této části jsem se dostal k jednotlivým konstrukcím variátorů, kde byl uveden popis konstrukce variátoru a její znázornění na schématickém obrázku. V poslední části rešerše variátorů bylo uvedeno užití variátoru v praxi a to především u motocyklů a automobilů.

Druhá polovina práce je věnována dalšímu využití variátorů, a to konkrétně v malé zemědělské technice, kde slouží jako plynule měnitelný převod při ovládání stroje. Z toho vyplývá především vyšší komfort pro obsluhu stroje. Díky svému malému zástavbovému prostoru, nízké výrobní ceně a poměrně vysoké účinnosti nalezne tento variátor uplatnění především v malé zemědělské technice. Závěrem práce je výpočet pojezdových rychlostí výše uvedené sekačky a porovnání s předchozí verzí sekačky bez variátoru a konkurenčním výrobkem s hydrostatickou převodovkou. Při závěrečném porovnání výrobků jsem usoudil, že nejlepším technickým řešením jsou sekačky s variátorem. Jediné negativum této sekačky je absence reverzního pojezdu, což bylo částečně řešeno uložením volnoběžek ve velkých kolech pro jednodušší manipulaci při otáčení a couvání. Tento problém by se mohl ještě vyřešit např. třecím převodem s vloženým kolem, který je uveden v konstrukcích variátorů a umožňuje plynulou změnu rychlosti pojezdu dopředu i vzad. Samozřejmě má tato konstrukce také své nevýhody, které byly uváděny výše v práci a dále by také byly problémy se zavedením do konstrukce sekačky. Proto usuzuji, že řešení řemenového variátoru je nejlepším řešením.

8. Seznam použitých pramenů

Seznam literatury

- [1] VLK, F. *Převodová ústrojí motorových vozidel*, Brno: Nakladatelství Vlk, 2001.
- [2] VLK, F. *Převody motorových vozidel*, 1. vyd. Brno: Nakladatelství Vlk, 2006.
- [3] JAN, Z., ŽDÁNSKÝ, B. *Automobily 2. převody*, 3. vyd. Brno: Avid s.r.o., 2004.
- [4] LEINVEBER, J., VÁVRA, P. *Strojnické tabulky*, 1.vyd. Úvaly: Albra, 2003.
- [5] HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J. *Průručka strojního inženýra, obecné strojní části*, 1. vyd. Brno: Computer press, 1999.
- [6] MIČKAL, K. *Technická mechanika II*, 3. vyd. Praha: Informatorium, 1998.

Seznam elektronických zdrojů

- [1] <http://cs.autolexicon.net/articles/cvt-continuously-variable-transmission/>
- [2] <http://transmission-technic.cz/vari%C3%A1tor>
- [3] <http://www.motorkari.cz/clanky/jak-na-to/automaticke-prevodovky-na-motocyklech-23379.html>
- [4] http://www.automobilrevue.cz/rubriky/automobily/technika/samocinne-bezestupnove-prevodovky-plynule-a-bez-zubu_40397.html
- [5] http://www.spssol.cz/~vyuka/PREDMETY/SPS/remenov_e_prevody.pdf
- [6] <http://strojirenstvi.studentske.cz/2010/11/13-treci-prevody.html>
- [7] <http://www.mountfield.cz/sekacky>
- [8] <http://www.dakr.com/sekani-travy/>
- [9] <http://www.motorjikov.com/spolecnosti/motor-jikov-green/>

Seznam ostatních zdrojů

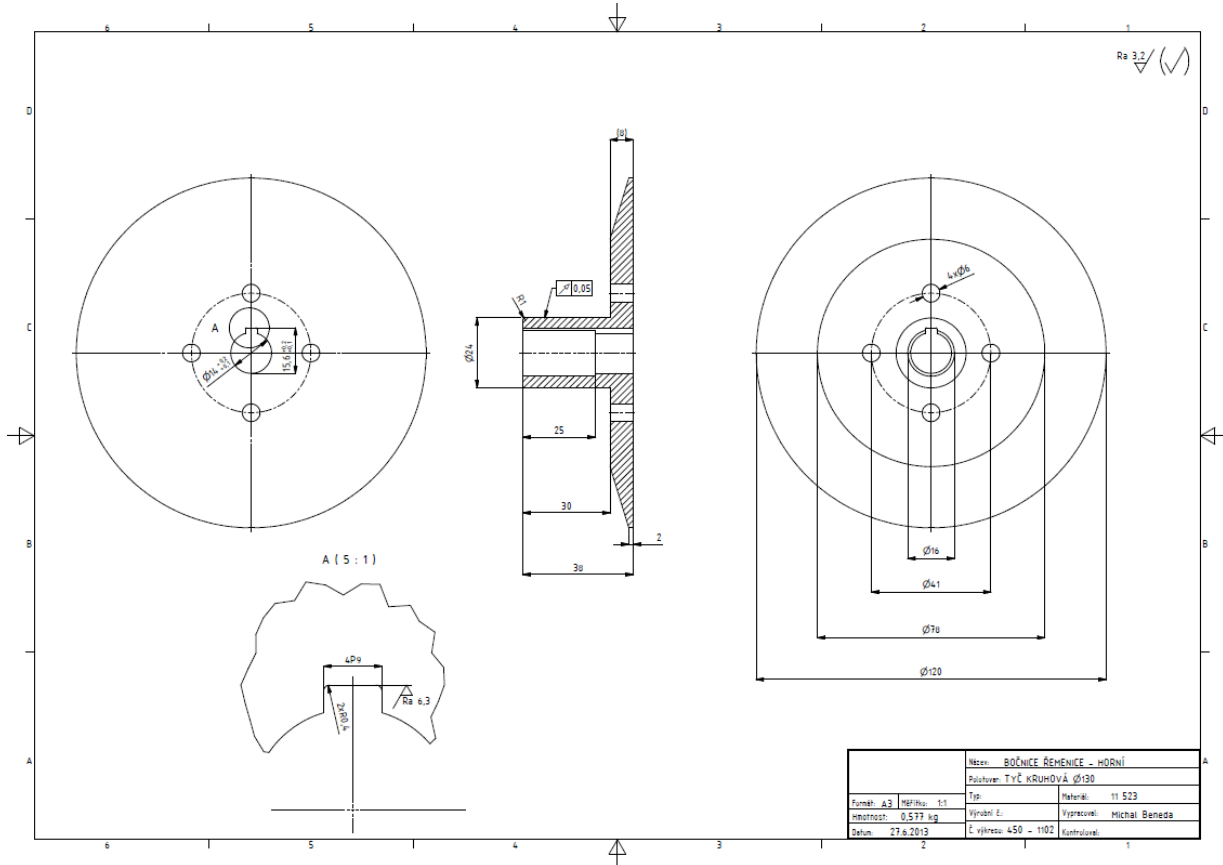
- [1] Přednáška z předmětu KKS/CMS2: KRÁTKÝ, J. *Třetí převody, Řemenové převody*
- [2] MOTOR JIKOV GROUP, A.S., ČESKÉ BUDĚJOVICE. *Řemenový variátor a travní sekačka nebo mulčovač s tímto řemenovým variátorem*. Vynálezce: Z. KŘIŠŤAN. Int. CI F16H 9/04. Česká republika. Užitný vzor, 23729. 2012-03-05

Seznam použitého software

- [1] UGS NX v. 7,5 Unigraphics
- [2] AUTODESK INVENTOR 2012

PŘÍLOHA č. 1

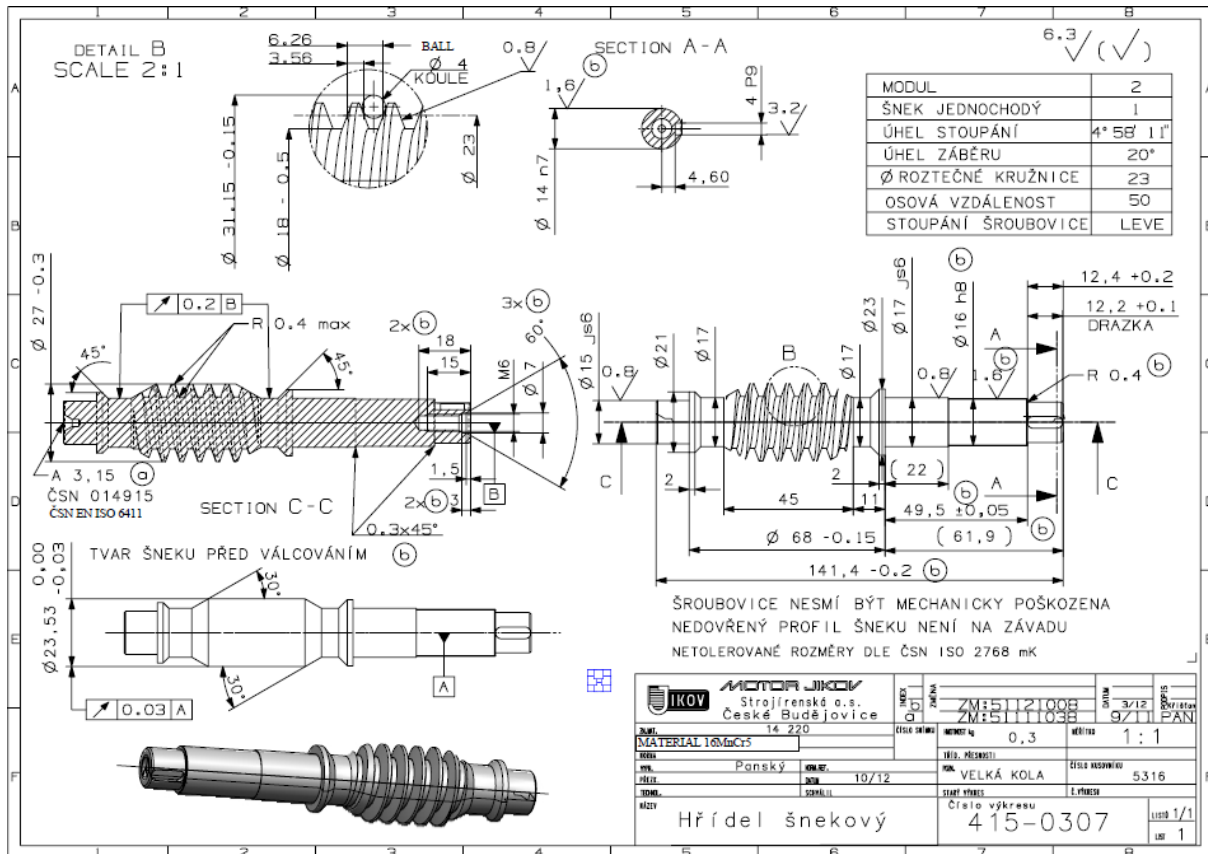
CAD model bočnice řemenice horní



Výrobní výkres bočnice řemenice motoru v programu Inventoru.

PŘÍLOHA č. 2

CAD model šnekového hřídele



Výrobní výkres šnekového hřídele s potřebnými údaji pro výpočet účinnosti šnekového převodu.