



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 John Deere

Autor práce: Bc. Jaroslav Mrázek

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

.....
Podpis

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá diagnostikou převodovky Autopowr u traktoru John Deere 6190R. Cílem práce bylo provést diagnostiku a vyhodnotit prognózy vývoje stavu poruch u konkrétní převodovky. U traktoru byla detekována nesprávná funkce pojezdu.

Diagnostika byla provedena v autorizovaném servisu strojů John Deere pomocí originálního diagnostického softwaru, originální měřicí sady tlakoměrů a přístroje na měření průtočného množství.

Po provedení celkové diagnostiky a vyhodnocení všech naměřených výsledků bylo zjištěno, že převodovka vykazuje správnou činnost. Skutečným důvodem nesprávné funkce pojezdu stroje byl vadný tlakový snímač umístěný na sběrném výfukovém potrubí motoru. Tlakový snímač signalizoval chybný tlak výfukových plynů a tím byl spontánně omezován výkon motoru.

Klíčová slova: diagnostika; převodovka traktoru; traktor John Deere; Autopowr

Abstract

The diploma thesis deals with the diagnostics of the Autopowr transmission at the John Deere 6190R tractor. The aim of the work was to perform diagnostics and evaluate predictions of the development of the fault condition of a specific gearbox. An incorrect travel function has been detected on the tractor.

The diagnostics were performed at an authorized John Deere machine service using original diagnostic software, an original pressure gauge set, and a flow meter.

After performing a complete diagnosis and evaluation of all measured results, it was found that the gearbox was showing correct operation. The real reason for the machine's malfunction was a defective pressure sensor located on the engine exhaust manifold. The pressure sensor incorrectly signaled low exhaust pressure, thus spontaneously limiting engine power.

Keywords: diagnostic; tractor transmission; John Deere tractor; Autopowr

Poděkování

Touto cestou bych rád poděkoval především vedoucímu diplomové práce panu Ing. Antonínu Dolanovi, Ph. D. za cenné a odborné rady při vedení diplomové práce.

Dále bych rád poděkoval servisním technikům ze společnosti Agrozet České Budějovice a. s, středisko Tábor za možnost provedení diagnostiky, zapůjčení veškerých přístrojů a odbornou konzultaci.

Obsah

Úvod.....	8
1 Literární přehled.....	9
1.1 Převodovka Autopowr.....	9
1.1.1 Princip činnosti převodovky Autopowr	11
1.1.2 Funkce AutoClutch	13
1.2 Diagnostika vozidel.....	14
1.2.1 Subjektivní metody diagnostiky.....	14
1.2.2 Objektivní metody diagnostiky	14
1.2.3 Vnitřní diagnostika.....	15
1.2.4 Vnější diagnostika.....	16
1.2.5 Diagnostika převodových ústrojí	16
1.3 Service Advisor	17
1.3.1 Monitoring stroje.....	18
1.3.2 Interaktivní testy.....	18
1.3.3 Interaktivní kalibrace	19
1.3.4 JD Link.....	19
2 Cíle práce	20
3 Metodika	21
3.1 Předběžné kontroly.....	22
3.1.1 Vizuální kontrola převodovky.....	22
3.1.2 Kontrola oleje.....	22
3.2 Kontroly činnosti.....	23
3.2.1 Kontrola pedálu a manuálního ovladače dodávky paliva	23
3.2.2 Kontrola činnosti brzd a automatické spojky (AutoClutch)	24
3.2.3 Kontrola přední hnací nápravy.....	24

3.2.4	Kontrola uzávěrky diferenciálu.....	24
3.2.5	Testovací jízda	25
3.3	Sériová diagnostika	25
3.3.1	Interaktivní test pro test tlaku mazacího oleje.....	25
3.3.2	Interaktivní test hydrostatické jednotky	25
3.3.3	Kalibrace převodovky	26
3.4	Paralelní diagnostika	26
3.4.1	Test tlaku mazacího oleje.....	28
3.4.2	Test spojky pro jízdu vpřed.....	29
3.4.3	Test spojky pro jízdu vzad	30
3.4.4	Test spojky K1	30
3.4.5	Test spojky K2	31
3.4.6	Test spojky K3	32
3.4.7	Test spojky K4	32
3.4.8	Test kotoučové brzdy BG.....	32
3.4.9	Test tlaku v okruhu parkovacího blokování.....	33
3.4.10	Kontrola průtokové rychlosti hydrogenerátoru převodovky	33
4	Výsledky	35
4.1	Výsledky předběžných kontrol.....	35
4.1.1	Výsledky vizuální kontroly převodovky	35
4.1.2	Výsledky kontroly oleje.....	35
4.2	Výsledky kontroly činnosti.....	35
4.2.1	Výsledky kontroly pedálu a manuálního ovladače dodávky paliva.....	35
4.2.2	Výsledky kontroly činnosti brzd a automatické spojky (AutoClutch). 35	
4.2.3	Výsledky kontroly přední hnací nápravy	36
4.2.4	Výsledky kontroly uzávěrky diferenciálu	36
4.2.5	Výsledky testovací jízdy	36

4.3	Výsledky sériové diagnostiky.....	36
4.3.1	Výsledek interaktivního testu pro test tlaku mazacího oleje.....	36
4.3.2	Výsledky interaktivního testu hydrostatické jednotky	37
4.3.3	Výsledky kalibrace převodovky.....	37
4.4	Výsledky paralelní diagnostiky	37
4.4.1	Výsledky testů tlaků mazacího oleje.....	37
4.4.2	Výsledky testů spojek pro jízdu vpřed a vzad.....	37
4.4.3	Výsledky testů spojek K1, K2, K3, K4.....	38
4.4.4	Výsledek testu kotoučové brzdy BG.....	38
4.4.5	Výsledek testu tlaku v okruhu parkovacího blokování	38
4.4.6	Výsledek kontroly průtokové rychlosti hydrogenerátoru převodovky	39
5	Diskuse.....	40
5.1	Je zvolený diagnostický systém dostačující pro určení prognózy?	40
5.2	Je použitý systém vhodný z ekonomického pohledu?.....	40
5.3	Vlastní diskuse a prognóza	42
	Závěr	44
	Seznam použité literatury.....	45
	Seznam obrázků	48
	Seznam tabulek	49
	Seznam použitých zkratk.....	50

Úvod

Převodovka je jednou ze základních částí traktorů se spalovacími motory. Slouží zejména k lepšímu využití výkonu motoru, dále přenáší točivý moment na pojezdová kola, vývodový hřídel či další agregáty. Traktorové převodovky prošly značným vývojem. Nejprve byly používány mechanické převodovky s nutností přerušení točivého momentu pomocí pojezdové spojky pro změnu převodového poměru. Ty byly dále inovovány, přicházely nové komponenty jako je například násobič točivého momentu, řazení převodových stupňů pomocí olejových spojek, elektrohydraulické ovládání převodovky a další. Cílem výrobců je vytvoření takových převodovek, které mají minimální ztráty točivého momentu, a pokud možno co nejjemnější odstupňování převodových stupňů u stupňovitých převodovek. Pro docílení kvalitní převodovky se zvyšuje i její složitost a počet namontovaných komponentů, které lze při poruše většinou určitým způsobem diagnostikovat.

Pro diagnostiku traktorových převodovek se dříve u čistě mechanických převodovek využívalo především zkušeností mechanika, který zkoumal například její hlučnost nebo zbarvení oleje. Postupným vývojem traktorových převodovek se vyvíjela i jejich diagnostikovatelnost, a tak servisním technikům začaly přibývat i diagnostické přístroje, které napomáhají k detekci poruch.

Samotná diagnostika napomáhá zjistit aktuální stav diagnostikovaného celku bezdemontážními metodami.

1 Literární přehled

1.1 Převodovka Autopowr

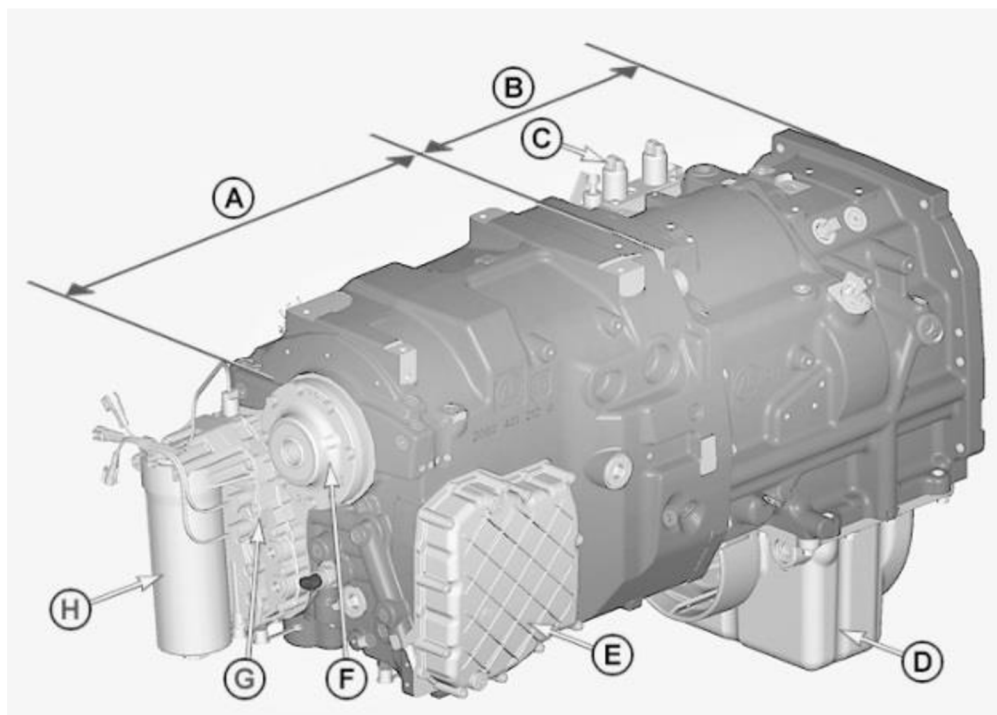
Převodovka Autopowr se skládá z modulu Autopowr, skříně diferenciálu, skříně vývodové hřídele a hnacího ústrojí pro pohon přední nápravy.

Modul převodovky Autopowr je hydromechanické zařízení, které umožňuje přenos výkonu s plynule regulovatelným poměrem dělení přenosu výkonu mezi mechanickou a hydraulickou část. Pro pokrytí celého rozsahu otáček jsou používány čtyři automaticky řazené mechanické převodové stupně (K1, K2, K3, K4). Řazení jednotlivých převodů je prováděno bez přerušení trakční síly. Pro každý převodový stupeň je vyhrazen zvláštní rozsah otáček. Jednotlivé rozsahy otáček pokrývají celý rozsah jezdových rychlostí bez přesahů a skokových změn (Firemní literatura John Deere, 2021).

Hydrostatická jednotka umožňuje plynulou změnu přenosu výkonu při zařazených mechanických převodových stupních. Spojky a hydrostatická jednotka jsou řízeny elektrohydraulicky (Salesmanual.deere.com, 2011).

Převodovka má plně integrovaný elektronický řídicí systém, pomocí kterého komunikuje motor s převodovkou nejméně stokrát za 1 sekundu. Provozní podmínky traktoru jsou neustále monitorovány a předávány systému, který automaticky určuje optimální převodový poměr (Macmillan, 2011).

Na obrázku 1.1 je znázorněna převodovka Autopowr pro traktory John Deere modelové řady 6R.



Obrázek 1.1: Převodovka Autopowr traktorů John Deere 6R (Firemní literatura John Deere, 2021)

Legenda k obrázku:

A – Vstupní skříň

B – Výstupní skříň

C – Řídící blok parkovacího blokování

D – Sestupná převodovka pro pohon přední nápravy

E – Řídící blok spojek

F – Hydrogenerátor převodovky

G – Řídící blok tlaku v soustavě

H – Filtr převodového oleje, (Firemní literatura John Deere, 2021).

Převodovka Autopowr se ovládá buď pomocí oranžové páčky, jež je znázorněna na obrázku 1.2, nebo pomocí pedálu pojezdu. Pojezdovou rychlost lze nastavit do dvou rozsahů, například 0 až 10 km.h⁻¹ a druhý rozsah rychlosti se nastaví automaticky na 10 až 50 km.h⁻¹. Pojezdovou rychlost lze upravovat během jízdy pomocí potenciometru (černé kolečko na páce). Reverzace je řešena pomocí páky volby směru jízdy, která je umístěna vpravo pod volantem ve směru jízdy. Páka bude podrobněji popsána v kapitole 3.2.1 (Bauer et al., 2006).



Obrázek 1.2: Ovládání převodovky Autopowr (Lukrom.cz, 2021)

Další možností ovládání převodovky je tempomat, pomocí kterého lze nastavit otáčky motoru v rozsahu 1500 až 2200 $\text{n}\cdot\text{min}^{-1}$ a řídicí jednotky traktoru poté upřednostňují nastavené otáčky motoru před pojezdovou rychlostí (Bauer et al., 2006).

1.1.1 Princip činnosti převodovky Autopowr

Při zastaveném traktoru (stacionární činnost) jsou spojky pro jízdu vpřed a vzad vypnuté. Naopak spojka K1 a kotoučová brzda jsou zapnuté. Pokud je při zastaveném traktoru sešlápnutý spojkový pedál, je hydrostatická jednotka přestavena do nakloněné polohy (maximální geometrický objem). Pokud dojde k přestavení páky volby směru jízdy do neutrální polohy, hydrostatická jednotka se přestaví do polohy pro nulový geometrický objem.

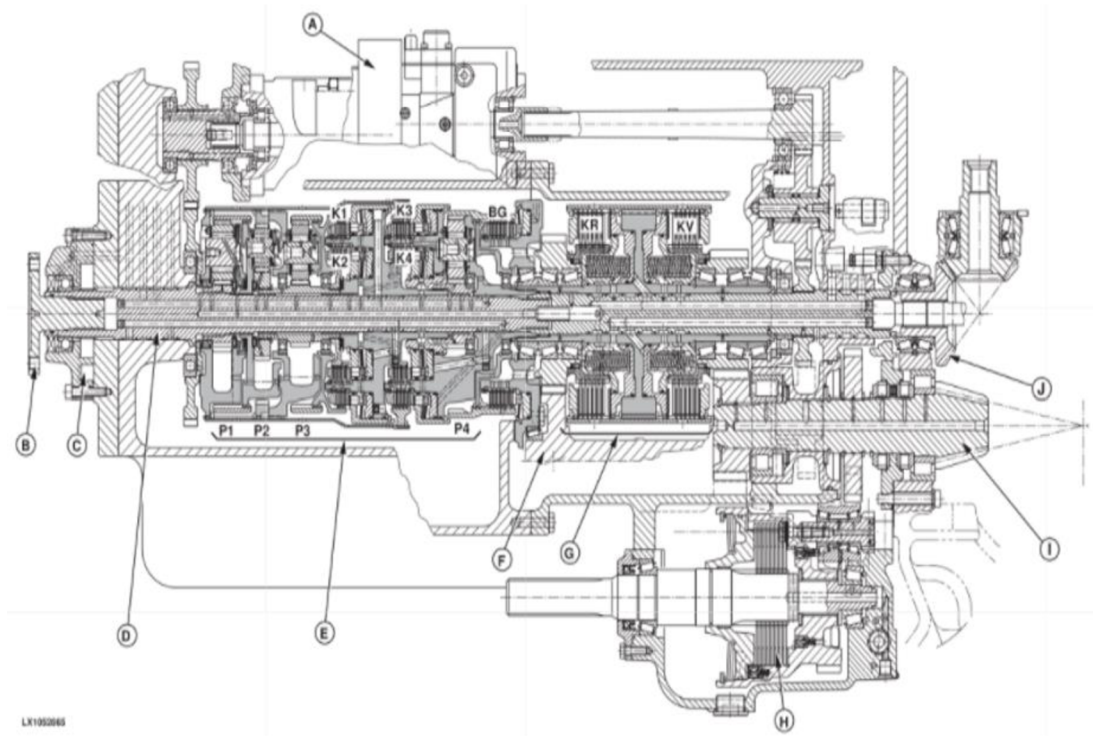
Pro jízdu vpřed je nutné přestavit páku volby směru jízdy do polohy pro jízdu vpřed. Spojka pro jízdu vpřed a spojka K1 jsou zapnuté. Ovládací software převodovky dá pokyn hydrostatické jednotce, která je přestavena do polohy pro převodový poměr.

Jízda vzad je uskutečněna podobným způsobem jen s tím rozdílem, že je páka volby směru jízdy v poloze pro jízdu vzad a je zapnuta spojka pro jízdu vzad, spojka pro jízdu vpřed je vypnuta.

Při změně směru jízdy (vpřed nebo vzad) je nutné traktor zastavit, po zastavení dojde k přestavení spojek a poté dojde ke změně směru jízdy. Změna směru jízdy je rozdělena do dvou fází – snížení pojezdové rychlosti a přestavení spojek pro jízdu vpřed a vzad. Při vyšších rychlostech je nutné snížit rychlost na maximálních 10 km.h^{-1} , jinak by došlo k nadměrnému přehřívání směrových spojek. Při změně směru jízdy dochází ke zvýšení kontaktního tlaku pro nově zapínanou spojku díky proporcionálním elektromagnetickým ventilům, zatímco tlak v původně zapnuté spojce plynule klesá. Tak dojde k plynulé změně přenosu točivého momentu.

Změna převodového poměru je prováděna pomocí spojek K1, K2, K3 a K4. Ke změně dochází tehdy, pokud je jmenovitý převodový poměr odlišný od momentálně nastaveného. Ovládací software převodovky získává informace ze sběrnice CAN o momentálně zařazeném převodovém stupni a cílovém převodovém stupni, který má být následně zařazen. Řazení probíhá po dosažení synchronních otáček spojek – otáčky momentálně zařazené spojky jsou stejné, jako otáčky cílové řazené spojky. Po synchronizaci otáček jsou zapnuty obě spojky a v tomto okamžiku není možné měnit převodový poměr. Během doby překrytí obou spojek dochází ke změně úhlu výkyvné desky hydrogenerátoru a tím je zajištěno, že otáčky hydrostatického ústrojí pohonu pojezdu jsou stejné jako před změnou rozsahu, tak i po její změně (Firemní literatura John Deere, 2021).

Na obrázku 1.3 je vyobrazen řez převodovky Autopowr pro traktory 6R.



Obrázek 1.3: Řez převodovky Autopowr traktoru John Deere 6R (Firemní literatura John Deere, 2021)

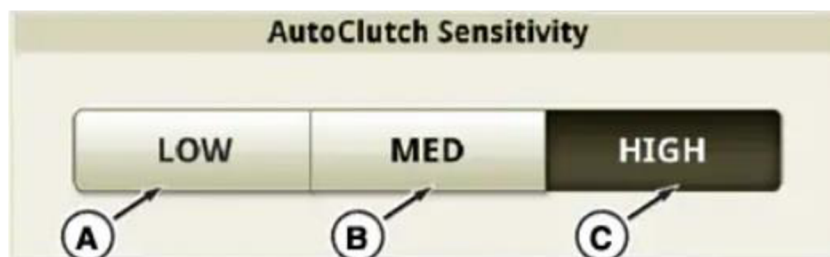
Legenda k obrázku 1.3:

- A – hydrostatická jednotka
- B – Příruba hnacího ústrojí
- C – hydrogenerátor převodovky
- D – průchozí hnací hřídel
- E – otočný blok řazení
- F – vložený hřídel pro jízdu vzad
- G – otočný blok volby směru jízdy
- H – spojka přední hnací nápravy
- I – hnací hřídel diferenciálu
- J – hnací ústrojí hydrogenerátoru

1.1.2 Funkce AutoClutch

Elektrohydraulicky ovládané brzdy u traktorů, které jsou vyrobeny s převodovkou Autopowr, mají integrovanou funkci AutoClutch. AutoClutch je automatická spojka umožňující zastavit traktor pomocí brzdových pedálů bez současného sešlápnutí spojkového pedálu (Salesmanual.deere.com, 2011).

Citlivost automatické spojky AutoClutch lze nastavit do 3 režimů (viz obrázek 1.4).



Obrázek 1.4: Nastavení citlivosti automatické spojky (Deere.com, 2016)

Legenda k obrázku 1.4:

- A (Low) – Nízká citlivost automatické spojky (pro těžký náklad)
- B (Medium) – Střední citlivost automatické spojky (pro středně těžký náklad)
- C (High) – Vysoká citlivost automatické spojky (pro lehký nebo žádný náklad).

1.2 Diagnostika vozidel

Diagnostika je nauka, která zkoumá okamžité stavy technických zařízení, metody a prostředky k jejich určení a dále principy konstrukce diagnostických zařízení. Diagnostikou se rozumí metody zjišťování okamžitého stavu metodou bezdemontážní a nedestruktivní (Stodola, 2010).

1.2.1 Subjektivní metody diagnostiky

Subjektivní metodou se rozumí diagnostikování stroje pomocí smyslových vjemů servisního technika jako je zrak, sluch, čich či hmat a nejsou zde potřeba žádné diagnostické přístroje. Tato metoda vychází pouze ze zkušeností a znalostí jedince, což znamená, že výsledek může být značně nepřesný (Vlk, 2006).

Diagnostické signály pro subjektivní metody:

- vizuální
- akustické
- tepelné
- aromatické, (Dolan, 2019).

1.2.2 Objektívni metody diagnostiky

Objektivní diagnostika je prováděna diagnostickými přístroji a využívá se ke zjištění skutečného stavu diagnostikovaného stroje či jeho komponentu. Objektívni diagnostika je založena na měření hodnot a následným porovnáním s hodnotami udávanými výrobcem. Oproti subjektivní diagnostice je zde zapotřebí užít měřicí zařízení a měřidla. K chybám zde může dojít chybným měřením, nedodržením pracovního postupu či špatným vyhodnocením naměřených parametrů (Vlk, 2006).

Diagnostické signály pro objektivní metody:

- termografie
- roentgen
- měření rozměrů
- vibrace a hluky
- změny parametrů v čase
- hodnocení olejů
- sledování vlastností strojů, (Dolan, 2019).

1.2.3 Vnitřní diagnostika

Vnitřní (sériová) diagnostika je prováděna komunikací mezi řídicí jednotkou stroje se zařízením tomu určeným. Umožňuje čtení chybových hlášení (chybové kódy), diagnózu sledováním měřených hodnot zprostředkované řídicí jednotkou nebo programování samotné řídicí jednotky (základní nastavení, mazání naučených hodnot apod.).

Vnitřní diagnostika zahrnuje test všech elektronických systémů (řízení motoru, převodovky, nulování servisních intervalů). Pomocí komunikace s řídicí jednotkou stroje je možné vyčtení paměti závad, zobrazení polohy diagnostické zásuvky, vymazání paměti závad, test akčních členů a základní nastavení.

Tato metoda vede k cíli jen tehdy, pokud je hlášená závada přímou příčinou poruchy, jelikož řídicí jednotka vychází pouze z hodnot, které do ní byly při výrobě naprogramovány. Chybové hlášení pak zní pouze jako definice předpokládaného stavu. Stejně tak to platí u hodnot měřených a zprostředkovaných řídicí jednotkou.

Výhody komunikátorů s řídicími jednotkami:

- rychlá orientace čtením chybových hlášení
- rychlé sledování hodnot zprostředkovaných řídicí jednotkou
- diagnóza akčních členů
- možnost mazání chybových hlášení
- mazání naučených hodnot
- programování servisních intervalů.

Nevýhody komunikátorů s řídicími jednotkami:

- falešná orientace čtením chybových hlášení (pokud jsou hlášeny druhotné chyby)

-
- sledování zprostředkovaných hodnot řídicí jednotkou (pokud jsou tyto hodnoty zkrusleny závadou)
 - nezjistitelnost závad vzniklých v sektorech, které nejsou sledované řídicí jednotkou (mechanická funkčnost, netěsnosti, problematika spojů apod. (Vlk, 2001).

1.2.4 Vnější diagnostika

Vnější (paralelní) diagnostika se zabývá měřením skutečných hodnot elektrických veličin (odpor, napětí a proud) nebo neelektrických veličin (teploty a tlaky). Tyto hodnoty se získávají na měřeném stroji nebo jeho komponentech pomocí diagnostických přístrojů (multimetry, manometry apod.). Pro co nejpřesnější měření hodnot je potřeba dodržet předepsané podmínky – zahřátí vozidla na provozní teplotu, teplota okolního prostředí apod. (Čupera a Štěrba, 2007).

1.2.5 Diagnostika převodových ústrojí

Diagnostiku převodových ústrojí lze provádět buď subjektivními nebo objektivními metodami. Mezi subjektivní metody diagnostiky patří:

- **Vizuální kontrola** – umožňuje odhalování poruch jen velmi těžko zjistitelné objektivními metodami. Jedná se zde o detekci mechanického poškození hřídelů, únik maziv, netěsnosti skříní, trhliny a koroze (Stodola, 2010).
- **Technická stetoskopie** – posouzení hlučnosti převodovky (vibroakustická metoda). Hlučnost převodovky se posuzuje při různých provozních režimech a v přechodových stavech, zejména při zpomalování a zrychlování vozidla.
- **Technická endoskopie** – prohlídka vnitřního prostoru převodovky za pomoci endoskopu. Používá se v případech, kdy je k tomu zvláštní důvod (silný úder či nenormální zvuk v převodovce). K zasunutí endoskopu do vnitřního prostoru převodovky je možné použít otvor nalévací, výpustní nebo šroub pro kontrolu hladiny oleje. V některých případech je nutné odmontovat různá víka či pomocné pohony převodovky.

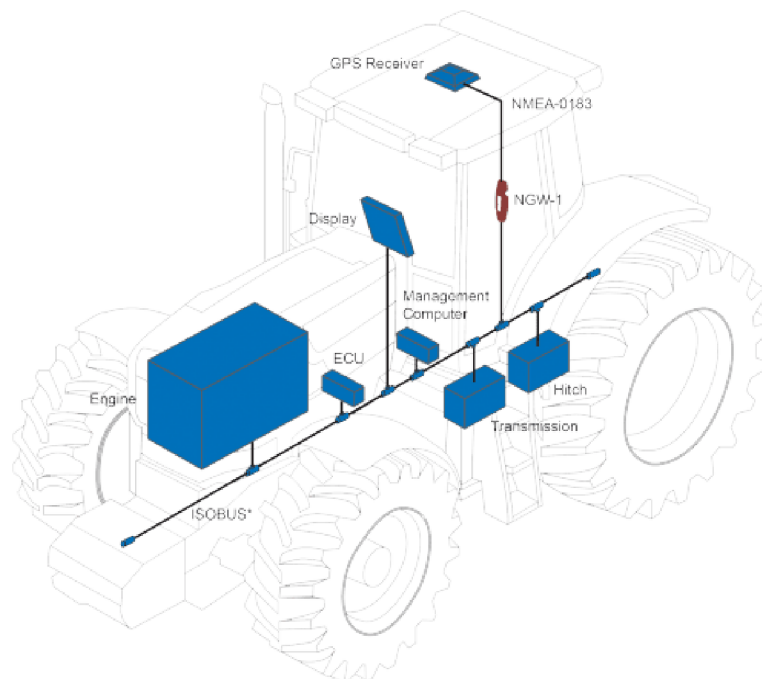
Subjektivní diagnostika prohlídkou demontovaných dílů a celků se uplatňuje až při demontáži vlastní převodovky, kdy je zřejmé, že převodovka má závažnou poruchu a její demontáž je nutná. Ve své podstatě už jde pouze o určení rozsahu škod (Pošta, 2002).

Mezi objektivní metody diagnostiky převodovky se řadí:

- **Celková vůle v převodech** – nejjednodušší způsob získání diagnostické informace. Při měření celkové vůle v převodech se zařadí převodový stupeň a zdvihne se jedno kolo hnací nápravy. Ručním pootáčením zdvihnutého kola na dorazy v obou směrech se zjistí celková vůle v převodech. Naměřená vůle se vyjadřuje v délkové míře nebo v úhlu pootočení kola.
- **Vibroakustický signál** – schopnost rozeznat a lokalizovat poškození. Ozubená kola při své pracovní činnosti způsobují vibrace, které se šíří hmotou převodovky a vzduchem v podobě akustického signálu. Příčinou tohoto je vzájemný pohyb ozubených kol, pružnost materiálu ozubení, odchylky roztečí a další. Velké vibrace vytváří například opotřebené zuby kol, či nesprávná výroba.
- **Obsah nečistot v oleji** – velmi významný diagnostický parametr, který charakterizuje vliv na celkové opotřebení převodovky. Zde je problém s přesnou lokalizací poškození, jelikož ozubená kola a ložiska jsou vyrobena z podobných materiálů, které se odlišují pouze nepatrně.
- **Teplota tělesa převodovky a převodového oleje** – používá se pro detekci opotřebení jednotlivých ložisek. Zvýšená teplota ložiska signalizuje havarijní opotřebení nebo nesprávnou vůli ložiska (Stodola, 2010).

1.3 Service Advisor

Service Advisor (SA) je program sloužící k diagnostice a dalším opravám strojů značky John Deere. Program je využíván jako diagnostický nástroj sloužící k připojení ke komunikační trase, která je znázorněna na obrázku 1.5. Součástí programu jsou i veškeré technické informace, manuály a návody k použití pro techniku John Deere.



Obrázek 1.5: Komunikační trasa traktoru (Actisense.com, 2021)

Pomocí programu SA je možné provádět tyto úkony:

- monitoring provozu nebo řízení uzlu na stroji
- testování nebo kalibrace daného uzlu
- načtení a vymazání chybových hlášení z jednotlivých řídicích jednotek
- změnu nastavení a konfigurace stroje
- přehrání software v řídicích jednotkách, (Strompraha.cz, 2017).

1.3.1 Monitoring stroje

Jednotlivé řídicí jednotky stroje obsahují tzv. adresy, na kterých je možné načtení dat. Adresy mohou být tzv. čtecí, kde je možné získat určitou hodnotu z různých snímačů (napětí, tlak, teplota apod.). Další možnou adresou je tzv. vkládací adresa, kde je možná změna nastavení a konfigurace stroje (Strompraha.cz, 2017).

1.3.2 Interaktivní testy

Interaktivními testy lze kontrolovat, zdali určitý celek pracuje správně. Řídicí jednotka určitého celku si otestuje všechny elektrické obvody a zároveň zkontroluje veškeré hodnoty ze snímačů, zda jsou v dané specifikaci. Pokud řídicí jednotka během testu zjistí určitou nesrovnalost, zobrazí příslušné chybové hlášení. Veškeré testy probíhají

pouze když je stroj v klidu, není zde potřeba simulování provozních podmínek stroje (Strompraha.cz, 2017).

1.3.3 Interaktivní kalibrace

Řídící jednotky během kalibrace zjišťují skutečný stav a optimalizují řízení kalibrovaného uzlu. Provozem stroje dochází k opotřebením jednotlivých součástí, což vede ke zhoršení elektronického řízení. Kalibrací je možné dosáhnout optimalizace daného uzlu, a tak zajistit jeho správnou funkci a prodloužení jeho životnosti.

Příkladem potřeby kalibrace je převodovka Powershift používaná pro traktory John Deere vyšších výkonových tříd, u níž během provozu stroje dochází k opotřebením lamel hydraulických spojek a brzd, což vede k neplynulosti rozjezdu a řazení převodových stupňů. Pokud u převodovky pravidelně probíhá kalibrace, řídicí jednotka převodovky je schopna upravit čas plnění a vypouštění oleje z jednotlivých elementů. Výsledkem kalibrace jsou hladké rozjezdy a řazení převodových stupňů a delší životnost jednotlivých součástí převodovky (Strompraha.cz, 2017).

1.3.4 JD Link

U strojů vybavených John Deere Link je možné sledovat jejich funkčnost, využití určitého zařízení, spotřebu paliva apod. na dálku například ze servisního střediska. Pomocí JD Link je dále možné zjišťovat chybové kódy, provádět vzdálenou diagnostiku a programování, provádět aktualizace a sledování údržby (Deere.com, 2021).

2 Cíle práce

Cílem práce je provedení diagnostiky a vyhodnocení prognóz vývoje stavu a poruch sledované převodovky John Deere a odpovědět na otázky:

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

Další cíle práce:

1. Popsat používané diagnostické systémy pro daný typ převodovek
2. Provést konkrétní diagnostiku
3. Porovnat zjištěné a naměřené výsledky s doporučeními výrobce
4. Odpovědět na otázky z cíle této práce
5. Výsledky vyhodnotit a uvést závěry pro praxi

3 Metodika

Diagnostika bude provedena na traktoru John Deere 6190R (viz obrázek 3.1) s hydromechanickou převodovkou Autopowr ve firmě Agrozet České Budějovice a. s, středisko Tábor. Výkon motoru traktoru činí 140 kW a v době provádění diagnostiky má traktor odpracováno 8 859 motohodin. Traktor bude přistaven se závadou špatné funkce pojezdu stroje.



Obrázek 3.1: Traktor John Deere 6190R

Postup diagnostiky bude prováděn dle instrukcí a postupů uvedených v originálním diagnostickém systému Service Advisor. Sériová diagnostika bude provedena taktéž pomocí diagnostického systému Service Advisor, který je instalovaný v přenosném počítači značky Dell. Paralelní diagnostika se bude provádět pomocí originální měřicí sady s analogovými tlakoměry. Dále bude použit diagnostický přístroj pro měření průtoku kapalin HYDAC HMG 3000.

Při samotné diagnostice je nutné se řídit platným zákoníkem práce (Zákon č. 309/2006 Sb.) a dále dodržovat bezpečnostní pravidla a pokyny určené výrobcem stroje.

3.1 Předběžné kontroly

Předběžné kontroly budou sloužit k základní diagnostice, ke které nejsou potřeba žádné diagnostické nástroje. Mezi prvními zjišťovanými informacemi o závadě budou postřehy od obsluhy diagnostikovaného traktoru:

1. Jaký je výkon motoru traktoru?
2. Kdy dochází k závadě?
3. Při jakém užití dochází k závadě?

Dále bude provedena kontrola záznamů o daném traktoru:

1. Kontrola provedení veškerých servisních prací a údržeb v souladu se specifikacemi od výrobce.
2. Kontrola záznamů o opravách, zda v minulosti došlo k podobné závadě.

3.1.1 Vizuální kontrola převodovky

Vizuální kontrolu je vhodné provádět při ohřátém traktoru na provozní teplotu. Dále je doporučeno před samotnou kontrolou zapínat a vypínat všechny hydraulické funkce traktoru – řízení, třibodový závěs, vnější hydraulické okruhy, brzdy, uzávěrku diferenciálu, přední hnací nápravu a vývodový hřídel.

Při vizuální kontrole je potřeba se zaměřit na kontrolu těchto částí:

1. Kontrola spojovacích mechanismů a lanovodů – nesmí být prasklé, skřípnuté nebo náhodně odpojené.
2. Kontrola hnacích prvků (hnací hřídele) – nesmí být prasklé či jinak poškozené.
3. Kontrola olejových vedení a tlakových hadic – nesmí být sevřené či jinak deformované nebo poškozené.
4. Kontrola elektrických kontaktů, kabelů a pojistek – nesmí být uvolněné, zkorodované či jinak poškozené.
5. Celková kontrola těsnosti převodových skříní, spojů a vík převodovky.

3.1.2 Kontrola oleje

Nejprve bude vizuálně provedena kontrola výšky hladiny převodového oleje pomocí hladinoměru umístěného v zadní části traktoru. Hladina oleje se musí pohybovat mezi dvěma ryskami vyznačenými výrobcem. Dále bude pro vizuální a aromatickou kontrolu odebráno malé množství převodového oleje pomocí výpustného šroubu.

Při vizuální kontrole se bude zkoumat znečištění a zbarvení oleje, což může indikovat vodu v oleji (mléčné zbarvení), závadu filtru (znečištění) nebo mechanickou závadu (kovové částice).

Při aromatické kontrole se bude zkoumat, zda není olej cítit spáleným zápachem, což může značit nadměrné zahřívání oleje.

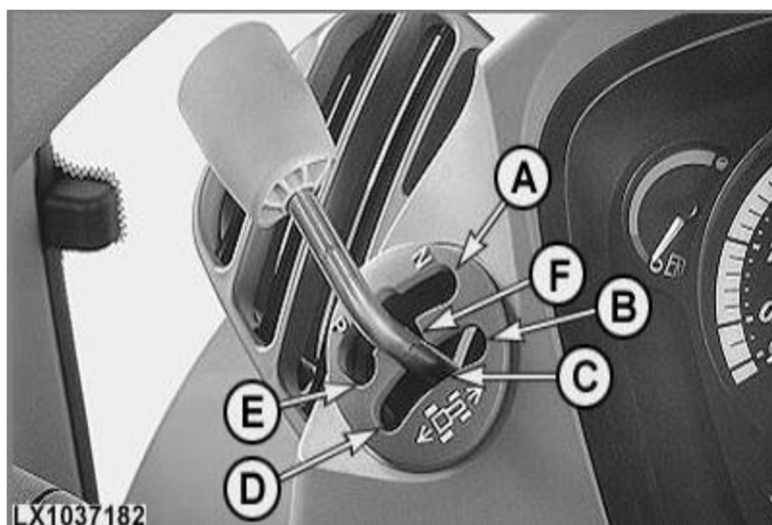
3.2 Kontroly činnosti

Kontrola činnosti jednotlivých zařízení bude provedena bez použití diagnostických přístrojů.

3.2.1 Kontrola pedálu a manuálního ovladače dodávky paliva

Při kontrole bude použit následující postup:

1. Páku volby směru jízdy (viz obrázek 3.2) přestavit do rohové parkovací polohy.
2. Nastartovat motor.
3. Pomalé stlačení v celém rozsahu a opětovné uvolnění pedálu dodávky paliva – otáčky motoru musí vzrůst z volnoběžných do maximálních otáček a opět klesnout.
4. Přestavení manuálního ovladače dodávky paliva z polohy pro minimální dodávku paliva – otáčky musí vzrůst na maximální hodnotu.



Obrázek 3.2: Páka volby směru jízdy, (Firemní literatura John Deere, 2021)

Legenda k obrázku 3.2:

- A – Neutrální poloha
- B – Poloha pro jízdu vpřed
- C – Poloha „Nulový výkon“
- D – Poloha pro jízdu vzad
- E – Rohová parkovací poloha
- F – Střední parkovací poloha

3.2.2 Kontrola činnosti brzd a automatické spojky (AutoClutch)

Před prováděním kontroly je nutné zajistit, aby brzdové pedály byly vzájemně spojeny spojovacím zařízením. Kontrola bude zahrnovat tyto činnosti:

1. Prudké zrychlení traktoru na konstantní pojezdovou rychlost.
2. Stlačení brzdových pedálů a následné zpomalení pojezdové rychlosti až do zastavení traktoru bez použití spojkového pedálu.
3. Uvolnění brzdových pedálů – pojezdová rychlost se bude postupně zvyšovat na předešlou konstantní pojezdovou rychlost.

3.2.3 Kontrola přední hnací nápravy

Při kontrole přední hnací nápravy bude užit následující postup:

1. Pomalá jízda s traktorem v rychlostním rozsahu 1.
2. Pomalé otočení volantem do koncové polohy na libovolnou stranu tak, aby traktor jel po kruhové dráze.
3. Zapnutí přední hnací nápravy tlačítkem umístěným vpravo po směru jízdy na blatníku traktoru. Kontrolka zapnuté přední hnací nápravy musí svítit na palubní desce.
4. Vypnutí přední hnací nápravy – kontrolka musí zhasnout.

Při zapnutí a vypnutí přední hnací nápravy musí být patrná zřetelná reakce (trhnutí s traktorem).

3.2.4 Kontrola uzávěrky diferenciálu

Kontrola uzávěrky diferenciálu bude provedena takto:

1. Pomalá jízda s traktorem v rychlostním rozsahu 1.
2. Pomalé otočení volantem do koncové polohy na libovolnou stranu tak, aby traktor jel po kruhové dráze.
3. Zapnutí uzávěrky diferenciálu pomocí spínače umístěného na podlaze kabiny mezi spojkovým a brzdovými pedály – kontrolka zapnutí uzávěrky diferenciálu musí svítit na palubní desce.
4. Vypnutí uzávěrky diferenciálu – kontrolka musí zhasnout.

Při zapnutí a vypnutí uzávěrky diferenciálu musí být patrná reakce na přední nápravě. Při správné funkci uzávěrky diferenciálu musí mít traktor tendenci jet v přímém směru.

3.2.5 Testovací jízda

Při testovací jízdě se bude postupně přesouvat páka rychlostních rozsahů v celé své dráze při různých otáčkách motoru. Při testovací jízdě se dále budou libovolně zapínat a vypínat další hydraulická zařízení traktoru – vnější hydraulické okruhy, brzdy, uzávěrka diferenciálu, pohon přední hnací nápravy a vývodový hřídel.

Při testovací jízdě je nutné pozorovat bublavé zvuky, které mohou indikovat závadu nebo pomoci při jejím zjišťování.

3.3 Sériová diagnostika

Sériová diagnostika bude provedena pomocí diagnostického software Service Advisor. Komunikace s traktorem bude provedena pomocí originálního propojovacího kabelu (EDL) mezi přenosným počítačem Dell a diagnostickou zásuvkou (9 pinů) traktoru umístěnou vlevo za sedadlem řidiče.

3.3.1 Interaktivní test pro test tlaku mazacího oleje

Pomocí tohoto testu bude zjišťován mazací tlak systému převodovky.

Postup:

1. Nastartovat motor.
2. Pro test tlaku mazacího oleje je potřeba dosáhnout teploty převodového oleje 40–60 °C.
3. Nastavení otáček motoru na 2 100.min⁻¹.
4. Pro započetí testu se zvolí v SA interaktivní test pro test tlaku mazacího oleje.
5. Další postup bude řízen samotným SA, při samotném testu bude pouze určovat, v jaké pozici má být páka volby směru jízdy.
6. Pro zpřesnění výsledků bude tento test proveden znovu při stejných otáčkách motoru.
7. Odečíst naměřené hodnoty.

3.3.2 Interaktivní test hydrostatické jednotky

Tímto testem bude ověřována funkčnost nízkotlaké větve u hydrostatické jednotky. Touto metodou nelze zjišťovat funkčnost vysokotlaké větve. Při testu nebude hydrostatická jednotka nijak zatížena. Kontrolují se zde otáčky hydrostatické jednotky vzhledem k otáčkám motoru.

1. Nastartovat motor.
2. Pro test hydrostatické jednotky je potřeba dosáhnout teploty převodového oleje 40–60 °C.

-
3. Vymazání případných diagnostických kódů.
 4. Odstranění veškerého zatížení motoru (například vypnout soustavu klimatizace kabiny).
 5. V SA zvolení interaktivního testu hydrostatické jednotky.
 6. Nastavit otáčky motoru na $1\ 100.\text{min}^{-1}$.
 7. Odečíst výsledky.
 8. Pro zpřesnění výsledku se bude test opakovat při otáčkách motoru $1\ 900.\text{min}^{-1}$.
 9. Pokud jsou zaznamenané otáčky hydrostatické jednotky vzhledem k otáčkám motoru správné, zobrazí se na displeji: „Otáčky v předepsaném rozsahu“.
 10. Po dokončení testu je nutné zkontrolovat, zdali se neobjevily nové diagnostické kódy.

3.3.3 Kalibrace převodovky

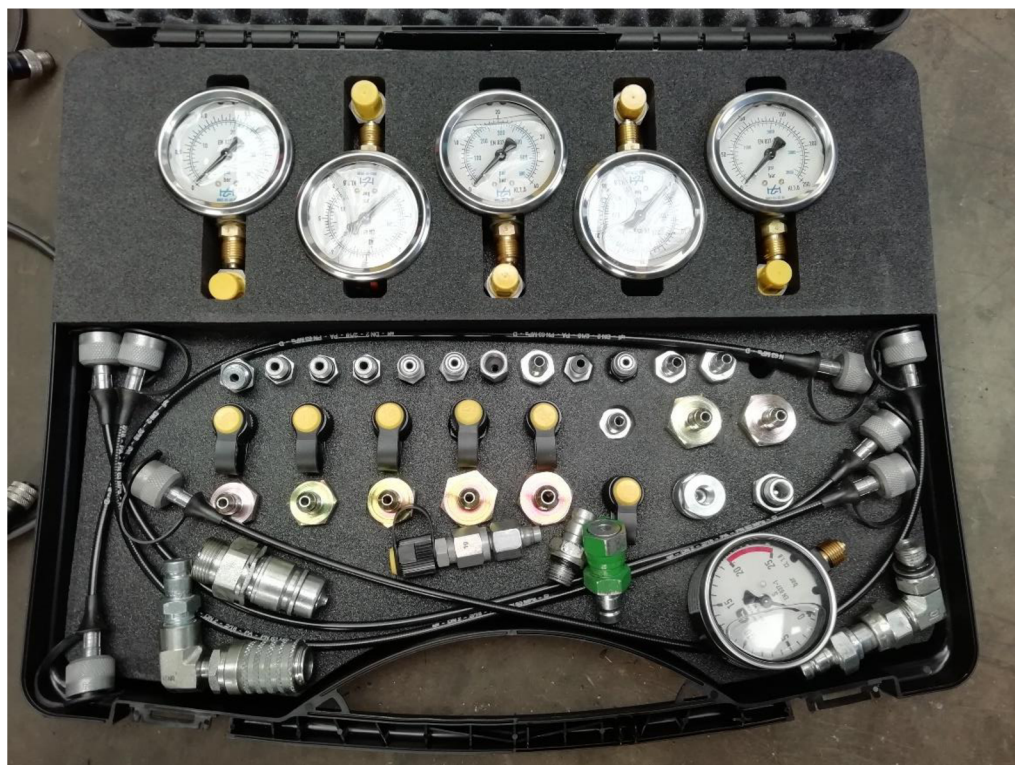
Při kalibraci převodovky jsou kalibrovány tyto části: hydrostatická jednotka, spojka pro jízdu vpřed a spojka pro jízdu vzad.

Postup kalibrace převodovky pomocí SA:

1. Nastartovat motor.
2. Převodový olej musí mít teplotu minimálně $20\ ^\circ\text{C}$.
3. Při provádění kalibrace je nutné, aby byla osoba usazena na sedadle řidiče.
4. Páka volby směru jízdy musí být před započítím kalibrace v poloze E (viz obrázek 3.2)
5. V SA zvolit kalibraci převodovky.
6. Nastavení otáček motoru na $1\ 500.\text{min}^{-1}$.
7. Další postup bude řízen samotným SA, při samotném testu bude pouze určovat, v jaké pozici má být páka volby směru jízdy.
8. Počkat do ukončení kalibrace.

3.4 Paralelní diagnostika

Pro měření tlaku oleje bude použita originální měřící sada John Deere, která je vyobrazena na obrázku 3.3. Sada obsahuje analogové tlakoměry, s různým maximálně měřitelným tlakem ($0\text{--}0,25\ \text{MPa}$, $0\text{--}0,6\ \text{MPa}$, $0\text{--}4\ \text{MPa}$, $0\text{--}25\ \text{MPa}$). Dále je sada vybavena potřebnými rychlospojkami, přímými šroubeními a propojovacím vedením pro potřeby diagnostiky strojů John Deere.



Obrázek 3.3: Sada pro měření tlaku

Dalším měřeným parametrem bude průtočné množství. Pro toto měření bude použit přístroj HYDAC HMG 3000, který je zobrazen na obrázku 3.4. Přístroj umožňuje měřit průtočné množství ($15\text{--}300\text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$), dále tlak ($0,1\text{--}40\text{ MPa}$) a teplotu protékající kapaliny. Možnosti měření se odvíjí na typu připojené sondy.



Obrázek 3.4: HYDAC HMG 3000

Legenda k obrázku 3.4:

1. Přenosná měřicí jednotka
2. Elektronický převodník průtoku se snímacími sondami
3. Vstup kapaliny
4. Výstup kapaliny
5. Propojovací kabely, (Hyquip.co.uk, 2021).

3.4.1 Test tlaku mazacího oleje

Diagnostická přípojka pro test tlaku mazacího oleje je umístěna na přední části vstupní skříňe převodovky. Pro snadnější připojení je vhodné demontovat kloubový hřídel mezi motorem a převodovkou včetně jeho krytů.

Postup pro měření:

1. Převodový olej musí mít teplotu 40–60 °C. Zajistit traktor proti pohybu.
2. Připojit měřicí zařízení (tlakoměr s rozsahem 0–4 MPa).
3. Nastartovat motor.
4. Nastavit otáčky motoru na 1 000.min⁻¹.
5. Odečíst hodnotu z tlakoměru.
6. Nastavit otáčky motoru na 1 800.min⁻¹.
7. Odečíst hodnotu z tlakoměru.

3.4.2 Test spojky pro jízdu vpřed

Diagnostická přípojka pro test spojky pro jízdu vpřed je znázorněna na obrázku 3.5 a nachází se ve spodní části vstupní skříňe převodovky.

Postup při měření:

1. Převodový olej musí mít teplotu 40–60 °C. Zajistit traktor proti pohybu.
2. Klíček ve spínací skříňce v poloze vypnuto.
3. Páka volby směru jízdy v poloze E (viz obrázek 3.2).
4. Připojit měřící zařízení (tlakoměr s rozsahem 0–4 MPa)
5. Nastartovat motor a nastavit jeho otáčky na 1 800.min⁻¹.
6. Pomocí palubního počítače CommandCenter se přejde v nastavení počítače do softwarových adres PTA, kde se dále vybere adresa 049.
7. Pomocí tlačítek se zadá hodnota 039 a potvrdí se tlačítkem (OK). Dále se přejde na adresu 036.
8. Přestavit páku volby směru jízdy do pozice F. Na displeji CommandCenter se musí zobrazit hodnota 900. Po zobrazení této hodnoty bude po dobu 10 sekund možné měřit tlak spojky pro jízdu vpřed.
9. Odečíst hodnotu z tlakoměru.



Obrázek 3.5: Diagnostické přípojky

Legenda k obrázku 3.5:

- 1 – Diagnostická přípojka spojky pro jízdu vpřed.
- 2 – Diagnostická přípojka spojky pro jízdu vzad.

3.4.3 Test spojky pro jízdu vzad

Diagnostická přípojka spojky pro jízdu vzad je znázorněna na obrázku 3.5.

Postup při měření:

1. Převodový olej musí mít teplotu 40–60 °C. Zajistit traktor proti pohybu.
2. Klíček ve spínací skříňce v poloze vypnuto.
3. Páka volby směru jízdy v poloze E (viz obrázek 3.2).
4. Připojit měřicí zařízení (tlakoměr s rozsahem 0–4 MPa)
5. Nastartovat motor a nastavit jeho otáčky na 1 800.min⁻¹.
6. Pomocí palubního počítače CommandCenter se přejde v nastavení počítače do softwarových adres PTA, kde se dále vybere adresa 049.
7. Pomocí tlačítek se zadá hodnota 049 a potvrdí se tlačítkem (OK). Dále se přejde na adresu 037.
8. Přestavit páku volby směru jízdy do pozice F. Na displeji CommandCenter se musí zobrazit hodnota 900. Po zobrazení této hodnoty bude po dobu 10 sekund možné měřit tlak spojky pro jízdu vzad.
9. Odečíst hodnotu z tlakoměru.

3.4.4 Test spojky K1

Diagnostické zátky pro měření tlaku jednotlivých spojek jsou umístěny na spodní části vstupní skříňce převodovky. Vstupy jsou očíslovány. Pro měření spojek je nutné demontovat zátky diagnostických kanálů a místo nich namontovat originální hydraulickou rychlospojku. Při této operaci je potřeba zajistit sběrnou nádobu, do které bude zbytkový olej stékat. Operaci je nutné provádět pouze tehdy, když je stroj v klidu (není nastartován motor).

Postup pro měření:

1. Převodový olej musí mít teplotu 40–60 °C. Zajistit traktor proti pohybu.
2. Klíček ve spínací skříňce v poloze vypnuto.
3. Páka volby směru jízdy v poloze E (viz obrázek 3.2).
4. Připojit měřicí zařízení (tlakoměr s rozsahem 0–4 MPa)
5. Nastartovat motor a nastavit jeho otáčky na 1 800.min⁻¹.

-
6. Pomocí palubního počítače CommandCenter (viz obrázek 3.6) se přejde v nastavení počítače do softwarových adres PTA, kde se dále vybere adresa 049.
 7. Pomocí tlačítek se zadá hodnota 001 a potvrdí se tlačítkem (OK).
 8. Dále se přejde na adresu 032, kde musí být vyobrazena hodnota: XX1. Pokud je hodnota zobrazena, je možné přejít k dalšímu bodu.
 9. Po přestavení páky volby směru jízdy do polohy F bude po dobu 10 sekund aktivována spojka K1.
 10. Odečíst hodnotu tlaku z tlakoměru.



Obrázek 3.6: Palubní počítač CommandCenter

3.4.5 Test spojky K2

Před započítím měření spojky K2 je nutné postupovat tak, jak je popsáno v kapitole 3.4.4.

Postup pro měření:

Postup je stejný jako v kapitole 3.4.4 Test spojky K1 v bodech 1–6. Další postup při měření pro test spojky K2:

1. Pomocí tlačítek se zadá hodnota 002 a potvrdí se tlačítkem (OK).
2. Dále se přejde na adresu 032, kde musí být vyobrazena hodnota: X1X. Pokud je hodnota zobrazena, je možné přejít k dalšímu bodu.

-
3. Po přestavení páky volby směru jízdy do polohy F bude po dobu 10 sekund aktivována spojka K2.
 4. Odečíst hodnotu tlaku z tlakoměru.

3.4.6 Test spojky K3

Před započítím měření spojky K3 je nutné postupovat tak, jak je popsáno v kapitole 3.4.4.

Postup pro měření:

Postup je stejný jako v kapitole 3.4.4 Test spojky K1 v bodech 1–6. Další postup při měření pro test spojky K3:

1. Pomocí tlačítek se zadá hodnota 003 a potvrdí se tlačítkem (OK).
2. Dále se přejde na adresu 032, kde musí být vyobrazena hodnota: 1XX. Pokud je hodnota zobrazena, je možné přejít k dalšímu bodu.
3. Po přestavení páky volby směru jízdy do polohy F bude po dobu 10 sekund aktivována spojka K3.
4. Odečíst hodnotu tlaku z tlakoměru.

3.4.7 Test spojky K4

Před započítím měření spojky K4 je nutné postupovat tak, jak je popsáno v kapitole 3.4.4.

Postup pro měření:

Postup je stejný jako v kapitole 3.4.4 Test spojky K1 v bodech 1–6. Další postup při měření pro test spojky K4:

1. Pomocí tlačítek se zadá hodnota 004 a potvrdí se tlačítkem (OK).
2. Dále se přejde na adresu 033, kde musí být vyobrazena hodnota: X1X. Pokud je hodnota zobrazena, je možné přejít k dalšímu bodu.
3. Po přestavení páky volby směru jízdy do polohy F bude po dobu 10 sekund aktivována spojka K4.
4. Odečíst hodnotu tlaku z tlakoměru.

3.4.8 Test kotoučové brzdy BG

Diagnostická přípojka se zátkou pro měření tlaku kotoučové brzdy se nachází v levé spodní části vedle sacího potrubí oleje. Před připojením diagnostického zařízení je nutné demontovat zátku a namontovat diagnostickou rychlospojku.

Postup pro měření:

Postup je stejný jako v kapitole 3.4.4 Test spojky K1 v bodech 1–6. Další postup při měření pro test kotoučové brzdy:

1. Pomocí tlačítek se zadá hodnota 005 a potvrdí se tlačítkem (OK).
2. Dále se přejde na adresu 033, kde musí být vyobrazena hodnota: XX1. Pokud je hodnota zobrazena, je možné přejít k dalšímu bodu.
3. Po přestavení páky volby směru jízdy do polohy F bude po dobu 10 sekund kotoučová brzda aktivována.
4. Odečíst hodnotu tlaku z tlakoměru.

3.4.9 Test tlaku v okruhu parkovacího blokování

Diagnostická přípojka pro měření tlaku v okruhu parkovacího blokování se nachází ve spodní části řídicího bloku parkovacího blokování (viz obrázek 1.1, pozice C).

Postup pro měření:

1. Připojit měřicí zařízení (tlakoměr s rozsahem 0–4 MPa)
2. Převodový olej musí mít teplotu 40–60 °C. Zajistit traktor proti pohybu.
3. Klíček ve spínací skříňce v poloze vypnuto.
4. Nastartovat motor a nastavit jeho otáčky na 1 800.min⁻¹.
5. Pokud bude páka volby směru jízdy v poloze E (parkovací poloha), musí být výstupní tlak nulový.
6. Přestavit páku volby směru jízdy do polohy A.
7. Odečíst hodnotu tlaku z tlakoměru.

3.4.10 Kontrola průtokové rychlosti hydrogenerátoru převodovky

Pro kontrolu průtokové rychlosti hydrogenerátoru převodovky bude připojeno zařízení HYDAC HMG 3000. Hydraulické vedení přístroje HYDAC bude připojeno místo chladiče oleje. Vstupní vedení měřícího přístroje bude připojeno na vstupní vedení do chladiče oleje. Výstupní vedení přístroje bude připojeno na výstupní vedení do chladiče oleje. Při připojování přístroje je nutné dbát na správné připojení (správný směr průtoku), dále je nutné rozpojovat hydraulické vedení za klidu stroje (motor traktoru vypnutý), rozpojit hydraulické vedení nad sběrnou nádobou, která bude zachytávat vytékající olej.

Postup při měření:

1. Sestavení měřícího přístroje HYDAC, použití snímacích sond pro měření průtoku a teploty.

-
2. Zajištění traktoru proti pohybu. Klíček ve spínací skříňce v poloze vypnuto.
 3. Rozpojení hydraulického vedení umístěného v přední části vstupní skříňce převodovky. Připojení měřicího přístroje HYDAC dle směru průtoku oleje.
 4. Nastartovat traktor, teplota převodového oleje musí mít minimálně 40 °C.
 5. Nastavit otáčky motoru na 2 100.min⁻¹.
 6. Odečíst průtokovou rychlost a teplotu oleje z displeje.
 7. Po zaznamenání hodnot postupně zapínat tyto funkce: pohon přední hnací nápravy, závěr diferenciálu zadní nápravy, zadní vývodový hřídel.
 8. Při zapnutí jednotlivých součástí smí průtoková rychlost klesnout maximálně o 3 l.min⁻¹.

4 Výsledky

4.1 Výsledky předběžných kontrol

Dle slov obsluhy traktoru je výkon motoru neměnný, avšak při jízdě do kopce s naloženým návěsem (přibližná hmotnost naloženého návěsu je 25 000 kg) je chování převodovky jiné, než v normálním stavu – postupně se snižovala rychlost traktoru při jízdě do kopce oproti předešlým jízdám v minulosti. Nakonec se rychlost proti kopci ustálila přibližně na 4 km.h⁻¹.

Jelikož je traktor servisován pouze u společnosti Agrozet České Budějovice a. s, středisko Tábor, bylo možné provést přesnou kontrolu o provedených opravách a servisních údržbách. Tato kontrola proběhla v interním systému Helios. Veškeré servisní intervaly proběhly správně ve stanovených intervalech. Při kontrole oprav k podobné závadě nedošlo. V 6 542 motohodinách však došlo k mechanické destrukci pohonu hydraulického čerpadla v převodovce, proběhla demontáž převodovky, došlo k výměně vadných dílů a ke kompletnímu proplachu převodovky, aby se předešlo dalšímu poškození v podobě kovových úlomků a špon.

4.1.1 Výsledky vizuální kontroly převodovky

Při vizuální kontrole nebyly zjištěny žádné závady mechanických celků, hydraulických vedení a elektrických kontaktů. Při kontrole těsnosti byl detekován nepatrný únik z hydraulického spoje. Tato porucha byla vyřešena výměnou těsnícího pryžového „o“ kroužku. Pro lepší viditelnost při kontrole byla použita přenosná svítidla.

4.1.2 Výsledky kontroly oleje

Hladina oleje v převodovce se pohybovala mezi vyznačenými ryskami. Dále byly vypuštěny přibližně 2 litry převodového oleje do čisté průhledné nádoby. Olej měl normální zbarvení a nevykazoval žádné známky spáleného oleje.

4.2 Výsledky kontroly činnosti

4.2.1 Výsledky kontroly pedálu a manuálního ovladače dodávky paliva

Kontrola pedálu a manuálního ovladače dodávky paliva dopadla **v pořádku**. Při zkoušení obou částí plynule vzrostly otáčky motoru z volnoběžných otáček motoru (860.min⁻¹) až do maximálních (2 250.min⁻¹) a zase zpět.

4.2.2 Výsledky kontroly činnosti brzd a automatické spojky (AutoClutch)

Tato kontrola proběhla při zkušební jízdě traktoru. Při dosažení maximální pojezdové rychlosti traktoru (42,5 km.h⁻¹) se pomalu stlačily brzdové pedály bez použití spojky

až došlo k úplnému zastavení vozidla. Po uvolnění brzdových pedálů a sešlápnutí pedálu dodávky paliva, traktor dosáhl maximální pojezdové rychlosti, což značí **správnou funkci** brzd a automatické spojky.

4.2.3 Výsledky kontroly přední hnací nápravy

Kontrola přední hnací nápravy proběhla na povrchu složeném z železobetonových panelů, aby bylo co nejvíce zřetelné trhnutí při zapnutí a vypnutí hnací nápravy. Při zapnutí i vypnutí přední hnací nápravy bylo citelné trhnutí, což značí, že pohon přední hnací nápravy je **v pořádku**.

4.2.4 Výsledky kontroly uzávěrky diferenciálu

Kontrola uzávěrky diferenciálu proběhla na šterkovém povrchu, aby při jejím zapnutí mohlo dojít ke smyku předních kol přední hnací nápravy. Kontrola ukázala, že uzávěrka diferenciálu vykazuje **správnou funkci**, jelikož při jejím zapnutí bylo citelné, že traktor má tendenci jet v přímém směru, přičemž byla kola přední nápravy zatočena vlevo.

4.2.5 Výsledky testovací jízdy

Testovací jízda proběhla v délce 5 kilometrů na pozemní komunikaci III. třídy. Při jízdě traktor nevykazoval žádné znatelné závady, poruchy ani bublavé zvuky. Zapínání dalších hydraulických zařízení traktoru nemělo na jízdu žádný vliv. Testovací jízda proběhla **v pořádku**.

4.3 Výsledky sériové diagnostiky

Před započítím sériové diagnostiky bylo nutné dobít baterii přenosného počítače a dále zajistit přístup k internetové síti. Poté bylo možné propojit přenosný počítač s diagnostickou zásuvkou traktoru.

4.3.1 Výsledek interaktivního testu pro test tlaku mazacího oleje

V tabulce 4.1 jsou výsledky interaktivního testu pro test tlaku mazacího oleje.

Tabulka 4.1: Porovnání hodnot tlaku mazacího oleje interaktivním testem

Hodnota předepsaná výrobcem [kPa]	Naměřená hodnota [kPa]
400–540	470

Po porovnání předepsaných a naměřených hodnot je dle interaktivního testu tlak mazacího oleje **v pořádku**.

4.3.2 Výsledky interaktivního testu hydrostatické jednotky

Při interaktivním testu hydrostatické jednotky při otáčkách motoru 1 100 min⁻¹ a 1 900 min⁻¹ se vždy na displeji počítače zobrazilo: „Otáčky v předepsaném rozsahu“. Dle testu je nízkotlaká větev hydrostatické jednotky **v pořádku**. Následovala kontrola chybových kódů, kde nebyly nalezeny nové chybové kódy.

4.3.3 Výsledky kalibrace převodovky

Kalibrace převodovky proběhla **v pořádku**. Po dokončení kalibrace následovala kontrola chybových kódů, kde nebyly nalezeny nové chybové kódy.

4.4 Výsledky paralelní diagnostiky

4.4.1 Výsledky testů tlaků mazacího oleje

V tabulce 4.2 jsou uvedeny hodnoty tlaku mazacího oleje měřené analogovým tlakoměrem.

Tabulka 4.2: Porovnání hodnot tlaku mazacího oleje

Otáčky motoru [1.min ⁻¹]	Předepsané hodnoty výrobce [kPa]	Naměřené hodnoty [kPa]
1 000	>50	110
1 800	400–600	450

V obou rozsazích otáček jsou naměřené hodnoty tlaků **v předepsané toleranci**.

4.4.2 Výsledky testů spojek pro jízdu vpřed a vzad

V tabulce 4.3 jsou znázorněny hodnoty tlaků spojek pro jízdu vpřed a vzad.

Tabulka 4.3: Porovnání hodnot tlaků spojek pro jízdu vpřed a vzad

Spojky	Předepsané hodnoty výrobce [kPa]	Naměřené hodnoty [kPa]
Pro jízdu vpřed	>1 720	2 000
Pro jízdu vzad		2 000

Spojky pro jízdu vpřed i vzad splňují minimální hodnotu tlaku pro jejich **správnou funkci**.

4.4.3 Výsledky testů spojek K1, K2, K3, K4

V tabulce 4.4 jsou porovnány hodnoty tlaků spojek K1, K2, K3 a K4.

Tabulka 4.4: Porovnání hodnot tlaků spojek K1, K2, K3, K4

Spojky	Předepsané hodnoty výrobce [kPa]	Naměřené hodnoty [kPa]
K1	2 150–2 300	2 200
K2		2 200
K3		2 300
K4		2 200

Měřené spojky (K1, K2, K3, K4) dosahují hodnot tlaků **v předepsaném rozsahu**.

4.4.4 Výsledek testu kotoučové brzdy BG

V tabulce 4.5 jsou porovnány hodnoty tlaků kotoučové brzdy.

Tabulka 4.5: Porovnání hodnot tlaků kotoučové brzdy

Předepsaná hodnota výrobce [kPa]	Naměřená hodnota [kPa]
2 150–2 300	2 300

Výsledek testu kotoučové brzdy značí, že je kotoučová brzda **v pořádku**.

4.4.5 Výsledek testu tlaku v okruhu parkovacího blokování

V tabulce 4.6 jsou porovnány hodnoty tlaků v okruhu parkovacího blokování.

Tabulka 4.6: Porovnání hodnot tlaků v okruhu parkovacího blokování

Předepsaná hodnota výrobce [kPa]	Naměřená hodnota [kPa]
2 150–2 300	2 300

Naměřená hodnota tlaku v okruhu parkovacího blokování je v předepsaném rozsahu, což značí jeho **správnou funkci**.

4.4.6 Výsledek kontroly průtokové rychlosti hydrogenerátoru převodovky

V tabulce 4.7 jsou porovnány hodnoty průtokové rychlosti hydrogenerátoru převodovky.

Tabulka 4.7: Porovnání hodnot průtokové rychlosti hydrogenerátoru převodovky

Předepsaná hodnota výrobcem [l.min⁻¹]	Naměřená hodnota [l.min⁻¹]
>70	76,5

Naměřená hodnota průtokové rychlosti hydrogenerátoru převodovky Autopowr je vyšší než minimální předepsaná hodnota. Při zapínání jednotlivých součástí převodovky klesla průtoková rychlost pouze na okamžik při jejich zapínání, a to maximálně o 1 l.min⁻¹. Hydrogenerátor převodovky dle měření vykazuje **správnou činnost**.

5 Diskuse

5.1 Je zvolený diagnostický systém dostačující pro určení prognózy?

Ano. Pro poskytování kvalitního záručního a pozáručního servisu traktorů značky John Deere je originální diagnostický software Service Advisor nepostradatelný. Servisním technikům poskytuje veškerá potřebná data pro servis a opravy každého traktoru značky John Deere.

Sériová diagnostika provedena pomocí software SA je dostačující, neboť byla prováděna přesně dle postupu výrobce traktoru. Originální diagnostický software si na trhu udržuje dominantní postavení oproti konkurenčním diagnostickým systémům díky několika výhodám, které poskytuje pouze výrobce, např. aktualizace software řídicích systémů na stroji.

Paralelní diagnostika provedena originální sadou analogových tlakoměrů John Deere a neoriginálním diagnostickým přístrojem HYDAC HMG 3000 je dostačující kombinací použitých přístrojů pro zjištění okamžitého stavu stroje.

Pomocí výše zmíněných diagnostických prostředků je zkušený servisní technik schopný odhalit většinu závad na převodovce Autopowr bezdemontážními metodami.

5.2 Je použitý systém vhodný z ekonomického pohledu?

Ano. Originální diagnostický systém Service Advisor použitý při sériové i paralelní diagnostice je nepostradatelný při poskytování značkového servisu strojů. Vedle originálního diagnostického systému jsou na trhu dostupné i neoriginální systémy pro diagnostiku s příznivější pořizovací cenou. Své produkty pro diagnostiku techniky John Deere nabízí například firma Autodiagnostika Robeko (systém JALTEST) nebo společnost TEXA (systém Navigator TXTs OHW). Tyto produkty jsou ovšem ochuzeny oproti originálnímu systému SA o některé funkce a data, avšak pro běžnou diagnostiku malého rozsahu jsou dostačující. V tabulce 5.1 jsou porovnány pořizovací ceny (bez DPH) jednotlivých diagnostických systémů včetně jejich příslušenství a licencí.

Tabulka 5.1: Porovnání cen diagnostických systémů (Autokelly.cz, 2020a; Autokelly.cz, 2020b; Autokelly.cz, 2020c; Epcatalogs.com, 2020; Robeko.cz, 2011)

Systémy	Produkt	Požizovací cena [Kč]	Cena celkem
SA	Service Advisor JD (vč. roční licence)	cca 170 000	220 180
	Originální propojovací kabel	50 180	
JALTEST	Systém JALTEST	63 850	101 310
	Roční licence JALTEST	13 630	
	Propojovací adaptér	23 830	
TEXA	NAVIGATOR TXTs OHW	127 050	173 230
	Roční licence Texpack	11 930	
	Propojovací adaptér	34 250	

V tabulce 5.2 jsou porovnány pořizovací ceny (bez DPH) měřících sad. Neoriginální měřící sada pro měření tlaku je ekonomicky výhodnější, avšak postrádá veškeré příslušenství pro diagnostiku traktorů John Deere (rychlospojky a hydraulické spojky s příslušnými závity), bez kterých měření nelze provést. Originální sada navíc obsahuje více tlakoměrů a veškeré potřebné vybavení pro diagnostiku všech traktorů John Deere.

Tabulka 5.2: Porovnání pořizovacích cen měřících sad (Kodat in voice, 2022; Eshop-zemelske-potreby.cz, 2022)

Produkt	Požizovací cena [Kč]
Originální měřící sada JD	31 100
Neoriginální měřící sada	7 964

V tabulce 5.3 jsou uvedeny pořizovací ceny (bez DPH) diagnostických přístrojů pro měření průtočného množství. Používaný přístroj v této práci byl HYDAC HMG 3000 včetně příslušenství, který je nepatrně dražší než konkurenční přístroj Serviceman Plus Sada SCKIT včetně příslušenství. Vzhledem k celkové výši obou pořizovacích cen je tento rozdíl téměř zanedbatelný.

Tabulka 5.3: Porovnání pořizovacích cen přístrojů na měření průtočného množství (Fara in voice, 2022; Kovaz.cz, 2022a; Kovaz.cz, 2022b)

Produkt	Pořizovací cena [Kč]
HYDAC HMG 3000 + průtokoměr	112 500
Serviceman Plus Sada SCKIT + průtokoměr	109 048

5.3 Vlastní diskuse a prognóza

Celková diagnostika převodovky Autopowr ukázala, že problém s pojezdem traktoru není v samotné převodovce. Po tomto zjištění došlo k praktické zkoušce, při které byl za traktor agregován velkoobjemový senážní vůz jako zátěž a poté následovala delší zkušební jízda. Při ohřátém motoru traktoru a jízdě proti kopci byl detekován chybový kód na palubním počítači Commnad Center – ECU 001209.07 (Neshoda tlaku ve sběrné přírubě výfuku).

Po vyhledání chybového kódu v systému SA bylo zjištěno, že tlakový snímač umístěný na sběrném výfukovém potrubí motoru hlásí nesprávný tlak pro správnou funkci motoru traktoru. Pro daný tlakový spínač nebyly uvedeny žádné hodnoty, a tak nebylo možné provést jeho paralelní diagnostiku. Poté došlo k výměně tlakového spínače a byla provedena opět zkušební jízda s traktorem včetně zátěže. Při zkušební jízdě nebyl generován žádný chybový kód a funkce pojezdu traktoru byla v pořádku. Vlivem této detekované chyby došlo k omezení výkonu motoru.

V neposlední řadě byla obsluha traktoru tázána, proč tento chybový kód neoznámila již při přistavení traktoru do autorizovaného servisu k diagnostice. Odpovědí obsluhy bylo, že traktor generuje spontánně několik chybových kódů, které se týkají motoru traktoru, avšak na jeho funkci to nemělo vliv, a tak dané kódy pomocí palubního počítače Commnad Center automaticky mazal. Tato skutečnost spontánního generování chybových kódů je nejspíše způsobena už mnoha opravami elektroinstalace motoru, kde v opravovaných elektrických spojích dochází k přechodovým odporům a kvůli tomu je vysílaný signál zkreslen a následně je vygenerován chybový kód. Tuto poruchu by bylo možné odstranit kompletní výměnou elektroinstalace, která je ovšem poměrně nákladná (cca 100 000 Kč).

Po výměně tlakového snímače lze očekávat, že traktor bude v nejbližší době provozován bez poruch. Kompletní diagnostika převodovky ukázala, že je samotná převodovka v dobré kondici a lze u ní očekávat bezporuchový chod. Jako prevenci pro

bezporuchový provoz je nutné dodržovat i nadále stanovené servisní intervaly stanovené výrobcem.

Závěr

Hlavním cílem diplomové práce bylo provést diagnostiku a vyhodnotit prognózy vývoje stavu a poruch sledované převodovky Autopowr. Traktor byl přistaven do autorizovaného servisu kvůli nesprávnému pojezdu stroje. Samotná diagnostika byla prováděna pod dohledem servisního technika. Po jejím provedení a porovnání naměřených hodnot s hodnotami předepsanými výrobcem pro daný typ traktoru bylo zjištěno, že konkrétní převodovka vykazuje správnou funkci a bylo nutné hledat příčinu poruchy pojezdu jinde.

Obsluhou traktoru bylo dále nahlášeno, že k nesprávné funkci pojezdu dochází při zátěži při jízdě proti kopci. Po vyloučení špatné funkce převodovky se přistoupilo ke zkoušce, kde byla provedena jízda se zátěží proti kopci.

Výsledkem bylo zjištění, že nesprávná funkce pojezdu spočívala v chybném tlakovém snímači na výfukovém potrubí motoru, který udával nesprávné hodnoty řídicí jednotce motoru a ta následně omezila jeho výkon. Jelikož je převodovka Autopowr hydromechanická, řídicí jednotka motoru neustále komunikuje s řídicí jednotkou převodovky a není možné z pozice obsluhy do této komunikace nijak zasahovat. Jelikož traktor dle obsluhy negeneroval žádné chybové kódy, nebylo možné okamžitě určit v jakém celku problém spočívá. U této konkrétní převodovky však došlo v minulosti k opravě většího rázu, kde došlo k destrukci pohonu hydraulického čerpadla a k následné výměně dílů a kompletnímu proplachu převodovky.

Právě proto byla při řešení nesprávné funkce pojezdu diagnostikována nejprve převodovka, jelikož při proplachu převodovky v rámci předešlé opravy nemuselo dojít ke správnému vyčištění veškerých zákoutí a kanálů převodovky a zbylé nečistoty mohly poškodit například hydrogenerátor nebo jiné funkční celky převodovky.

Dalším zjištěním diplomové práce bylo, že prvotní otázky na obsluhu stroje jsou nesmírně důležité pro další postup prací a příště bych důkladněji zjistil veškeré informace o stroji týkající se poruchy.

Na závěr je nutné zmínit, že diagnostika moderních traktorů se neobejde bez kvalitních diagnostických systémů, a především zkušených a řádně proškolených servisních techniků. Dále bych rád podotkl, že hodnoty uvedené výrobcem jsou pouze pro konkrétní typ traktoru a nemusí korespondovat s traktory jiného označení stejné řady.

Seznam použité literatury

Bauer, F. et al. (2006). *Traktory*. 1. vydání. Profi Press, s. r. o, Praha. ISBN 80-86726-15-0.

Čupera, J. a Štěrba, P. (2007). *Automobily*. Avid, Brno. ISBN 978-80-903671-9-7.

Dolan, A. (2019). *Diagnostika a servis zemědělských strojů – interní učební text*. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta.

Firemní literatura John Deere, (2021)

Macmillan, D. (2011). *Velká kniha traktorů John Deere: encyklopedie model po modelu, klasické modely, prospekty*. 1. vydání. Vladimír Pícha, Praha. ISBN 978-80-904879-0-1.

Pošta, J. et. al. (2002). *Oprávenství a diagnostika II: pro 2. ročník OU Automechanik*. 1. vydání. Informatorium, Praha. ISBN 80-86073-88-2.

Stodola, J. (2010). *Diagnostika motorových vozidel: studijní opora*. Druhé, upravené vydání. Vysoké učení technické, Fakulta strojního inženýrství Brno.

Vlk, F. (2001). *Zkoušení a diagnostika motorových vozidel*. 1. vydání. Nakladatelství a vydavatelství Vlk, Brno. ISBN 80-238-6573-0

Vlk, F. (2006). *Diagnostika motorových vozidel: [diagnostiké testery, motortestery, brzdové soustavy, geometrie řízení, tlumiče, kontrola podvozku, diagnostické linky]*. 1. vydání. František Vlk, Brno. ISBN 80-239-7064-X.

Citace webových zdrojů

Actisense.com (2021). *Agritech*. [online] [cit. 30. 12. 2021]. Dostupné z: <https://actisense.com/about-actisense/expertise/agritech/>

Autokelly.cz (2020a). *DG-TXS04974*. [online] [cit. 10. 3. 2022]. Dostupné z: <https://www.autokelly.cz/Product/DG-TXS04974/12390110/39051195;40133824;43717476;43717493;43717505;50077888>

Autokelly.cz (2020b). *Software a aktualizace*. [online] [cit. 10. 3. 2022]. Dostupné z: <https://www.autokelly.cz/Catalog/vse-pro-dilnu-a-servis-diagnostika-zemedelske-a-stavebni-stroje-sw-a-aktualizace-texa/39051195;40133824;43717476;43717494;43717545;44451578>

Autokelly.cz (2020c). *DG TXD072C2*. [online] [cit. 10. 3. 2022]. Dostupné z: <https://www.autokelly.cz/Product/DG-TXD072C2/12163946/39051195;40133824;43717476;43717492>

Deere.com (2016). *Operating tractor use AutoClutch*. [online] [cit. 10. 2. 2022]. Dostupné z: http://www.deere.com/common/docs/html/services_and_support/onscreen_help/16-2/en/05_tractor_operation/operating_tractor_use_autoclutch.htm

Deere.com (2021). *JD Link – telematics*. [online] [cit. 29. 12. 2021]. Dostupné z: <https://www.deere.com/en/construction/construction-technology/jdlink-telematics/>

Epcatalogs.com (2020). *Diagnostic adapter*. [online] [10. 3. 2022]. Dostupné z: <https://www.epcatalogs.com/John-Deere-Diagnostic-Kit-EDL-EDL-v2-diagnostic-adapter/>

Eshop-zemedelske-potreby.cz (2022). *Testovací kufřík se 4 tlakoměry*. [online] [10. 3. 2022]. Dostupné z: <https://www.eshop-zemedelske-potreby.cz/testovaci-kufrik-se-4-tlakomery-p5672/#gallery>

Kovaz.cz (2022a). *Analogové přenosné měřicí zařízení hydraulických veličin Serviceman Plus sada SCKIT*. [online] [10. 3. 2022]. Dostupné z: <https://www.kovaz.cz/analogove-prenosne-merici-zarizeni-hydraulickyh-velicin-serviceman-plus-sada-sckit-155-0-00-578120/#gallery>

Kovaz.cz (2022b). *Průtokoměr s diagnostikou*. [online] [10. 3. 2022]. Dostupné z: <https://www.kovaz.cz/prutokomer-s-diagnostikou-40-360l-min-1-350bar-4170-71325/>

Lukrom.cz (2021). *Prospekt 6.R* [online] [cit. 28. 11. 2021]. Dostupné z: <https://www.lukrom.cz/download/prospekt%206R.pdf>

Hyquip.co.uk (2021). *Hydac Portable Data Recorder HMG 3000 – Hyquip*. [online] [cit. 13. 1. 2022]. Dostupné z: <https://hyquip.co.uk/hydac-portable-data-recorders/5348-hydac-portable-data-recorder-hmg-3000.html>

Robeko.cz (2011). *Zemědělská technika*. [online] [cit. 10. 3. 2022]. Dostupné z: <https://www.robeko.cz/katalog/diagnostika-ostatni-346/zemedelska-technika-351/>

Salesmanual.deere.com, (2011). *Autopowr/IVT*. [online] [cit. 5. 12. 2021]. Dostupné z: https://salesmanual.deere.com/sales/salesmanual/en_NA/tractors/2012/feature/transmissions/8r_8rt/autopowr_ivt.html

Strompraha.cz (2017). *Service Advisor*. [online] [cit. 29. 12. 2021]. Dostupné z: <https://www.strompraha.cz/zemedelska-technika/servis-a-sluzby/servis/service-advisor>

Ostatní zdroje

Service Advisor (verze 5.2) – diagnostický software

Fara, J. (2022), in voice, pracovník Agrozet České Budějovice, a. s.

Kodat, T. (2022), in voice, pracovník Strom Praha, a. s.

Seznam obrázků

Obrázek 1.1: Převodovka Autopowr traktorů John Deere 6R	10
Obrázek 1.2: Ovládání převodovky Autopowr	11
Obrázek 1.3: Řez převodovky Autopowr traktoru John Deere 6R	13
Obrázek 1.4: Nastavení citlivosti automatické spojky	14
Obrázek 1.5: Komunikační trasa traktoru	18
Obrázek 3.1: Traktor John Deere 6190R	21
Obrázek 3.2: Páka volby směru jízdy	23
Obrázek 3.3: Sada pro měření tlaku	27
Obrázek 3.4: HYDAC HMG 3000.....	28
Obrázek 3.5: Diagnostické přípojky	29
Obrázek 3.6: Palubní počítač CommandCenter	31

Seznam tabulek

Tabulka 4.1: Porovnání hodnot tlaku mazacího oleje interaktivním testem	36
Tabulka 4.2: Porovnání hodnot tlaku mazacího oleje	37
Tabulka 4.3: Porovnání hodnot tlaků spojek pro jízdu vpřed a vzad	37
Tabulka 4.4: Porovnání hodnot tlaků spojek K1, K2, K3, K4	38
Tabulka 4.5: Porovnání hodnot tlaků kotoučové brzdy	38
Tabulka 4.6: Porovnání hodnot tlaků v okruhu parkovacího blokování	38
Tabulka 4.7: Porovnání hodnot průtokové rychlosti hydrogenerátoru převodovky ..	39
Tabulka 5.1: Porovnání cen diagnostických systémů	41
Tabulka 5.2: Porovnání pořizovacích cen měřících sad	41
Tabulka 5.3: Porovnání pořizovacích cen přístrojů na měření průtočného množství	42

Seznam použitých zkratk

C – stupně Celsia

JD – John Deere

kg – kilogram

kPa – kilo pascal

l – litry

min – minuty

MPa – mega pascal

SA – Diagnostický systém Service Advisor
