



Fakulta zemědělská
a technologická
Faculty of Agriculture
and Technology

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH FAKULTA ZEMĚDĚLSKÁ A TECHNOLOGICKÁ

Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky

Diplomová práce

Diagnostika převodovky traktoru Case IH

Autor práce: Bc. Václav Suchý

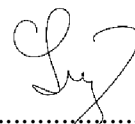
Vedoucí práce: Ing. Antonín Dolan, Ph.D.

České Budějovice
2022

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem autorem této kvalifikační práce a že jsem ji vypracoval pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Českých Budějovicích dne 7.4.2022



.....
Podpis

Abstrakt

Tato diplomová práce se zaměřuje na sériovou a paralelní diagnostiku diferenciální hydrostatické převodovky použité v traktoru Case IH Puma 225 CVX. Teoretická část popisuje historii použití převodovek, jejich význam a možné varianty konstrukčních řešení. Dále se zaměřuje na diferenciální hydrostatický typ převodovky a detailně popisuje jeho části, funkce a možnosti využití.

Praktická část práce je zaměřena na diagnostiku a opravu konkrétní převodovky v traktoru, který je využíván pro poskytování služeb v zemědělství. Je popsán průběh projevu poruchy, následné diagnostiky a opravy v autorizovaném servisu Agri CS v Přešticích. Na závěr jsou shrnuty možné příčiny poruchy s prognózou dalšího vývoje.

Klíčová slova: Diagnostika, diferenciální hydrostatická převodovka, porucha, oprava.

Abstract

This diploma thesis focuses on serial and parallel diagnostics of a continuously variable transmission used in a Case IH Puma 225 CVX tractor. The theoretical part describes the history of the use of gearboxes, their importance and possible variants of design solutions. It also focuses on the continuously variable type of gearbox and describes in detail its parts, functions and applications.

The practical part of the work is focused on diagnostics and repair of a specific gearbox in a tractor, which is used to provide services in agriculture. The course of the manifestation of the fault, subsequent diagnostics and repairs in the authorized service of Agri CS in Přeštice is described. Finally, the possible causes of the failure are summarized with a prognosis of further development.

Keywords: Diagnostics, continuously variable transmission, failure, repair.

Poděkování

Děkuji Ing. Antonínu Dolanovi, Ph.D. za vedení mé diplomové práce a jeho cenné rady při zpracování. Dále bych rád poděkoval firmě AGRO KUŽELKA s.r.o. za svolení k diagnostice firemního traktoru a společnosti AGRI CS a.s., která mi umožnila dokumentaci průběhu opravy.

Obsah

Úvod.....	7
1 Literární přehled.....	8
1.1 Historie traktorových převodovek.....	8
1.2 Význam traktorových převodovek	10
1.3 Rozdělení traktorových převodovek.....	10
1.3.1 Stupňovité (mechanické) převodovky	10
1.3.2 Plynulé převodovky	13
1.4 Požadavky na moderní traktorové převodovky	18
1.5 Prodloužení životnosti převodovky/bezpečnostní opatření	19
1.6 Diagnostikovaná převodovka	20
1.6.1 Historický vývoj.....	20
1.6.2 Popis převodovky CVX	21
2 Cíl práce	24
3 Metodika	25
3.1 Diagnostikovaný traktor	25
3.2 Sériová diagnostika	26
3.2.1 Základní funkce CNH EST	27
3.3 Postup automatické kalibrace převodovky CVX	27
3.4 Paralelní diagnostika	28
3.4.1 Opotřebení lamel spojek „A“ a „B“	28
3.4.2 Opotřebení synchronizačních kroužků.....	29
3.4.3 Těsnost pístu lamelových spojek	30
4 Praktická část	31
4.1 Projev poruchy převodovky	31
4.2 Proces zjištění příčiny poruchy	32
4.2.1 Vyloučení poruchy PWM solenoidu.....	32

4.2.2	Diagnostika v autorizovaném servisu	32
4.2.3	Opotřebení lamel spojky	34
4.3	Opotřebení synchronizačních kroužků	35
4.4	Oprava převodovky	35
4.4.1	Seznam opotřebovaných dílů	35
4.4.2	Složení převodovky	36
4.4.3	Zkouška těsnosti spojek	36
4.5	Kalibrace převodovky	36
4.6	Příčiny vzniku závady	37
4.6.1	Počet odpracovaných motohodin	37
4.6.2	Zkušenosti obsluhy	37
4.6.3	Nedostatečná kalibrace převodovky	38
4.7	Popis průběhu závady dle doposud zjištěných skutečností	38
4.8	Celková cena opravy	39
5	Diskuse	40
5.1	Je zvolený diagnostický systém dostačující pro určení prognózy?	40
5.2	Je použitý diagnostický systém vhodný z ekonomického pohledu?	40
5.3	Vyhodnocení výsledků	41
5.4	Prognóza	41
	Seznam použité literatury	44
	Seznam obrázků	48
	Seznam tabulek	49

Úvod

Plynulé převodovky jsou dnes naprostým standardem v nabídce předních výrobců zemědělských traktorů. Velké oblibě se těší zejména diferenciální hydrostatické řešení, které je jednoduché na ovládání, vhodné pro moderní precizní zemědělství, velmi účinné z hlediska přenosu točivého momentu a srovnatelně spolehlivé s ostatními řešeními. Každá mechanická část má ale určitou životnost, po které následuje nutná oprava. Mnoho zemědělců si bohužel diferenciální hydrostatickou převodovku představuje jako příliš složitou a náchylnou na nadměrné opotřebení. Na tuto problematiku je ovšem nutno pohlédnout objektivním pohledem a zvážit veškerá pozitiva i negativa. I na první pohled složitá a nákladná oprava může mít jednoduché řešení, které zkušený mechanik opraví v krátkém časovém horizontu, mnohdy snadněji než u jiných systémů převodovek.

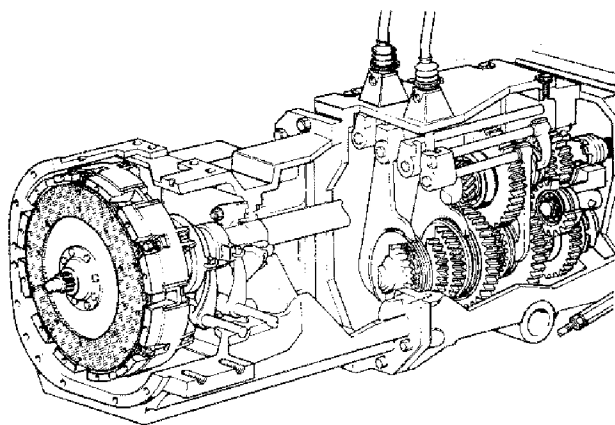
Značka Case IH používá v traktorech plynulou převodovku s označením CVX. Jedná se o diferenciální hydrostatickou konstrukci, která navazuje na původní řešení z konce 20. století. V dnešní době se již dá mluvit o léty prověřenou převodovku se spoustou výhod nejen pro obsluhu, ale i pro dlouhou životnost a ekonomickou výhodnost. Tato práce vysvětluje konstrukci této převodovky a popisuje konkrétní opravu, která byla na stroji Case IH Puma 225 CVX provedena.

1 Literární přehled

1.1 Historie traktorových převodovek

Vývoj moderních traktorových převodovek začal v 2. polovině 20. století, kdy si konstruktéři tehdy moderních zemědělských strojů začali uvědomovat důležitou roli převodového ústrojí na výsledné parametry vyvíjeného vozidla. Zejména na spotřebu paliva, pojezdovou rychlost v různých podmínkách a v neposlední řadě na tahové vlastnosti souprav (Bauer et al., 2013).

Před touto dobou disponovaly traktory pouze jednoduchými mechanickými, ručně ovládanými převodovkami (viz obrázek 1.1). Jejich nevýhody jsou z dnešního pohledu v určitých aplikacích až neakceptovatelné. Tehdejší nedostatky lze rozdělit na dva základní (Pernis, 2003).



Obrázek 1.1: Jednoduchá manuální převodovka (Bell, 2015)

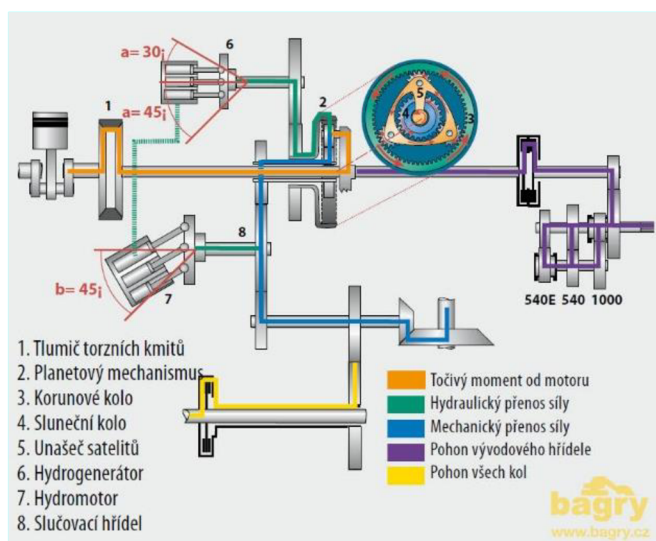
- 1) Malý počet převodových stupňů – Z toho vyplývá problém s velkými rozestupy mezi jednotlivými převodovými poměry. Motor se tedy často pohyboval daleko od oblasti ideálních otáček. Výsledkem toho byl nejen nevhodný provoz traktoru, projevující se nejen zvýšenou spotřebou paliva, ale zejména zhoršenými tahovými vlastnostmi. V důsledku toho musely být traktory vybavovány motory s velkými výkonovými rezervami.
- 2) Nemožnost změny převodového poměru pod zatížením – Mezi jednotlivými převodovými stupni bylo nutno sešlápnout spojku, tím došlo k přerušení dodávky točivého momentu na kola stroje a při těžkých polních pracích až k zastavení. Opětovné rozpořhybování traktoru vyžadovalo vysokou energetickou náročnost, což se opět projevilo na zvýšené spotřebě paliva. Kromě toho byla obsluha často nucena provádět pracovní operace na nižší převodový stupeň, než který by byl ideální pro zatížení motoru. Pokud došlo

k pokusu o přeřazení, stoj zpomalil a na požadovaný převodový stupeň se již nebyl schopen znovu rozpohybovat.

Tehdejší konstruktéři si uvědomovali limity dosavadních konstrukcí, proto se v 60. letech 20. století začaly sériově instalovat převodovky s větším počtem převodových stupňů a zejména s násobiči točivého momentu, které umožňovaly jednoduchou změnu převodového poměru i při zatížení, a to v rámci aktuálně vybraného převodového stupně. Z dnešního pohledu lze tato inovace označit za počátky převodovek typu Power Shift.

Osmdesátá léta minulého století otevřela bránu k efektivnímu využití zátěžové charakteristiky motoru. Došlo ke komerční instalaci převodovek s velkým množstvím převodových stupňů, navíc všemi řazenými při zatížení (Full Power Shift). Tato konstrukce současně s instalací základních počítačů umožnila dosažení jednoduchého a často automatického ovládní změny převodového poměru čímž došlo ke snížení spotřeby paliva, snazšímu udržení ideálních otáček motoru nebo například lepší akceleraci.

Do moderní nabídky typů převodovek konstruktéři začali nahlížet na přelomu 20. a 21. století, a to využitím řízeného diferenciálního převodu, konkrétně diferenciálních hydrostatických převodovek. Tento způsob plynulé změny převodového poměru se ukázal jako velmi oblíbený a efektivní, zejména díky možnosti udržování motoru v konstantních, ideálních otáčkách a velmi nízké náročnosti na obsluhu. Prvními výrobci, kteří uvedli do sériové výroby tento typ převodovek byly Fendt (převodovka Vario – viz obrázek 1.2), následně Steyr (převodovka S-Matic) a ZF (převodovka Eccom 1.5), (Pernis, 2003).



Obrázek 1.2: Fendt Vario převodovka (Hájek, 2014)

1.2 Význam traktorových převodovek

Jelikož otáčková charakteristika spalovacího motoru není ideální, je zapotřebí udržovat otáčky motoru v určitém ideálním rozsahu, kde se motor vyznačuje nejvyšším výkonem při nejnižší měrné spotřebě paliva. Pokud by převodové ústrojí neumožňovalo změnu převodového poměru a ten by byl stálý, nebylo by možné využít potenciál motoru v širokém spektru prací vykonávaných traktorem. Převodovky tedy umožňují zejména změnu velikosti točivého momentu, které dosahují možností změny různých převodových poměrů. Mezi neméně důležité funkce řadíme také dlouhodobé přerušování točivého momentu obecně známé jako poloha „neutrál“ v případě, když po vozidle požadujeme stání na požadovaném místě současně s nastartovaným motorem, případně lze tuto polohu využít k tažení vozidla, pokud dojde k poruše. Podstatnou úlohou převodovky je také změna smyslu otáčení výstupní hřídele oproti vstupní. Toho se dosahuje zejména použitím vloženého kola. V praxi je tato funkce využitelná při potřebě reverzace (Bauer et al., 2013).

Standardním vybavením moderních traktorových převodovek bývá vývod pro pohon přední nápravy, respektive je součástí spojka pro aktivaci právě tohoto pohonu. Nejčastěji mokrá lamelová v olejové lázni, hydraulicky ovládaná. Další součástí hlavní převodovky je výstup pro pohon externího vývodového hřídele. V tomto případě je do série zapojena další, menší převodovka, ovládající pouze převodový poměr pro externí vývodový hřídel.

V dnešní době je nepostradatelnou součástí převodovek také pohon hydraulických čerpadel, kterých bývá často několik. Ty slouží zejména k samotnému ovládní změny převodového poměru na hlavní převodovce a k vytvoření tlaku pro ovládní přípojného zařízení pomocí externích hydraulických okruhů. Podle stupňů výbavy traktoru mohou tato pomocná čerpadla sloužit k dalším funkcím. Například v diferenciálních hydrostatických převodovkách jsou nepostradatelné díky své funkci částečného přenosu výkonu na hnací kola, dále mohou ovládat ventilátor chladiče motoru a celou řadu dalších funkcí (Baogang et al., 2019).

1.3 Rozdělení traktorových převodovek

1.3.1 Stupňovité (mechanické) převodovky

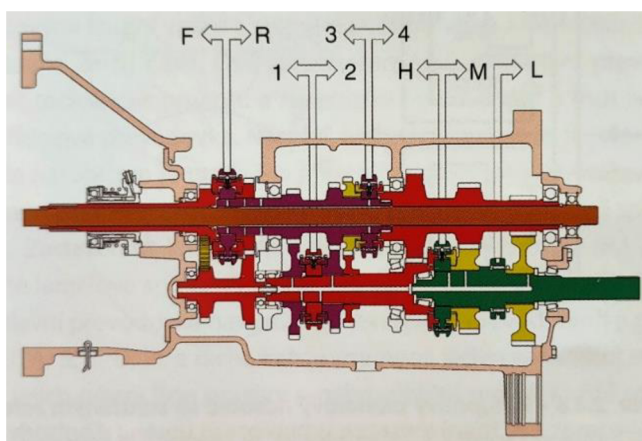
Vyznačují se vysokou efektivitou přenosu výkonu a točivého momentu od vstupní hřídele převodovky až po výstupní hřídel, tedy disponují poměrně nízkými ztrátami. Z dnešního pohledu je nevýhodou stupňovitá změna převodového poměru,

což znamená nejen určitý diskomfort pro obsluhu, ale zejména dočasné přerušení dodávky točivého momentu v okamžiku řazení, což může v praxi vést například k přílišnému zpomalení soupravy, výjimečně až k úplnému zastavení v případě těžkých polních prací (Srový, 2008).

Rozdělení mechanických převodovek

Převodovky bez možnosti řazení při zatížení

- Zpravidla se jedná o manuálně ovládané převodovky s relativně malým počtem převodových stupňů. Tímto nedostatkem se často obsluha traktoru dostává do nepříjemné situace, kdy neexistuje přesný převodový poměr, který by byl ideální pro vykonávání konkrétní činnosti. Následně je nutný volit určitý kompromis, který ale nemá pozitivní vliv ani na spotřebu paliva, ani na správné využití výkonu stroje. Typicky se v dnešní době vyskytují například v osobních automobilech, kde jsou stále oblíbené navzdory tomu, že zde hovoříme o nejstarším typu klasické převodovky.
- V moderních traktorech se vyskytují poměrně zřídka, a to zejména ve strojích menších rozměrů určených pro specifické práce. Příkladem může být převodovka Shuttle Command (viz obrázek 1.3), disponující dvanácti převody vpřed i vzad, jelikož se za pojezdovou spojkou vyskytuje reverzační převodovka, umožňující změnu smyslu otáčení pomocí vloženého kola.
- Stroje vybavené touto převodovkou bývají určeny k pracím, které nevyžadují častou změnu pojezdové rychlosti, ani nejsou náročné na dodržení konkrétní pojezdové rychlosti.
- Výhody použití tohoto typu jsou nízké pořizovací náklady, jednoduchá údržba, spolehlivost a dlouhá životnost (Srový, 2008).



Obrázek 1.3: Převodovka Shuttle Command (Bauer et al., 2013)

Převodovky s omezeným počtem stupňů řazených při zatížení

- V oblasti traktorů se jedná o jedny z nejpoužívanějších převodovek, zejména ve strojích nižšího až středního výkonu, tedy přibližně do 140 kW.
- Nabízí výhody předchozího typu s vylepšením o lamelové spojky, které zajišťují při zatížení plynulou změnu převodového poměru v rámci aktuálně zařazeného převodového stupně na synchronizační zubové spojce.
- V praxi toto řešení znamená vyšší počet převodových stupňů, tedy více možností využití stroje, dále vyšší komfort pro obsluhu s možností automatického řazení stupňů při zatížení, lepší využití výkonu motoru a minimální ztrátu pojezdové rychlosti při řazení.
- Jako příklad lze uvést převodovku Electro Command (též Semi PowerShift), (viz obrázek 1.4), disponující 16 převodovými stupni vpřed i vzad. Jejím základem jsou 4 lamelové spojky umožňující změnu převodového poměru pod zatížením, ty jsou zdvojnásobeny elektrohydraulicky ovládanou synchronizační spojkou. Výsledných 8 převodových stupňů dále rozšiřuje skupinová synchronizační spojka na konečných 16 stupňů. Stejný rozsah je použitelný i pro jízdu vzad díky zabudované reverzační spojkce s vloženým kolem (Syrový, 2008).



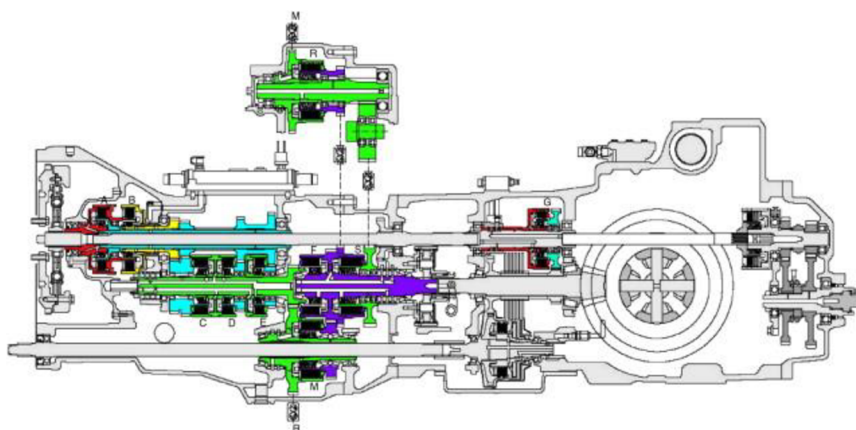
Obrázek 1.4: Electro Command (New Holland Agriculture, 2021)

Převodovky se všemi stupni řazenými při zatížení

- Standardně se dnes používají u traktorů vyšších výkonových tříd, kde by proces řazení synchronizačních spojek znamenal příliš velké ztráty přenosu točivého momentu na kola, a tedy špatnou ekonomiku provozu. V horších případech by mohlo docházet až k zastavení soupravy

a následnému přetěžování spojkových kotoučů, které by díky tomu vyžadovaly častý servisní zásah.

- Další výhodou bývá plynulé řazení bez rázů, tedy menší opotřebení převodových ústrojí, vyšší komfort obsluhy a možná plná automatizace řadicích procesů (Syrový, 2008).
- Příkladem může být typicky instalovaná převodovka PowerShift s 19 stupni pro jízdu vpřed a 6 vzad (viz obrázek 1.5). Základem je hlavní převodovka disponující šesti převodovými stupni tvořenými kombinací lamelových spojek. Tuto převodovku doplňuje skupinová, vyznačující se třemi stupni. Složením těchto spojek dosáhneme 18 převodových stupňů pro jízdu vpřed. Při požadavku na maximální pojzdovou rychlost je zde k dispozici přidaná lamelová spojka tvořící devatenáctý rychlostní stupeň. Ekonomickou výhodou může být jízda pouze na 1 800 ot.min⁻¹ motoru při maximální rychlosti 40 km.h⁻¹. Při posunutém omezovači rychlosti na 50 km.h⁻¹ jsou otáčky motoru maximální (Molari a Sedoni, 2008).



Obrázek 1.5: Převodovka Power shift (Molari a Sedoni, 2008)

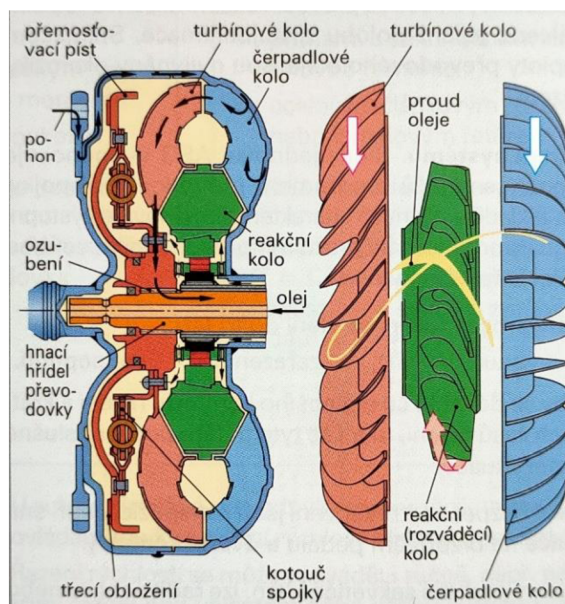
1.3.2 Plynulé převodovky

Umožňují plynulou změnu převodového poměru mezi vstupní a výstupní hřídelí. Díky tomu pozorujeme specifické výhody této konstrukce. Například dokonalý komfort pro obsluhu, ideální využití točivého momentu motoru z důvodu možnosti udržování konstantních otáček při proměnlivé pojzdové rychlosti, naopak udržení konstantní pojzdové rychlosti při různých otáčkách motoru nebo dosažení libovolné pojzdové rychlosti při ekonomickém chodu motoru, například při dopravě po silnici. Souhrnně tedy lze dosáhnout lepších kvalit z pohledu precizního zemědělství. Nevýhodou těchto konstrukcí často bývá nižší účinnost a vyšší pořizovací cena (Syrový, 2008).

Rozdělení plynulých převodovek

Hydrodynamické převodovky

- Jejich základem je hydrodynamický měnič (viz obrázek 1.6). Ten se konstrukčně dělí na tři části: čerpadlové kolo, turbínové kolo a reaktor. Čerpadlové kolo je pevně spojeno se zdrojem točivého momentu, nejčastěji motorem. Turbínové kolo je připevněno na výstupní hřídel měniče. Mezi tyto dva členy je umístěn reaktor, jehož významem je regulace velikosti přenášeného momentu. Přenos energie je zajištěn pomocí speciálního oleje, který je rozpohybován čerpadlovým kolem, usměřňován reaktorem a následně roztáčí turbínové kolo.
- Výhody hydrodynamického měniče jsou: Zvyšování točivého momentu s rostoucím zatížením, vyloučené zastavení motoru při brždění výstupní hřídele, plynulý rozjezd a tlumení vibrací.
- Zásadní nevýhodou využití této konstrukce je nízká účinnost přenosu výkonu (Saravanakumar et al., 2020).

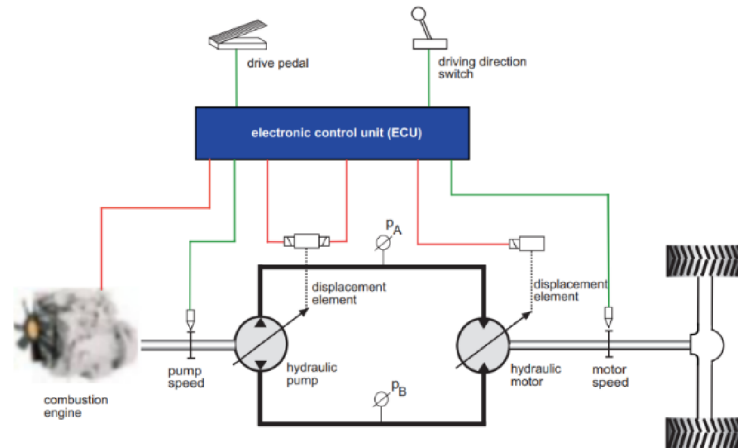


Obrázek 1.6: Hydrodynamický měnič (Gscheidle et al., 2007)

Hydrostatické převodovky

- Základem je hydrogenerátor napojený na zdroj energie, nejčastěji na spalovací motor, dále vysokotlaké vedení hydraulického oleje, zakončené hydromotorem napojeným přímo na kola dopravního prostředku, případně před diferenciál standardní mechanické konstrukce (viz obrázek 1.7). Přenos energie je zajištěn vysokým tlakem oleje

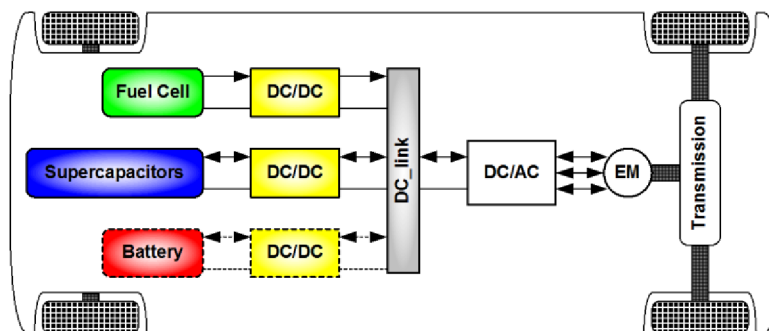
v uzavřeném okruhu. Průtok a tlak je zpravidla regulován přímo u zdroje využitím regulovatelného pístového axiálního hydrogenerátoru s naklápěcí deskou. Tento princip je výhodný z důvodu energetické úspory při požadavku na nízkou pojezdovou rychlost. Při současném využití regulovatelného hydromotoru je možné pomocí řídicí elektroniky dosáhnout velkého rozsahu převodových poměrů při zachování efektivity přenosu energie (Schulte, 2007).



Obrázek 1.7: Hydrostatická převodovka (Schulte, 2007)

Elektrické pohony

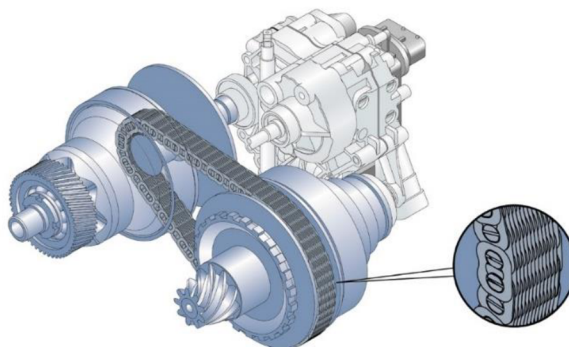
- Přenos výkonu v případě této konstrukce zajišťuje elektrický proud, který může být lokálně vyroben generátorem napojeným například na spalovací motor, vodíkovým článkem, případně lze elektřinu získávat z akumulátorů které musejí být nabíjeny před zahájením jízdy. Takto získaný elektrický proud prochází systémem řízení, kde se mění jeho parametry z důvodu regulace otáček a točivého momentu koncového elektromotoru. Ten může být instalován přímo na hnací kola, nebo před diferenciál standardní mechanické konstrukce pohonu (viz obrázek 1.8), (Malik a Kohli, 2020).



Obrázek 1.8: Schéma elektrického pohodu (Soylu, 2011)

Variátory

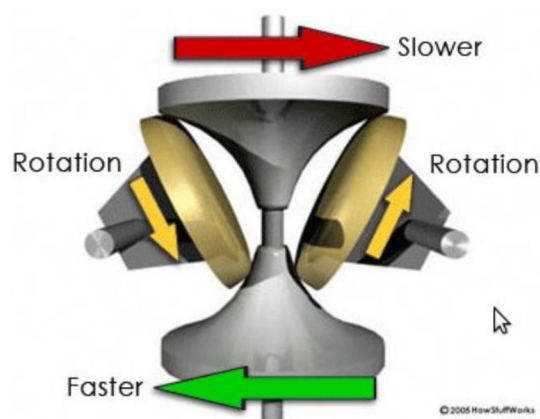
- Základem jsou dvě řemenice, obě rozdělené na dvě poloviny schopné plynulého přibližování a oddalování se od sebe v axiálním směru. Ty jsou spojené klínovým řemenem nebo řetězem podobného tvaru. Změna převodového poměru se prování axiálním pohybem obou řemenic závisle na sobě, ale v opačném smyslu. Pokud tedy na jedné řemenici opisuje řemen minimální poloměr, na druhé nutně opisuje maximální poloměr. Vzájemnou změnou poloměrů dosahujeme plynulého přechodu převodových poměrů v možném rozsahu (viz obrázek 1.9), (Harris, 2005).



Obrázek 1.9: Variátor (Bednář, 2016)

Toroidní převody

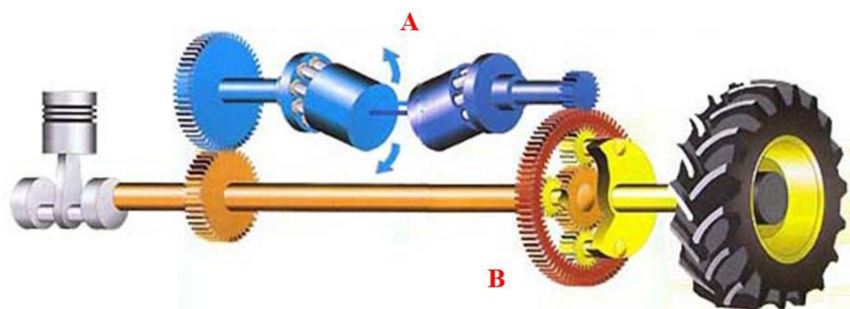
- Na vstupní a výstupní hřídeli jsou uloženy zrcadlově otočené kónické disky ve tvaru toroidu (viz obrázek 1.10). Mezi nimi je uložen různý počet kladek, které se starají o přenos točivého momentu. Princip plynulé změny převodového poměru spočívá v naklápění kladek, které se přesouvají po discích mezi hranicemi nejmenšího a největšího obvodu. V tomto rozsahu tedy lze docílit dokonale plynulé změny rychlosti výstupní hřídele.
- U traktorů se běžně nepoužívají (Vlk, 2003).



Obrázek 1.10: Toroidní převod (Harris, 2005)

Diferenciální hydrostatické převodovky

- V moderních traktorech velmi rozšířená varianta konstrukce převodovek. Spojuje hydrostatický způsob přenosu energie s mechanickým za pomoci slučovacího planetového převodu. První dohledatelné zmínky o tomto přenosu výkonu můžeme nalézt již v roce 1964. O hojně rozšíření a zájem o tuto koncepci se postarala značka Fendt v roce 1995, kdy na zemědělské výstavě Agritechnica představila plně plynulou převodovku s názvem „Vario“ (viz obrázek 1.2), která byla zároveň první komerčně a sériově instalovanou diferenciální hydrostatickou převodovkou na světě. O úspěchu této konstrukce svědčí fakt, že značka Fendt ve svých traktorech dnes ani jinou převodovku nenabízí.
- Konstrukce je poměrně jednoduchá (viz obrázek 1.11). Točivý moment dodávaný od motoru je přiveden na unašeč satelitů planetového převodu. Centrální kolo je připojeno přes soustavu mechanických převodů přímo na pojezdová kola traktoru, zároveň je k této soustavě připojen hydromotor vybavený naklápěcí deskou variabilního průtoku pro dodatečné ovládání hydrostatickou částí převodovky. Na zbývající korunové kolo je připojen hydrogenerátor s naklápěcí deskou, zapojený do uzavřeného hydraulického okruhu společně s hydromotorem. Celý princip plynulé změny převodového poměru je zajištěn ovládním otáček korunového a centrálního kola pomocí hydrostatické části převodovky.



Obrázek 1.11: Jednoduchý diferenciální hydrostatický převod (Bauer et al., 2013)

Pro představu lze uvést tři základní stavy převodovky, mezi kterými se lze plně variabilně pohybovat. Prvním je odpojení přenosu točivého momentu na hnací kola stroje. Tento stav je dosažen urychlením otáček korunového kola na takové, aby součtem s otáčkami motoru (tedy unašečem satelitů) vznikly nulové otáčky na centrálním kole (tedy na výstupu z převodovky). Druhým stavem je dosažení

maximální rychlosti stroje. Toho tento systém dosahuje zastavením korunového kola planetového převodu. Tím je odpojena z funkce hydrostatická část a přenos točivého momentu na pojezdová kola je tedy 100% mechanický a vysoce efektivní. Třetím základním stavem je funkce reverzace. Princip spočívá v hydraulickém urychlení korunového kola na vyšší otáčky než v prvním případě. Poté dojde k plynulému rozběhu centrálního kola, ovšem v opačném směru, než v jakém je unašec satelitů. Mezi všemi těmito stavy lze plynule přecházet pomocí úpravy náklonu řídicích desek hydrogenerátoru a hydromotoru (Renius a Resch, 2005).

1.4 Požadavky na moderní traktorové převodovky

Většina moderních převodovek pracuje v určité závislosti na ostatních částech zemědělského stroje, a to zejména pomocí unifikované komunikace CAN-BUS. Ovládání probíhá mechanicky nebo dnes stále častěji elektrohydraulicky. Snaha dnešních konstruktérů je poskytnutí co nejjednoduššího ovládání kompletního převodového ústrojí pro obsluhu stroje. Do kabiny řidiče jsou tedy umístěny jednoduché ovládací prvky na jedno, maximálně dvě nejpoužívanější místa, pro dosažení snadného a fyzicky co nejméně namáhavého řazení převodových stupňů. Základní požadavek na moderní traktorovou převodovku je možnost plynulé reverzace bez použití spojkového pedálu zároveň možnost automatického plynulého rozjezdu stroje. S tím souvisí požadavek na celkovou snadnou obsluhu převodovky bez nutnosti fyzické námahy (Bauer et al., 2013).

V dnešní době vysokých požadavků na dodržování emisních norem je kladen obrovský důraz na co největší účinnost přenosu točivého momentu a na schopnost ideálně využít potenciál motoru. Každý výrobce nabízí k různým výkonnostním řadám stroje široké spektrum dodávaných převodovek, aby si každý zákazník svobodně vybral takovou, která bude nejvíce odpovídat jeho způsobu použití. Obecně lze říci, že je snaha k co nejjemnějšímu odstupňování převodových poměrů tak, aby se otáčky motoru po celou dobu provozu pohybovaly ve spektru nízké spotřeby a vysokého výkonu. Toho výrobci dosahují velkým počtem převodových stupňů (zejména převodovky Full Power Shift), nebo různou formou plynulé převodovky (CVT), kde je možnost až konstantního udržování otáček motoru (Lacour et al., 2014).

Neméně důležitým faktorem při výběru ideální převodovky je její spolehlivost s čímž souvisí i schopnost přenosu vysokých točivých momentů moderních spalovacích motorů. To bývá často problém v různých konstrukcích plynulých

převodovek. Nejvíce používaným typem plynulé převodovky tedy bývá diferenciální hydrostatická, která spojuje dobrou účinnost s vysokou spolehlivostí a jednoduchou obsluhou (Renius a Resch, 2005).

1.5 Prodloužení životnosti převodovky/bezpečnostní opatření

Pro zajištění dlouholetého provozu převodovky je nutný odpovědný přístup k její obsluze, potažmo k obsluze celého traktoru. Základním pilířem je dodržování servisních intervalů údržby, stanovených výrobcem. Tím je myšlena zejména pravidelná kontrola hladiny převodového oleje a s tím spojená výměna tohoto maziva společně s olejovými filtry. Obzvláště je potřeba brát zřetel na traktorové převodovky disponující společnou olejovou náplní s vnějšími hydraulickými okruhy. V případě častého připojování závěsných zařízení se zhoršenou kvalitou oleje je nutno zkrátit interval výměny, případně zajistit bezvadný stav přípojných zařízení. Dále pravidelná kalibrace převodovky v případě, že je alespoň částečně řízena elektronicky. Ta zajišťuje dokonalé seřízení veškerých automaticky ovládaných komponent a nedochází k jejich přílišnému namáhání, v extrémních případech až k poruše celého systému. Na druhou stranu myšlenka časté kalibrace z důvodu prodloužení životnosti nemusí vždy platit, jelikož je většina kalibračních systémů založena na vyvolání extrémního zatížení jednotlivých částí převodovky a v momentě kalibrace tedy dochází k nadměrnému opotřebení. Je tedy obzvláště důležité dbát pokynů výrobce.

V případě manuálně ovládaných převodovek je důležitý provoz s důrazem na plynulé řazení a zajištění synchronizace ozubených kol zejména správným používáním spojky a ideálním načasováním změny převodových stupňů.

Automatické, elektronicky ovládané převodovky již z názvu vzbuzují dojem, že do jejich chodu obsluha nemusí zasahovat. Opak může být často pravdou, a to zejména v případě převodovek typu Power-shift při používání v zátěži. Software zpravidla nemá prediktivní schopnosti jako člověk a v situaci, kdy se otáčky a zatížení motoru nachází přesně na hranici mezi dvěma převody, počítač cyklicky řadí z nižšího převodu na vyšší a obráceně, přičemž ani jeden z nich nevyhodnotí jako ten správný. Tím dochází k nadměrnému opotřebení spojek zajišťující přenos točivého momentu právě na zmíněných převodových stupních. V takových situacích je vhodný zásah obsluhy udělením pokynu traktoru k trvalému udržení převodového poměru a tím k několikanásobnému prodloužení životnosti převodovky.

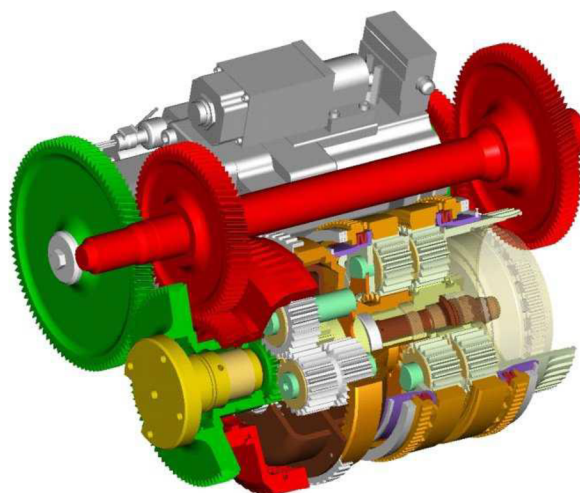
Moderní traktory jsou vybaveny širokým spektrem bezpečnostních opatření sloužící nejen k nekompromisní bezpečnosti obsluhy a ostatních osob, ale další významnou funkcí je i zajištění dlouhé životnosti stroje jako celku. Pro příklad lze uvést nutnost provedení série úkonů před uvedením vozidla do provozu. Bez těchto náležitostí moderní software nedovolí spuštění motoru, případně rozpořhybování traktoru. Jsou jimi například nutnost sešlápnutí spojkového či brzdového pedálu zároveň s usazením řidiče na sedadlo obsluhy (Renius a Resch, 2005).

1.6 Diagnostikovaná převodovka

1.6.1 Historický vývoj

Společnost Case IH využívá pro své plynulé automatické převodovky obchodní název CVX. V nabídkách převodovek ostatních výrobců se můžeme setkat s totožnou převodovkou, pouze s jiným obchodním názvem. Typickým příkladem je trojice výrobců patřících ke koncernu CNH, konkrétně Case IH, New Holland a Steyr. Tito výrobci vzájemně sdílí koncepci nabízených strojů, vše ale pod jiným obchodním názvem. Co se týče plynulých diferenciálních hydrostatických převodovek, jde o názvy CVX, AutoCommand a CVT pro mechanicky totožnou převodovku.

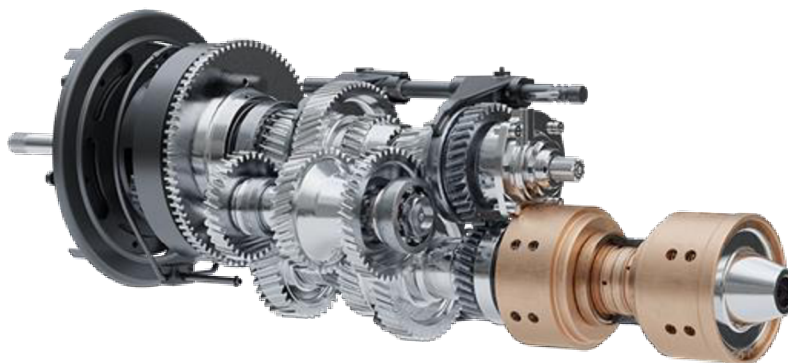
Historie této převodovky sahá na přelom 20. a 21. století, kdy firma Steyr představila svojí první diferenciální hydrostatickou převodovku s názvem S-Matic (viz obrázek 1.12). Tu začaly využívat i ostatní zmínění výrobci. Šlo o spojení automatické převodovky pracující na principu planetových soukolí, společně s hydrostatickou částí (Čupera a Šmerda, 2010).



Obrázek 1.12: Původní Steyr S-Matic (Čupera, Šmerda, 2010)

V roce 2009 byl tento princip nahrazen technologií dvouspojkové převodovky se čtyřmi rychlostními stupni vpřed a dvěma vzad spojené opět s hydrostatickou částí

pro zajištění plynulé změny převodového poměru (viz obrázek 1.13). Jedná se převodovku, která bude dále v této práci popisována a diagnostikována. Instalována byla do tehdy poměrně nové modelové řady Puma, respektive T7 u značky New Holland. Stále je po drobných technických zlepšeních oblíbená a využívána právě ve výše zmíněných modelech (caseih.com, 2021).



Obrázek 1.13: Převodovka CVX v modelu Puma (caseih.com, 2021)

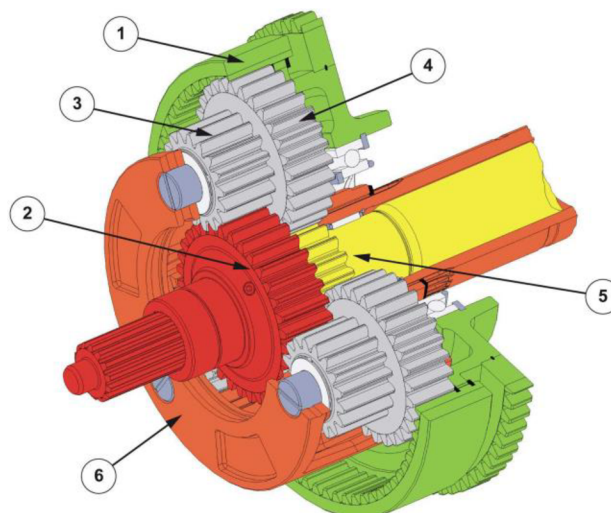
V dnešní době koncern CNH nabízí několik modelových řad svých traktorů dle výkonu motoru, velikosti stroje a primárního použití. Diferenciální hydrostatickou převodovku nabízí do naprosté většiny z nich přibližně od 75 kW do 400 kW. Zde je nutné zmínit, že se nejedná o technicky stejně řešené převodovky. Do každé modelové řady je nabízena s výraznými mechanickými změnami, obchodně jsou ale všechny stále nazývány jako CVX, respektive AutoCommand a CVT (caseih.com, 2021).

1.6.2 Popis převodovky CVX

Mechanická část

Převodovku CVX dělíme na dvě základní části, mechanickou a hydrostatickou. Výhodný je popis dle směru přenosu energie. Točivý moment přichází z dvoumotového setrvačnicku do slučovacího planetového převodu (viz obrázek 1.14). Ten je v případě diagnostikované převodovky čtyř hřídelový, docíleno je toho pomocí zdvojených ozubení na satelitech. Výsledkem jsou dva vstupy. První z dvoumotového setrvačnicku, respektive z motoru na vstupní centrální kolo. Druhý z hydrostatické části převodovky, konkrétně z hydromotoru na korunové kolo. Výstupy z tohoto převodu tvoří výstupní centrální kolo a unašeč satelitů. Důležité je zmínit, že obě výstupní hřídele jsou duté a hřídel vstupního centrálního kola jimi prochází bez změny převodového poměru otáček motoru. Toho je využito zaprvé k pohonu zadního vývodového hřídele, kde je výhodný 100 % mechanický

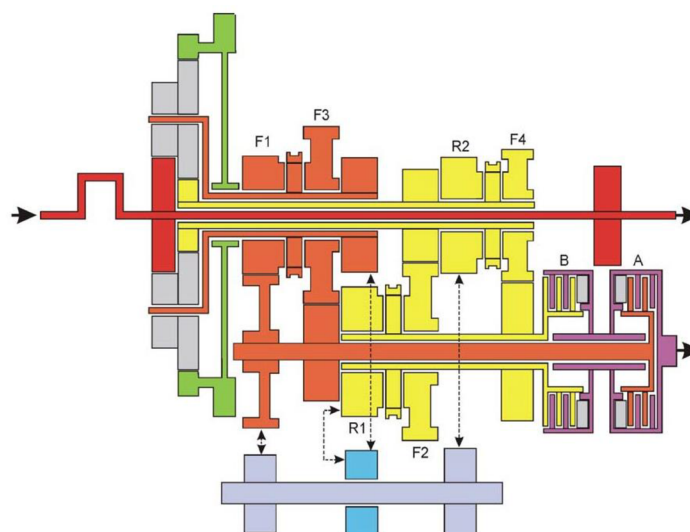
přenosu bez ztrát a zadruhé k pohonu několika hydrogenerátorů. Pro příklad lze uvést hlavní čerpadlo externích hydraulických okruhů nebo čerpadla pro vytvoření tlaku k ovládní různých lamelových spojek. Z hlediska pojezdu traktoru je zmíněná průběžná hřídel nepostradatelná díky pohonu hydrostatické části převodovky viz kapitola „hydrostatická část“ v následujícím textu (Čupera a Šmerda, 2010).



Obrázek 1.14: Slučovací planetový převod (Čupera a Šmerda, 2010)

- 1- korunové kolo, 2- vstupní centrální kolo, 3/4- zdvojený satelit,
5- výstupní centrální kolo, 6- unašeč satelitů

Na slučovací převod navazuje dvouspojková tříhřídelová převodovka s předlohovým hřídelem pro zajištění reverzace. Ta disponuje čtyřmi rychlostními stupni vpřed a dvěma vzad (viz obrázek 1.15). Řazení jednotlivých stupňů je mechanické zubovými spojkami s využitím synchronizačních kroužků. K rozpojení a zapojení převodů dochází automaticky pomocí hydraulicky ovládaných řadicích vidliček.

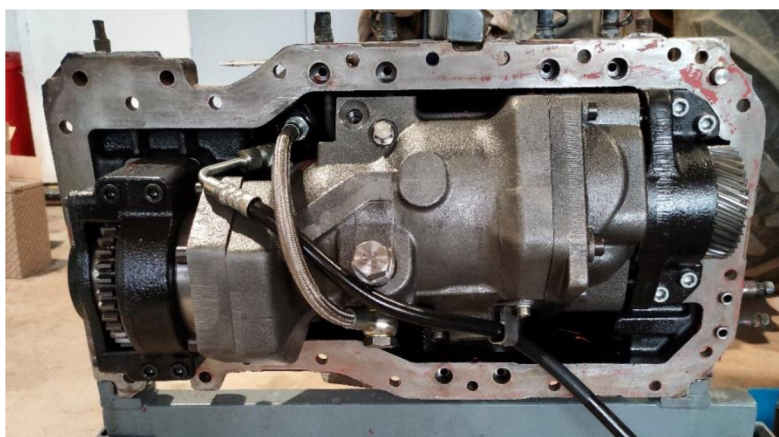


Obrázek 1.15: Mechanická část převodovky CVX (Stehno, 2011)

Princip přenosu točivého momentu je založen na dvou automaticky ovládaných lamelových spojkách, přičemž je vždy aktivní jen jedna z nich a na druhé je připraven další rychlostní stupeň. Převodovka je tedy založena a dvou cestách přenosu, které se mezi sebou v průběhu jízdy střídají. První začíná unašečem satelitů slučovacího převodu, pokračuje přes zubové spojky pro jízdu vpřed F1, F3 a jízdu vzad R1, kde dochází ke zvolení jednoho z převodových stupňů a končí spojkou „A“ pro jízdu vpřed a „B“ pro jízdu vzad. Druhá cesta přenosu startuje výstupním centrálním kolem slučovacího převodu, pokračuje přes zubové spojky pro jízdu vpřed F2, F4 a jízdu vzad R2. Zakončena je opět jednou z lamelových spojek, konkrétně „B“ pro jízdu vpřed, „A“ pro jízdu vzad (Šmerda et al., 2010).

Hydrostatická část

Slouží k ovládnání otáček korunového kola slučovacího převodu a tím dosahuje plynulé změny převodového poměru v rámci mechanicky zvoleného převodu. Skládá se z hydrogenerátoru s variabilním geometrickým objemem ovládaného naklápěcí deskou a na něj navazujícím hydromotorem, který přímo roztáčí korunové kolo. Hydrogenerátor je roztáčen výše zmíněnou průběžnou hřídelí, tedy je na přímo spojen s motorem stálým převodovým poměrem bez možnosti rozpojení přenosu. Oba hydraulické prvky jsou k sobě navzájem propojeny systémem „Back to back“, tedy jsou uloženy v jedné skříni s minimální délkou spojovacích trubek (viz obrázek 1.16). Výhody tohoto řešení jsou zejména nízké ztráty v potrubí a jednoduchá demontáž od mechanického zbytku převodovky (Šmerda et al., 2010).



Obrázek 1.16: Hydrostatická část převodovky

2 Cíl práce

Cílem práce je provedení sériové a paralelní diagnostiky, vyhodnocení prognóz vývoje stavu a poruch sledovaného traktoru a odpovědět na otázky:

1. Je zvolený diagnostický systém dostačující pro určení prognózy?
2. Je použitý diagnostický systém vhodný z ekonomického pohledu?

Dílčí cíle práce:

1. Popsat používané diagnostické systémy pro sledovaný traktor.
2. Provést konkrétní diagnostiku.
3. Porovnat zjištěné a naměřené výsledky s doporučeními výrobce a direktivou EU.
4. Odpovědět na otázky z cíle této práce.
5. Výsledky zhodnotit a uvést závěry pro praxi.

3 Metodika

3.1 Diagnostikovaný traktor

Tovární značka	- Case IH
Model	- Puma 225 CVX
Rok výroby	- 2011
Motor	- Iveco Cursor FTP Tier 3
Objem motoru	- 6,7 l
Výkon motoru	- 165 kW / 224 HP
Točivý moment	- 950 Nm
Počet válců	- 6
Převodovka	- CVT 50 km.h ⁻¹ Economy
Typ převodovky	- Diferenciální hydrostatická



Obrázek 3.1: Diagnostikovaný traktor

Traktor je majetkem firmy Agro Kuželka s.r.o. se sídlem v Blatné na Strakonicku. Společnost se zabývá zejména poskytováním služeb v zemědělství, konkrétně v rostlinné výrobě. Diagnostikovaný traktor byl zakoupen na začátku roku 2018 s odpracovanými přibližně 3000 motohodinami. Od té doby je využíván především k dopravě zemědělských komodit v agregaci s návěsem Fliegl Gigant ASW 393 a lisování hranolovitých balíků pomocí lisu Krone Big-Pack 1290. Okrajově bývá traktor použit k orbě, podmítce nebo aplikaci statkových hnojiv. Roční využití traktoru se pohybuje nad hranicí 1500 motohodin, z toho minimálně dvě třetiny ve spojení s návěsem Fliegl.

Mezi nainstalovanou volitelnou konfigurací stroje lze zařadit přední třibodový závěs s předním vývodovým hřídelem, reverzační ventilátor chlazení motoru, pět samostatných vnějších hydraulických okruhů, variabilní rozchod kol zadní nápravy, dotykový monitor AFS Pro 700, přijímač satelitní navigace s možností automatického navádění, ISO-BUS konektivita, elektronické ovládání převodovky zadního vývodového hřídele, elektricky nastavitelná vnější zrcátka. Pojezdová převodovka byla zvolena diferenciální hydrostatická s označením CVX.

Traktor obsluhuje zejména jeden konkrétní zaměstnanec, v případě potřeby jej doplňuje obsluha stroje Case IH Optum 300 CVX, který je svým ovládáním totožný. Pravidelnou údržbu provádí sama firma Agro Kuželka. V případě výskytu poruchy traktor servisuje autorizovaný servis AGRI CS se sídlem v Přešticích.

3.2 Sériová diagnostika

Sériová diagnostika převodovky bude provedena originálním diagnostickým softwarem CNH EST 9.4, který podporuje diagnostiku mechanizace, patřící koncernu CNH. Jmenovitě se jedná o značky Case IH Agriculture, Case Construction, New Holland Agriculture, New Holland Construction, Steyr, Flexi Coil, Miller, Kobelco. Tento software je nainstalován na firemním počítači společnosti Agri CS. Dále bude využito komunikačního modulu DPA 5 a propojovacích kabelů mezi počítačem, komunikačním modulem a traktorem. Kompletní sestava diagnostického nástroje je zobrazena na obrázku 3.2 (epcatalogs.com, 2021).



Obrázek 3.2: Diagnostická souprava (obdii.shop, 2022)

3.2.1 Základní funkce CNH EST

- Načtení a zobrazení paměti závad
- Programování řídicích jednotek
- Zobrazení servisních postupů a schémat
- Spuštění diagnostických testů
- Kalibrace řídicích a kontrolních systémů
- Zobrazení systémových hodnot v reálném čase (epcatalogs.com, 2021).

3.3 Postup automatické kalibrace převodovky CVX

- Ohřátí převodového oleje v rozmezí 60–95 °C (optimálně 80 °C)
- Odstavení traktoru na rovné ploše bez překážek v okolí
- Zajištění kol proti pohybu
- Zatažení ruční brzdy
- Deaktivace veškerých elektrohydraulických aplikací
- Stisk obou tlačítek volby rozsahu převodových stupňů, současně s nastartováním motoru
- Sešlápnutí spojkového pedálu, umístění reverzační páky do polohy jízdy vpřed a opětovné uvolnění spojkového pedálu
- Při správném dodržení předchozích kroků se na Instrument panelu zobrazí text „SYn“ (viz obrázek 3.3)
- Posledním krokem spuštění automatické kalibrace je stisk tlačítka volby agresivity převodovky
- Kalibrace je provedena v pořadí: Synchrony, snímač zatížení setrvačníku motoru, snímač nakroucení na hřídeli PTO, spojky „A“ a „B“
- Pokud je proces úspěšně dokončen, zobrazí Instrument panel opět text „SYn“ (servisní manuál Case IH Puma, 2009)

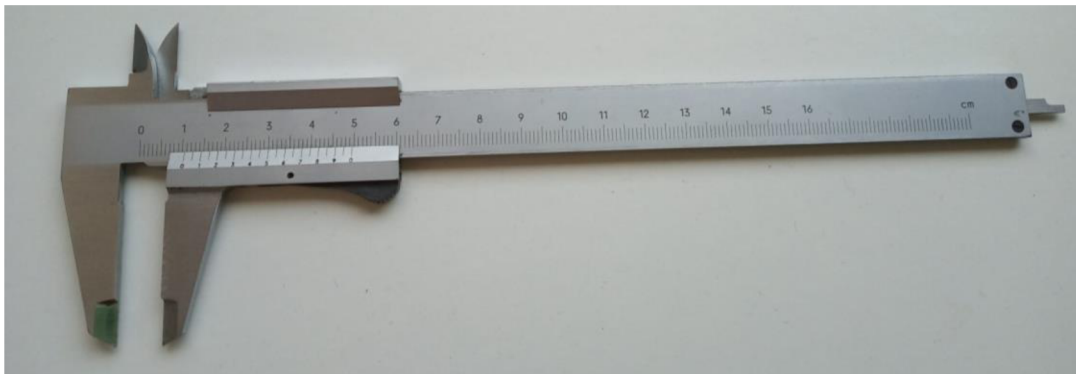


Obrázek 3.3: Instrument panel v režimu kalibrace (youtube.com, 2022)

3.4 Paralelní diagnostika

3.4.1 Opotřebenění lamel spojek „A“ a „B“

Paralelní diagnostika převodovky CVX spočívá zejména v měření tloušťky třecích lamel spojek „A“ a „B“. K tomu bude využito posuvného měřítka (viz obrázek 3.4) s přesností 0,05 mm.



Obrázek 3.4: Posuvné měřítko

Postup měření:

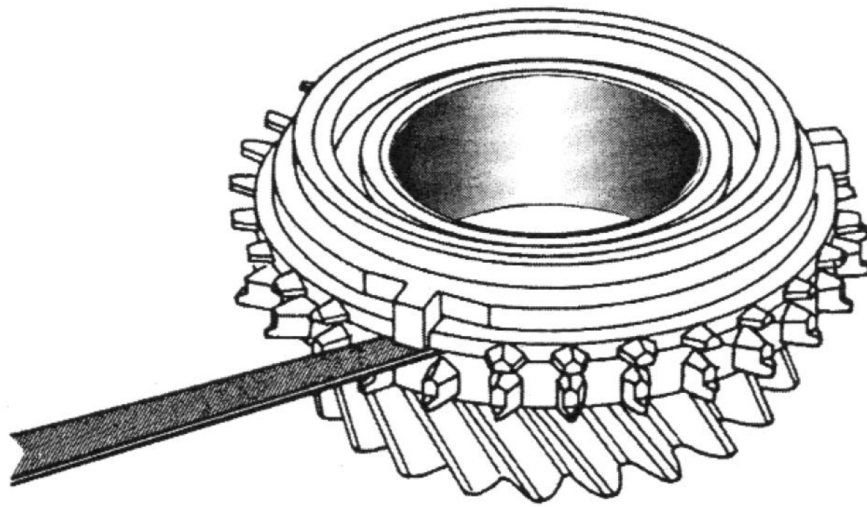
- Demontáž obou spojek z převodovky
- Rozmontování jednotlivých komponent spojek
- Pomocí posuvného měřítka zjištění aktuální tloušťky obložení a porovnání s mezními hodnotami udávanými výrobcem – Pro diagnostikovanou převodovku výrobce udává 2,4 – 2,8 mm

-
- Podle porovnání naměřených hodnot s limitními dojde k opětovnému sestavení spojky buď s původními lamelami, případně novými (servisní manuál Case IH Puma)

3.4.2 Opatření synchronizačních kroužků

Při demontáži převodovky CVX je standardem preventivní měření opotřebení synchronizačních kroužků jednotlivých převodových stupňů. Tato operace slouží jako preventivní opatření před rizikem poruchy při dalším používání převodovky.

Postup měření opotřebení synchronizačních kroužků (viz obrázek 3.5)



Obrázek 3.5: Měření opotřebení synchronizačního kroužku (Brož a Trnka, 2007)

- Nasazení synchronizačního kroužku na kužel daného rychlostního stupně
- Mírné přitlačení kroužku do záběru pro vymezení vůle
- Pomocí spárové měrky (viz obrázek 3.6) zjištění vzdálenosti mezi unášecím ozubením rychlostního stupně a čelní plochou synchronu
- Výrobce převodovky CVX uvádí minimální vzdálenost 1 mm
- V případě dosažení zmíněné vzdálenosti je nutná výměna (Brož a Trnka, 2007)



Obrázek 3.6: Spárové měrky (mlparts.cz, 2022)

3.4.3 Těsnost pístu lamelových spojek

V případě podezření na špatnou těsnost pístu spínání lamelových spojek (viz obrázek 3.7) je nutná demontáž převodovky pro přístup k měřicím bodům.



Obrázek 3.7: Píst pro spínání lamelových spojek

Postup tlakové zkoušky je následující:

- Montáž propojovacích servisních přípojek na dvě měřicí místa
- Tlakové kanály naplnit vhodným olejem pro zajištění těsnosti
- Za použití pneumatické pistole s vhodným nastavcem natlakovat diagnostikované spojky na tlak 1 MPa
- Během tlakování je přirozeným jevem pohyb pístu spojky
- Tlaková zkouška je úspěšná, pokud nedochází k samovolnému poklesu tlaku v soustavě
- V případě projevu netěsností je nutná výměna těsnících kroužků ovládacího pístu (servisní manuál Case IH Puma, 2009)

4 Praktická část

4.1 Projev poruchy převodovky

Diagnostikovaný traktor Case IH Puma 225 CVX se začal v březnu roku 2021 projevovat pomalými rozjezdy a škubavým řazením mezi jednotlivými mechanickými převody. Příručka k obsluze a servisní manuál k danému stroji přikazují provedení kalibrace obou spojek, lépe však celé převodovky. K této kalibraci byl na pokyny manuálu přizván odborný servis Agri CS. S využitím softwaru CNH EST a komunikačního modulu zahájil mechanik komunikaci s řídicími jednotkami stroje. Standardním postupem před zahájením dalších procesů je vyčtení paměti závad a jejich následná kontrola. Dotazované řídicí jednotky zobrazovali pouze sporadické závady, které se neprojevily déle než měsíc zpět. Došlo tedy k vymazání paměti závad a mechanik mohl přistoupit k samotné kalibraci převodovky. Traktor byl dle pokynů pro kalibraci náležitě připraven a Instrument panelem byla vyvolána automatická kalibrace převodovky CVX.

V průběhu kalibrace nastala mimořádná událost, při které došlo k automatickému přerušení procesu současně se zobrazením chybového kódu U36. Tento kód servisní manuál popisuje jako „Maximální přípustná kalibrační hodnota spojky překročena“. V případě nevydařené kalibrace se původní kalibrační hodnoty v řídicí jednotce nepřepíší a traktor je schopen fungovat stejným způsobem jako před jejím spuštěním. Byl tedy proveden test jízdy s traktorem. Obsluha subjektivně popisovala jízdu jako shodnou se stavem před kalibrací. Po opětovném uvedení traktoru do kalibračního stavu se servisní technik pokusil o opětovné zahájení automatické kalibrace.

Přerušení procesu se opakovalo s vypsáním totožného chybového hlášení. Po následné kontrolní jízdě bylo zjištěno silně nestandardní chování plynulé převodovky. Při nastavení reverzačního ovladače do polohy vpřed se na Instrument panelu objevil chybový kód 2331, který oznamuje závadu prokluzování spojky a traktor nebyl schopen jízdy. Obsluha provedla několik testů, během kterých zjistila následující chování traktoru: Při udělení pokynu pro jízdu vzad probíhaly veškeré operace bez známky poškození převodovky a traktor po sešlápnutí pedálu akcelérátoru standardním způsobem reverzoval. Při volbě jízdy vpřed řídicí jednotka hlásila kód 2331 a stroj stál na místě.

4.2 Proces zjištění příčiny poruchy

Vzhledem k dosavadním informacím se dle servisního manuálu i zkušeností odborného technika mohlo jednat poruchu jedné z následujících komponent:

- Závada na proporcionálně ovládaném PWM solenoidu (viz obrázek 4.1), který slouží k ovládání záběru jednotlivých spojek pomocí tlakového oleje
- Netěsnost těsnících kroužků pístu spojky, který ovládá její stlačení
- Příliš opotřeбенé lamely jedné ze spojek a její následný prokluz



Obrázek 4.1: PWM solenoid CNH (parts.wrshaw.ie, 2022)

4.2.1 Vyloučení poruchy PWM solenoidu

Servisní technik vyhodnotil tuto poruchu jako nejrychleji zjistitelnou, a to pomocí diagnostického softwaru. CNH EST umožňuje testy akčních členů současně se zobrazením aktuálních hodnot jednotlivých čidel. Jednoduchým manuálním ovládním ventilu se mění tlak v hydraulické části, kterou tento ventil ovládá. Tento tlak jsme schopni číst zobrazením hodnot konkrétního čidla. Jelikož se zobrazovaný tlak pohyboval přibližně v rozsahu od 0 do 2 MPa, diagnostikoval servisní technik solenoid jako plně funkční.

4.2.2 Diagnostika v autorizovaném servisu

Po vyloučení poruchy solenoidu zbývaly dvě pravděpodobné možnosti závady. Obě vyžadovaly pro test i případnou opravu profesionální dílnu autorizovaného servisu. Bylo tedy rozhodnuto o dopravení stroje do servisní haly společnosti Agri CS v Přešticích. Zde došlo k oddělení převodovky od zbytku traktoru za účelem důkladného rozebrání.

Základní postup při demontáži převodovky

- Odstavení traktoru na rovné, protiskluzové ploše
- Vypuštění převodového oleje do sběrné nádoby
- Podepření zadní části traktoru a zamezení jejího pohybu
- Demontáž obou zadních kol

-
- Odpojení kabeláže mezi kabinou traktoru a motorovou částí
 - Demontáž rozvaděče ventilů převodovky
 - Demontáž hydrostatické jednotky pomocí servisního přípravku
 - Podepření přední části traktoru
 - Rozpojení traktoru na dvě poloviny mezi motorovou částí a kabinou (viz obrázek 4.2)
 - Odpojení skříně převodovky od zadní části traktoru



Obrázek 4.2: Rozdělení traktoru na dvě poloviny

Tímto postupem bylo docíleno kompletního servisního přístupu k celé dvouspojkové mechanické převodovce (viz obrázek 4.3) pro účely detailní paralelní diagnostiky. Následným úkonem měla být zkouška těsnosti pístů spojek „A“ a „B“.



Obrázek 4.3: Skříň mechanické části převodovky

4.2.3 Opotřebení lamel spojky

Během demontáže převodovky bylo možné pozorovat podezřelé zbarvení obou spojek, odpovídající extrémnímu teplotnímu namáhání (viz obrázek 4.4). Bylo tedy rozhodnuto o vynechání testu těsnosti kroužků spojek. Jeho provedení bylo odloženo na závěr opravy za účelem ověření funkce pro následný provoz. K tomuto rozhodnutí došlo díky zkušenostem odborníka, který předpovídal spálení lamel spojky vlivem extrémního namáhání nebo opotřebení.



Obrázek 4.4: Zbarvení spojky vlivem extrémních teplot

Následně byly obě spojky rozebrány za účelem zjištění skutečného stavu a následného provedení paralelní diagnostiky změřením tloušťky lamel. K této diagnostice nemohlo, alespoň v případě spojky „A“ dojít, jelikož mezi separačními plechy se již žádné třecí lamely nenacházely. V tento moment byla příčina hlášení chybového kódu zcela známa. Spojka nebyla schopna přenášet točivý moment motoru díky absenci třecích lamel. Docházelo k tření plechů mezi sebou až k extrémnímu zahřívání, které způsobilo zbarvení koše spojky a zničení separačních plechů (viz obrázek 4.5).

Měření třecích lamel bylo provedeno alespoň na spojce „B“, kde hodnoty činily 2 mm, tedy silně podlimitní stav vzhledem k rozsahu udávaného výrobcem.



Obrázek 4.5: Separální plechy spojky „A“

4.3 Opatření synchronizačních kroužků

Během původní kalibrace převodovky servisní technik poukázal na možné opotřebení synchronizačních kroužků na základě specifického „škubnutí“ převodovky při změně převodového stupně. Bylo tedy rozhodnuto o provedení diagnostiky synchronizace pomocí spárových měrek. Tento proces je vhodné provádět i preventivně, jelikož není příliš složitý v případě, že je převodovka tímto způsobem rozebrána a zároveň je nemožné jej vykonat v případě, kdy je převodovka instalována ve stroji. Výsledné hodnoty jednotlivých synchronizačních kroužků se pohybovaly v rozmezí 0,95-1 mm, přičemž výrobce uvádí 1 mm jako limitní hodnotu pro výměnu. Po tomto zjištění došlo k výměně všech synchronizačních kroužků.

4.4 Oprava převodovky

4.4.1 Seznam opotřebených dílů

Po zjištění předchozích závad došlo k výměně následujících důležitých dílů převodovky:

- Spojky „A“ a „B“
 - separální plechy, třecí lamely, talířové pružiny, těsnící gumičky hřídele, těsnící gumičky tlačného pístu
- Veškeré synchronizační kroužky

-
- Preventivně vyměnitelné díly, které jsou na hranici teoretické životnosti (– určuje servisní technik po konzultaci s majitelem stroje) - zejména ložiska
 - Další drobné části nutné k sestavení převodovky (šrouby, těsnění a podobně)

4.4.2 Složení převodovky

Během procesu opětovného složení je nutno postupovat dle servisního manuálu, zejména z důvodu dodržování předepsaných utahovacích momentů. Dalším důvodem je zamezení možnosti poškození jednotlivých dílů vlivem nesprávné manipulace s nimi. Obecně lze ale říci, že sestavení probíhá stejným postupem jako při demontáži, pouze v opačném pořadí. Důležitá je průběžná kontrola správnosti montáže během procesu. V našem případě lze vypíchnout nutnost provedení zkoušky těsnosti lamelových spojek „A“ a „B“, před samotnou montáží převodovky do traktoru (viz kapitola 4.4.3 – Zkouška těsnosti spojek).

Po kompletním sestavení traktoru je nutné provést opětovnou kontrolu veškerých součástí k vyloučení chyb lidského i mechanického faktoru během sestavování. Zvýšenou pozornost klademe na dotažení veškerých spojů, odklizení montážních přípravků a náradí, dolítí provozních kapalin na úroveň udávaných výrobcem a zapojení konektorů elektrických kabelů na správné pozice.

4.4.3 Zkouška těsnosti spojek

Tato kontrola je obzvláště důležitá na provedení během procesu sestavování převodovky ze dvou hlavních důvodů.

- 1) Nelze v souladu s manuálem provést po kompletním sestavení stroje
- 2) Pokud by kontrola nebyla provedena, došlo by k projevu netěsnosti až při kalibraci převodovky po kompletním sestavení traktoru, což by vyžadovalo opětovnou demontáž

Zkouška byla provedena ihned po montáži obou spojek přesně v souladu se servisním manuálem, výsledek zkoušky byl kladný, jelikož nedošlo k poklesu tlaku během měření v uměle natlakované soustavě. To svědčí o bezvadném stavu i montáži těsnících kroužků jednotlivých ovládacích pístů.

4.5 Kalibrace převodovky

Po úspěšné kompletaci traktoru a provedení kontroly servisu je nutná kalibrace převodovky z důvodu zcela odlišných hodnot vlivem použití nových komponent. K jejímu provedení došlo přesně dle instrukcí servisního manuálu a následná kontrola veškerých procesů byla provedena diagnostickým softwarem CNH EST 9.4.

Výsledkem bylo zjištění, že veškeré procesy spojené s chodem převodovky jsou nyní v běžném režimu, a tedy plně funkční.

4.6 Příčiny vzniku závady

Z výsledků provedené diagnostiky lze jednoznačně určit příčinu zobrazování chybového kódu, kterou byla příliš opotřebená, a tedy nefunkční spojka „A“. Na základě zjištěných informací lze uvést několik faktorů, které hrály roli na výsledném selhání pojezdové spojky.

4.6.1 Počet odpracovaných motohodin

Každá součást stroje se vyznačuje určitou životností, po kterou je zajištěn její bezproblémový provoz. Po překročení této hranice dochází k selhání součásti a stroj začíná vykazovat známky poruchy. Pokud bychom se chtěli v budoucnu vyhnout náhlému opakování stejné závady, bylo by vhodné převodovku demontovat preventivně například mimo sezónu a lamely obou spojek včas vyměnit za nové.

4.6.2 Zkušenosti obsluhy

V případě manuálně ovládaných spojek lze životnost z velké části ovlivnit stylem používání a citem obsluhy. Správné používání snižuje celkové namáhání a lamely spojky jsou schopny sloužit násobně více motohodin. V případě diagnostikované převodovky, tedy automaticky ovládaných spojek, se může zdát, že na jejich životnosti se obsluha podílet nemůže. Opak je ale pravdou. Základní péče o převodovku z hlediska obsluhy spočívá zejména v pravidelné výměně oleje pro zajištění její správné funkce. Dalším důležitým faktorem je použití pouze takových příslušenství, která využívají zcela identického oleje, aby nedocházelo k promíchání více druhů olejů a tím ke zhoršení jejich vlastností. Současně s tím je důležité dbát na čistotu oleje připojovaných nářadí.

Během následného provozu automatická převodovka působí dojmem, že do její funkce není potřeba ručně zasahovat. To může být v určitých aplikacích chyba, kterou dělá zejména nezkušená obsluha a která může vést k nadměrnému opotřebení převodovky. Nejlepším příkladem jsou polní práce, při kterých stroj dosahuje pojezdové rychlosti přesně na hranici, kdy řídicí software automatické převodovky dává pokyn ke změně převodového stupně z nižšího na vyšší a obráceně. Tehdy dochází k cyklicky se opakujícímu jevu, kdy převodovka zvolí vyšší z hraničních převodových stupňů, následně zjistí, že motor nemá dostatečný výkon pro udržení požadované rychlosti a dojde k podřazení a tento jev je převodovka schopna opakovat

po celou dobu polní práce. Tím logicky dochází k příliš častému řazení, a nejen lamely spojky jsou vystavovány extrémnímu namáhání a jejich životnost se dramaticky snižuje. Zkušená obsluha je schopna tomuto jevu předejít jednoduchým uzamknutím maximální pojzdové rychlosti těsně pod hranicí změny převodového stupně a tím jednoduše ale velmi účinně prodlouží životnost převodovky i celého traktoru.

4.6.3 Nedostatečná kalibrace převodovky

Velmi důležitou prevencí poruchy je pravidelná kalibrace převodovky dle pokynů udávaných výrobcem v návodu k obsluze, případně v servisním manuálu. Lamely spojky se vlivem používání přirozeně opotřebovávají, s tím ale nekalibrovaný stroj není schopen kalkulovat a veškeré součásti ovládá s určitou odchylkou, která stále roste. To se projevuje zejména méně plynulými rozjezdy a škubavým řazením převodových stupňů, které se stále zhoršuje. Nejen že takto chybně ovládaná převodovka poskytuje zhoršené jízdní vlastnosti a špatný komfort pro obsluhu, ale zejména vlivem nesprávného používání dochází k ještě rychlejšímu opotřebovávání a tento proces stále exponenciálně graduje.

4.7 Popis průběhu závady dle doposud zjištěných skutečností

Na začátku traktor vykazoval známky škubání a pomalých rozjezdů. To bylo způsobeno zejména ignorováním nutnosti pravidelné kalibrace převodovky a vynecháním preventivní výměny spojkových lamel v závislosti na odpracovaných motohodinách. Ty byly už značně opotřebované a problém byl umocněn nesprávným ovládním ze strany řídicího softwaru. Po příjezdu autorizovaného servisu a provedení kalibrace se závada projevila v plné síle. Došlo k tomu, protože během kalibrace převodovky jsou spojky namáhány extrémním způsobem, jelikož v určitý moment jsou zapojovány do záběru „proti sobě“. Tato metoda je používána za účelem umělého vyvolání maximálního zatížení převodového ústrojí i motoru traktoru, aby byl následně stroj připraven pro jakkoli náročnou operaci. Následné pokusy o provedení kalibrace zřejmě vyřadily lamely spojky „A“ z provozu definitivně. Je ale nutno říci, že samotná kalibrace nebyla příčinou poruchy, jako spíše jejím katalyzátorem. Tato závada by se projevila samovolně jen o několik málo motohodin déle a s velkou pravděpodobností v nejméně vhodný moment. Nyní je již známa také příčina následného chování traktoru. Ten byl schopen pouze jízdy vzad, jelikož převodový stupeň R1 je zajištěn spojkou „B“, která byla také značně opotřebena, ale stále funkční.

Při řazení převodu F1 a pokusu o záběr spojky „A“, byla vyhodnocena chyba a traktor odmítal další pokyny z důvodu zajištění bezpečnosti provozu stroje.

4.8 Celková cena opravy

Pokud dojde k takto rozsáhlé demontáži převodovky, je nutné předpokládat poměrně vysoké částky, co se ceny opravy týče. Toto pravidlo zvláště platí, pokud stroj není nový, ale už má odpracováno větší množství motohodin. Je to dáno faktem, že se spoustu komponent mění preventivně, bez ohledu na jejich aktuální technický stav. Zejména v zemědělství, kde je kladen důraz na co nejvyšší spolehlivost stroje během sklizňových prací, se tato metoda z dlouhodobého pohledu vyplatí. Pokud by například nedošlo k výměně důležitého ložiska, kterému se blíží hranice jeho průměrné životnosti, riskujeme nejen odstavení stroje v nejméně vhodný okamžik, ale zejména další finančně nákladnou operaci, jelikož je potřeba opět kompletně demontovat převodovku, což je časově i technicky velmi náročné.

Výsledná cena této opravy činila 210 000,-Kč bez DPH. Přibližné ceny hlavních komponent jsou uvedeny v tabulce 4.1.

Tabulka 4.1: Výsledná cena opravy převodovky v Kč

Dvě sady separačních plechů a třecích lamel	25 000,-
Dvě sady talířových pružin se zajišťovacími plechy	15 000,-
Sada synchronizačních modulů	70 000,-
Nutné díly k sestavení převodovky (ložiska, těsnění, šrouby, lepidla), sériová diagnostika včetně kalibrace	45 000,-
Práce mechanika	55 000,-
Celkem	210 000,-

5 Diskuse

5.1 Je zvolený diagnostický systém dostačující pro určení prognózy?

Ano, je.

Správným použitím oficiálního diagnostického softwaru je schopen servisní technik včas odhalit potenciální problémy a lze tak přistoupit k preventivním a často levnějším opatřením k zamezení projevu závady většího rozsahu. Je ale velmi důležitá pravidelná komunikace servisního technika s obsluhou stroje. Dle autorizovaného servisu Agri CS je právě komunikace se zákazníkem, nebo častěji obsluhou, prvním impulzem k zahájení preventivních diagnostických měření, a tedy klíčem k zabránění poruch většího finančního rozsahu. Z výsledků této práce je patrné, že nedostatečná komunikace ze strany obsluhy vedla v začátcích „pouze“ k práci bez správně kalibrované převodovky. Ve výsledku tento problém vygradoval až k odstavení stroje, což by ve vrcholu zemědělské sezóny znamenalo velké problémy s pokrytím veškerých prací. V našem případě došlo k projevu závady s trochou štěstí před začátkem sklizňových prací a stroj tedy mohl být po dobu opravy postradatelný.

Následné provedení paralelní diagnostiky po projevu poruchy bylo též dostačující. Jednoznačným důkazem bylo měření opotřebenosti synchronizačních kroužků, kde byly zjištěny limitní hodnoty dle servisního manuálu dodávaného výrobcem stroje. Tímto včasným zjištěním mohla být provedena preventivní výměna, a tedy zamezení projevu poruchy v období nejvyššího vyřízení traktoru. To samé platí o měření hodnot třecích lamel druhé, zatím funkční spojky. Bez včasné výměny by převodovka hlásila podobné chybové kódy během několika málo motohodin.

5.2 Je použitý diagnostický systém vhodný z ekonomického pohledu?

Ano, je.

Firma Agri CS, jakožto autorizovaný a servis a výhradní prodejce značky Case IH, využívá pouze oficiální diagnostickou sadu CNH EST. Dle webu balticdiag.com je pořizovací cena kompletní sady 2 299,-eur, v přepočtu tedy přibližně 56 000,-Kč. Pokud má uživatel zájem o pravidelné aktualizace, je nutné připočítat licenční poplatky, které ale výrobce veřejně neprezentuje. Pro účely srovnání tedy nebudu brát na licenční poplatky zřetel. Konkurencí pro tuto diagnostickou sadu je Jaltest Agricultural Vehicles (AGV), kterou nabízí web robeko.cz za cenu bezmála 95 000,-Kč. Z tohoto cenového srovnání je ekonomická výhodnost použitého softwaru

jednoznačná. Důležitá je také lepší kompatibilita se stroji koncernu CNH, jelikož je program zacílen přímo na tuto techniku. Oproti tomu mohou výhody Jaltest AGV spočívat například v podpoře širšího spektra výrobců zemědělských strojů, což ale autorizovaný servis Agri CS není schopen využít.

Do ekonomického srovnání je potřeba pro objektivnost zmínit i levnější alternativy, které nabízí například web aliexpress.com. Zde lze zakoupit kompletní diagnostickou sadu CNH EST včetně notebooku v přepočtu za 25 000,-Kč. Ve většině případů se ale jedná o neoficiálně prodávanou kopii a její vlastnictví často není legálně možné. Navíc uživatel ztrácí možnost pravidelných aktualizací ze strany výrobce.

Pro účely paralelní diagnostiky bylo využito posuvného měřítka, které nabízí somet.cz za 662,-Kč, dále spárových měrek za 200,-Kč od stejného prodejce. Zkouška těsnosti spojek byla provedena pomocí manometru s příslušenstvím pro měření. Tuto sadu nabízí například web daklos.cz za cenu 1 198,-Kč. Je evidentní, že ceny zařízení k provedení paralelní diagnostiky jsou zanedbatelné položky v poměru k celkové ceně opravy i k ceně diagnostických softwarů.

5.3 Vyhodnocení výsledků

První impulz o možné poruše převodovky přišel ze strany obsluhy traktoru. V návaznosti na to provedl servisní technik kalibraci, která iniciovala plný projev poruchy. Následně byla provedena sériová diagnostika, která vyloučila poměrně snadno opravitelnou závadu a bylo přistoupeno k provedení paralelní diagnostiky na servisním středisku Agri CS v Přešticích. Touto diagnostikou byla odhalena hlavní příčina hlášení chybového kódu, tedy kompletně opotřebená a spálená spojka „A“. Dále byly zjištěny limitní hodnoty pro výměnu synchronizačních kroužků a třecích lamel i druhé ze spojek. Následně byla převodovka sestavena s již novými díly, včetně důležitých těsnění, šroubů a podobně. Po kompletní kompletaci traktoru byla provedena závěrečná sériová diagnostika, která potvrdila bezvadnost opravy. V návaznosti na pozitivní výsledek technik provedl nutnou kalibraci převodovky, která podle očekávání proběhla též v pořádku.

5.4 Prognóza

Komponenty, které selhaly a byly předmětem této opravy, jsou běžně opotřebitelnými součástmi a s jejich další výměnou se v průběhu provozu stroje kalkuluje. Lze ale předpokládat, že další životnost převodovky, co se zkoumaných problémů týče,

bude mnohem delší, pokud se eliminují jisté pochybení, které se doposud mohly vyskytovat.

Velmi důležitým faktorem je důkladné proškolení obsluhy. Kvalitní obsluha je schopna svým počínáním násobně zvýšit životnost nejen převodovky, ale i jiných částí traktoru. Dalším důležitým bodem je pravidelná kalibrace přesně v souladu s návodem k obsluze, případně se servisním manuálem. Dojde tak k zamezení poškozování stroje nesprávným ovládním ze směru řídicích jednotek.

Pokud dojde ke zlepšení podmínek provozu, lze předpokládat, že se stejná závada projeví po mnohem více odpracovaných motohodinách, než při kterých se projevila nyní.

Závěr

V dnešní době jsou automaticky ovládané převodovky nedílnou součástí moderních traktorů. Bohužel se stále značné množství lidí obává jejich krátké životnosti, časté poruchovosti a zejména značné složitosti jejich opravy. Tato práce popisovala průběh opravy, která se na samém začátku zdála velmi složitá a nákladná. Výsledkem je zjištění, že hlavní příčina poruchy byla opotřebená třecí lamelová spojka, tedy závada, která běžně postihuje většinu převodovek, a to nejen automatických, ale i manuálních.

Důležité je také zmínit možné příčiny projevu poruchy. Jedná se zejména o životnost, která opět postihuje veškeré komponenty. Po odpracování určitého množství motohodin lze předpokládat, že se podobná porucha může vyskytnout a mnohdy je výhodné provádět výměnu preventivně. Tento přístup se vyplatí zejména pokud je požadavek na bezvadnou funkčnost stroje v sezónních pracích a následné prostoje by byly finančně velmi náročné. Dále je potřena převodovku správně používat, a to i v případě automatické. Správně proškolená a uvědomělá obsluha je schopna násobně prodloužit životnost různých komponent, převodovky nevyjímaje. V případě diagnostikované převodovky jde například o zamezení cyklicky se opakující automatické změny převodového stupně v případě, kdy se traktor pohybuje rychlostí na hranici mezi dvěma převodovými stupni. V neposlední řadě je nutné pamatovat na pravidelnou kalibraci jednotlivých částí stroje. Ta zajistí spolehlivé a zejména správné fungování traktoru jako celku, což zvyšuje komfort pro obsluhu, efektivitu práce a snižuje opotřebení tím náklady na opravy.

Při splnění bodů, které tato práce shrnuje, lze zásadně prodloužit životnost automatické převodovky, která tak může být srovnatelná s manuálními typy.

Seznam použité literatury

Citace knihy

- Bauer, F. et al. (2013). *Traktory a jejich využití*. 2. vydání. Profi Press, Brno. ISBN: 978-80-86-726-52-6
- Bell, B. (2015). *Farm machinery*. 6. vydání. 5M Publishing Ltd, Sheffield. ISBN: 978-1-910456-06-4
- Gscheidle, R. et al. (2007). *Příručka pro automechanika*, 3. vydání. Europa-Sobotáles, Praha. ISBN: 978-3-8085-2163-2
- Soylu, S. (2011). *Electric Vehicles – Modelling and Simulations*, 1. vydání. IntechOpen, London. ISBN: 978-953-307-477-1
- Syrový, O. (2008). *Doprava v zemědělství*. 1. vydání. Profi Press, Praha. ISBN: 978-80-86726-30-4
- Vlk, F. (2003). *Převodová ústrojí motorových vozidel*. 2. vydání. František Vlk, Brno. ISBN: 80-239-0025-0

Citace vědeckých publikací

- Baogang, L. et al. (2019). Automatic starting control of tractor with a novel power-shift transmission. *Mechanism and Machine Theory*, 2019(131):75-91
- Brož, J. a Trnka, L. (2007). Synchronizované převodovky. *Praktická dílna*, 2007(2):6-10
- Čupera, J. a Šmerda, T. (2010). Plynulé převodovky ze Sant Valentinu. *Mechanizace zemědělství*, 2010(9):14-21
- Lacour, S. et al. (2014). A model to assess tractor operational efficiency from bench test data. *Journal of Terramechanics*, 2014(54):1-18
- Malik, A. a Kohli, S. (2020). Electric tractor: Survey of challenges and opportunities in India. *Materials Today: Proceedings*, 2020(28):2318-2324
- Molari, G. a Sedoni, E. (2008). Experimental evaluation of power losses in a power-shift agricultural tractor transmission. *Biosystems Engineering*, 2008(100):177-183
- Pernis, P. (2003). CVT – převodovka s plynule měnitelným převodem. *Mechanizace zemědělství*, 2003(7):52-56
- Saravanakumar, S. et al. (2020). The static structural analysis of torque converter material for better performance by changing the stator angle. *Materials Today: Proceedings*, 2021(37):1963-1972
-

Schulte, H. (2007). Control-oriented modeling of hydrostatic transmissions considering leakage losses. *IFAC Proceedings Volumes*, 2007(21):103-108

Stehno, L. (2011). Jak funguje New Holland T7000 AC. *Mechanizace zemědělství*, 2011(9):11-17

Šmerda, T. et al. (2010). Koncepce pohonů traktorů. *Mechanizace zemědělství*, 2010(7):42-53

Citace článku ve sborníku z konference

Renius, K. a Resch, R. (2005). Continuously Variable Tractor Transmissions. In: *Agricultural Equipment Technology Conference*. American Society of Agricultural Engineers, Louisville, pp. 1-37.

Citace webových zdrojů

- S uvedeným autorem

Bednář, M. (2016). Jak funguje CVT? A opravdu dává autu nejlepší dynamiku? [online] [cit. 5. 1. 2022]. Dostupné z: <https://www.autoforum.cz/technika/jak-funguje-prevodovka-cvt-a-opravdu-dava-autu-nejlepsi-dynamiku/>

Hájek, O. (2014). Z traktorů do nakladačů: Jak funguje plynulá převodovka CVT/Vario. [online] [cit. 12. 1. 2022]. Dostupné z: https://bagry.cz/clanky/technika/z_traktoru_do_nakladacu_jak_funguje_plynula_pre_vodovka_cvt_vario

Harris, W. (2005). How CVTs Work. [online] [cit. 12. 01. 2022]. Dostupné z: <https://auto.howstuffworks.com/cvt.htm>

- Bez uvedeného autora

agriculture.newholland.com (2021). *T5 Electro Command*. [online] [cit. 26. 12. 2021]. Dostupné z: <https://agriculture.newholland.com/apac/en-nz/equipment/products/tractors-telehandlers/t5-tier-4b/details/electro-command-transmission>

aliexpress.com (2022). *V9.5 for CNH Est Case diagnostic tool dpa5 Diagnostic Kit for CNH Tool est 380002884 + CF 52 laptop*. [online] [cit. 29. 3. 2022]. Dostupné z: https://www.aliexpress.com/item/1005003745245287.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.602e33e0VixPta&algo_pvid=347db859-09ae-46e2-876d-ef04726d8e52&algo_exp_id=347db859-09ae-46e2-876d-ef04726d8e52-

59&pdp_ext_f=%7B%22sku_id%22%3A%2212000027016224801%22%7D&pdp_pi=-1%3B11587.25%3B-1%3B-1%40salePrice%3BCZK%3Bsearch-mainSearch

balticdiag.com (2022). *CNH DIAGNOSTIC KIT DPA5 EST (LAPTOP INCL.)*. [online] [cit. 29. 3. 2022]. Dostupné z: <https://www.balticdiag.com/agricultural-machinery-diagnostic-tools/cnh-dpa5-diagnostic-tool>

caseih.com (2021). *Puma 185–240*. [online] [cit. 26. 12. 2021]. Dostupné z: <https://www.caseih.com/emea/en-za/products/tractors/new-puma-series/puma-185-240>

daklos.cz (2022). *Sada pro testování tlaku oleje – LIATP2074A*. [online] [cit. 29. 3. 2022]. Dostupné z: https://www.daklos.cz/cs/dilna-garaz-naradi/3715-liatp2074a-8596337025264.html?gclid=Cj0KCQjw3IqSBhCoARIsAMBkTb19KhX8y0J0_3syVfeDftO8TgkjsPodmpmrALihpwY85FBN7Ps5rtUaAoHoEALw_wcB

epcatalogs.com (2021). *New Holland Electronic Service Tools Diagnostic Software*. [online] [cit. 7. 2. 2022]. Dostupné z: <https://www.epcatalogs.com/New-Holland-Electronic-Service-Tools-CNH-EST-7-8-Full-diagnostic-program/>

mlparts.cz (2022). *Ventilové (spárové) měrky 25 kusů*. [online] [cit. 9. 2. 2022]. Dostupné z: <https://mlparts.cz/ventilove-sparove-merky-25-kusu-quatros-qs15516>

obdii.shop (2022). *New Holland Electronic Service CNH DPA5 kit diagnostic tool Plus lenovo X230 laptop*. [online] [cit. 7. 2. 2022]. Dostupné z: <https://www.obdii.shop/goods-45-New-Holland-Electronic-Service-CNH-DPA5-kit-diagnostic-Lenovo-X220-Laptop.html>

parts.wrshaw.ie (2022). *Green PWM T SER*. [online] [cit. 9. 2. 2022]. Dostupné z: <https://parts.wrshaw.ie/products/green-pwm-t-ser>

robeko.cz (2022). *Diagnostika zemědělských strojů – AGV*. [online] [cit. 29. 3. 2022]. Dostupné z: <https://www.robeko.cz/katalog/diagnostika-ostatni-346/zemedelska-technika-351/diagnostika-zemedelskych-stroju-agv-355/>

somet.cz (2022). *Měrky spárové ocelové 21 listů 0,05 – 2,0 mm*. [online] [cit. 29. 3. 2022]. Dostupné z: <https://somet.cz/cz/merky-sparove-ocelove-21-listu-005-20-mm>

somet.cz (2022). *Posuvné měřítko SOMET 160/0,05mm, aretace tlačítkem, plochý hloubkoměr*. [online] [cit. 29. 3. 2022]. Dostupné z: <https://somet.cz/cz/posuvne-meritko-somet-160005mm-aretace-tlacitkem-plochy-hloubkomer>

youtube.com (2022). *Calibration transmission CNH CVX CVT AC. KALIBRACJA SKRZYNI CASE CVX STEYR CVT NH AUTOCOMMAND*. [online] [cit. 8. 2. 2022].

Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=aZW2fUfnhb4>

Citace dokumentací od výrobce

Servisní manuál Case IH Puma CVX, 2009

Seznam obrázků

Obrázek 1.1: Jednoduchá manuální převodovka	8
Obrázek 1.2: Fendt Vario převodovka	9
Obrázek 1.3: Přebodovka Shuttle Command	11
Obrázek 1.4: Electro Command	12
Obrázek 1.5: Přebodovka Power shift	13
Obrázek 1.6: Hydrodynamický měnič	14
Obrázek 1.7: Hydrostatická převodovka	15
Obrázek 1.8: Schéma elektrického pohodu	15
Obrázek 1.9: Variátor	16
Obrázek 1.10: Toroidní převod	16
Obrázek 1.11: Jednoduchý diferenciální hydrostatický převod	17
Obrázek 1.12: Původní Steyr S-Matic	20
Obrázek 1.13: Přebodovka CVX v modelu Puma	21
Obrázek 1.14: Slučovací planetový převod	22
Obrázek 1.15: Mechanická část převodovky CVX	22
Obrázek 1.16: Hydrostatická část převodovky	23
Obrázek 3.1: Diagnostikovaný traktor	25
Obrázek 3.2: Diagnostická souprava	26
Obrázek 3.3: Instrument panel v režimu kalibrace	28
Obrázek 3.4: Posuvné měřítko	28
Obrázek 3.5: Měření opotřebení synchronizačního kroužku	29
Obrázek 3.6: Spárové měřky	29
Obrázek 3.7: Píst pro spínání lamelových spojek	30
Obrázek 4.1: PWM solenoid CNH	32
Obrázek 4.2: Rozdělení traktoru na dvě poloviny	33
Obrázek 4.3: Skříň mechanické části převodovky	33
Obrázek 4.4: Zbarvení spojky vlivem extrémních teplot	34
Obrázek 4.5: Separační plechy spojky „A“	35

Seznam tabulek

Tabulka 4.1: Výsledná cena opravy převodovky v Kč	39
---	----