

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ**  
**AGRONOMICKÁ FAKULTA**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**BRNO 2017**

**JIŘÍ ŠTEFAN**

**Mendelova univerzita v Brně**  
**Agronomická fakulta**  
**Ústav techniky a automobilové dopravy**

---



**Agronomická  
fakulta**

**Mendelova  
univerzita  
v Brně**



**Hodnocení funkčních vlastností hydromechanických  
pohonů traktorů**

Bakalářská práce

*Vedoucí práce:*

prof. Ing. František Bauer, CSc.

*Vypracoval:*

Jiří Štefan

---

Brno 2017



### Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: Hodnocení funkčních vlastností hydromechanických pohonů traktorů vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:.....

.....

podpis

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto bych chtěl poděkovat panu prof. Ing. Františku Bauerovi, CSc. za cenné rady a informace, které mi poskytl během vypracování bakalářské práce.

## **Abstrakt**

Bakalářská práce se zabývá hydromechanickými převodovkami, které jsou používané v moderních traktorech. V první části práce jsou podle koncepce rozděleny hydromechanické převodovky do tří skupin. V další části jsou shrnuty a popsány jednotlivé převodovky od různých výrobců traktorů. Práce obsahuje výsledky tahových zkoušek traktorů Claas Arion 640 s převodovkami HEXASHIFT a CMATIC a analýzu obou typů převodovek.

## **Klíčová slova**

Převodovka, planetový převod, účinnost, dělení výkonu, CVT, IVT

## **Abstract**

This bachelor thesis deals with hydromechanical transmissions, which are used in modern tractors. In the first part transmissions concepts are divided into three groups. In the next section it summarizes and describes types of transmissions from different tractor manufacturers. Thesis includes the results of pulling tests of Claas Arion 640 with HEXASHIFT and CMATIC transmissions and analysis of these transmissions.

## **Keywords**

Transmission, planetary gear set, efficiency, power split, CVT, IVT

OBSAH	
1 ÚVOD.....	8
2 CÍL PRÁCE.....	9
3 SOUČÁSTI ZAJIŠTUJÍCÍ POHON TRAKTORU .....	10
3.1 Mechanická větev .....	10
3.1.1 Spojka .....	10
3.1.2 Skupinová převodovka .....	10
3.1.3 Rozvodovka .....	10
3.1.4 Koncový převod.....	11
3.1.5 Planetová převodovka.....	11
3.2 Hydrostatická větev .....	12
3.2.1 Hydrostatické převodníky.....	12
3.2.2 Používané typy převodníků .....	12
4 ROZDĚLENÍ PŘEVODOVEK PODLE UMÍSTĚNÍ PLANETOVÉHO PŘEVODU	14
4.1 S planetovým převodem na výstupu.....	14
4.2 S planetovým převodem na vstupu.....	15
4.3 Kombinovaný (s planetovým převodem na vstupu i výstupu).....	17
4.4 Funkční vlastnosti jednotlivých konceptů .....	18
5 PŘEHLED SOUČASNÝCH TYPŮ HYDROMECHANICKÝCH PŘEVODOVEK.	20
5.1 John Deere Autopowr/IVT .....	20
5.1.1 AutoPowr 7030.....	20
5.1.2 AutoPowr 8030.....	21
5.1.3 Autopowr 7R.....	21
5.1.4 Ovládání převodovky.....	22
5.2 Fendt Vario a VarioDrive .....	23
5.3 CNH.....	25
5.4.1 Ovládání převodovek u traktorů Case .....	25
5.4.2 Maxxum, Puma SWB / T6, T7 SWB.....	26
5.4.3 Puma LWB / T7 LWB .....	28
5.4.4 Magnum / T8 .....	31
5.4 Claas CMATIC .....	32
5.5 ZF.....	33
5.6.1 Steyr S-Matic .....	34
5.6.2 ZF Eccom.....	35
5.6.3 ZF Terramatic .....	36
6 MĚŘENÍ TRAKTORU CLAAS S PŘEVODOVKOU HEXASHIFT A CMATIC....	37
6.1 Převodovka HEXASHIFT .....	37
6.2 Tahové zkoušky .....	38
7 ZÁVĚR.....	42
8 PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY .....	43
9 SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK.....	45
9.1 Seznam obrázků.....	45
9.2 Seznam tabulek.....	47

## 1 ÚVOD

Už od začátku výroby prvních traktorů bylo zapotřebí využít jejich výkon co možná nejlépe. K tomu pomáhaly zpočátku jednoduché mechanické převodovky, poté se začaly vyvíjet synchronní převodovky a převodovky řazené pod zatížením. V posledních letech se začínají poměrně hodně používat i převodovky hydromechanické.

Rozšíření hydromechanických převodovek je spojeno se stále většími požadavky na nízkou spotřebu paliva, malou produkci emisí a přenos velkých výkonů. Hydromechanická převodovka toto dokáže, protože umožňuje motoru pracovat v optimálních otáčkách s nejmenší měrnou spotřebou paliva.

Tyto převodovky jsou dále oblíbené také díky jednoduchému ovládní. Tím, že řidič nemusí řadit jednotlivé převodové stupně, se výrazně zvyšuje komfort ovládní traktoru a umožňuje řidiči plně se soustředit na ostatní činnosti, které s traktorem vykonává.



## **2 CÍL PRÁCE**

Cílem práce je vytvořit přehled o současném stavu konstrukce a využití hydromechanických pohonů traktorů. Popsat jednotlivé koncepce pohonů. Vytvořit soubor technických parametrů. Provést analýzu technických parametrů hydromechanických převodovek. Součástí práce je také vyhodnocení měření traktorů Claas Arion 640 s hydromechanickou a mechanickou převodovkou.

### 3 SOUČÁSTI ZAJIŠTUJÍCÍ POHON TRAKTORU

Mezi součásti sloužící k pohonu traktoru a přenosu výkonu můžeme zahrnout motor, spojku, převodovku, rozvodovku a koncový převod. Všechny tyto součásti jsou pro pohon traktoru a přenos výkonu důležité. Pro efektivní využití výkonu motoru jsou důležité převodovky.

Hydromechanické převodovky dělí přenos výkonu do dvou větví. První větev je hydrostatická, která používá k přenosu tlakovou energii. Druhá větev je mechanická, která přenáší energii mechanicky přímo od motoru. Obě větve se slučují planetovým převodem.

#### 3.1 Mechanická větev

##### 3.1.1 Spojka

V hydromechanických převodovkách se používají převážně lamelové spojky, které zde slouží k řazení převodových stupňů v mechanické části převodovky. Lamelovou spojku tvoří několik lamel. Lamely jsou řazeny za sebou, střídavě spojené s hnací a hnanou částí prostřednictvím ozubení. Při stlačení lamel dochází ke spojení hnací a hnané části. Osový pohyb umožňuje drážkové vedení lamel. Přítlak je vyvozen tlakem oleje na píst, který přitlačuje lamely k opěrné ploše. Zpětný pohyb zajišťuje vratná pružina. [1]

##### 3.1.2 Skupinová převodovka

V hydromechanických převodovkách se většinou používá dvoustupňová nebo čtyřstupňová mechanická převodovka s možností řazení jednotlivých stupňů při zatížení.

##### 3.1.3 Rozvodovka

Rozvodovka se skládá ze stálého převodu a diferenciálu. Obě ústrojí jsou uložena ve skříni rozvodovky, která je součástí mostu hnací nápravy nebo se připevňuje k rámu.

Stálý převod zabezpečuje rozvod točivého momentu z podélné na příčnou osu, zvětšuje točivý moment na hnacích kolech, snižuje otáčky hnacích hřídelů kol a snižuje zatížení na předcházejících převodových ústrojích. Nejčastěji se používá převod s jedním párem kuželových převodových kol. Ozubení kol je většinou zakřivené, čímž se prodlužuje délka záběru jednotlivých zubů.

Diferenciál je převodové ústrojí, které nemění velikost převodového poměru, ale umožňuje rozdílné otáčení hnacích kol nápravy po odlišných poloměrech otáčení. Úkolem diferenciálu je rozdělovat točivý moment v požadovaném poměru z jednoho hnací-

ho hřídele na dva hnané hřídele a umožnit tak v případě potřeby rozdílné otáčení hnacích kol nápravy. [1]

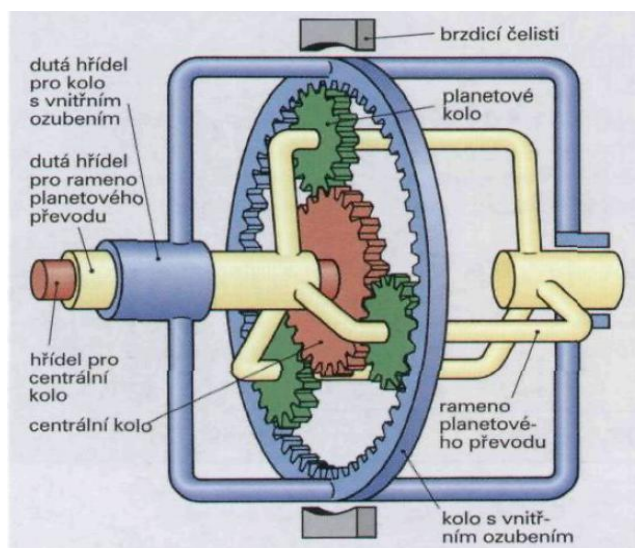
### 3.1.4 Koncový převod

Točivý moment vystupující z diferenciálu je před hnacími koly zvýšen prostřednictvím koncových převodů. Koncové převody tvoří převodové ústrojí se stálým převodovým poměrem. Zvýšení hnací síly před hnacími koly snižuje namáhání ostatních členů převodového ústrojí umístěných před koncovým převodem. Koncové převody můžeme rozdělit podle konstrukce na čelní a planetové. [1]

### 3.1.5 Planetová převodovka

Jednoduchá planetová převodovka se skládá z centrálního kola, kola s vnitřním ozubením (korunového kola), planetových kol (satelitů) a ramena planetového převodu (unášeč satelitů).

Planetová kola jsou uložena svými osami v ramenu planetových kol. Odvalují se na vnitřním ozubení kola s vnitřním ozubením a na vnějším ozubení centrálního kola. Všechna ozubená kola jsou neustále v záběru. Centrální kolo, kolo s vnitřním ozubením nebo rameno planetového převodu mohou být jak poháněna tak brzděna. Výstup probíhá buď přes kolo s vnitřním ozubením, nebo přes rameno planetového převodu. [2]



Obrázek 1: Jednoduchý planetový převod [2]

## 3.2 Hydrostatická větev

### 3.2.1 Hydrostatické převodníky

Hydrostatický převodník je prvek hydrostatického obvodu sloužící k převodu mechanické energie na energii tlakovou nebo naopak. Podle směru převodu energie rozlišujeme převodníky na hydromotory a hydrogenerátory. [3]

Převodníky můžeme dále dělit podle několika dalších vlastností:

Podle možnosti řízení geometrického objemu

Regulační (geometrický objem se dá v určitém rozsahu regulovat)

Neregulační (mají stálý geometrický objem)

Podle způsobu pohybu vstupního nebo výstupního členu

S rotačním pohybem (hydrogenerátory, rotační hydromotory)

S kývavým pohybem (kyvné hydromotory)

S přímočarým pohybem (přímočaré hydromotory)

Podle možnosti přenosu energie

Jednosměrné (převádí energii jen jedním směrem)

Obousměrné (může převádět energii v obou směrech)

Podle možnosti pracovat v jednom nebo v obou směrech otáčení

Bez reverzace (pravotočivé nebo levotočivé)

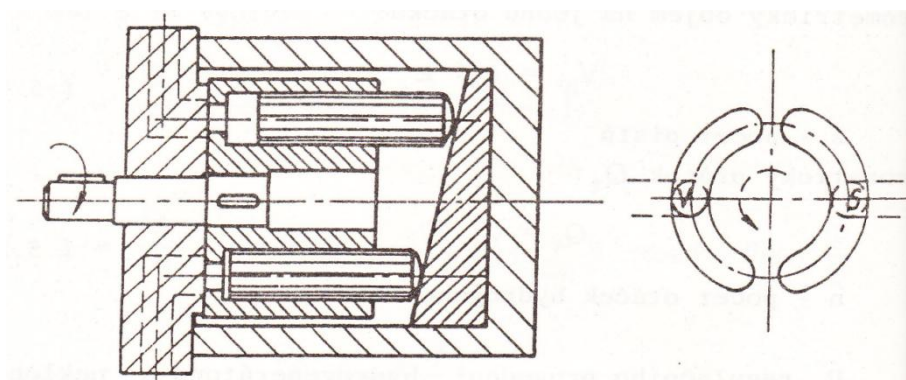
S reverzací (mohou pracovat při obou směrech otáčení) [3,4]

### 3.2.2 Používané typy převodníků

#### Axiální pístový s nakloněnou deskou

Tyto převodníky se vyrábějí v provedení se stálým nebo proměnným úhlem sklonu desky (neregulační, regulační). Hydromotory i hydrogenerátory s nakloněnou deskou jsou konstrukčně podobné. Na hřídeli je nasazen rotující blok válců uspořádaných rovnoběžně s osou hřídele. Písty uložené suvně v bloku válců se opírají o pevnou nakloněnou desku a při otáčení se postupně zasouvají a vysouvají. Geometrický objem převodníku se mění změnou úhlu naklonění šikmé desky. Písty nejsou spojeny s deskou pevně, ale

dosedají na ni buď přímo svými zaoblenými konci nebo prostřednictvím hydrostaticky vyvážených kluzátek. Pracovní tlak se pohybuje v rozsahu 25 až 45 MPa. [3,4]

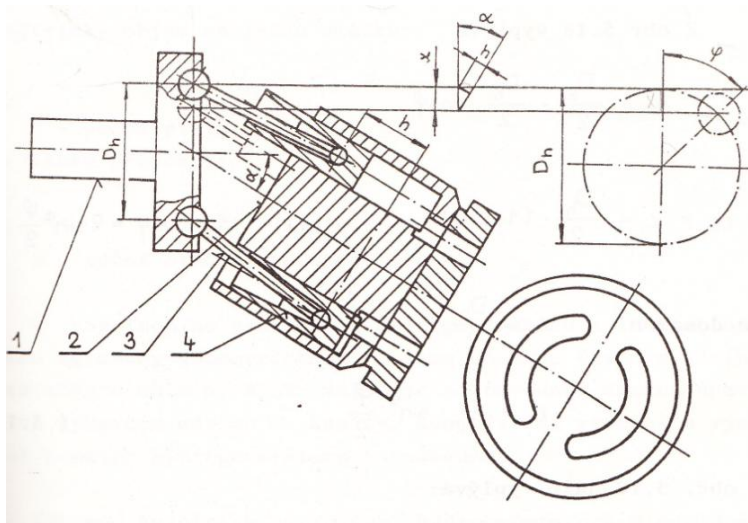


Obrázek 2: Axiální pístový hydrogenerátor s nakloněnou deskou [3]

### Axiální pístový s nakloněným blokem

Podobně jako axiální pístové převodníky s nakloněnou deskou se tyto převodníky vyrábějí buď s pevným, nebo s proměnným úhlem sklonu. Maximální úhel sklonu je  $45^\circ$ . Rozvodná deska je provedena obdobně jako u konstrukce s nakloněnou deskou se dvěma ledvinovými polodrážkami. Písty mohou být válcové s ojnicemi, kuželové nebo sférické. [4]

Osa hřídele je různoběžná s osou bloku válců. Přenos točivého momentu z hřídele na písty se uskutečňuje ojnicemi. Zdvih pístu vzniká rotací hnací příruby. Velikost zdvihu závisí na velikosti roztečné kružnice a dále se zvětšuje s rostoucím úhlem výkyvu bloku. [3]



1 – hnací příruba; 2 – blok válců; 3 – ojnice; 4 – píst;

$D_h$  – roztečná kružnice;  $\alpha$  – úhel výkyvu bloku;  $h$  – zdvih pístu;  $\varphi$  – úhel otáčení

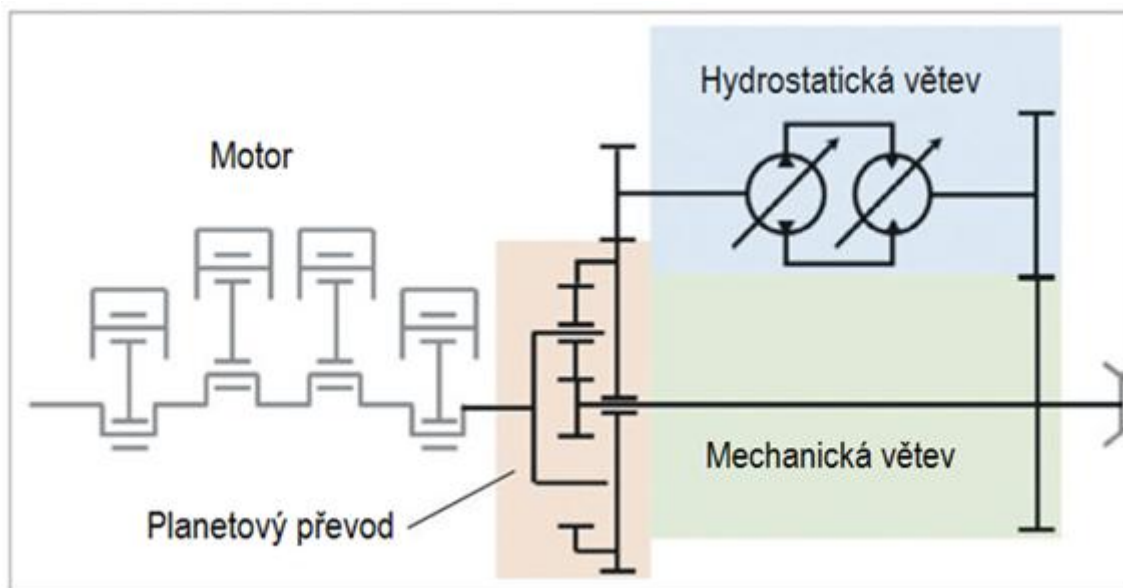
Obrázek 3: Axiální pístový hydromotor s nakloněným blokem [3]

## 4 ROZDĚLENÍ PŘEVODOVEK PODLE UMÍSTĚNÍ PLANETOVÉHO PŘEVODU

V závislosti na uspořádání jednotlivých prvků v převodovce můžeme rozdělit hydromechanické převodovky do tří skupin. Podle umístění planetového převodu a hydrostatické větve je dělíme na převodovky s planetovým převodem na výstupu, s planetovým převodem na vstupu a kombinované (s planetovým převodem na vstupu i na výstupu).

### 4.1 S planetovým převodem na výstupu

U převodovek s planetovým převodem na výstupu dochází k dělení výkonu mezi hydrostatickou a mechanickou část pomocí planetového převodu a slučování výkonu zajišťuje jednoduchý ozubený převod. Hydrostatická větev je zde propojena s jednou ze dvou výstupních částí planetového převodu, jak můžeme vidět na obrázku č. 4, a proto se tyto převodovky nazývají „s planetovým převodem na výstupu“. V tomto typu převodovky se používají velké regulační axiální hydrostatické převodníky s nakloněným blokem a maximálním úhlem naklonění  $45^\circ$ . Převodovky jsou většinou doplněny pouze dvou-  
stupňovou mechanickou převodovkou. V tabulce č. 1 je seznam traktorů, které používají tento typ převodovky. [5]



Obrázek 4: Schéma pohonu traktoru s planetovým převodem na výstupu [6]

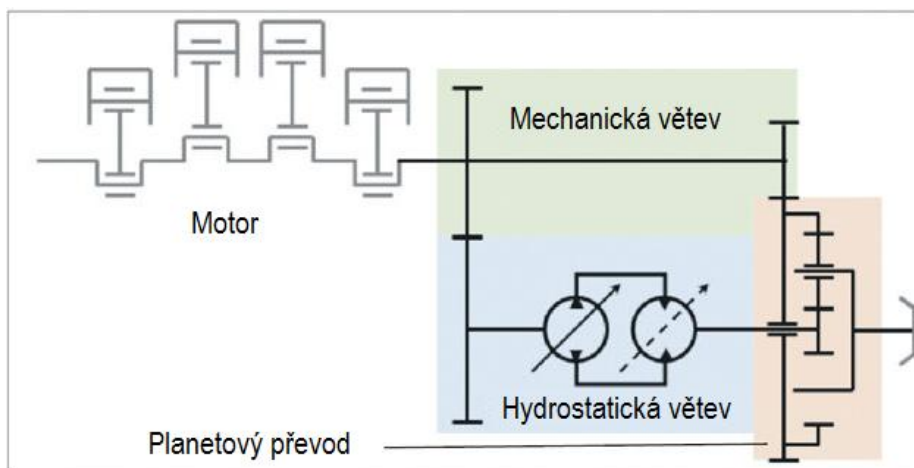
Tabulka 1: Přehled převodovek s planetovým převodem na výstupu [5]

Výrobce	Model převodovky	Typ traktoru	Rychlostní stupně		Reverzace	
			Dopředu	Dozadu		
<b>S planetovým převodem na výstupu</b>						
Fendt	ML70	Fendt Vario 300	1	1	Hydrogenerátorem	
	ML75	Fendt Vario 400	1	1	Hydrogenerátorem	
	ML90	Fendt Vario 500	2	2	Hydrogenerátorem	
	ML140	Fendt Vario 714 - 716		2	2	Hydrogenerátorem
		Massey Ferguson 6600				
		MF 7715-7718				
	ML180/ML180 HD	Fendt Vario 718-724		2	2	Hydrogenerátorem
		JCB Fastrac 4000				
		MF 7719-7726				
	ML220	Fendt Vario 800	2	2	Hydrogenerátorem	
	ML260	Fendt Vario 900		2	2	Hydrogenerátorem
		JCB Fastrac 8000				
		Massey Ferguson 8700				
Valtra S-serie						

## 4.2 S planetovým převodem na vstupu

U převodovek s planetovým převodem na vstupu dochází k dělení výkonu většinou přes jednoduchý ozubený převod a planetové soukolí slouží ke slučování výkonu. Hydrostatická část je spojena s jednou ze vstupních částí planetového převodu (obrázek č. 5) a proto se tento typ převodovky nazývá „s planetovým převodem na vstupu“.

V hydrostatické části se používají malé axiální hydrostatické převodníky s nakloněnou deskou. Maximální úhel naklonění desky se pohybuje okolo 20°. Převodovky bývají doplněny až čtyřstupňovou mechanickou převodovkou s mechanickou reverzací. Tabulka č. 2 zobrazuje přehled traktorů s tímto typem převodovky. [5]



Obrázek 5: Schéma pohonu traktoru s planetovým převodem na vstupu [6]

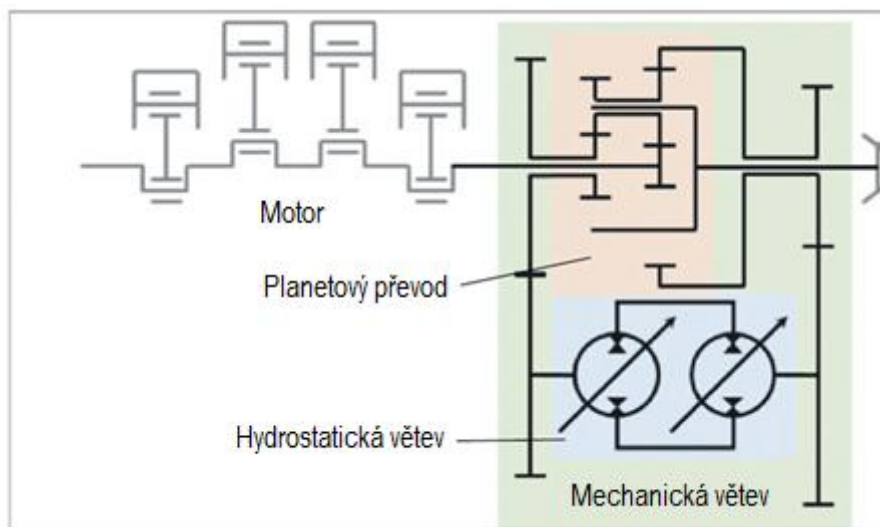
Tabulka 2: Přehled převodovek s planetovým převodem na vstupu [5]

Výrobce	Model převodovky	Typ traktoru	Rychlostní stupně		Reverzace
			Dopředu	Dozadu	
<b>S planetovým převodem na vstupu</b>					
AEBI	VPT	AEBI VT 450 Vario	3	2	Hydrogenerátorem/ Mechanicky
AGRO	VT-Drive	McCormick X6 VT	3	2	Hydrogenerátorem/ Mechanicky
CNH	Auto Command T6/Maxxum/CVT	New Holland T6	2	1	Mechanicky
		Case IH Maxxum			
		Steyr Profi CVT			
	Auto Command T7/ Puma SWB	New Holland T7 SWB	2	1	Mechanicky
		Case IH Puma SWB			
		Steyr 6100 CVT			
	Auto Command T7/ Puma LWB	New Holland T7 LWB	4	2	Mechanicky
		Case IH Puma LWB			
		Steyr 6200 CVT			
	Auto Command T8/Magnum	New Holland T8	4	4	Mechanicky
		Case IH Magnum			
	John Deere	IVT 7000	JD 7010/7020/7030	2	1
Same Deutz-Fahr	T5100	Deutz-Fahr Serie 5 TTV	2(+2)	1(+1)	Mechanicky
Valtra	Direct	Valtra N-/T-Serie	4	4	Mechanicky
ZF	TERRAMATIC TMT09	Linder Lintrac 90	2	1	Mechanicky
	TERRAMATIC TMT16	Kubota Serie M7001	4	4	Mechanicky
	TERRAMATIC TMT18	McCormick X7 VT	4	4	Mechanicky
	TERRAMATIC TMG25	Claas Axion 810/830	4	4	Mechanicky
	TERRAMATIC TMG28	Claas Axion 850	4	4	Mechanicky
	TERRAMATIC TMT32	Deutz-Fahr Serie 9 TTV	4	4	Mechanicky
	TERRAMATIC TMG45	Deutz-Fahr Serie 11 TTV	4	4	Mechanicky
	S-MATIC 240	Deutz-Fahr Serie 7 TTV	4	4	Mechanicky
	ECCOM 1.3	Deutz-Fahr Serie 6 TTV	4	4	Mechanicky
		TYM TX 1500			Mechanicky
	ECCOM 1.5	Deutz-Fahr Serie 6 TTV	4	4	Mechanicky
		JD 6110R-6135R			Mechanicky
	ECCOM 1.8	JD 6145R-6155R	4	4	Mechanicky
	ECCOM 2.0	JD 6175R-6195R	4	4	Mechanicky
	ECCOM 2.4	John Deere 6215R	4	4	Mechanicky
	ECCOM 3.0	Claas Axion 900	4	4	Mechanicky
	ECCOM 4.5	Claas Xerion 4000-5000	4	4	Mechanicky
	ECCOM 5.0	Claas Xerion 4000-5000	4	4	Mechanicky
Terrion ATM 7000		Mechanicky			



### 4.3 Kombinovaný (s planetovým převodem na vstupu i výstupu)

V posledních letech se objevují převodovky, které kombinují oba dva předchozí koncepty. Hydrostatickou část zde tvoří středně velké hydrostatické axiální převodníky s nakloněným blokem s maximálním úhlem naklonění 45°. Reverzace se může provádět buď mechanicky, nebo hydrostaticky. V prvním rychlostním rozsahu se chovají jako převodovky s planetovým převodem na výstupu. Jedna část složeného planetového převodu se používá pro dělení výkonu do dvou větví a pro slučování výkonu se používá jednoduchý ozubený převod. V následujících rychlostních rozsazích slouží planetový převod jak k dělení, tak ke slučování výkonu a proto se tento koncept nazývá „kombinovaný“. Oba hydrostatické převodníky zde fungují střídavě jako hydrogenerátor nebo hydromotor v závislosti na zařazeném jízdním rozsahu. Na hranicích jízdních rozsahů je výkon přenášen čistě mechanickou cestou. Mezi hranicemi jízdních rozsahů se část výkonu přenáší i hydrostaticky. Maximálně se však hydrostatickou cestou ve druhém a třetím rozsahu přenáší 25 % výkonu. [5]



Obrázek 6: Schéma pohonu traktoru s planetovým převodem na vstupu i na výstupu [6]

Tabulka 3: Přehled převodovek s planetovým převodem na vstupu i výstupu [5]

Výrobce	Model převodovky	Typ traktoru	Rychlostní stupně		Reverzace
			Dopředu	Dozadu	
<b>Planetový převod na vstupu i výstupu (kombinovaný)</b>					
Claas	EQ200	Claas Arion 500/600	2	1	Hydrostaticky
John Deere	IVT 7R	John Deere 7R	3	3	Mechanicky
	IVT 8R	John Deere 8R	4	2	Mechanicky

#### 4.4 Funkční vlastnosti jednotlivých konceptů

Účinnost jednotlivých převodovek je závislá na podílu výkonu, který se přenáší hydrostatickou větví. Za předpokladu, že by se mechanickou částí převodovky přenášelo 70 % výkonu, hydrostatickou částí 30 % výkonu, účinnost mechanické větve byla 95 % a účinnost hydrostatické větve 81% vyjde nám výsledná účinnost 90,5 %.

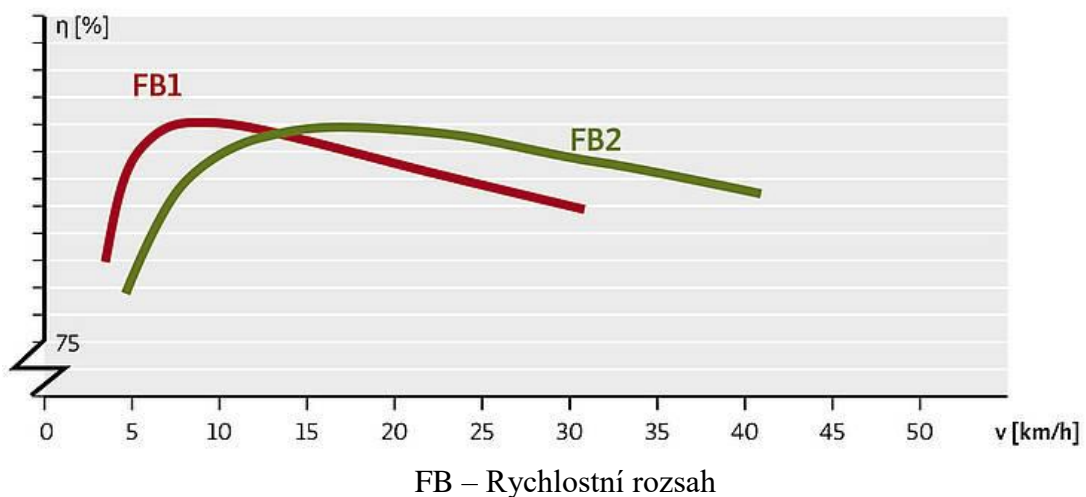
$$0,7 \times 0,95 + 0,3 \times 0,8 = 0,905 = 90,5 \% \quad [7]$$

Pokud se bude podíl hydrostatické větve na přenosu výkonu snižovat, zvýší se nám celková účinnost a naopak. Nejlepší účinnosti převodovka dosáhne v momentu, kdy je výkon přenášen čistě mechanicky. Nedosáhne však hranice 95%, protože se část výkonu spotřebuje na volnoběh a průsaky hydrostatické větve (hydrostatická větev je stále zatížena ale nepřenáší žádný výkon). [7]

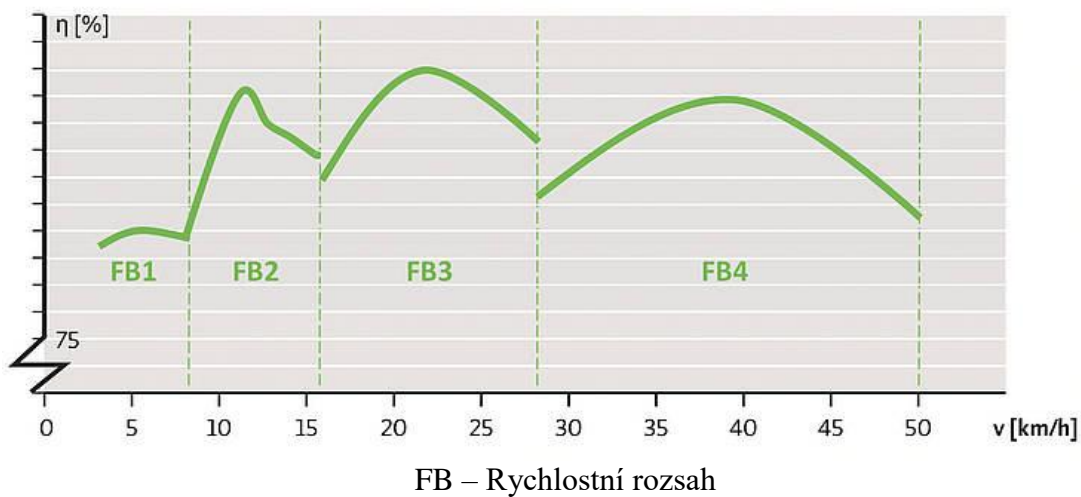
Výsledná účinnost převodovky je tedy závislá na podílu přenosu výkonu jednotlivými větvemi převodovky. U převodovky s planetovým převodem na výstupu je na začátku jízdního rozsahu při rozjezdu přenášeno 100 % výkonu hydrostatickou větví, poté podíl lineárně klesá a na konci jízdního rozsahu je výkon přenášen čistě mechanicky. Z tohoto důvodu je zpočátku účinnost malá, postupným zrychlováním a větším podílem mechanické cesty na přenosu výkonu se účinnost zvyšuje.

Převodovka s planetovým převodem na vstupu přenáší hydrostatickou cestou maximálně jen 50 % výkonu, proto je účinnost oproti předchozímu typu převodovky lepší už od počátku jízdního rozsahu. Nejlepší účinnosti dosahují tyto převodovky vždy zhruba v polovině jízdního rozsahu, kdy se přenáší 100 % výkonu mechanickou cestou.

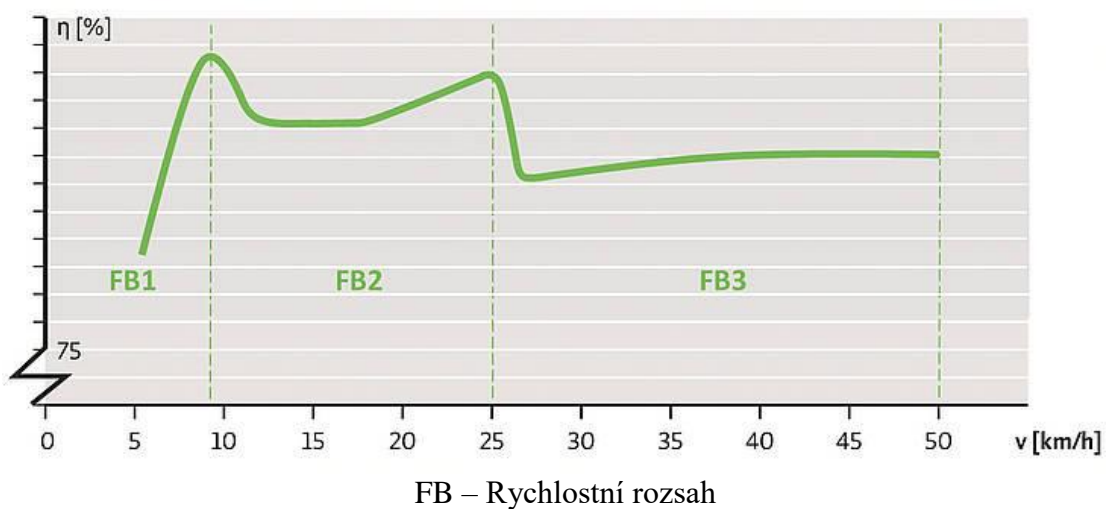
Kombinované převodovky se v prvním rychlostním rozsahu chovají jako převodovky s planetovým převodem na výstupu a proto je účinnost zpočátku menší. V dalších jízdních rozsazích se však hydrostatickou cestou přenáší maximálně 25 % výkonu, a proto se dosahuje poměrně dobré účinnosti v celém rychlostním rozsahu. Nejvyšší účinnost dosahují tyto převodovky na koncích jízdních rozsahů. Závislost účinnosti na rychlosti u jednotlivých konceptů můžeme vidět na obrázcích 7, 8 a 9. [5]



Obrázek 7: Účinnost převodovky s planetovým převodem na výstupu [5]



Obrázek 8: Účinnost převodovky s planetovým převodem na vstupu [5]



Obrázek 9: Účinnost kombinované převodovky se třemi jízdními rozsahy [5]

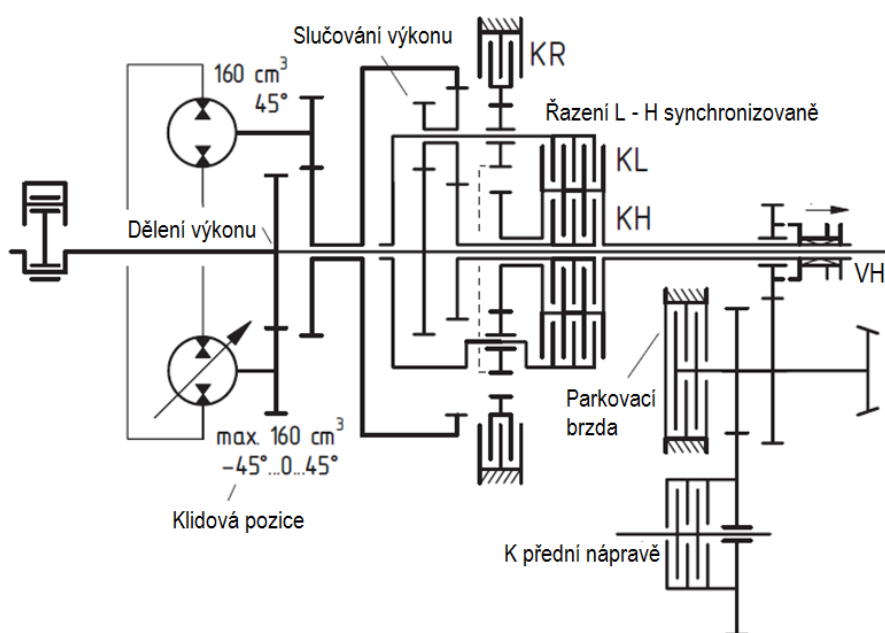
## 5 PŘEHLED SOUČASNÝCH TYPŮ HYDROMECHANICKÝCH PŘEVODOVEK

Existuje mnoho značek traktorů, které mají ve své nabídce hydromechanické převodovky. Ty jsou uvedeny v předcházejících tabulkách. V následujícím přehledu jsou obsaženy nejznámější značky se stručným popisem jejich hydromechanické převodovky.

### 5.1 John Deere AutoPowr/IVT

#### 5.1.1 AutoPowr 7000

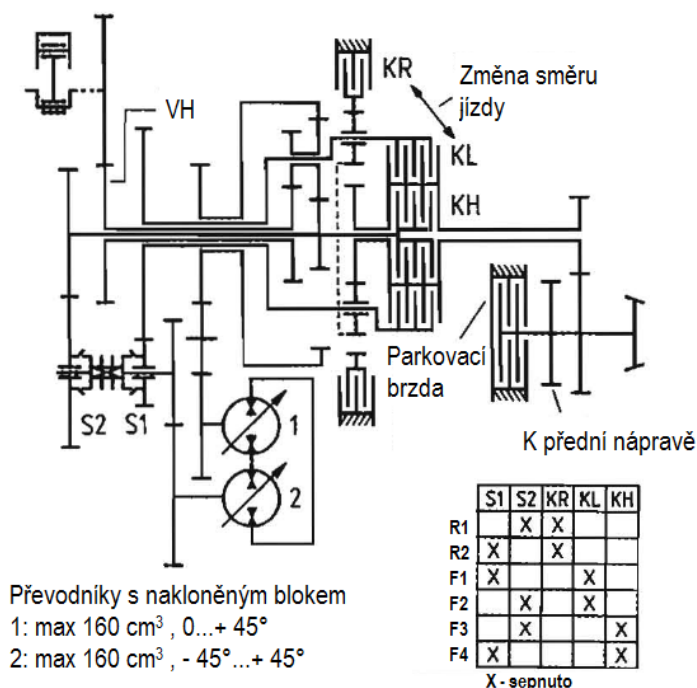
Převodovku Autopowr vyvinula firma John Deere ve vývojovém středisku v americkém Waterloo. Konstrukčně je uspořádána ze dvou planetových převodů, které plní funkci slučovacího a reverzačního převodu. Řazení reakčních členů probíhá dvěma lamelovými spojkami (KL, KH) a jednou lamelovou brzdou (KR). Lamelové spojky jsou určeny pro jízdní rozsahy, lamelová brzda pro jízdu vzad. Hydrostatický převodník tvoří regulační hydrogenerátor (regulace geometrického objemu naklápěním celého bloku v obou směrech pod úhlem  $\alpha_{\max} = 45^\circ$ ) a pístový hydromotor s konstantním geometrickým objemem. Na obrázku č. 10 můžeme vidět schéma převodovky John Deere AutoPowr z roku 2001. [1]



Obrázek 10: John Deere AutoPowr 7000 [7]

### 5.1.2 AutoPowr 8030

Hydromechanická převodovka pro traktory John Deere řady 8030 byla představena v roce 2006 a nabízí čtyři jízdní rozsahy pro jízdu vpřed a dva rozsahy pro jízdu vzad. Schéma převodovky je na obrázku č. 11. Výkon motoru je přenášen na levé centrální kolo planetového převodu, ve kterém se dělí na dvě části. Část výkonu je přenášena přímo mechanicky pomocí unášeče satelitů (KL) nebo pravého centrálního kola (KH) a pokračuje dále až na poháněná kola. Zbylá část výkonu je přenesena pomocí koruno-  
vého kola do hydrostatické části. Z hydrostatické části je výkon poté přenášen na unášeč satelitů (S1) nebo pravé centrální kolo (S2). V prvním a třetím rychlostním rozsahu je hydromotor (2) přímo spojen s rozvodovkou. Ve druhém a čtvrtém rozsahu je pro slučování výkonu využita pravá část dvojitého planetového převodu. Během aktivního klidového stavu je hydrogenerátor (1) nakloněn v nulovém úhlu zatímco hydromotor (2) je nakloněn do maximálního úhlu 45°. Jednotlivé jízdní rozsahy jsou řazeny synchronně pomocí řídicího systému traktoru. [8]

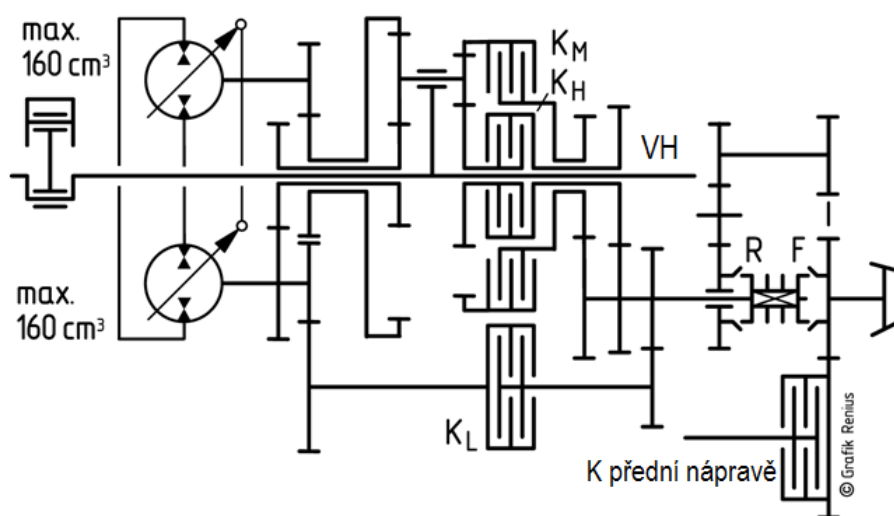


Obrázek 11: John Deere AutoPowr 8030 [8]

### 5.1.3 Autopowr 7R

V roce 2011 představila firma John Deere kompletně novou hydromechanickou převodovku pro výrobní řadu 7R. Schéma převodovky je na obrázku č. 12. Převodovka nabízí tři rychlostní rozsahy pro jízdu vpřed i pro jízdu vzad (KM, KH, KL). Hydrostatické

převodníky jsou zde spojeny pevnou vazbou, což znamená, že když se jeden převodník začne naklánět z nulového úhlu do maximálního úhlu 45° tak se naklání i druhý z maximálního úhlu 45° do nulového úhlu. Není to tedy tak, že se nejdříve nakloní hydrogenerátor a pak hydromotor, ale naklánějí se oba současně. Převodovka se v prvním rychlostním rozsahu chová jako převodovka s planetovým převodem na výstupu a v následujících rozsazích kombinuje oba koncepty umístění planetového převodu. [5]



Obrázek 12: John Deere AutoPowr 7R [10]

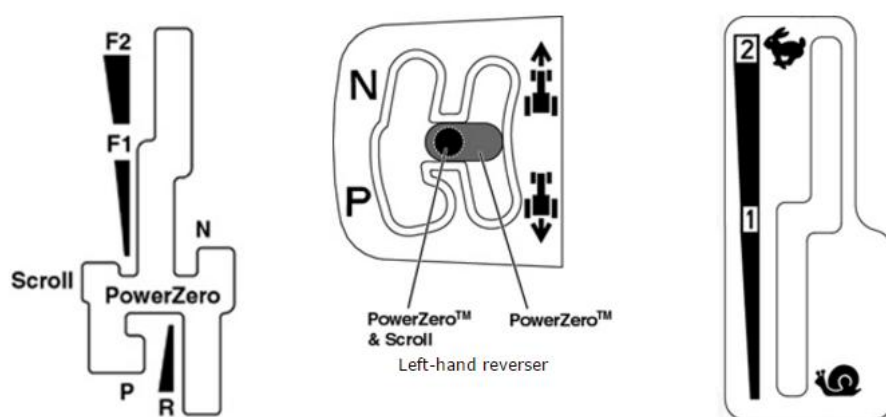
#### 5.1.4 Ovládání převodovky

V kabině traktoru John Deere s převodovkou Autopowr se můžeme setkat buď s ovládáním rychlosti a směru pojezdu pravou rukou, nebo s ovládáním směru pojezdu levou rukou a rychlosti pravou rukou. Při ovládání pravou rukou je páka integrována v pravé opěrce sedadla a zahrnuje jak ovládání směru pojezdu, tak i rychlosti pojezdu. Funkce páky jsou jízda vpřed (F1,F2), jízda vzad (R), neutrální pozice (N), elektronický parkovací zámek (P), funkce Scroll a PowerZero. Na obrázku č. 13 vlevo můžeme vidět rozložení jednotlivých funkcí ovládací páky.

Při ovládání směru pojezdu levou rukou je páka ovládání směru pojezdu umístěna vlevo pod volantem traktoru. Druhá páka pro ovládání rychlosti je umístěna na pravé opěrce sedadla řidiče. Páka pojezdu obsahuje funkce parkovacího zámku (P), neutrální pozici (N), funkci PowerZero, Scroll a jízdu dopředu nebo dozadu. Páka ovládání rych-

losti obsahuje dva rychlostní rozsahy (F1,F2). Ovládání směru pojezdu levou a rychlosti pravou rukou je vidět na obrázku č. 13 uprostřed a vpravo.

Funkce parkovacího zámku (P) spíná elektrohydraulickou brzdou. Pro nastartování traktoru musí být páka v této pozici. Funkcí Scroll se nastavuje rychlost v jednotlivých jízdních rozsazích. Poloha PowerZero umožňuje traktoru zastavit bez používání brzd. Převodovka traktoru v této poloze dodává nulovou rychlost a drží traktor na místě bez ohledu na zatížení nebo sklon pozemku. Rychlostní rozsah F1 je určen převážně pro práce na poli, zatímco rozsah F2 je spíše používán pro jízdu po silnici. [12]



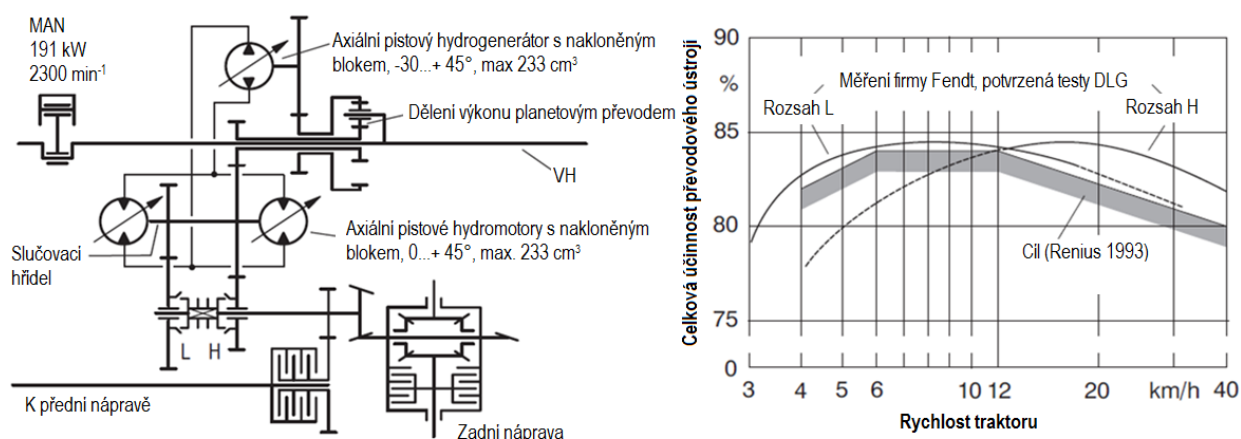
Obrázek 13: Ovládání pojezdu s převodovkou Autopowr [14]

## 5.2 Fendt Vario a VarioDrive

Tuto převodovku představila firma Fendt na veletrhu Agritechnica v roce 1995. V roce 1996 se stala první sériově vyráběnou diferenciální hydrostatickou převodovkou pro traktory na světě. Později se tento typ převodovky rozšířil do většiny modelových řad Fendtu. Od roku 2003 ji začala používat firma Massey-Ferguson pod názvem Dyna-VT.

Převodovka Fendt Vario je diferenciální hydrostatická převodovka s planetovým převodem řazeným na výstupu. Hydrostatická větev je zde kombinována se dvěma mechanickými rozsahy. Rozsah L umožňuje traktoru dosáhnout rychlosti až  $32 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ , rozsah H až rychlosti  $50 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ . Rozsah L je využíván převážně na poli, kde traktor nedosahuje takových rychlostí a tím pádem není potřeba řadit z jednoho rozsahu do druhého. Řazení mezi rozsahy probíhá automaticky a je využíváno především v dopravě. Pokud traktor jede sám, nebo jen s malým zatížením, může být použit pouze rozsah H pro rychlosti  $0 - 50 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ .

Tato převodovka potřebovala velké hydrostatické převodníky. V době vývoje převodovky nebyly na trhu převodníky s dostatečnou účinností. Z tohoto důvodu se firma Fendt rozhodla k vlastnímu výzkumu a vývoji. Ve spolupráci s firmou Sauer-Sundstrand (později Sauer-Danfoss) vyvinula převodníky, které disponují možností náklonu až  $45^\circ$  a při určitém úhlu naklonění dosahují účinnosti téměř 95 %. V kombinaci s malým počtem mechanických prvků v převodovce dosahuje Fendt 926 Vario poměrně dobrých výsledků při měření účinnosti v celém rychlostním rozsahu. [7]



Obrázek 14: Vlevo schéma převodovky Vario, vpravo účinnost převodovky Vario [7]

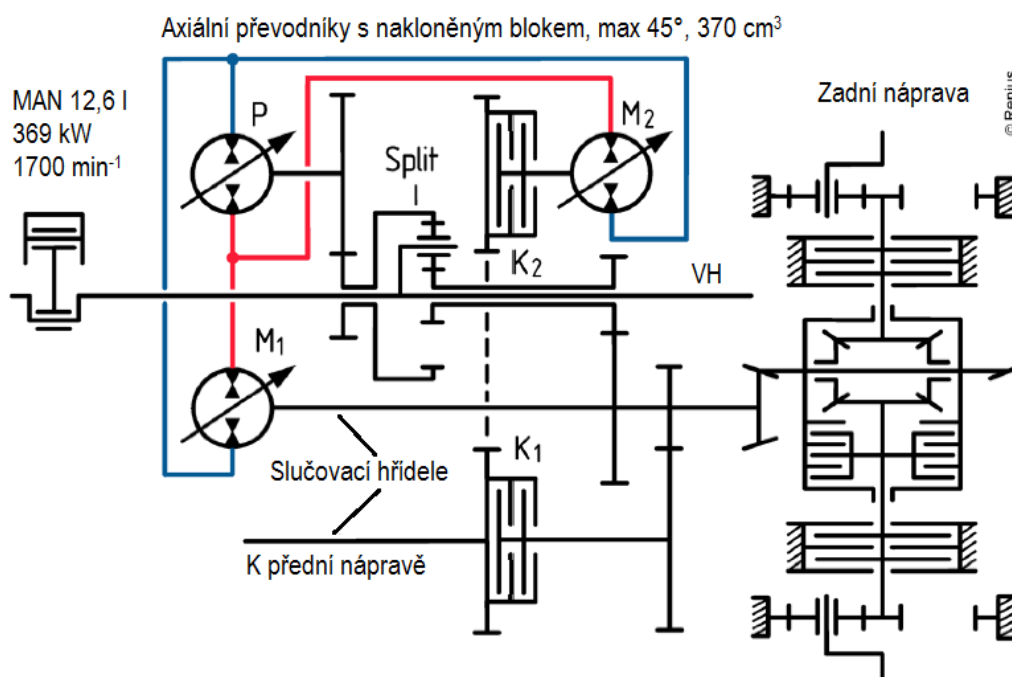
Fendt VarioDrive je nástupcem převodovky Vario. Tato převodovka byla vyvinuta pro modelovou řadu Fendt 1000. Nová převodovka nabízí nezávislý pohon obou náprav. Rozsah rychlostí je  $0,02 - 60 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ . Konvenční pohon všech kol se zpravidla vyznačuje tím, že točivý moment je mezi přední a zadní nápravu rozdělován podle pevně daného poměru. Fendt VarioDrive umožňuje variabilní pohon všech kol. Točivý moment přenáší na nápravy prostřednictvím dvou výstupních hřídelí převodovky. Pomocí inteligentně řízené spojky pohonu všech kol lze v případě potřeby změnit poměr točivého momentu mezi nápravami. Tento systém se nazývá Fendt Torque Distribution.

Při práci na poli se točivý moment flexibilně přenáší na tu nápravu, jejíž kola mají lepší trakci. Tento systém monitoruje prokluz jednotlivých náprav. Pokud začne prokluzovat více přední náprava, sepne se mezinápravová spojka a přenesou více točivého momentu na zadní nápravu nebo naopak. Výsledkem je mimořádně vysoký tahový výkon.



S narůstající rychlostí (od cca  $25 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ) se zcela odpojí pohon přední nápravy, čímž odpadnou ztráty v hnacím ústrojí a zvýší se tak jeho účinnost.

Vzhledem k tomu, že variabilní pohon všech kol nemá pevnou charakteristiku pohybu vpřed, lze pomocí pohonu přední nápravy traktor aktivně natáčet do zatáček (takzvaný efekt „pull-in turn“). Poloměr otáčení na poli se díky této funkci sníží až o 10 %. Zvýšené opotřebení předních pneumatik, k němuž běžně dochází při projíždění zatáček na pevném podkladu, je pohonem VarioDrive minimalizováno (údaj poloměru otáčení u sériově obouvaných pneumatik). Na obrázku č. 15 je vyobrazeno schéma převodovky VarioDrive. [15]



Obrázek 15: Schéma převodovky VarioDrive [13]

### 5.3 Case – New Holland

Koncern CNH produkuje traktory Case a New Holland. Pro své traktory používají ve stejných výkonových třídách stejné převodovky, každá značka má však pro převodovku svůj název. Case nazývá ve svých traktorech plynulé převodovky názvem CVX. New Holland prodává převodovky pod označením AutoCommand.

#### 5.4.1 Ovládání převodovek u traktorů Case

Pojezd traktoru lze ovládat jak pomocí pedálu, tak pomocí páky. Různým nastavením ručního plynu je možno nastavit tři režimy řízení práce motoru a převodovky.

Pro nastavení určitého rozsahu otáček nastavíme levou polovinou spodní hranici a pravou polovinou maximální otáčky. V tomto rozsahu budou udržovány otáčky motoru během práce. Otáčky motoru budou automaticky udržovány na spodní hranici. Při zvyšujícím zatížení, kdy již nebude možné udržet minimální otáčky, začne management převodovky řadit a zvyšovat převodový poměr a tím kompenzovat zatížení.

Pro nastavení konstantních otáček motoru pro práci s vývodovým hřídelem (VH) nastavíme obě poloviny ručního plynu proti sobě. Jakmile dosáhne zatížení motoru 100 %, převodovka začíná zvyšovat převodový poměr. Zvýšením převodového poměru poklesne rychlost, ale udrží se konstantní otáčky na VH.

Pro nastavení povoleného poklesu otáček, bez změny převodového poměru, přesuneme levou polovinu ručního plynu nad pravou polovinu. Při práci dochází k tomu, že jsou otáčky udržovány na horní hranici (obvykle pro práci s VH) a při zvýšeném zatížení dojde k jejich poklesu na dolní hranici bez zásahu převodovky, tzn. až při spodní hranici začne převodovka zvyšovat převodový poměr. Tento režim je vhodný např. pro lisování. Na obrázku č. můžeme vidět všechny tři režimy nastavení ručního plynu. [1,18]

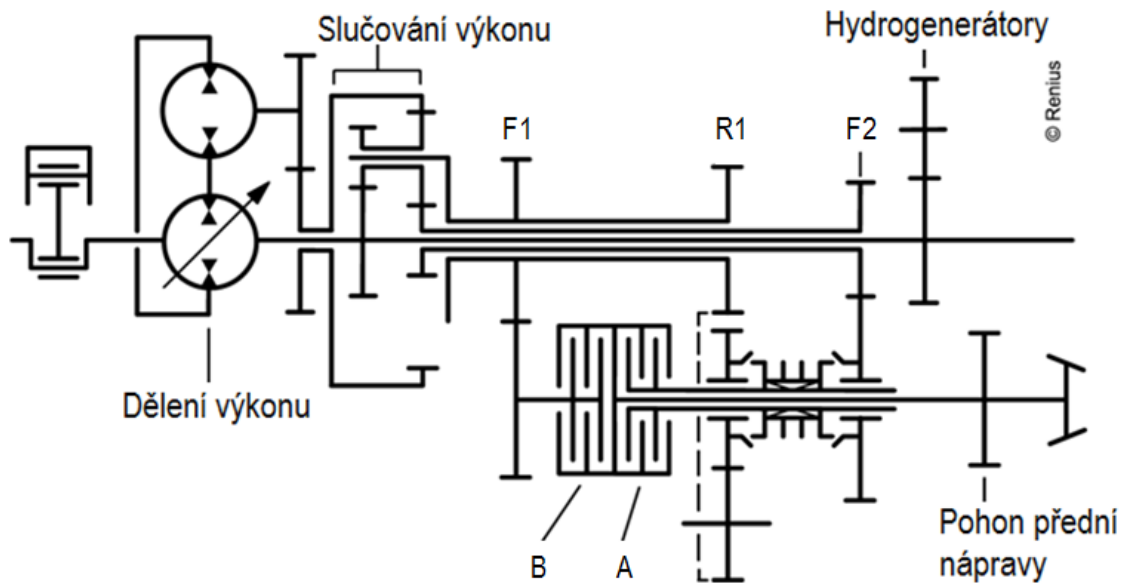


Obrázek 16: Režimy nastavení ručního plynu

#### 5.4.2 Maxxum, Puma SWB / T6, T7 SWB

Pro řadu Case Maxxum, New Holland T6 a menší traktory z řady Case Puma a New Holland T7 používá firma CNH hydromechanickou převodovku se dvěma jízdními rozsahy pro jízdu vpřed (F1, F2) a jedním pro jízdu vzad (R1).

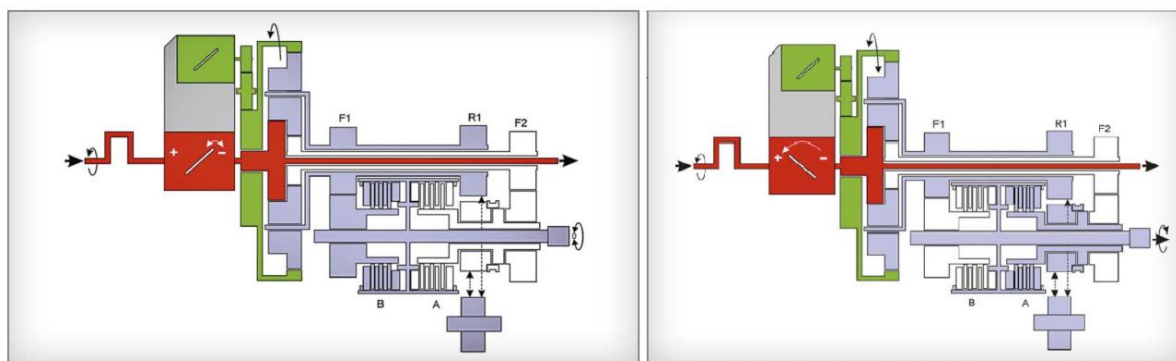
Převodovku tvoří hydrostatický převodník, planetový převod a mechanická převodovka založená na principu DSG převodovky. Schéma převodovky se nachází na obrázku č. 17.



Obrázek 17: Převodovka pro Case Maxxum, Puma SWB, NH T6 a NH T7 SWB [12]

Hydrostatická část převodovky se skládá z regulačního hydrogenerátoru s nakloněnou deskou s geometrickým objemem  $145 \text{ cm}^3$ . Na hydrogenerátor bezprostředně navazuje hydromotor v uspořádání „Back to Back“. Hydromotor má konstantní objem  $107 \text{ cm}^3$ .

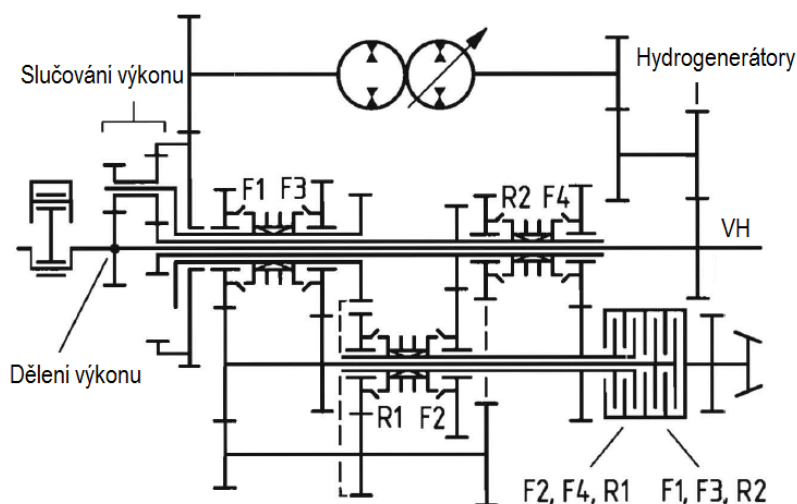
Mechanická část převodovky zajišťuje slučování výkonu z hydrostatické i mechanické části. Na vstupu do mechanické části se nachází slučovací planetový převod se sdruženým satelitem. Za planetovým převodem se nachází stupňovitá převodovka. Jízdní rozsahy se řadí dvěma lamelovými spojkami (A, B) a jednou synchronizační spojkou jako v DSG převodovce, jejíž princip je zde zachován, tzn. přeřazování mezi převodovými stupni probíhá za klidu, v okamžiku, kdy se nepřenáší žádný výkon. Jeden mechanický stupeň je vytvořen přímo bez řazení tzv. přímý záběr. Tím se vytvoří první rychlostní rozsah  $0 - 13 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  a druhý rozsah se již musí řídit zapnutím lamelové spojky. Pro jízdu vzad se musí přesunout synchronizační spojka a zapnout druhá lamelová spojka. Na obrázku č. 18 můžeme vidět přenos výkonu, který je označen modrou barvou pro jízdu vpřed a pro jízdu vzad. [16]



Obrázek 18: Jízda na první rychlostní rozsah vpřed (vlevo) a vzad (vpravo) [16]

### 5.4.3 Puma LWB / T7 LWB

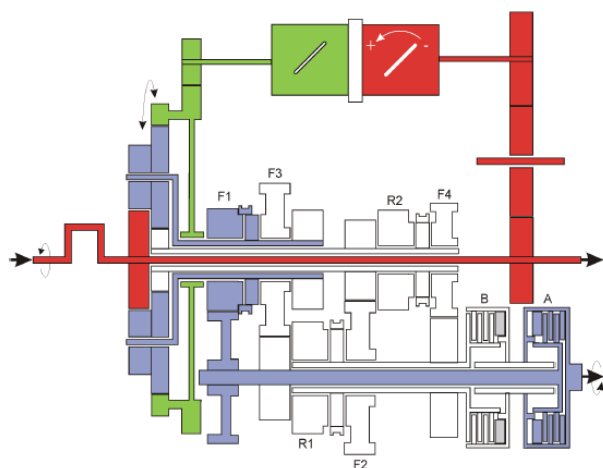
Konstrukce převodovky je založena na kombinaci hydraulické a mechanické části, jejichž slučovací převod je na vstupu mechanické části převodovky. Mechanickou část tvoří stupňovitá převodovka s trojicí synchronizačních spojek pro řazení čtyř rozsahů pro jízdu vpřed a dvou rozsahů pro jízdu vzad. Do mechanické části dále patří dvě lamelové spojky, kterými se zapne dané soukolí rozsahu do aktivního záběru. Hydrostatická část se skládá z regulačního axiálního pístového hydrogenerátoru a axiálního pístového hydromotoru s konstantním geometrickým objemem. Hydrogenerátor je poháněn od motoru přes dva páry ozubených kol. Regulace geometrického objemu je řešena sklonem desky, který lze měnit v rozsahu  $\pm 10^\circ$ . Maximální geometrický objem hydrogenerátoru je  $110 \text{ cm}^3$ , geometrický objem hydromotoru je  $90 \text{ cm}^3$ . Konstrukce převodovky dovoluje rychlost až  $70 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ , která je však elektronicky omezena na 50 nebo  $40 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ . [1]



Obrázek 19: Převodovka pro Case Puma LWB a NH T7 LWB [9]

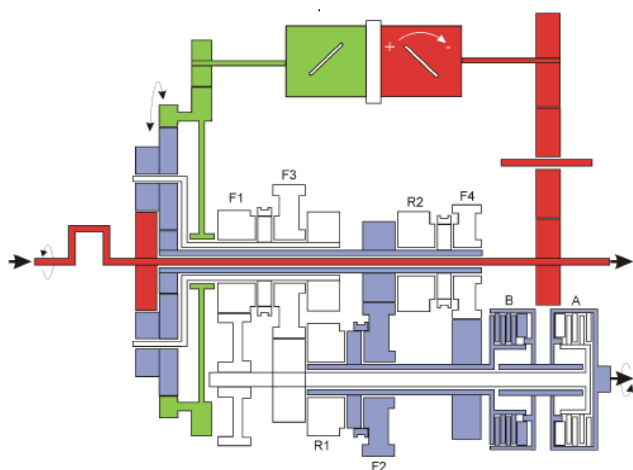
Aktivní klidový stav je charakterizován stojícím traktorem bez nutnosti aktivace ruční brzdy. Při stání traktoru je aktivován první převodový stupeň (F1, R1). Aby bylo dosaženo tohoto stavu, nesmí se otáčet unášecí satelitů, který je výstupním členem planetového převodu pro převodové stupně F1, F3 a R1. To je možné pouze při otáčení korunového a centrálního kola do vzájemně opačného směru, tak aby spojnice vektorů jejich obvodových rychlostí procházela středem satelitu.

Pro rozjezd v prvním rychlostním stupni (F1) musíme prostřednictvím poklesu geometrického objemu hydrogenerátoru snížit otáčky korunového kola. V okamžiku kdy se korunové kolo přestane otáčet, začne se celý výkon přenášet čistě mechanicky. Pro další zrychlení se regulační deska sklání na opačnou stranu na úroveň maximálního sklonu, který je elektronicky omezen na  $8^\circ$ . V tomto bodu dosáhne maximální rychlosti na první převodový stupeň. [1]



Obrázek 20: Přenos výkonu (modrou barvou) při zařazeném prvním stupni (F1) [17]

Druhý převodový stupeň (F2) je při zařazeném prvním stupni (F1) automaticky předřazen přesunem synchronizační spojky. Při dosažení maximální rychlosti v prvním stupni se sepne lamelová spojka a zařadí druhý převodový stupeň. Při druhém převodovém stupni je výstupním členem planetového převodu centrální kolo. Pro zvýšení rychlosti musí dojít k poklesu otáček korunového kola, který je realizován snižováním geometrického objemu hydrogenerátoru. V okamžiku, kdy se korunové kolo zastaví, je přenášen výkon opět čistě mechanicky. Pro další urychlení centrálního kola se začne regulační deska hydrogenerátoru naklápět do opačného směru. Při naklopení desky v úhlu  $\alpha = -1^\circ$  dosáhne traktor maximální rychlosti v druhém převodovém stupni. [1]



Obrázek 21: Přenos výkonu (modrou barvou) při druhém převodovém stupni (F2) [17]

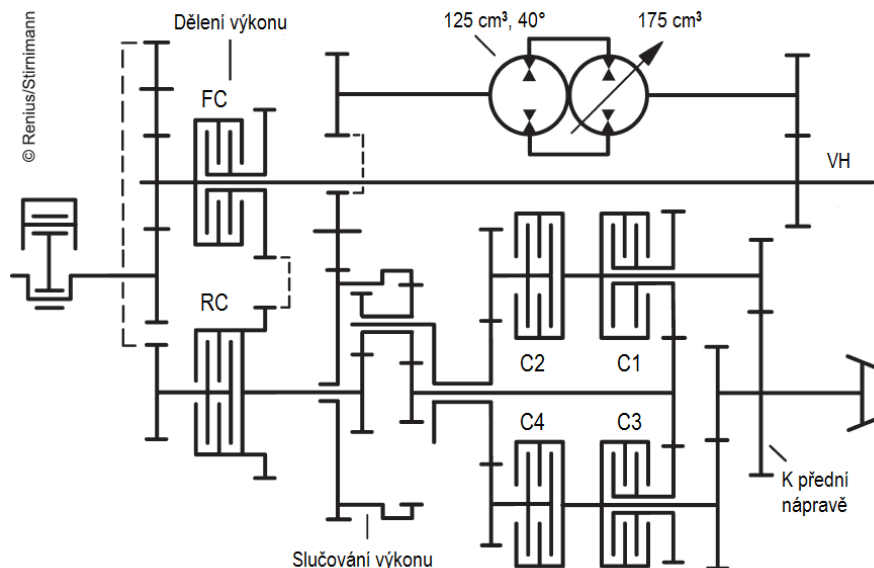
V třetím rychlostním rozsahu (F3) se opět stane výstupní částí unášec satelitů. Pro dosažení maximální rychlosti se musí regulační deska hydrogenerátoru naklonit do úhlu  $\alpha = 8^\circ$ .

Ve čtvrtém rychlostním rozsahu (F4) se začne deska hydrogenerátoru naklápět zase do opačného směru. Naklápění desky přestane po dosažení maximální rychlosti traktoru.

Při jízdě vzad na první stupeň (R1) se planetové soukolí chová stejně jako při jízdě vpřed na první rychlostní rozsah. Točivý moment je přenášen přes vložené kolo. Při jízdě vzad na druhý stupeň (R2) se chová planetové soukolí stejně jako při jízdě vpřed na druhý převodový stupeň. Točivý moment je přenášen přes předlohový hřídel. [1]

#### 5.4.4 Magnum / T8

Převodovka se skládá z mechanické a hydrostatické části, jejich výkony se slučují na planetovém soukolí, za kterým se nachází čtyřstupňová převodovka se stupni řazenými pod zatížením. Regulace a plynulý účinek je vytvořen pomocí hydrostatického převodníku. Schéma převodovky můžeme vidět na obrázku č. 22.



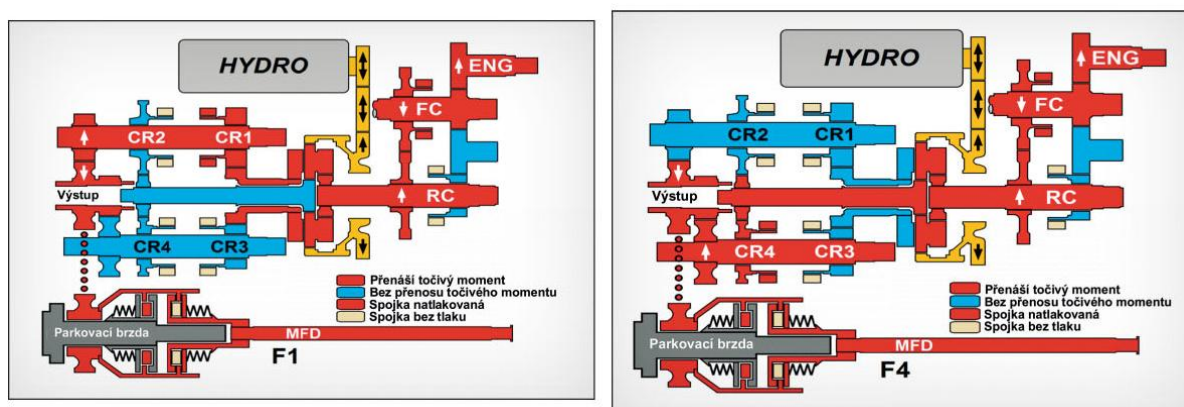
Obrázek 22: Schéma převodovky pro Case Magnum a New Holland T8 [11]

Hydrostatickou část tvoří regulační hydrogenerátor s geometrickým objemem  $175 \text{ cm}^3$ , který tvoří devět pístků. Změna geometrického objemu je realizována regulací sklonu úhlu desky. Na hydrogenerátor bezprostředně navazuje hydromotor, uspořádání „Back to Back“, což znamená, že tlakový olej z hydrogenerátoru proudí přímo do hydromotoru a nejsou zde žádná propojovací potrubí, která by zvyšovala tlakové ztráty a tím i ztráty výkonu. Hydromotor má konstantní geometrický objem o velikosti  $125 \text{ cm}^3$ . Konstrukce hydromotoru je stejná jako konstrukce hydrogenerátoru s nakloněnou deskou. [18]

Tlak v hydrostatické části je omezován pomocí pojistných ventilů na 500 barů. Olej použitý na mazání pístů a kluzátek je odváděn do nádrže. Tento olej je potřeba do okruhu doplňovat, aby nedocházelo k poklesu účinnosti. Pro doplňování oleje slouží nízkotlaký okruh s tlakem 23 barů. Zdrojem tlaku je zubový hydrogenerátor.

Mechanická část převodovky zajišťuje slučování výkonu přenášeného hydraulicky a mechanicky ze spalovacího motoru. Na vstupu do mechanické části se nachází sestupné soukolí, za kterým následuje převod se sruženým satelitem. Sestupné soukolí obsa-

huje dvě lamelové spojky pro řazení směru jízdy (FC, RC). Za planetovým převodem se nachází stupňovitá převodovka se stupni řazenými pod zatížením lamelovými spojkami (C1, C2, C3, C4). Všechny stupně jsou postupně během jízdy řazené, bez zásahu řidiče, pomocí řídicí jednotky. Reverzace je řešena mechanicky, pomocí změny směru otáčení soukolí v sestupné převodovce. Změny směru otáčení se dosáhne sepnutím spojky pro jízdu vzad (RC). Na následujícím obrázku č. 23 je možné vidět přenos točivého momentu převodovkou při zařazených různých rychlostních stupních. [18]



Obrázek 23: Tok točivého momentu převodovkou CVX při zařazeném prvním a čtvrtém převodovém stupni [18]

## 5.4 Claas CMATIC

Tato převodovka byla představena poprvé firmou Claas v roce 2013 na veletrhu Agri-technica. Převodovka je složena ze dvou hydrostatických převodníků s nakloněným blokem s možností regulace geometrického objemu nakloněním bloku v úhlu  $\alpha_{\max} = 45^\circ$  (H1, H2), složeného planetového převodu a dvou lamelových spojek (K1, K2).

Výkon motoru je rozdělován mezi mechanickou a hydrostatickou část převodovky planetovým převodem. Planetový převod je spojen se dvěma lamelovými spojkami, díky čemuž má převodovka dva rychlostní rozsahy.

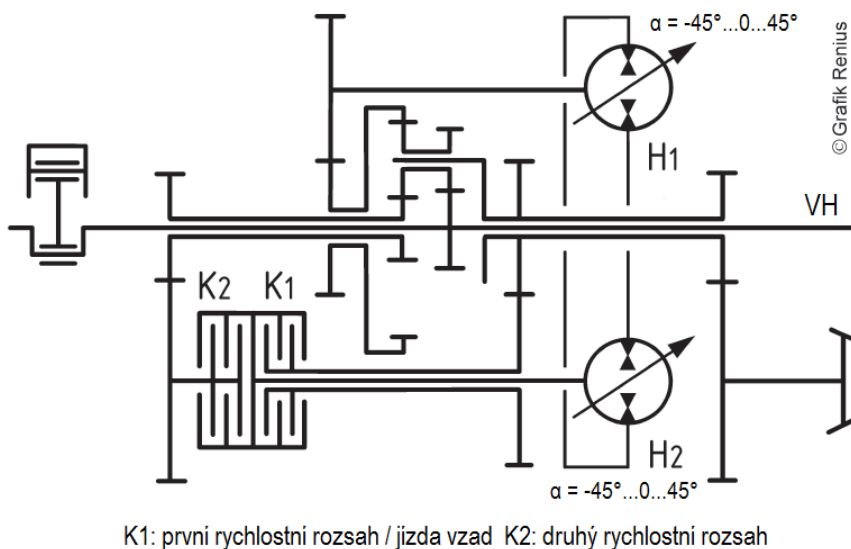
Při nulové rychlosti je hydrostatický převodník (H1), který v prvním rychlostním rozsahu slouží jako hydrogenerátor, ve výchozí pozici kdy úhel  $\alpha = 0^\circ$ . Hydrostatický převodník (H2) má funkci hydromotoru a jeho výchozí pozice pro nulovou rychlost traktoru je  $\alpha = 45^\circ$ . Pro rozjezd a zrychlování v prvním rychlostním rozsahu se začne převodník H1 naklánět až dosáhne maximálního úhlu  $\alpha = -45^\circ$ . Pro další zrychlování a dosažení maximální rychlosti prvního rozsahu se musí převodník H2 postupně naklonit až do úhlu  $\alpha = 0^\circ$ . Při dosažení maximální rychlosti se hydrogenerátor (H1) přestane



otáčet a výkon od motoru se začne přenášet čistě mechanickou cestou. Maximální rychlost v prvním rozsahu činí zhruba  $20 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ . V tomto bodě se také vyrovnají rychlosti otáčení obou lamelových spojek (K1, K2) a dojde k automatickému přěžení na druhý rychlostní rozsah.

Při zařazení druhého rozsahu se obrátí tok výkonu převodovkou. Z hydrogenerátoru (H1) se stane hydromotor a z hydromotoru (H2) se stane hydrogenerátor. Poté se hydrogenerátor (H2) začne naklánět do opačného úhlu, než byla jeho výchozí pozice. Po dosažení maximálního úhlu  $\alpha = -45^\circ$  se začne naklánět i hydromotor (H1) až se dostane do úhlu  $\alpha = 0^\circ$ . V tomto bodě dosáhne traktor maximální rychlosti, hydrogenerátor se přestane otáčet a celý výkon je opět přenášen čistě mechanickou cestou. Maximální rychlosti  $50 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  dosahuje traktor už při otáčkách  $1500 \text{ min}^{-1}$ .

Reverzace probíhá stejným způsobem jako jízda vpřed. Jediným rozdílem je, že se hydrogenerátor naklání na opačnou stranu do úhlu  $\alpha = 45^\circ$ . Na obrázku č. 24 můžeme vidět schéma převodovky EQ 200. [11,19]



Obrázek 24: Schéma převodovky CMATIC EQ 200 [11]

## 5.5 ZF Friedrichshafen AG

Firma ZF Friedrichshafen AG v současné době vyrábí tři typy hydromechanických převodovek pro traktory. Tyto převodovky se jmenují Terramatic, Eccom a S-Matic (převzato od Steyr) a jsou používány několika velkými výrobci traktorů. V tabulce č. 4 můžeme vidět výrobní plán s určením převodovky k jednotlivému typu traktoru.

Tabulka 4: Přehled převodovek od firmy ZF [12]

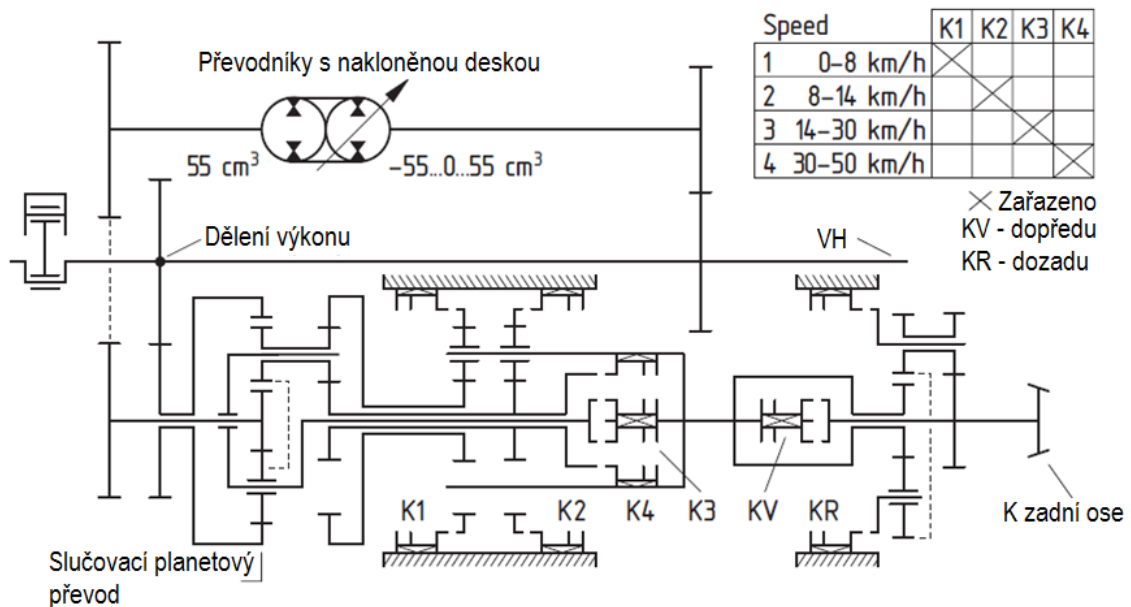
Typ převodovky	Použití v traktoru	Rok	Stupně dopředu/dozadu	HG/HM
TERRAMATIC TMT09	Linder Lintrac 90	2014	2/1	45/45 cm <sup>3</sup>
TERRAMATIC TMT11	V plánu	-	2/1	45/45 cm <sup>3</sup>
TERRAMATIC TMT14	V plánu	-	4/4	28/28 cm <sup>3</sup>
TERRAMATIC TMT16	Kubota Serie M7001	2015	4/4	45/45 cm <sup>3</sup>
TERRAMATIC TMT18	McCormick X7 VT	2015	4/4	45/45 cm <sup>3</sup>
TERRAMATIC TMG25	Claas Axion 810/830	2014	4/4	45/45 cm <sup>3</sup>
TERRAMATIC TMG28	Claas Axion 850	2014	4/4	65/56 cm <sup>3*</sup>
TERRAMATIC TMT32	Deutz-Fahr Serie 9 TTV	2015	4/4	65/56 cm <sup>3*</sup>
TERRAMATIC TMG45	Deutz-Fahr Serie 11 TTV	2016	4/4	110/90 cm <sup>3*</sup>
ECCOM 1.3	Deutz-Fahr Serie 6 TTV	2013	4/4	28/28 cm <sup>3</sup>
	TYM TX 1500	2013	4/4	
ECCOM 1.5	Deutz-Fahr Serie 6 TTV	2013	4/4	40/40 cm <sup>3</sup>
ECCOM 1.5	John Deere 6110R-6135R	2015	4/4	28/28 cm <sup>3</sup>
ECCOM 1.8	John Deere 6145R-6155R	2015	4/4	45/45 cm <sup>3</sup>
ECCOM 2.0	John Deere 6175R-6195R	2014	4/4	45/45 cm <sup>3</sup>
ECCOM 2.4	John Deere 6215R	2014	4/4	45/45 cm <sup>3</sup>
S-MATIC 240	Deutz-Fahr Serie 7 TTV	2012	4/4	75/75 cm <sup>3</sup>
ECCOM 3.0	Claas Axion 900	2012	4/4	58/58 cm <sup>3</sup>
ECCOM 4.5	Claas Xerion 4000-5000	2014	4/4	110/90 cm <sup>3*</sup>
ECCOM 5.0	Terrion ATM 7000	2011	4/4	110/90 cm <sup>3*</sup>
	Claas Xerion 4000-5000	2014	4/4	
Všechny axiální převodníky s nakloněnou deskou, jen tyto *) Hydromotory s nakloněným blokem HG - hydrogenerátor, HM – Hydromotor				

### 5.6.1 Steyr S-Matic

Rakouská firma Steyr Antriebstechnik představila v roce 1994 koncept nové převodovky S-Matic. Ta byla uvedena do sériové produkce v roce 2000 pro traktory Steyr a Case o výkonu 88 - 125 kW. Poté tuto převodovku začal používat i New Holland a McCormick. V roce 2000 se firma Steyr stala součástí firmy ZF.

Hydrostatická část převodovky se skládá z axiálního hydromotoru a hydrogenerátoru s nakloněnou deskou. Oba převodníky mají geometrickým objem 55 cm<sup>3</sup>. Mechanickou část převodovky tvoří planetová soukolí pro jízdu vpřed a vzad. Mechanická část

je doplněna čtyřstupňovou převodovkou (K1-K4), díky které se zlepšuje účinnost převodovky. Přenos výkonu hydrostatickou větví se pohybuje v rozsahu 0 - 50 %. Přenos výkonu mechanickou větví se pohybuje v rozsahu 50 - 100 %. [7]

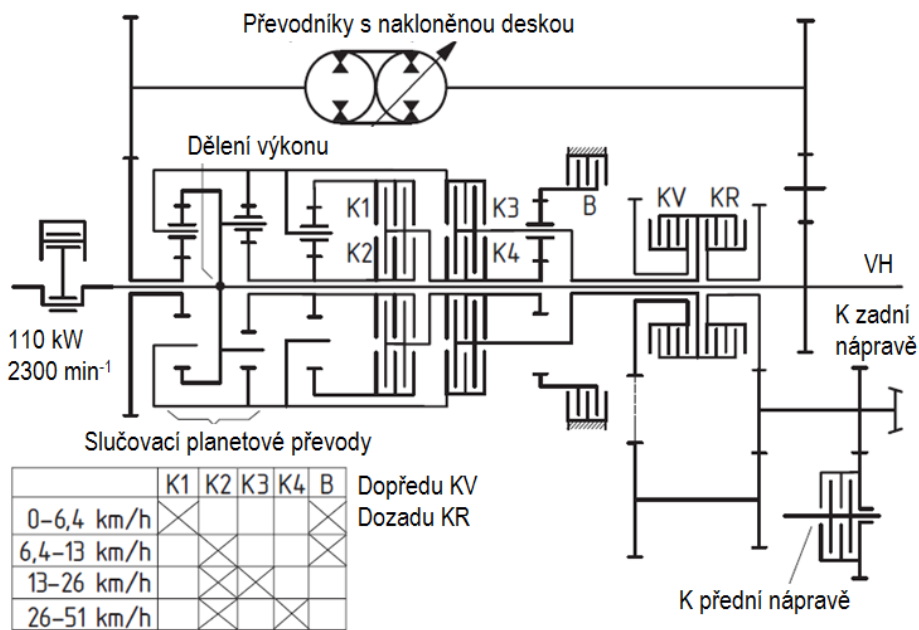


Obrázek 25: Steyer S-Matic [7]

### 5.6.2 ZF Ecom

Převodovka ZF Ecom byla představena v roce 1997 na veletrhu Agritechnica. První tuto převodovku začal používat Deutz-Fahr pro traktory Agrottron TVV v roce 2000. Poté následoval John Deere s názvem převodovky Autopowr pro traktory řady 6000. Největší typy této převodovky používá Claas v traktorech Xerion.

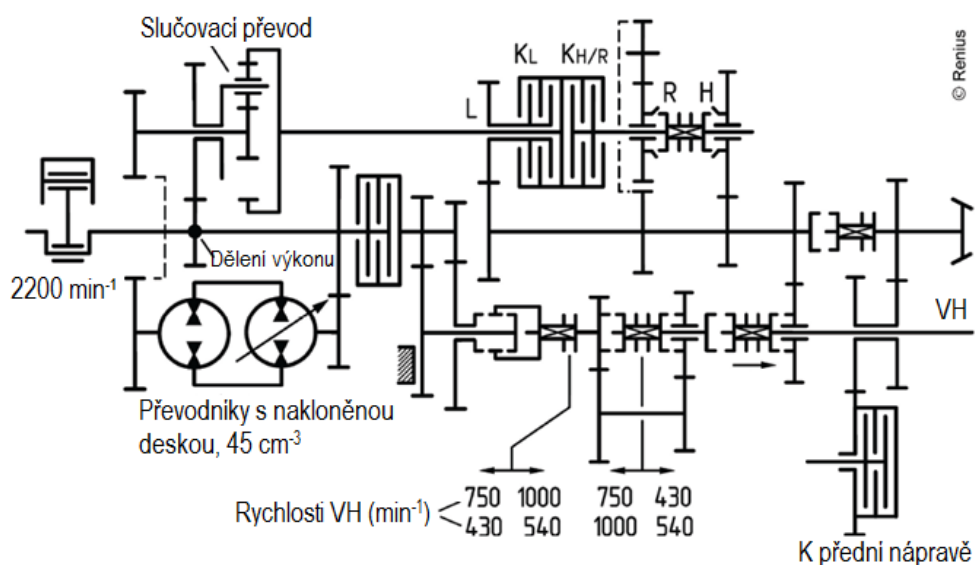
Převodovka ZF Ecom se podobá převodovce S-Matic. Používá stejné uspořádání hydrostatických převodníků s nakloněnou deskou. Mechanickou část tvoří čtyři planetová soukolí, spojky K1, K2, K3 a K4 pro řazení jednotlivých rychlostních rozsahů. Spojka KV slouží pro jízdu vpřed, spojka KR se používá pro jízdu vzad. Převodovka umožňuje traktor dosahovat rychlostí až  $51 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ . [7]



Obrázek 26: ZF Eccom [7]

### 5.6.3 ZF Terramatic

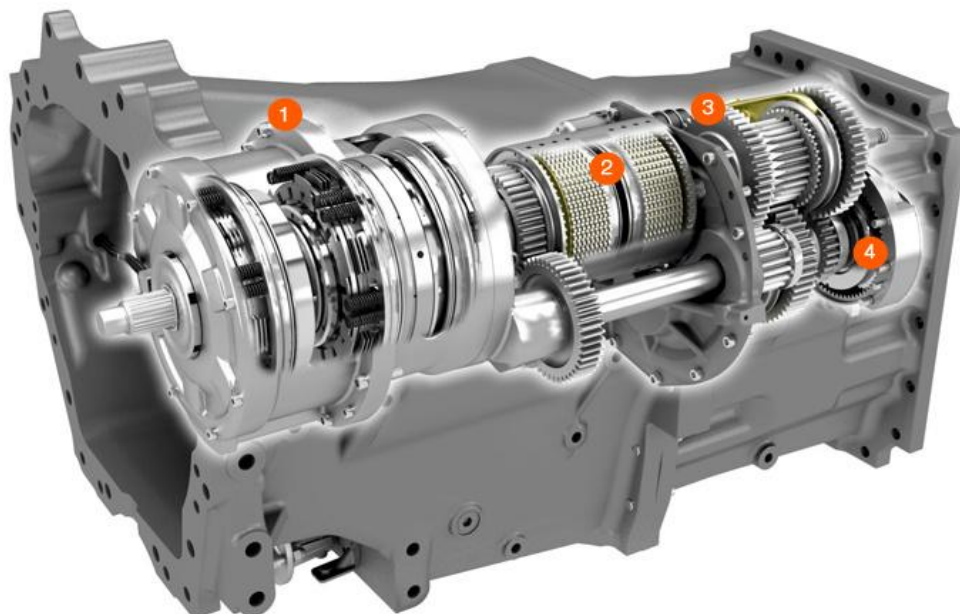
Nejmenší hydromechanická převodovka vyráběná firmou ZF se jmenuje Terramatic 09. Tuto převodovku můžeme najít v malém traktoru Linder Lintrac, který byl vyvinut pro práci na horách. Převodovka je tvořena hydrostatickými převodníky s nakloněnou deskou o geometrickém objemu  $45 \text{ cm}^3$ . Dále převodovka nabízí dva rychlostní rozsahy pro jízdu vpřed (L, H) a jeden pro jízdu vzad (R). Tyto rozsahy jsou řazeny spojkami KL, KH/R. Vývodový hřídel je čtyřstupňový s možností volby otáček 430, 540, 750 a  $1000 \text{ min}^{-1}$ .



Obrázek 27: ZF TerraMatic pro traktor Lindner Lintrac [11]

## 6 MĚŘENÍ TRAKTORU CLAAS S PŘEVODOVKOU HEXASHIFT A CMATIC

### 6.1 Převodovka HEXASHIFT



1 - HEXASHIFT (šestistupňový násobič točivého momentu), 2 – REVERSHIFT (reverzace lamelovou spojkou), 3- čtyřstupňová skupinová převodovka, 4 – volitelné plazivé rychlosti

Obrázek 28: Převodovka HEXASHIFT [21]

Převodovka HEXASHIFT je mechanická převodovka se stupni řazenými pod zatížením. Tuto převodovku zde uvádím, protože byla testována spolu s převodovkou CMATIC při tahových zkouškách traktoru Claas Arion 640. Převodovka nabízí 4 rychlostní skupiny. Každá skupina je doplněna šesti rychlostmi řazenými pod zatížením. Řadit jednotlivé rychlosti pod zatížením je možno buď řadicí páčkou nebo pomocí funkce HEXACTIV, která řadí automaticky. Mezi jízdními rozsahy není možno řadit při zatížení. Převodovka Claas CMATIC je zmíněna na straně 32 v odstavci 5.6. [21]

## 6.2 Tahové zkoušky

V tahových zkouškách byly testovány dva traktory **CLAAS ARION 640** s různými typy převodovek. První Claas Arion 640 měl mechanickou stupňovitou převodovkou HEXASHIFT se šestistupňovým násobičem točivého momentu a hlavní roboticky řazenou čtyřstupňovou převodovkou. Druhý traktor Claas Arion 640 byl vybaven plynulou hydromechanickou převodovkou CMATIC.

Při měření otáčkové charakteristiky přes vývodový hřídel na traktorové zkušebně v laboratořích Ústavu základů techniky a automobilové dopravy na Mendelově univerzitě v Brně bylo naměřeno, že maximální výkon traktoru s převodovkou HEXASHIFT byl 121,6 kW. Maximální výkon motoru traktoru s převodovkou CMATIC byl 117,8 kW. Rozdíl výkonu motoru mezi oběma traktory činil tedy 3,8 kW. Tato skutečnost ovlivnila tahové zkoušky i polní měření.

Cílem tahových zkoušek bylo změřit vliv mechanické stupňovité převodovky HEXASHIFT a plynulé hydromechanické převodovky CMATIC, traktorů Claas Arion 640, na průběh tahových charakteristik. Měření tahových vlastností na vybrané jezdové rychlosti proběhla na suchém, rovném úseku asfaltové vozovky v katastru obce Damnice u Miroslavi. Na rovném úseku vozovky byl vyměřen 50 metrů dlouhý úsek, na kterém docházelo k měření tahových vlastností obou testovaných traktorů. U traktoru s převodovkou HEXASHIFT probíhaly tahové zkoušky na převodové stupně B2, B4, C2 a C3. U traktoru s plynulou převodovkou CMATIC byly nastaveny čtyři jezdové rychlosti, odpovídající převodovým stupňům u předešlého traktoru. Měření probíhalo s nastavenými rychlostmi 5 km·h<sup>-1</sup>, 8 km·h<sup>-1</sup>, 11 km·h<sup>-1</sup> a 12 km·h<sup>-1</sup>. Na jednotlivé rychlosti se zátěž postupně zvětšovala, až se dosáhlo maximálního tahového výkonu. [20]

$$P_e = M_t \cdot 2 \cdot \pi \cdot n \quad [ \text{W} ]$$

$$P_e - \text{efektivní výkon} \quad [ \text{W} ]$$

$$M_t - \text{točivý moment} \quad [ \text{N} \cdot \text{m} ]$$

$$n - \text{otáčky motoru} \quad [ \text{s}^{-1} ]$$



Obrázek 29: Tahové zkoušky traktoru Claas Arion 640 na asfaltové vozovce [20]

Zkoušky se prováděly pro tři různé tlaky v pneumatikách. Postupně bylo nastaveno 100, 150, a 220 kPa. Na obrázcích č. 29 a 30 jsou uvedeny v grafech tahové charakteristiky obou měřených traktorů pro huštění pneumatik 100 kPa. Z grafů je patrné, že traktor s převodovkou HEXASHIFT dosahoval oproti traktoru s převodovkou CMATIC vyšších maximálních výkonů.

Na nejnižší jezdovou rychlost  $5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ , respektive převodový stupeň B2 byl naměřen rozdíl v maximálních tahových výkonech obou traktorů 24,8 kW. Při jezdové rychlosti  $8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  (B4) byl rozdíl v nejvyšších dosažených tahových výkonech 26,8 kW. Při výchozí jezdové rychlosti  $11 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  (C2), byl naměřen rozdíl 20,4 kW a na rychlost  $12 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  (C3), byl rozdíl v tahových výkonech 20,4 kW. U obou traktorů byly naměřeny při tahových zkouškách téměř stejné prokluzy kol, traktor CMATIC vykazoval mírně vyšší prokluz. Při maximální tahové síle to bylo o asi 3 %. [20]

$$P_t = F_t \cdot v \text{ [ W ]}$$

$$v = v_t \cdot (1 - \delta) \text{ [ m}\cdot\text{s}^{-1} \text{ ]}$$

$$P_t - \text{tahový výkon [ W ]}$$

$$F_t - \text{tahová síla [ N ]}$$

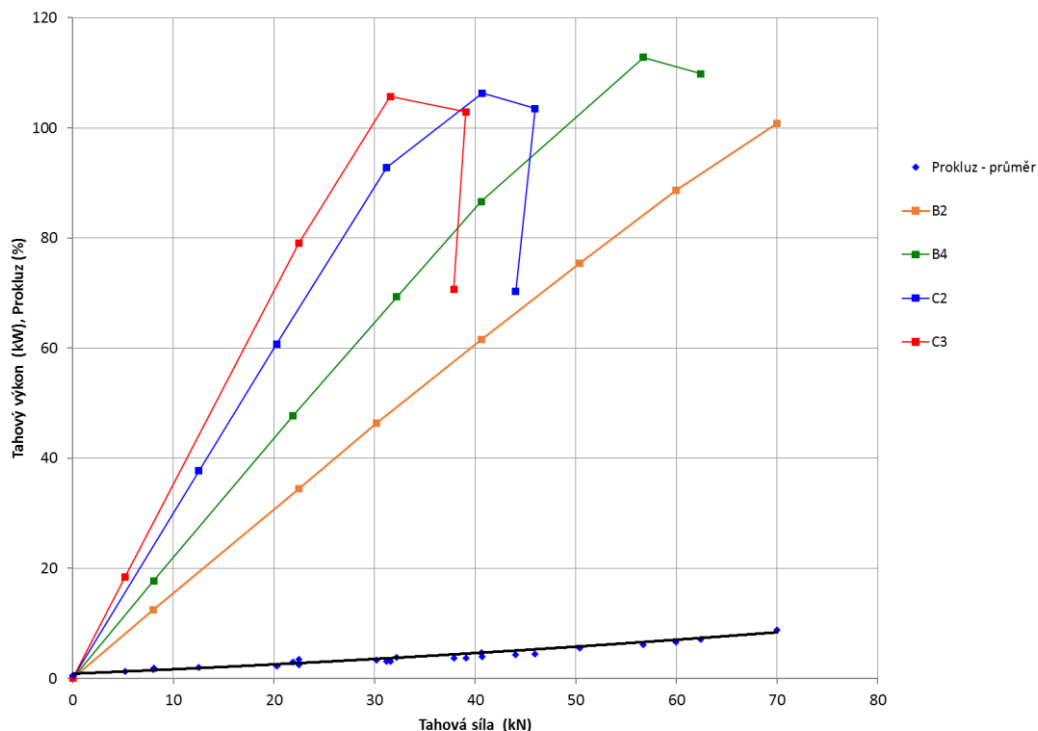
$$v - \text{skutečná rychlost [ m}\cdot\text{s}^{-1} \text{ ]}$$

$$v_t - \text{teoretická rychlost [ m}\cdot\text{s}^{-1} \text{ ]}$$

$$\delta - \text{prokluz [ \% ]}$$

Tabulka 5: Naměřené hodnoty traktoru s převodovkou HEXASHIFT, huštění 100 kPa

HEXASHIFT							
Rychlost - B2 - 5 km·h <sup>-1</sup>							
Tahová síla (kN)	8,004	22,448	30,15	40,625	50,355	59,971	69,985
Tahový výkon (kW)	12,5	34,5	46,3	61,5	75,4	88,6	100,8
Prokluz (%)	1,69	3,4	3,32	4,7	5,49	6,61	8,79
Rychlost - B4 - 7,6 km·h <sup>-1</sup>							
Tahová síla (kN)	8,034	21,906	32,177	40,606	62,415	56,699	
Tahový výkon (kW)	17,7	47,7	69,3	86,6	109,8	112,8	
Prokluz (%)	1,93	2,98	3,86	4,57	7,1	6,09	
Rychlost - C2 - 10,7 km·h <sup>-1</sup>							
Tahová síla (kN)	12,521	20,261	31,181	40,698	45,943	44,003	
Tahový výkon (kW)	37,7	60,7	92,8	106,3	103,5	70,3	
Prokluz (%)	1,98	2,2	3,04	3,9	4,39	4,32	
Rychlost - C3 - 12 km·h <sup>-1</sup>							
Tahová síla (kN)	5,185	22,468	31,558	39,061	37,861		
Tahový výkon (kW)	18,4	79	105,7	102,9	70,7		
Prokluz (%)	1,21	2,48	3,13	3,66	3,68		

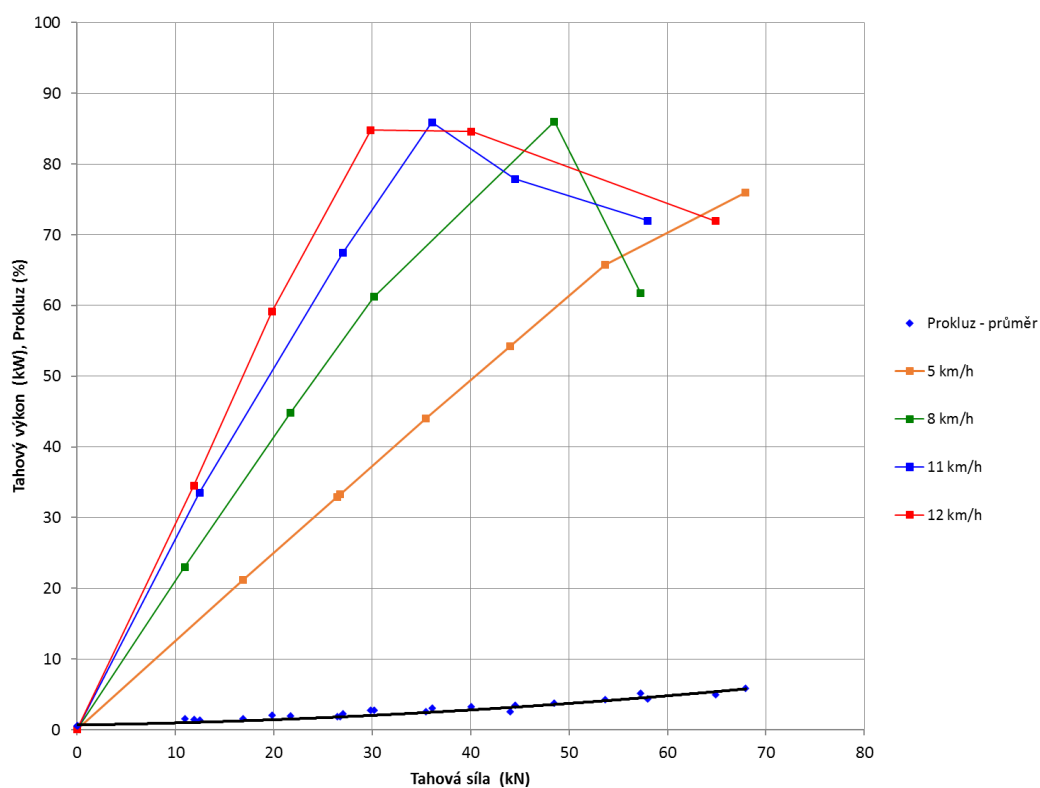


Obrázek 30: Tahová charakteristika traktoru Claas Arion 640 HEXASHIFT, huštění 100 kPa [20]



Tabulka 6: Naměřené hodnoty traktoru s převodovkou CMATIC, huštění 100 kPa

CMATIC							
Rychlost - 5 km·h <sup>-1</sup>							
Tahová síla (kN)	16,84	26,737	26,452	35,442	44,007	53,654	67,949
Tahový výkon (kW)	21,2	33,3	32,9	44	54,2	65,7	76
Prokluz (%)	1,49	1,83	1,82	2,51	2,59	4,24	5,82
Rychlost - 8 km·h <sup>-1</sup>							
Tahová síla (kN)	10,935	21,66	30,188	48,479	57,266		
Tahový výkon (kW)	23	44,8	61,2	86	61,7		
Prokluz (%)	1,49	1,96	2,7	3,76	5,11		
Rychlost - 11 km·h <sup>-1</sup>							
Tahová síla (kN)	36,069	44,495	57,985	12,445	27,005		
Tahový výkon (kW)	85,9	77,9	72	33,5	67,4		
Prokluz (%)	3	3,46	4,33	1,37	2,28		
Rychlost - 12 km·h <sup>-1</sup>							
Tahová síla (kN)	11,867	19,795	29,85	40,069	64,926		
Tahový výkon (kW)	34,5	59,1	84,8	84,6	71,9		
Prokluz (%)	1,46	2	2,76	3,25	4,93		



Obrázek 31: Tahová charakteristika traktoru Claas Arion 640 CMATIC, huštění 100 kPa [20]

## 7 ZÁVĚR

Hydromechanické převodovky se podle koncepce dělí na tři typy. Hlavním kritériem dělení je umístění planetového převodu. Podle jeho umístění se dělí na převodovky s planetovým převodem na vstupu, na výstupu a kombinované. Umístění planetového převodu ovlivňuje chování převodovky.

Hydrostatická část převodovek je tvořena dvojicí hydrostatických převodníků s nakloněnou deskou nebo nakloněným blokem. Hydrostatickou část doplňuje mechanická část převodovky se dvěma, třemi nebo čtyřmi převodovými stupni. Reverzace se provádí mechanicky nebo hydrostaticky.

Při tahových zkouškách byl u traktoru Claas Arion 640 s mechanickou převodovkou HEXASHIFT a pneumatikami nahuštěnými na tlak 100 kPa naměřen maximální tahový výkon o velikosti 112,7 kW. Pro druhý traktor s hydromechanickou převodovkou CMATIC byl při stejných podmínkách naměřen maximální tahový výkon o velikosti 86 kW.

Nižší tahový výkon traktoru Claas Arion 640 s převodovkou CMATIC byl způsoben jednak tím, že druhý traktor Claas Arion 640 s převodovkou HEXASHIFT měl už od výroby vyšší efektivní výkon, avšak ve větší míře byl tento výsledek ovlivněn skutečností, že hydromechanické převodovky mají oproti mechanickým převodovkám menší celkovou účinnost. U hydromechanické převodovky se část výkonu ztratí v hydrostatické větvi převodovky V konkrétním případě u měřených traktorů Claas Arion 640 byl rozdíl v maximálním tahovém výkonu zhruba 24 %.

Volba hydromechanické převodovky pro pohon traktoru musí být doprovázena úvahou o tom, k čemu budeme traktor používat a také okolními podmínkami. Pokud má být traktor používán univerzálně jak v dopravě, tak i při lehkých a těžkých polních pracích, zejména pak ve členitém terénu, je namíste zvolit hydromechanickou převodovku. V takovýchto podmínkách hydromechanická převodovka naplno využije svůj potenciál a umožní snížit provozní náklady. Naopak, pokud je traktor používán převážně na těžké tahové práce a pozemky nejsou příliš členité, je lepší zvolit mechanickou převodovku řazenou při zatížení, která nabízí větší celkovou účinnost v jednotlivých převodových stupních.

## 8 PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY

1. BAUER F., SEDLÁK P., ČUPERA J., POLCAR A., FAJMAN M., ŠMERDA T., KATRENČÍK J. *Traktory a jejich využití*. 2. vyd. Praha: Profi Press, 2013. 224 s. ISBN 978-80-86726-52-6.
2. GSCHEIDE R. *Příručka pro automechanika*. Praha: Sobotáles, 2001. 629 s. ISBN 80-85920-76-X
3. BAUER F., NOVOTNÝ A., *Hydraulické systémy zemědělských strojů*. Brno: Vysoká škola zemědělská, 1993. 177 s. ISBN 80-7157-079-6.
4. PAVLOK B. *Hydraulické prvky a systémy. Díl 1., Kapaliny v hydraulických mechanismech. Hydrostatické převodníky*. 2. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2005. 156 s. ISBN 80-248-0857-9.
5. STIRNIMANN R. 2015. Stufenlos weiter im Vorwärtsgang. In: Eilbote-online.com [online]. [cit. 24.1.2017]. Dostupné z: <https://www.eilbote-online.com/artikel/traktorgetriebe-stufenlos-weiter-im-vorwaertsgang-13766/>
6. KARNER J. 2015. Stufenlosantriebe: Welche Lösungen es heute gibt. In: BauernZeitung.at [online]. Cit [11.2.2017]. Dostupné z: [http://www.bauernzeitung.at/?id=2500,1065718,,](http://www.bauernzeitung.at/?id=2500,1065718,)
7. RENIUS K. T., RESCH R. 2005. Continuously variable tractor transmissions. In: Elibrary.asabe.org [online]. [cit 20.1.2017]. Dostupné z: <https://elibrary.asabe.org/data/pdf/6/cvtt2005/lectureseries29rev.pdf>
8. RENIUS K. T., GEIMER M. Jahrbuch Agrartechnik = Yearbook agricultural engineering Band 19, 2007. - S. 57-64 [cit 10.2.2017]. Dostupné z : [http://publikationsserver.tu-braunschweig.de/receive/dbbs\\_mods\\_00056770](http://publikationsserver.tu-braunschweig.de/receive/dbbs_mods_00056770)
9. GEIMER M., RENIUS K. T. Jahrbuch Agrartechnik = Yearbook agricultural engineering Band 22, 2010. – S. 60-67 [cit 1.2.2017]. Dostupné z : [http://publikationsserver.tu-braunschweig.de/receive/dbbs\\_mods\\_00056793](http://publikationsserver.tu-braunschweig.de/receive/dbbs_mods_00056793)
10. GEIMER M., RENIUS K. T. Motoren und Getriebe bei Traktoren. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2012. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2012. – S. 1-9 [cit 5.1.2017]. Dostupné z: <http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/72.html>

11. RENIUS K. T., GEIMER M. Motoren und Getriebe bei Traktoren. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2013. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2014. S. 1-12 [cit 8.1.2017]. Dostupné z: <http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/134.html>
12. RENIUS K. T., GEIMER M., STIRNIMANN R. Motoren und Getriebe bei Traktoren. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2014, Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2015, S. 1-11 [cit. 24.1.2017]. Dostupné z: <http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/182.html>
13. GEIMER M., RENIUS K. T., STIRNIMANN R. Motoren und Getriebe bei Traktoren. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2015. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2016. S. 1-10 [cit 24. 1. 2017]. Dostupné z: <http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/235.html>
14. AutoPowr™/IVT™ transmission [online]. 2011. [cit. 20.1.2017]. Dostupné z: [http://salesmanual.deere.com/sales/salesmanual/en\\_NA/tractors/2012/feature/transmissions/8r\\_8rt/autopowr\\_ivt.html](http://salesmanual.deere.com/sales/salesmanual/en_NA/tractors/2012/feature/transmissions/8r_8rt/autopowr_ivt.html)
15. FENDT 1000 Vario [online]. 2016. [cit. 15. 1. 2017]. Dostupné z: [http://www.agromex.cz/files/uploads/Prospekty/Fendt/Fendt1000Vario\\_01\\_2016\\_CZ\\_WEB.pdf](http://www.agromex.cz/files/uploads/Prospekty/Fendt/Fendt1000Vario_01_2016_CZ_WEB.pdf)
16. ŠMERDA T., ČUPERA J., KATREŇČÍK J., 2012: Nová bezstupňová převodovka – Puma CVX. Mechanizace zemědělství, 62(7): 22-26. ISSN 0373 – 6776.
17. ŠMERDA T., ČUPERA J. Bezstupňové převodovky ze St. Valentinu [online]. 2010. [cit 12. 2. 2017]. Dostupné z: <http://www.agrics.cz/bezstupnove-prevodovky-ze-st.-valentinu>
18. ŠMERDA T., ČUPERA J., JUKL M., FAJMAN M., 2014: Bezstupňová převodovka z Magnumu CVX. Mechanizace zemědělství, 64(12): 14-18. ISSN 0373 – 6776.
19. CMATIC. Simple, convenient and continously variable [online]. 2017. [cit. 20.1.2017]. Dostupné z: [http://www.claas.co.za/products/tractors/arion650-600-530-500/eingine-drivetrain/cmatic-transmission?subject=D30122877\\_en\\_ZA](http://www.claas.co.za/products/tractors/arion650-600-530-500/eingine-drivetrain/cmatic-transmission?subject=D30122877_en_ZA)

20. BAUER F., SEDLÁK P., ČUPERA J., POLCAR A. Vyhodnocení měření parametrů traktorů Claas Arion 640 CMATIC a HEXASHIFT v laboratorních a terénních podmínkách. Brno 2016. 84 s.
21. HEXASHIFT. Efficient powershift transmission. [online]. 2017. [cit.20.3.2017]. Dostupné z:  
<http://www.claas.cz/cl-pw-en/products/tractors/arion650-600-530-500/engine-drivetrain/hexashift-transmission>

## 9 SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

### 9.1 Seznam obrázků

OBRÁZEK 1: JEDNODUCHÝ PLANETOVÝ PŘEVOD [2].....	11
OBRÁZEK 2: AXIÁLNÍ PÍSTOVÝ HYDROGENERÁTOR S NAKLONĚNOU DESKOU [3].....	13
OBRÁZEK 3: AXIÁLNÍ PÍSTOVÝ HYDROMOTOR S NAKLONĚNÝM BLOKEM [3].....	13
OBRÁZEK 4: SCHÉMA POHONU TRAKTORU S PLANETOVÝM PŘEVODEM NA VÝSTUPU [6].....	14
OBRÁZEK 5: SCHÉMA POHONU TRAKTORU S PLANETOVÝM PŘEVODEM NA VSTUPU [6] .....	15
OBRÁZEK 6: SCHÉMA POHONU TRAKTORU S PLANETOVÝM PŘEVODEM NA VSTUPU I NA VÝSTUPU [6].....	17
OBRÁZEK 7: ÚČINNOST PŘEVODOVKY S PLANETOVÝM PŘEVODEM NA VÝSTUPU [5] .....	19
OBRÁZEK 8: ÚČINNOST PŘEVODOVKY S PLANETOVÝM PŘEVODEM NA VSTUPU [5] .....	19
OBRÁZEK 9: ÚČINNOST KOMBINOVANÉ PŘEVODOVKY SE TŘEMI JÍZDNÍMI ROZSAHY [5].....	19
OBRÁZEK 10: JOHN DEERE AUTOPOWR 7000 [7].....	20
OBRÁZEK 11: JOHN DEERE AUTOPOWR 8030 [8].....	21
OBRÁZEK 12: JOHN DEERE AUTOPOWR 7R [10] .....	22
OBRÁZEK 13: OVLÁDÁNÍ POJEZDU S PŘEVODOVKOU AUTOPOWR [14].....	23

OBRÁZEK 14: VLEVO SCHÉMA PŘEVODOVKY VARIO, VPRAVO ÚČINNOST PŘEVODOVKY VARIO [7].....	24
OBRÁZEK 15: SCHÉMA PŘEVODOVKY VARIODRIVE [13].....	25
OBRÁZEK 16: REŽIMY NASTAVENÍ RUČNÍHO PLYNU.....	26
OBRÁZEK 17: PŘEVODOVKA PRO CASE MAXXUM, PUMA SWB, NH T6 A NH T7 SWB [12].....	27
OBRÁZEK 18: JÍZDA NA PRVNÍ RYCHLOSTNÍ ROZSAH VPŘED A VZAD [16] .....	28
OBRÁZEK 19: PŘEVODOVKA PRO CASE PUMA LWB A NH T7 LWB [9].....	29
OBRÁZEK 20: PŘENOS VÝKONU (MODROU BARVOU) PŘI ZAŘAZENÉM PRVNÍM STUPNI (F1) [17] .....	29
OBRÁZEK 21: PŘENOS VÝKONU (MODROU BARVOU) PŘI DRUHÉM PŘEVODOVÉM STUPNI (F2) [17] .....	30
OBRÁZEK 22: SCHÉMA PŘEVODOVKY PRO CASE MAGNUM A NEW HOLLAND T8 [11].....	31
OBRÁZEK 23: TOK TOČIVÉHO MOMENTU PŘEVODOVKOU CVX PŘI ZAŘAZENÉM PRVNÍM A ČTVRTÉM PŘEVODOVÉM STUPNI [18].....	32
OBRÁZEK 24: SCHÉMA PŘEVODOVKY CMATIC EQ 200 [11].....	33
OBRÁZEK 25: STEYER S-MATIC [7] .....	35
OBRÁZEK 26: ZF ECCOM [7].....	36
OBRÁZEK 27: ZF TERRAMATIC PRO TRAKTOR LINDNER LINTRAC [11].....	36
OBRÁZEK 28: TAHOVÉ ZKOUŠKY TRAKTORU CLAAS ARION 640 NA ASFALTOVÉ VOZOVCE [20] .....	39
OBRÁZEK 29: TAHOVÁ CHARAKTERISTIKA TRAKTORU CLAAS ARION 640 HEXASHIFT, HUŠTĚNÍ 100 KPA [20] .....	40
OBRÁZEK 30:TAHOVÁ CHARAKTERISTIKA TRAKTORU CLAAS ARION 640 CMATIC, HUŠTĚNÍ 100 KPA [20] .....	41

## 9.2 Seznam tabulek

TABULKA 1: PŘEHLED PŘEVODOVEK S PLANETOVÝM PŘEVODEM NA VÝSTUPU [5]	15
TABULKA 2: PŘEHLED PŘEVODOVEK S PLANETOVÝM PŘEVODEM NA VSTUPU [5]	16
TABULKA 3: PŘEHLED PŘEVODOVEK S PLANETOVÝM PŘEVODEM NA VSTUPU I VÝSTUPU [5]	17
TABULKA 4: PŘEHLED PŘEVODOVEK OD FIRMY ZF [12]	34
TABULKA 5: NAMĚŘENÉ HODNOTY TRAKTORU S PŘEVODOVKOU HEXASHIFT, HUŠTĚNÍ 100 KPA	40
TABULKA 6: NAMĚŘENÉ HODNOTY TRAKTORU S PŘEVODOVKOU CMATIC, HUŠTĚNÍ 100 KPA	41