



**FAKULTA  
STROJNÍ  
ČVUT V PRAZE**

## **Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel**

**Návrh způsobu měření otáček vstupní  
hřídele převodovky**

**Proposal of the angular speed measurement  
for a gearbox input shaft**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
2019**

**Ladislav VAMBERSKÝ**

**Studijní program:** Strojírenství

**Studijní obor:** Konstruování podporované počítačem

**Vedoucí práce:** Ing. Michal Jasný

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Vamberský** Jméno: **Ladislav** Osobní číslo: **461814**  
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**  
Zadávající katedra/ústav: **Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel**  
Studijní program: **Strojírenství**  
Studijní obor: **Konstruování podporované počítačem**

## II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

**Návrh způsobu měření otáček vstupní hřídele převodovky**

Název bakalářské práce anglicky:

**Proposal of the angular speed measurement for a gearbox input shaft**

Pokyny pro vypracování:

Navrhněte vhodný typ a polohu snímače pro měření otáček vstupní hřídele převodovky na setrvačnickém zkušebním stavu řazení v laboratořích na Julisce.

Zkonstruujte případné konzoly pro uchycení snímače k převodovce, nebo rámu zkušebního stanoviště - cílem práce je vykresová výrobní dokumentace.

Uvažujte dvě základní možnosti umístění snímače:

- U vstupní hřídele převodovky v místě připojení převodovky třecí spojkou k motoru.
- U letného konce vstupní hřídele převodovky.

Seznam doporučené literatury:

PAKOSTA, J., ACHTENOVÁ, G. Návrh setrvačnickového zkušebního stavu pro zkoušky řazení převodovek. Mezinárodní konference kateder dopravních, manipulačních, stavebních a zemědělských strojů. Liberec: Technická universita v Liberci, 2015. Konferenční příspěvek. ISBN 978-80-7494-196-2.

VOLKSWAGEN AG. Manual Gearbox 02T. [Online] [www.volkswagen.net/technik/ssp/ssp/SSP\\_237\\_d1.pdf](http://www.volkswagen.net/technik/ssp/ssp/SSP_237_d1.pdf).

Fraden, Jacob. Handbook of Modern Sensors. Switzerland: Springer International Publishing AG, 2016. ISBN 978-3-319-19302-1.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

**Ing. Michal Jasný, ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel FS**

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **18.04.2019**

Termín odevzdání bakalářské práce: **10.07.2019**

Platnost zadání bakalářské práce:

Ing. Michal Jasný  
podpis vedoucí(ho) práce

doc. Ing. Oldřich Vítěk, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.  
podpis děkana(ky)

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

30.4.2019

Datum převzetí zadání

Vamberský

Podpis studenta

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem: „Návrh způsobu měření otáček vstupní hřídele převodovky“ vypracoval samostatně pod vedením pana Ing. Michala Jasného, s použitím literatury, uvedené na konci mé bakalářské práce v seznamu použité literatury.

V Praze 8.7.2019

Ladislav Vamberský

## **Poděkování**

Za odborné vedení mé bakalářské práce, velkou míru trpělivosti a ochoty, rychlost, lidský přístup a také za cenné a velmi podnětné rady při zpracovávání práce děkuji vedoucímu práce panu Ing. Michalovi Jasnému.

## **Anotace**

Bakalářská práce se zaměřuje na problematiku při měření otáček vstupní hřídele převodovky. V práci je popsáno stanoviště, které se nalézá v laboratořích na Julisce a to z hlediska celku, tak i jednotlivých prvků, které se na stanovišti vyskytují. Dále je v práci popis převodovky MQ200, která se nyní využívá při měření, popis lamely spojky a v neposlední řadě popis snímačů otáček, které lze použít. V práci nalezneme výsledný výběr dvou snímačů a jejich možné umístění na stanovišti a následné vymodelování těchto způsobů v programu Inventor.

## **Annotation**

The bachelor thesis focuses on the issue of measuring the speed of the gearbox input shaft. The work describes the testing environment, which is located in the laboratories of Juliska and in terms of the whole, as well as the individual elements that occur at the site. Furthermore, there is a description of the MQ200 gearbox, which is now used for measurement, the description of the clutch plate and, last but not least, the description of the speed sensors that can be used. We will determine the final selection of two sensors and their possible location on the site and then model these methods in Inventor.

## Obsah

Úvod .....	1
1. Zkušební stanoviště na Julisce.....	2
1.1. Jednotlivé prvky zkušebního pracoviště.....	2
1.1.1. Setrvačnick.....	3
1.1.2. Ostatní části .....	4
1.1.3. Měřené veličiny .....	5
2. Převodovka MQ 200 .....	6
3. Suchá lamelová spojka.....	8
3.1. Součásti spojky .....	9
3.1.1. Setrvačnick.....	9
3.1.2. Přítlačný kotouč .....	9
3.1.3. Lamela spojky .....	9
4. Problematika měření.....	10
5. Snímače otáček .....	12
5.1. Elektromechanický snímač (Tachodynamo) .....	12
5.2. Optoelektronický snímač.....	13
5.2.1. PMIS4 a PMIR7.....	14
5.3. Induktační snímač.....	15
5.4. Optický snímač .....	16
5.5. Magnetický snímač (Hallův snímač) .....	17
5.6. Porovnání snímačů otáček a zhodnocení výběru .....	18
6. Uchycení snímačů ke konstrukci.....	19
6.1. Popis uchycení: .....	19
6.1.1. PMIS4 snímač.....	19
6.1.2. Induktační snímač .....	23
7. Závěr.....	27
Seznam použité literatury .....	28
Seznam obrázků a tabulek .....	30
Přílohy.....	31

## Úvod

V mé bakalářské práci se budu zabývat problematikou měření otáček vstupní hřídele převodovky. V dosavadním uspořádání na stanovišti dochází k nepřesnostem při měření, z důvodů snížené tuhosti mezi snímačem a hřídelí převodovky. Samotným cílem práce je tedy vymyslet způsob měření, kterým by tento problém byl eliminován.

Úkolem je vybrat dva snímače, které by bylo vhodné použít pro předem určená místa. První místo umístění se nachází na pozici lamely spojky, která spojuje propojující hřídel s hnací hřídelí převodovky a druhé je letný konec hnací hřídele převodovky, tedy místo za pátým převodovým stupněm. Po zvážení nejvhodnějších typů snímačů otáček je nutné vymyslet způsoby jejich uchycení k zařízení. K oběma způsobům umístění, by bylo vhodné udělat výkresovou dokumentaci.

V neposlední řadě by bylo vhodné prostudovat a sepsat informace o zkušebním stanovišti na Julisce a o jednotlivých součástech zařízení. Těmito součástmi myslím samotnou převodovku, kterou je typ MQ 200 a suchá lamelová spojka. Dále zpracovat rešeršní práci na vhodné snímače otáček, které by bylo možné použít.

V příloze budou uvedeny výkresy pro jednotlivé součásti a výkresy sestav umístění a uchycení.

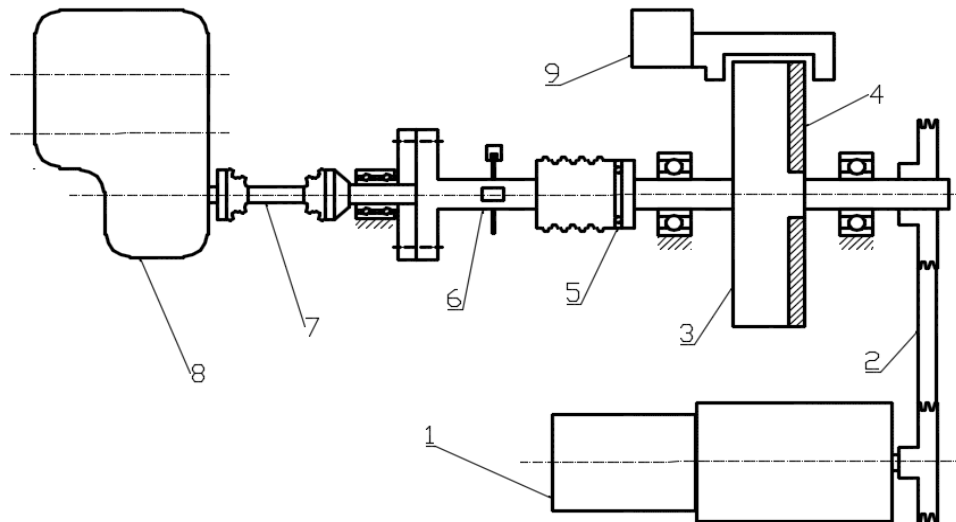
## 1. Zkušební stanoviště na Julisce

Toto zkušební stanoviště bylo zkonstruováno pro zkoušky funkčnosti a životnosti mechanismů řazení u ručně řazených převodovek, nejčastěji převodovka MQ 200 a to v obou variantách jak pětistupňová, tak i šestistupňová. Snahou je zde nasimulovat co nejpřesněji skutečné chování systému řazení, a proto musí stanoviště napodobit provozní podmínky. Nachází se zde několik snímačů, které provádí měření měřených veličin. Při řazení je spojka rozepnuta, převodovka je poháněna setrvačnickem, který simuluje hmotu vozidla a udržuje konstantní otáčky. Při zařazení rychlostního stupně se změni otáčky vstupní hřídele. Setrvačnick musí mít řádově vyšší moment setrvačnosti než setrvačnost primárních hmot, aby nedocházelo ke kolísání výstupních otáček při změnách rychlostních stupňů. [1]

### 1.1. Jednotlivé prvky zkušebního pracoviště

Pro pohon je použit asynchronní dvoupólový elektromotor o výkonu 18,5 kW. Z důvodů specifického průběhu zkoušky řazení, elektromotor lze krátkodobě proudově přetěžovat k zvýšení výkonu. Elektrický pohon díky setrvačnicku pracuje pouze pár sekund, poté již slouží jen k pokrytí třecích ztrát mechanismu. V době, kdy dochází k řazení v převodovce a setrvačnick zastává funkci regulátoru pohonu se elektromotor ochlazuje, aby byl připraven k dalšímu přetížení, při následné změně otáček pro změnu rychlostního stupně. Přesného nastavení otáček setrvačnicku je docíleno PID regulátorem a snímačem otáček. Setrvačnick je poháněn elektromotorem prostřednictvím vícenásobného klínového řemene. Na hřídelích jsou upevněny řemenice kuželovým upínacím pouzdem. U letmo uložených řemenic motoru je vyžadováno použití zesíleného válečkového ložiska rotoru. Při použití klínového řemene je zapotřebí mít elektromotor uchycen k rámu za pomoci napínacích saní, aby bylo možné regulovat osovou vzdálenost převodů. [1]





Obrázek 1 Schéma uspořádání pohonu. 1-elektromotor s vnější ventilací, 2-řemenový převod, 3-setrvačnick, 4-přídavný kotouč, 5-pojistná a pružná spojka, 6-tenzometrický hřídel pro snímání točivého momentu, 7-kloubový hřídel, 8-převodovka [1]

### 1.1.1. Setrvačnick

Vzhledem k výrobním možnostem a zástavbovým rozměrům je použit setrvačnick o průměru 620 mm s momentem setrvačnosti  $14 \text{ kgm}^2$ , který má hmotnost 300 kg.

K zvýšení využití stanoviště lze na osazení hřídele nasadit přídavný kotouč, který zvýší moment setrvačnosti na  $18 \text{ kgm}^2$ . Při simulaci je nutné, aby se setrvačnick otáčel stejně rychle jako kola vozidla, klidného chodu je na stanovišti docíleno při celém rozsahu otáček. Celá sestava je osazena v naklápěcích ložiskových domcích, které kompenzují úhlové nesouososti, protože u hřídele dochází k průhybu, vlivem hmoty setrvačnicku. Ke zvýšení životnosti jsou domky opatřeny ventilátory k chlazení a navíc obsahují termočlánky, aby se předešlo přehřátí. [1]



*Obrázek 2 Celkový pohled na zkušební stanoviště [1]*

### **1.1.2. Ostatní části**

Od setrvačnicku je posléze hnací moment veden hřídelí. Mezi setrvačnickem a tenzometrickou hřídelí je pružná spojka ve vlnovcovém provedení, které má za výhodu, že nevnaší rázy do pohonu při změně směru otáčení. Pružná spojka je v kombinaci s pojistnou spojkou, která slouží k zabránění havárie při překročení momentu a to prokluzem. Hřídel je polepena tenzometry pro měření točivého momentu. Jelikož se jedná o rotující hřídel, aparatura je bezkontaktní.

Poslední částí sestavy je spojení tenzometrického snímače s výstupní hřídelí za pomoci kloubového hřídele. Jelikož je převodovka umístěna v příčné zástavbě s integrovanou rozvodovkou a je poháněna pouze jednou výstupní hřídelí, musí být zablokován diferenciál. Sestava je umístěna na rámu, který je zhotoven z ocelových profilů. Celý rám je přizpůsoben, aby bylo možné na něj nasadit více druhů převodovek a to jak v příčné tak v podélné zástavbě agregátu.

Dále je stanoviště doplněno robotem, který řídí převody a to tak, že za pomoci šesti pneumatických válců a dvěma lanovody řídí řadící ústrojí převodovky. Robot umožňuje řazení až osmi rychlostních stupňů a to i zpátečky. Dále stanoviště obsahuje kompresovou stanici, která slouží k nouzovému brzdění setrvačnicku, tak i k regulaci řadící síly. Posledním prvkem je kalibrační rameno, které kalibruje tenzometrickou hřídel a pákový mechanismus. Kalibrační síla se koriguje zavěšováním závaží.

Výstupem tohoto stanoviště je soubor měřených hodnot z každého zařazení, které je zpracováno v aplikaci grafického vývojového prostředí NI LabVIEW [1]

### 1.1.3. Měřené veličiny

Na stanovišti se neustále měří, sledují a následně vyhodnocují měřené hodnoty v převodovce při průběhu řazení a i při dlouhodobých zkouškách. [1]

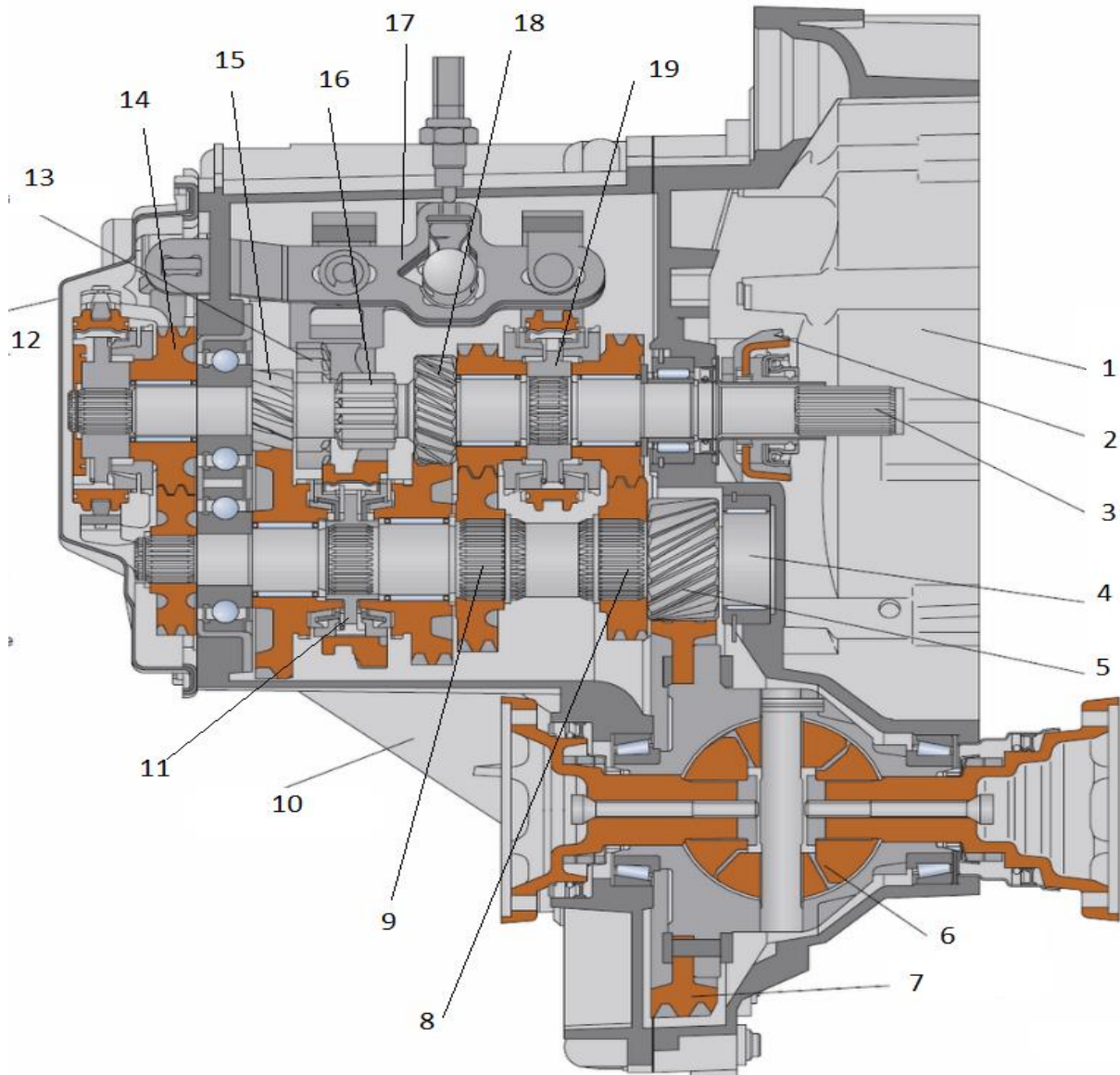
- otáčky vstupního hřídele převodovky (otáčky lamely spojky)
- otáčky výstupního hřídele z převodovky (rozvodovky)
- točivý moment na výstupním hřídeli
- řadicí síla robota na lanovodu
- řadicí dráha robota na lanovodu
- teplota oleje převodovky
- otáčky setrvačníku (pro vyhodnocení prokluzu pojistné spojky)
- otáčky elektromotoru (pro zpětnovazební regulaci a zjištění prokluzu řemenů)
- tlak v pneumatickém okruhu
- koncové polohy pneumatických pístů řadicího robota
- teplota pláště a vinutí elektromotoru
- teplota ložiskových domků setrvačníku
- teplota brzdných odporů
- vibrace převodovky a rámu zkušebního stavu

## 2. Převodovka MQ 200

Převodovka MQ 200 je dvouhřídelová, manuálně řazená převodovka, tedy řidič vybírá a řadí pomocí řadicí páky rychlostní stupeň. Tato převodovka se vyrábí v pětistupňové a šestistupňové variantě. Jak již její název napovídá, převodovka MQ 200 je určena pro motory s maximálním kroutícím momentem 200 Nm.

V převodovce je tedy umístěna hnací a hnaná hřídel. Hnací hřídel je připojena k lamele spojky, přes kterou se přenáší kroutící moment motoru a během řazení se spojka rozepne, aby došlo k přerušení přenosu momentu. Hnaná hřídel má výstup do diferenciálu. V převodovce se nachází ozubená kola rychlostních stupňů. Fakulta strojní, ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel dostala k dlouhodobým zkouškám pětistupňovou převodovku MQ 200 a tudíž se má práce bude zaměřovat právě na ni. V převodovce se nachází kolo prvního až pátého rychlostního stupně, tyto kola mají šikmé ozubení a jsou v stálém záběru. Dále je v převodovce soukolí zpětného chodu neboli „zpátečka“. Toto soukolí má na rozdíl od ostatních rychlostních stupňů přímé zuby. Celý mechanismus zpátečky se skládá ze tří kol – vstupní, vložené a výstupní. Vložené kolo slouží k obrácení smyslu otáčení kola vstupního a tím pádem i výstupního hřídele. Kola prvního a druhého rychlostního stupně a kolo zpátečky jsou pevně připojena k hnací hřídeli a kola třetího, čtvrtého a pátého rychlostního stupně jsou pevně spojena s hnanou hřídelí. Mezi koly rychlostních stupňů se nachází synchronizační spojka, až na kolo zpětného chodu. Synchronizační spojky pro třetí a čtvrtý rychlostní stupeň a pro pátý rychlostní stupeň se nachází na hnací hřídeli a pro první a druhý rychlostní stupeň se nachází na hnané hřídeli. Synchronizační spojka zajišťuje plynulé zařazení tak, že srovná rychlost otáček řazeného převodového kola s hnanou hřídelí. Kdyby k tomuto srovnání nedošlo, vznikl by problém se zařazením anebo by při zařazení vznikly rázy a hluk, vše by způsobovalo opotřebování součástí.[2][3][4][5]

Kroutící moment z motoru se přenáší na převodovku přes hnací hřídel. Zde se moment přenáší přes převodové kolo, které je zvoleno, na hnanou hřídel. Odtud je přes stálý převod rozvodovky přenášen do diferenciálu. Z diferenciálu se moment následně přenáší na hnací kola automobilu.



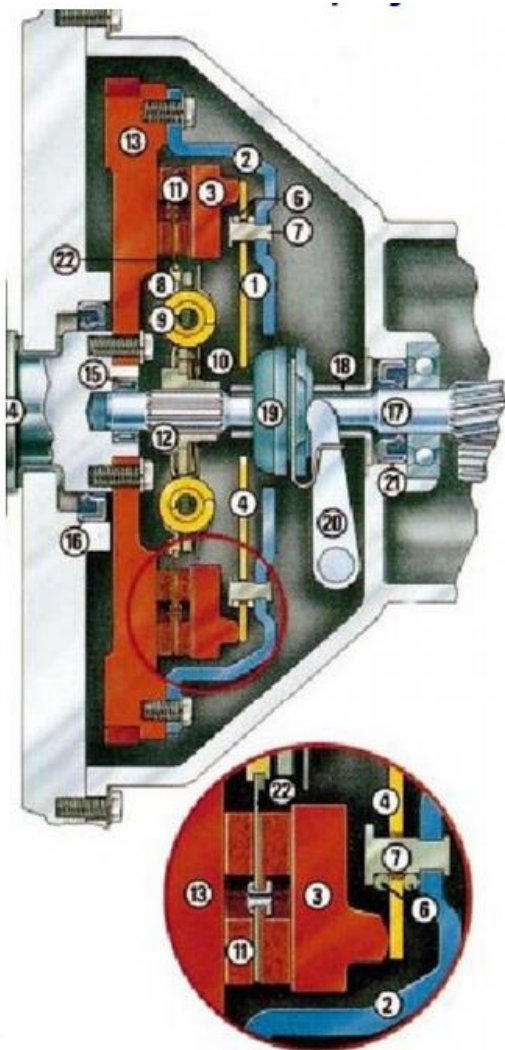
Obrázek 3 Schéma 5. stupňové převodovky MQ 200 [6]

- |                                 |   |
|---------------------------------|---|
| Díly: 1- Skříň spojky           | 10- Skříň převodovky  |
| 2- Vypínací páčka spojky        | 11- Synchronizační spojka prvního a druhého převod. stupně  |
| 3- Vstupní hřídel               | 12- Víko pátého převod. stupně                              |
| 4- Výstupní hřídel              | 13- Vložené mezikolo  |
| 5- Stálý převod hnaného hřídele | 14- Pátý převod. stupeň                                     |
| 6- Diferenciál                  | 15- První převod. stupeň                                    |
| 7- Stálý převod rozvodovky      | 16- Kolo zpětného chodu                                     |
| 8- Čtvrtý převod. stupeň        | 17- Řadicí vidlička   |
| 9- Třetí převod. stupeň         | 18- Druhý převod. stupeň                                    |
|                                 | 19- Synchronizační spojka třetího a čtvrtého převod. stupně |



### 3. Suchá lamelová spojka

Jedná se o mechanickou spojku, její ovládání je prováděno spojkovým pedálem v automobilu a je tudíž ovládána řidičem. Když je spojkový pedál nesešlápnut, lamelová spojka je sepnutá a naopak. Lamelová spojka slouží k přenášení točivého momentu motoru na hnací hřídel převodovky. V případě nutnosti se spojka rozezne a tím přeruší přenos točivého momentu. Lamelová spojka zajišťuje měkký rozjezd, redukci kolísání točivého momentu motoru a řazení rychlostních stupňů. [7][8][9]



Obrázek 4 Řez suchou spojkou [10]

- 1 - Membránová pružina
- 2 - Štít
- 3 - Přítlačný kotouč
- 4 - Membránová pružina
- 5 - Listové pružiny
- 6 - Vyklápěcí kroužky
- 7 - Distanční čep
- 8 - Kotouč
- 9 - Torzní tlumič
- 10 - Třecí element
- 11 - Obložení
- 12 - Objímka
- 13 - Setrvačnick
- 14 - Klikový hřídel
- 15 - Ložisko
- 16 - Hřídelové těsnění
- 17 - Hnací hřídel převodovky
- 18 - Vedení
- 19 - Vypínací ložisko
- 20 - Vysouvací vidlice
- 21 - Hřídelové těsnění
- 22 - Tlumící segment
- 23 - Doraz

### 3.1. Součásti spojky

#### 3.1.1. Setrvačnick

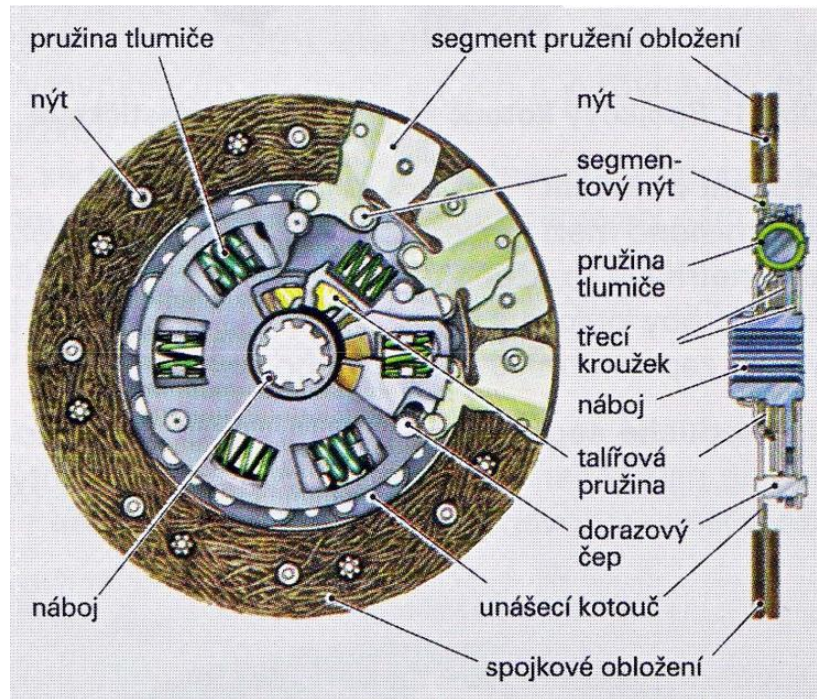
Setrvačnick je rotující disk, který je přímo spojen s hřídelí motoru a zajišťuje akumulaci kinetické energie. Slouží k eliminaci nerovnoměrného chodu motoru. Setrvačnick je spojen s lamelou spojky v třecích dosedacích plochách, čímž zajišťuje přenos kroutícího momentu z motoru na spojku. [7][8]

#### 3.1.2. Přítlačný kotouč

Přítlačný kotouč se vyrábí z šedé tvárné litiny, kvůli jejím dobrým kluzným vlastnostem. Přítlačný kotouč nerotuje, jen se axiálně pohybuje. Stejně jako setrvačnick, přítlačný kotouč dosedá na třecí plochu lamely spojky. Slouží také k odvodu tepla, které vzniká při vzájemném tření součástí. [7][8]

#### 3.1.3. Lamela spojky

Lamela spojky je umístěna mezi setrvačnickem a přítlačným kotoučem. Spojkové obložení je spojeno k sobě nýty, toto obložení zajišťuje tření. Kroutící moment z motoru se díky tření, přenáší ze setrvačnicku na lamelu spojky, která přes své drážkování v náboji tento kroutící moment přenáší na hnací hřídel převodovky. Lamela spojky slouží k plynulému rozjezdu a rychlému řazení vozidla. Dále slouží k pohlcení nežádoucích kmitů, které vznikají při chodu motoru, díky torzním pružinám. [7][8]

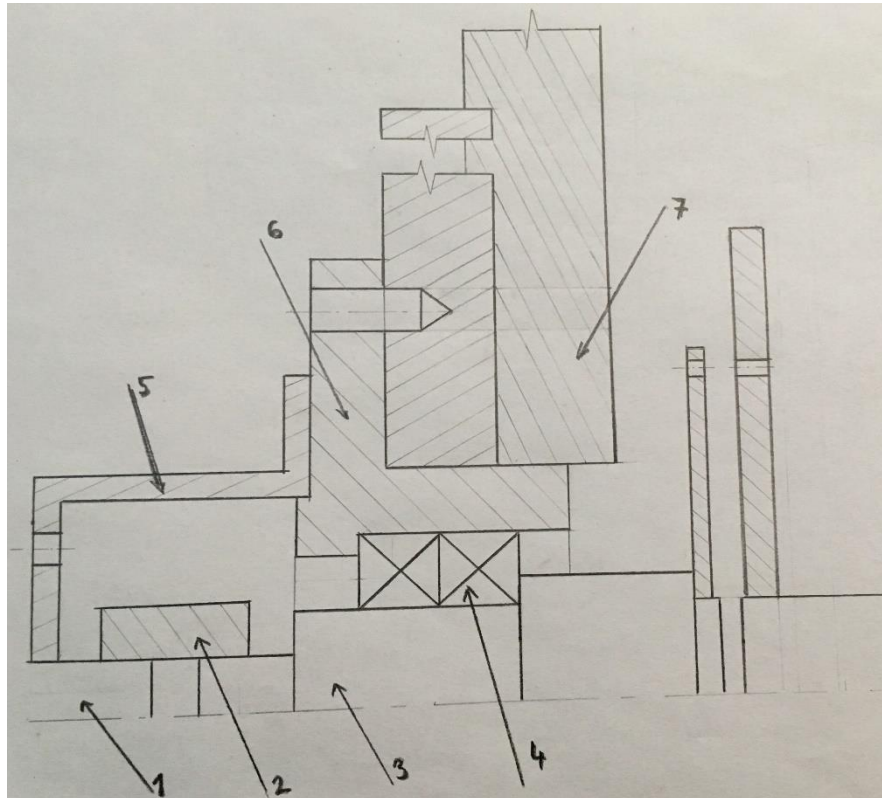


Obrázek 5 Kotouč spojky [10]

#### 4. Problematika měření

Na obr. 6 je znázorněn způsob dosavadního zapojení snímače otáček k hnací hřídeli převodovky. Zde dochází k nepřesnostem při měření, které je cílem odstranit. Vlivem připojení lamely spojky, která se nachází mezi snímačem otáček a převodovkou dochází k nepřesnostem při měření. Tyto nepřesnosti jsou způsobeny torzními pružinami a křížovým unáščem, které snižují tuhost spojení hřídele a snímače otáček. Kvůli tomu při rychlé změně otáček dochází ke zpožděním a prokluzům, a to způsobuje nepřesné měření snímače otáček. Na obr. 7 je znázorněn příklad průběhu otáček, naměřený snímačem otáček. Jednalo se o zkušební řazení z neutrálu na čtvrtý převodový stupeň. Z grafu je zjevné, že při chodu na neutrál se hřídel otáčela při 2300 ot/min. V době zařazení na čtvrtý převodový stupeň se otáčky zvedly na přibližně 2570 ot/min a poté se ustálily na 2500 ot/min. V grafu jsou patrné změny otáček, které jsou způsobeny vibracemi v lamelové spojce. Tyto změny, resp. chyby je nutné odstranit nebo minimalizovat.





Obrázek 6 Schéma zapojení snímače

1-Hřídel inkrementálního snímače; 2- Pružná vlnovcová spojka; 3- Hnací hřídel převodovky; 4- ložiska; 5- Příruba; 6- Vnitřní držák s ložisky; 7- Hlavní držák



Obrázek 7 Průběh otáček na spojce

## 5. Snímače otáček

Snímače otáček bychom mohli rozdělit podle způsobů měření otáček.

### Základní rozdělení:

- Elektromechanické
- Optoelektrické
- Induktanční
- Magnetické
- Optické

Vzhledem k měření by bylo nejvhodnější, abych vybíral snímače tak, aby se co nejlíže přiblížily vlastnostem a měřícím rozsahům, jaké má současný snímač otáček, který je využíván v současném zapojení. Jedná se o inkrementální snímač typu 10-04632-R-720, tedy snímá 720 značek na otáčku.

### 5.1. Elektromechanický snímač (Tachodynamo)

Tachodynamo je stejnosměrný stroj, který se skládá z permanentního magnetu a rotoru, který má vinutí vyvedené na komutátor. Jedná se o generátorový snímač, jehož výstupním signálem je napětí, které je závislé na otáčkách. Od výrobce se na štítku tachodynamu udává konstanta tachodynamu (např. 80 V/1000 ot. min<sup>-1</sup>) či minimální velikost zatěžovacího odporu, aby se předešlo vzrůstu chyby, která se navyšuje kvůli zvětšujícímu se úbytku napětí na vnitřním odporu. [11][12][13]

Vybral jsem typ K5A7-00, z důvodů jeho rozsahu otáček, které vyhovují potřebám na zkušebním stanovišti

#### Výhody:

- Velká citlivost tachodynamu
- Indikace směru otáčení
- Měření již od nulových otáček

#### Nevýhody:

- Vznikají obtíže při komutaci vlivem jiskření, opotřebení či šumu a dochází k velkému zvlnění
- Velikost
- Tachodynamo musí být v jedné ose s hřídelí na kterou se připojuje, a tudíž by bylo velmi obtížné jeho připojení v místech lamely spojky



Obrázek 8 Tachodynamo [14]

## 5.2. Optoelektronický snímač

Za nejvyžívanější optoelektronický snímač se považuje inkrementální snímač otáček. Funkce inkrementálního snímače spočívá v clonění světelného toku mezi zdrojem světla a fotodetektorem. Jako zdroj světla ve snímači se využívá LED dioda a k detekci tohoto světla se používá světelný senzor (fototranzistor). Při rotaci hřídele se otáčí mezikruží, které je rozdělené na úseky světlo-propustné a světlo-nepropustné. Díky světlu z diody a rotaci mezikruží dochází k clonění, při kterém se přerušuje tok světla. Fototranzistor tyto přerušované toky světla zaznamená, zpracuje a jako signál odesílá ven ze snímače k dalšímu zpracování. [12][13]

Vybral jsem typ RVS58S-YYYKYA6ZT-01024 z důvodů jeho rozsahu otáček, které vyhovují potřebám na zkušebním stanovišti a jeho malým zástavbovým velikostem.



Obrázek 9 Inkrementální snímač [15]

Výhody:

- Není citlivý na vibrace
- Velice přesný
- Malá velikost, vhodný k připojení na letmý konec vstupní hřídele

Nevýhody:

- dochází k chybám, které jsou dané použitou elektronikou a samotnou konstrukcí  
(svítivost LED diody, citlivost fotosenzoru, ....)
- další chyby mohou vzniknout vlivem prostředí např. překročení povolené frekvence
- Inkrementální snímač musí být v jedné ose s hřídelí na kterou se připojuje, a tudíž by bylo velmi obtížné jeho připojení v místech lamely spojky

### 5.2.1. PMIS4 a PMIR7

Jedná se o bezkontaktní magnetický inkrementální snímač. PMIR4 je označení pro snímač a PMIR7 je označení pro magnetický kroužek. Tyto kroužky se vyrábějí ve 3 velikostech a mohou být připojeny rovnou na hřídel. Principem snímání je otáčení magnetického kroužku, který obsahuje magnetický jižní a severní pól a snímač tyto změny zaznamenává. Tento snímač má velmi vysoké rozlišení a to až 184 320 pulsů na otáčku. Kovové krytí snímače s čtecí hlavou zaručuje ochranu proti EMC záření a tepelnému přetížení. Díky magnetickému principu snímání je navíc snímač odolný vůči nečistotám jako jsou prach či olej. [23]



*Obrázek 10 PMIS4 a PMIR7 [23]*

#### Výhody:

- Malá velikost
- Robustní provedení
- Velké rozlišení

#### Nevýhody:

- Pouze 3 snímací kroužky PMIR7
- Omezené provedení uchycení snímacích kroužků
- Nutnost dodržet vzduchovou mezeru mezi PMIS4 snímačem a snímacím PMR7 kroužkem

### 5.3. Induktanční snímač

Jedná se o bezkontaktní a pasivní snímač, který je nutno napájet. Skládá se z tyčového magnetu s magneticky měkkým pólovým nástavcem, na kterém je umístěna indukční cívka, z které vedou dva vývody. Pokud se při měření před snímačem otáčí rotor (ozubené kolo) a je-li z feromagnetického materiálu, tak se v cívce indukuje přibližně sinusové napětí, které lze následně přepočítat na otáčky. Jelikož se jedná o bezkontaktní snímač, tak je citlivý na vzdálenost mezi snímačem a rotorem, tato vzdálenost se pohybuje v řádech milimetrů (0,8-2mm). Pokud by byla tato vzduchová mezera jiná, hrozilo by špatné snímání snímače.[16]

Vybral jsem typ S37 od firmy Brisk z důvodů jeho rozsahu otáček, které vyhovují potřebám na zkušebním stanovišti. K měření je nutné ozubené kolo a tento snímač nabízí sinusový průběh výstupního signálu, který zpřesní měření.



*Obrázek 11 Induktanční snímač [17]*

Výhody:

- Malé rozměry
- Nízké výrobní náklady

Nevýhody:

- Měří od určitého počtu otáček
- Při vyšších otáčkách signál dosahuje velkých napětí (100V)
- Nutnost dodržet vzduchovou mezeru

## 5.4. Optický snímač

Tento snímač se nazývá stroboskop. Stroboskop je zařízení, který vydává ostré světelné impulsy (nejčastěji nějaká výbojka) v přesně daných intervalech. Frekvenci světelného "blikání" je možné měnit. Pokud na rotující součást umístíme dobře viditelnou značku (odrazku), pak při její rotaci a současném osvětlování stroboskopem dochází k jevu, kde se značka různě rychle pohybuje v závislosti na frekvenci blikání světla. Pokud dojde ke synchronizaci frekvence otáček odrazky a frekvence světelných impulsů, při kterém se značka zdánlivě zastaví, odpovídá tato frekvence otáčkám, které se zobrazí na zobrazovači stroboskopu. Doporučuje se začínat od maximální frekvence záblesků, protože uvidíme více značek na rotující součásti a tím poznáme, že musíme frekvenci změnit. [18][19]

Vybral jsem typ NOVA-STROBE DBX z důvodů, že při měření vyhoví otáčkám hřídele na zkušebním stanovišti.



Obrázek 12 Stroboskop [20]

Výhody:

- Snímá poměrně velký rozsah otáček
- Hodnoty otáček se zobrazují rovnou na displeji snímače

Nevýhody:

- Velikost
- Nebylo by možné tímto typem snímače měřit v prostorech třecí lamely

Výstup stroboskopu je sesynchronizovaný s programem, který lze dokoupit. Na stroboskopu je digitální displej, který ukazuje číselné hodnoty.

### 5.5. Magnetický snímač (Hallův snímač)

Princip činnosti Hallova snímače spočívá na Hallově jevu, což je vznik napětí v polovodičové destičce protékané proudem, kde působí magnetické pole. Ve snímači je umístěn magnet, který generuje magnetické pole. V případě přiblížení feromagnetického ozubeného kola ke konci snímače, dochází k vychýlení magnetického pole, tudíž ke změně napětí a tato změna se následně vyhodnocuje. Během rotace ozubeného kola dochází k přibližování a oddalování zubů, přičemž na výstupu se generuje signál, jehož frekvence odpovídá rychlosti otáčení. Hallův snímač potřebuje ke své činnosti napájecí napětí. Jelikož se jedná o bezkontaktní snímač, je tudíž citlivý na vzduchovou mezeru mezi snímačem a ozubeným kolem. K správné funkci snímače, musí být tato vzduchová mezera v řádech milimetrů (2mm) [12][16][21]

Vybral jsem typ HA-P2 od firmy Bosch Motorsport z důvodů jeho rozsahu otáček, které vyhovují potřebám na zkušebním stanovišti a nízké hmotnosti.



Obrázek 13 Hallův snímač [22]

#### Výhody:

- Snímání od nulových otáček
- Malé rozměry
- Nízká hmotnost

#### Nevýhody:

- Nutnost dodržet vzduchovou mezeru
- K činnosti potřebuje stejnosměrný proud

## 5.6. Porovnání snímačů otáček a zhodnocení výběru

V této kapitole se pokusím porovnat všechny snímače otáček vzhledem k základním požadovaným parametrům (viz Tabulka 1). Nakonec ke každému snímači napíši proč jsem se ho rozhodl či nerozhodl použít.

*Tabulka 1 Porovnání parametrů jednotlivých snímačů otáček*

Typ snímače	Tachodynamo	Inkrementální snímač	Stroboskop	Hallův snímač	Induktanční snímač	PMIS4
Rozsah otáček [1/min]	0 - 6000	max. 8000	5 – 250000	8000	60 - 8000	0 - 6000
Hmotnost [Kg]	0,75	0,35	0,86	0,012	0,1	0,03
Pracovní teplota [°C]	-50 - +50	-40 - +100	-	-40 - +160	-40 - +150	-40 - 85
Počet pulsů	-	1024 a 2048	-	-	-	64-131072
Výstupní frekvence [kHz]	-	200	-	10	-	max. 480
Výstupní napětí [V]	max. 120	-	3,3	0,4 - 18	max. 250	0,4
Napájecí proud [mA]	0,2	70	-	10	-	50 - 300
Zatěžovací odpor [ $\Omega$ ]	600000	-	-	1000	10000	500

### Zhodnocení a výběr snímačů otáček

Všechny snímače otáček jsem mezi sebou porovnával jak z hlediska potřebných maximálních otáček, které snímač může snímat, až po rozměry jednotlivých snímačů a tak podobně. Z toho hlediska mi vyplynulo, že nejlepší variantou je zvolit induktanční snímač a PMIS4 snímač.

Tachodynamo jsem se rozhodl nevybrat, z důvodů jeho zástavbových rozměrů, které by na stanovišti vadily a překážely v manipulaci. Inkrementální snímač jsem se rozhodl nepoužít, z důvodů jeho způsobu uchycení, které by bylo obtížné zrealizovat v místech lamely spojky. Stroboskop bych kvůli jeho rozměrům využil spíše pro kontrolní měření. Kvůli jeho velikosti by bylo obtížné jeho upevnění na stanovišti. Dále jsem se rozhodoval mezi použitím Hallova snímače a induktančního snímače. Oba snímače k měření potřebují snímat ozubené kolo. Z tohoto důvodu by bylo vhodné, aby měl snímač sinusový průběh výstupního signálu pro přesnější měření. Z těchto dvou snímačů tuto možnost nabízí induktanční snímač a proto jsem se ho rozhodl použít. Jako druhý snímač, který jsem se rozhodl použít je PMIS4 snímač který nabízí velmi vysoké rozlišení, které se pohybuje v řádech sto-tisíců impulzů.



## 6. Uchycení snímačů ke konstrukci

V mé bakalářské práci budu uvažovat nad dvěma možnými místy, kde bych mohl snímače otáček uchytit. První varianta je snímač umístit za pátý převodový stupeň a druhá varianta je snímač umístit do prostoru mezi motorem a převodovkou, resp. k oblasti kde se nachází lamela spojky. U obou míst budu muset uvažovat nad dvěma možnými způsoby uchycení pro dva různé snímače. Těmito snímači jsou induktační snímač a PMIS4 snímač. V prostoru lamely spojky jsme se nakonec rozhodli lamelu spojky odstranit, a tudíž budu muset vymyslet jiné spojení hnací hřídele převodovky a propojovací hřídele. Tato propojující hřídel spojuje hnací hřídel převodovky a elektromotor.

### 6.1. Popis uchycení:

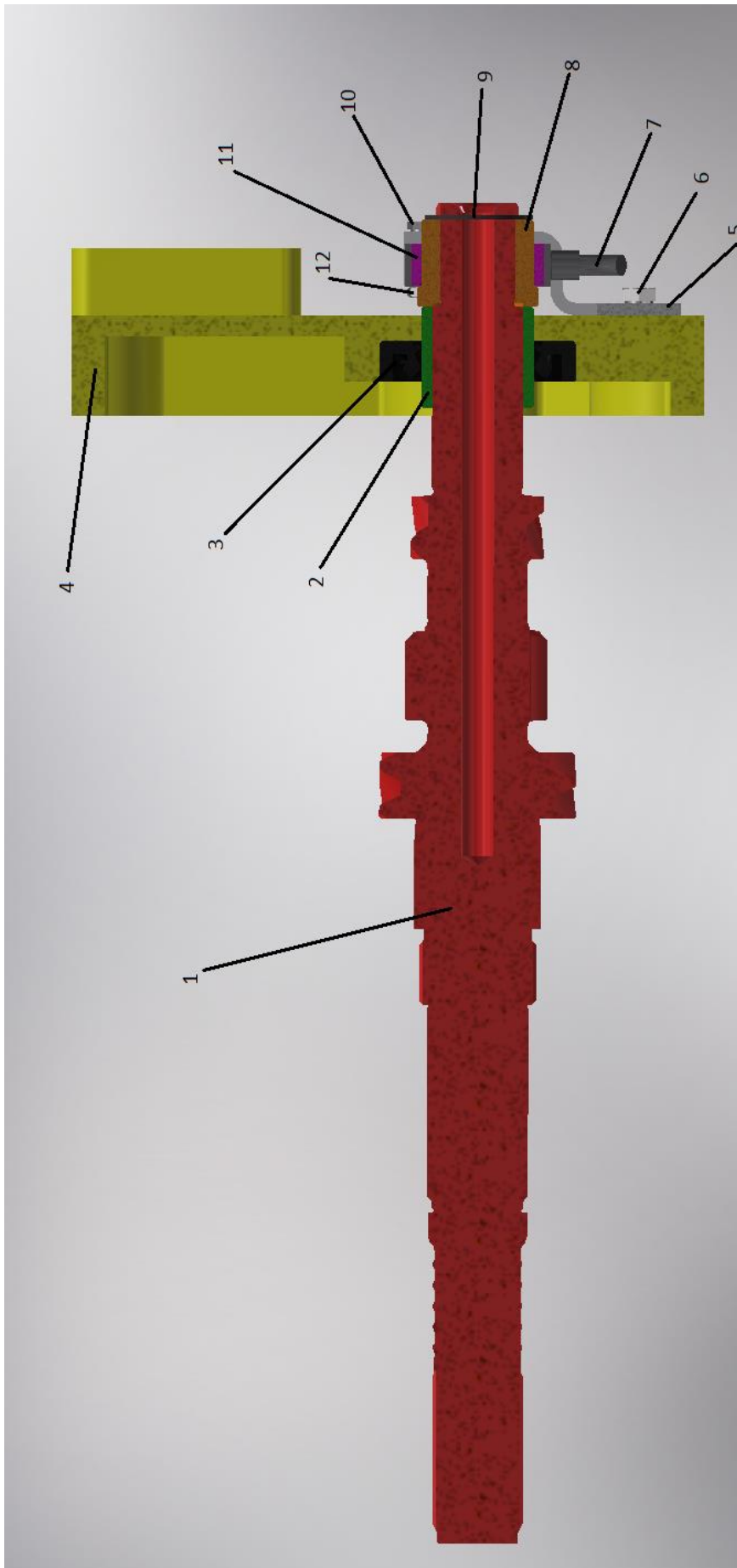
V následující kapitole popíši moji praktickou část bakalářské práce. Bude zmíněn přibližný postup při vytváření jednotlivých dílů, jejich následná kompilace do funkční sestavy a to pro obě místa umístění a pro oba snímače otáček.

#### 6.1.1. PMIS4 snímač

##### *Umístění za pátým převodovým stupněm*

Při tomto způsobu umístění snímače je nejdříve nutné vyndat z převodovky synchronizační spojku pátého převodového stupně. Na toto místo se k převodovce připojí nestandardní krycí víko pro potřeby připojení vnější synchronizace místo pátého převodu, které má udělaný otvor pro letmý konec hnací hřídele převodovky. Dále jsem navrhl potřebné díly pro daný způsob měření a umístění, které jsem připevnil k letmému konci hnací hřídele převodovky (viz Obr. 14). Návrhy jsem následně vymodeloval.

Postup nasazení a upevnění komponentů je následovný. Z převodovky se vyndá synchronizační spojka pátého převodového kola a na toto místo se nasadí a přišroubuje víko, které kryje pátý převodový stupeň. Poté se k víku přišroubuje držák snímače šrouby M5, který má již k sobě upevněný snímač PMIS4 šrouby M3,5 a maticemi M3,5. Následuje nasunutí příruby na drážkování letmého konce hnací hřídele převodovky do místa, kde se příruba opře o distanční trubku, která je v převodovce. Na této přírubě je již nalisovaný snímaný kroužek PMIR7. Zkontroluje se, zda vduchová mezera mezi PMIS4 snímačem a PMIR7 kroužkem je 0,8mm. Nakonec se příruba zajistí pojistným o-kroužkem.

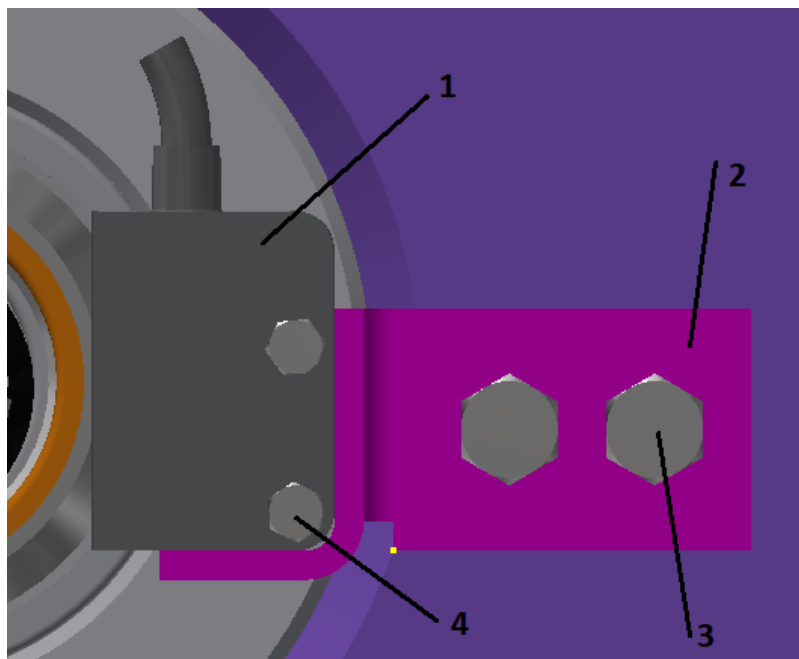


Obrázek 14 Řez umístění PMIS4 snímače za víkem. 1-Vstupní hřídel převodovky; 2-Distanční trubka; 3-Kuličkové ložisko; 4-Víko; 5-Držák PMIS4 snímače;  
 6-Šroub M5; 7-PMIS4 snímač; 8-Příruba pro PMIR7 kroužek; 9-Pojistný o-kroužek; 10-Šroub M3,5; 11-PMIR7 kroužek; 12-Matice M3,5

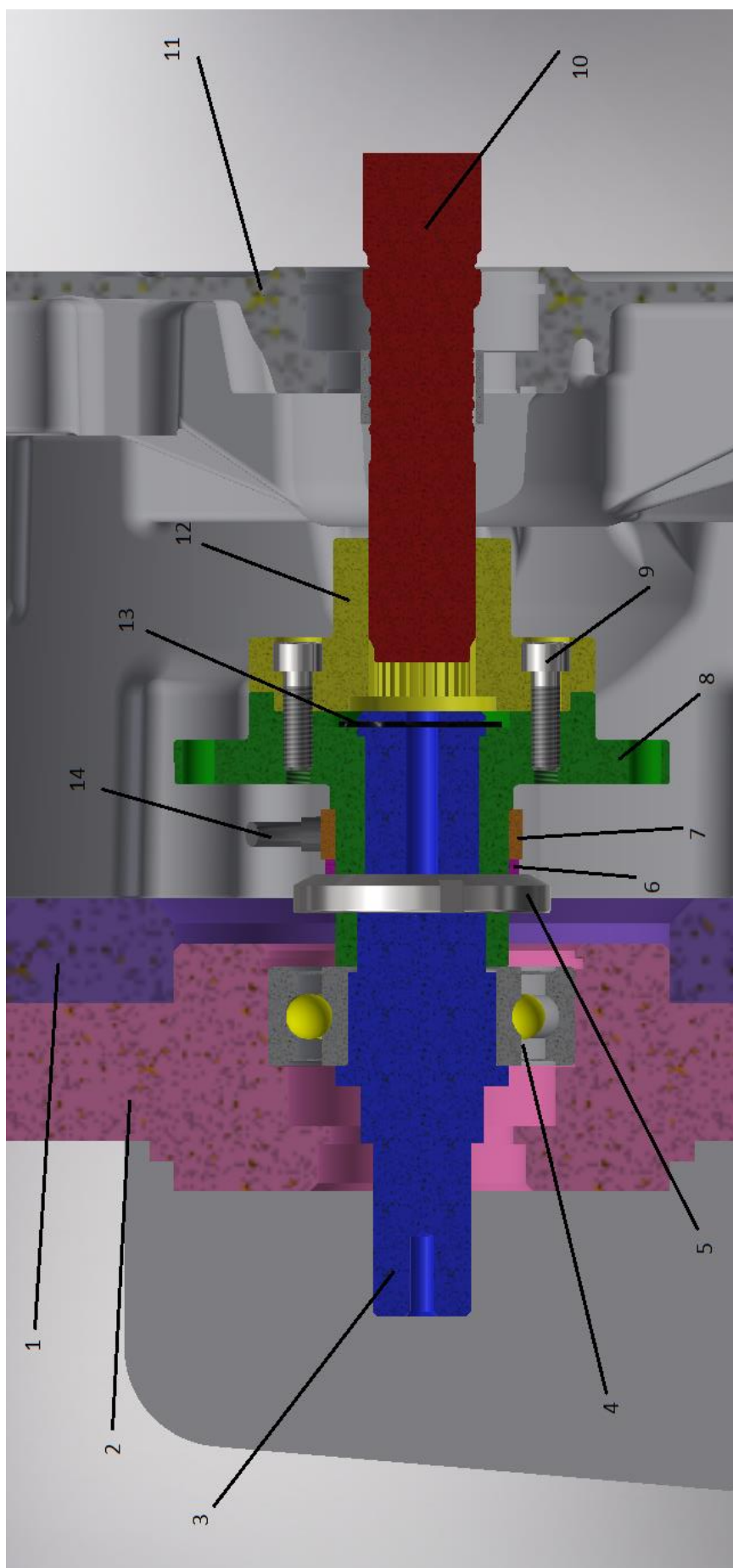
### Umístění v prostoru lamelové spojky

U této varianty jsme se rozhodli, že ze sestavy odstraníme lamelu spojky s křížovým unašečem, které spojovali propojující hřídel s hnací hřídelí převodovky. Bylo tedy nutné přijít s novým spojením hřídelí. Na stanovišti je zajištěná dobrá sousost těchto hřídelí a proto bylo možné přijít s „pevným“ spojením hřídelí, bez pružících prvků. Dobré sousosti je docíleno díky tomu, že je hnací hřídel převodovky skrz skříň převodovky centrovaná do velké příruby, ve které je uložena I propojovací hřídel. Navrhl jsem všechny potřebné díly pro měření a uchycení na stanovišti, které jsem následně spojil a připevnil. Všechny potřebné návrhy jsem vymodeloval (viz Obr.16).

Postup spojení všech dílů k sobě je následovný. Mimo sestavu si přišroubujeme snímač PMIS4 k držáku šrouby M3,5 a maticemi M3,5. Tento držák se snímačem přišroubujeme k hlavní přírubě šrouby M6 (viz obr.15). Poté vezmeme první přírubu a nasuneme na její průměr 35mm snímací kroužek PMIR7, který se opře o převýšení, které je již na přírubě a z druhé strany se nasadí distanční trubka, kterou ještě zajistíme našroubováním KM6 matice. Tímto způsobem zajistíme, aby se snímací kroužek axiálně nepohyboval. Tento celek následně nasuneme na propojující hřídel a zajistíme ho pojistným o-kroužkem. Zkontrolujeme, zda vzduchová mezera mezi snímací hlavou a snímacím kroužkem je 0,8mm. Nakonec se na středící plochu první příruby nasadí druhá příruba a přišroubují se k sobě čtyřmi zápusťnými šrouby s vnitřním šestihranem M6. Tato druhá příruba slouží k nasunutí hnací hřídele převodovky. V případě změny převodovky stačí v sestavě sundat a vyměnit tuto přírubu za jinou s potřebným drážkovaním pro hřídel.



Obrázek 15 Pohled na držák PMIS4 snímače. 1-PMIS4 snímač;  
2-Držák snímače; 3-Šroub M6; 4-Šroub M3,5



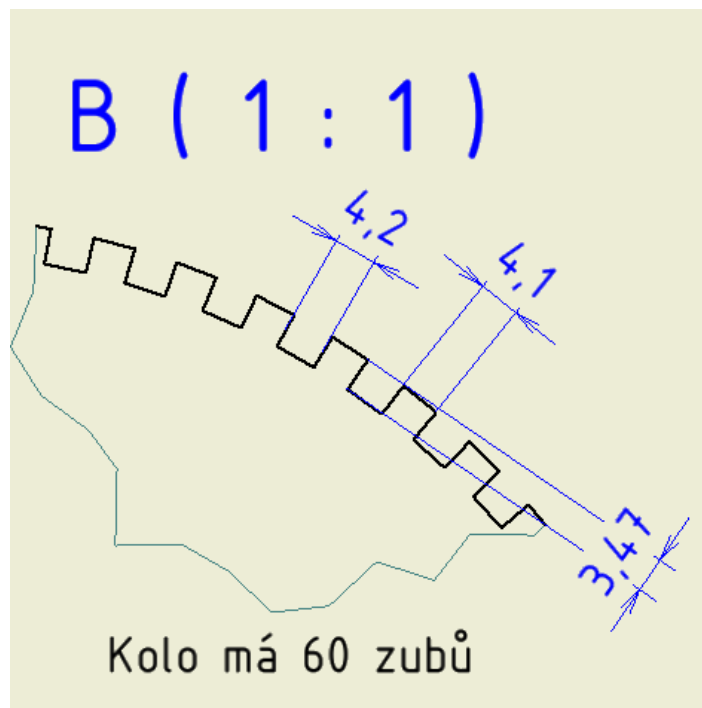
Obrázek 16 Řez umístění PMIS4 snímače místo lamely spojky. 1-Hlavní příruba; 2-Hlavní držák; 3-Propojovací hřídel; 4-Kuličková ložiska; 5-KM6 matice;  
 6-Distanční trubka; 7-PMIR7; 8-Příruba 1 spojovací hřídele; 9-Šroub s vnitřním šestihranem M6; 10-Vstupní hřídel převodovky;  
 11-Skříň převodovky MQ 200; 12-Příruba 2 spojovací hřídele; 13-Pojistný o-kroužek; 14-PMIS4 snímač

### 6.1.2. Induktanční snímač

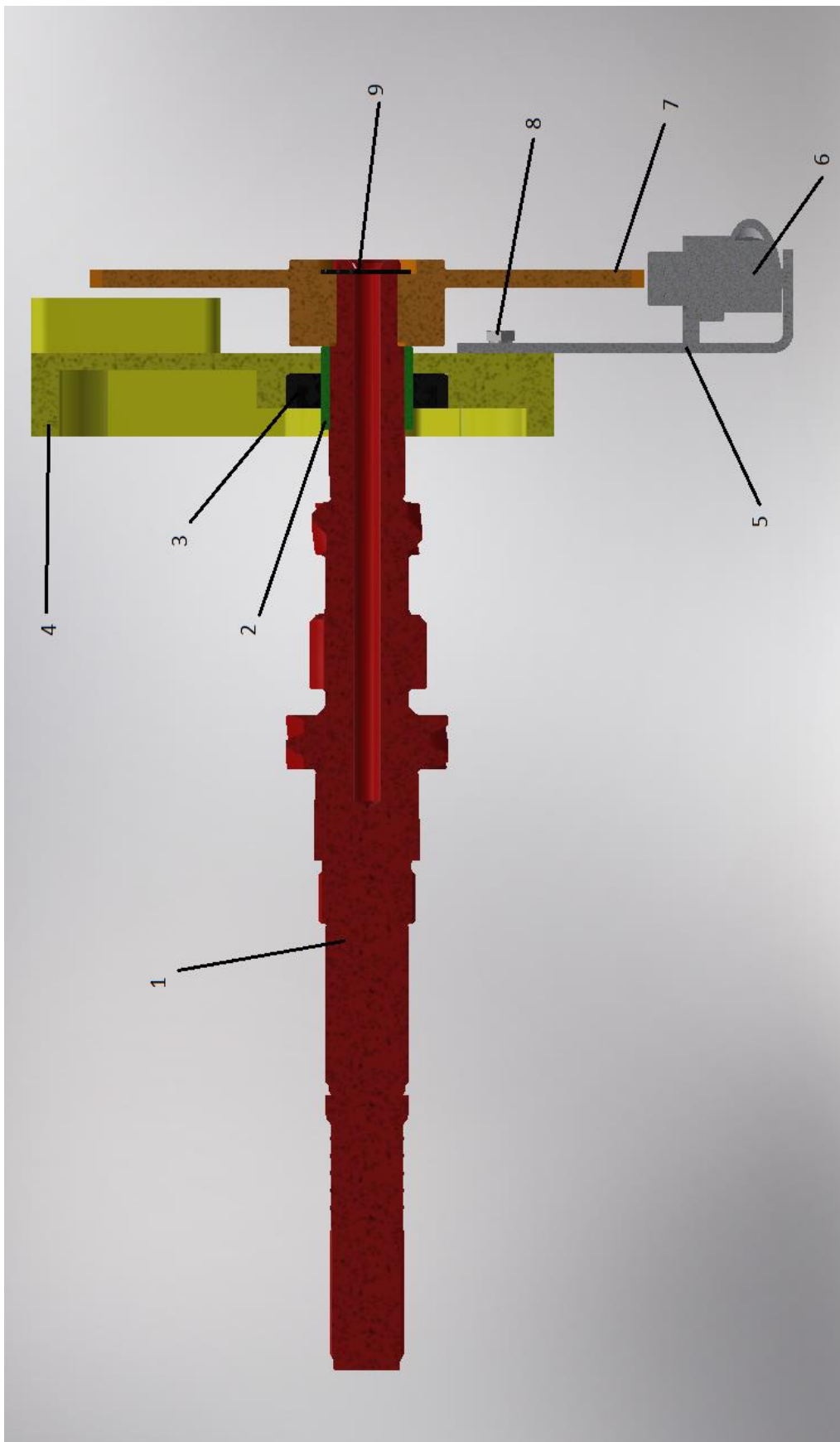
#### Umístění za pátým převodovým stupněm

Při tomto způsobu umístění snímače je nejdříve nutné vyndat z převodovky synchronizační spojku pátého převodového stupně. Na toto místo se k převodovce připojí nestandardní krycí víko pro potřeby připojení vnější synchronizace místo pátého převodu, které má udělaný otvor pro letmý konec hnací hřídele převodovky. Dále jsem navrhl potřebné díly pro daný způsob měření a umístění, které jsem připevnil k letmému konci hnací hřídele převodovky (viz Obr.18). Návrhy jsem následně vymodeloval.

Postup nasazení a upevnění dílů na hřídel převodovky je následovný. Z převodovky se vyndá synchronizační spojka pátého převodového kola a na toto místo se nasadí a přišroubuje víko, které kryje pátý převodový stupeň. Poté se k víku přišroubuje držák snímače šrouby M5, který má již k sobě upevněný indukvanční snímač šroubem M6 a maticí M6. Poté se na drážkování letného konce hnací převodovky nasune příruba s ozubeným kolem až do úrovně, kde se příruba zastaví o distanční trubku. Ozubené kolo musí mít specifické parametry, které jsou dány použitým snímačem (viz Obr.17). Zkontroluje se, jestli vzduchová mezera mezi snímačem a ozubením je potřebných 0,8mm. Nakonec se příruba zajistí pojistným o-kroužkem, které se nasune do již udělané drážky.



Obrázek 17 Detailní pohled na parametry ozub. kola



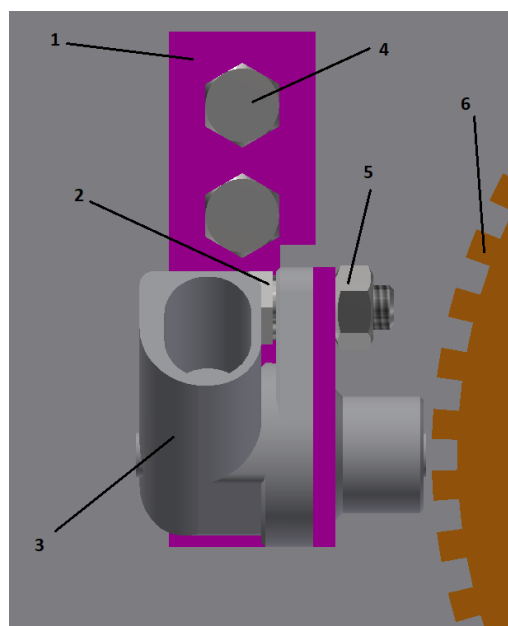
Obrázek 18 Řez umístění induktačního snímače za víkem. 1-Vstupní hřídel převodovky; 2-Distanční trubka; 3-Kuličkové ložisko; 4-Víčko;  
5-Držák indukt. snímače; 6-Indukt. snímač; 7-Příruba s ozub. kolem; 8-Šroub M5; 9-Pojistný o-kroužek



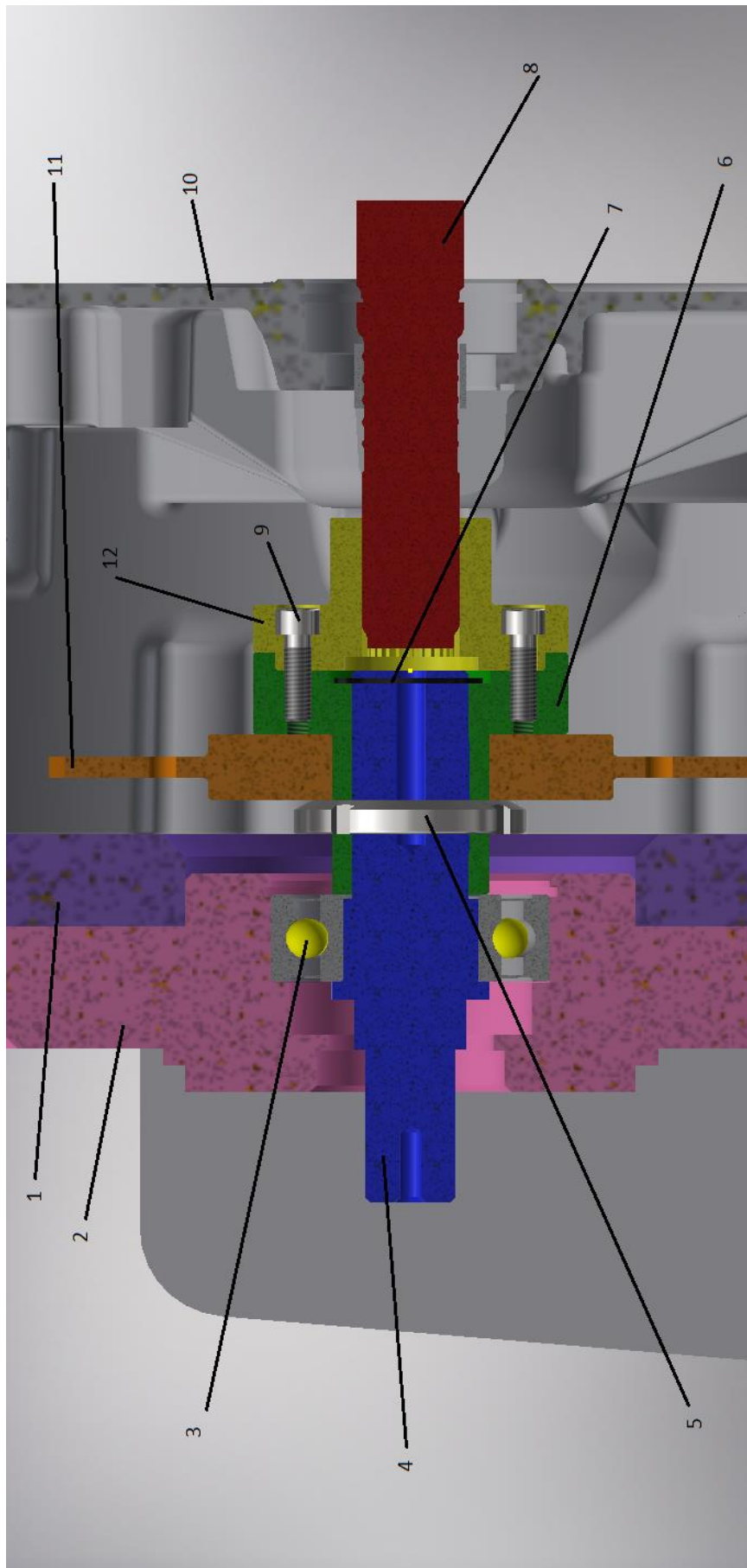
### Umístění v prostoru lamelové spojky

U této varianty jsme se rozhodli, že ze sestavy odstraníme lamelu spojky s křížovým unašečem, které spojovali propojující hřídel s hřídelí převodovky. Bylo tedy nutné přijít s novým spojením hřídelí. Na stanovišti je zajištěná dobrá sousosost těchto hřídelí a proto bylo možné přijít s „pevným“ spojením hřídelí, bez pružících prvků. Dobré sousososti je docíleno díky tomu, že je hnací hřídel převodovky skrz skříň převodovky centrovaná do velké příruby, ve které je uložena I propojovací hřídel. Navrhl jsem všechny potřebné díly pro měření a uchycení na stanovišti, které jsem následně spojil a připevnil. Všechny potřebné návrhy jsem vymodeloval (viz Obr.20).

Postup sestavení je následovný. Na první přírubu se nasune ozubené kolo, které se opře o převýšení a z druhé strany se zajistí našroubováním matice KM6 a tím se zajistí axiální pohyb ozubeného kola. Ozubené kolo musí mít specifické parametry, které jsou dány použitým snímačem (viz Obr.17). Poté se tento celek nasune na střední hřídel a zajistí se pojistným o-kroužkem. Díky tomuto provedení uchycení se tyto díly v případě změny převodovky nebudou muset měnit. Dále se na středící plochu první příruby nasadí a přišroubuje druhá příruba šrouby s vnitřním šestihranem M6. Tato druhá příruba slouží k nasunutí hnací hřídele převodovky. V případě změny převodovky stačí v sestavě sundat a vyměnit tuto přírubu za jinou s potřebným drážkovaním pro hřídel. Nakonec se našroubuje držák indukčního snímače k hlavní přírubě šrouby M6 (viz Obr.19) a připevní se samotný snímač k držáku vsunutím do otvoru a přišroubováním šroubem M6 a maticí M6. Zkontroluje se, zda vzduchová mezera mezi snímačem a ozubeným kolem je 0,8mm.



Obrázek 19 Pohled na držák induk. Snímače.  
1-Držák induk. snímače; 2-Šroub M6;  
3-Induk. snímač; 4-Šroub M6; 5-Matice M6;  
6- Ozub. kolo



Obrázek 20 Řez umístění induktačního snímače místo lamely spojky. 1-Hlavní příruba; 2-Hlavní držák; 3-Kuličkové ložisko; 4-Propojující hřídel;  
 5-KM6 matice; 6-Příruba 1 pro spojení hřídel; 7-Pojistný o-kroužek; 8-Vstupní hřídel převodovky; 9-Šroub s vnitřním šestihranem M6;  
 10-Kryt převodovky MQ200; 11-Ozubené kolo; 12-Příruba 2 pro spojení hřídel



## 7. Závěr

V mé bakalářské práci jsem zpracoval rešerši na pracovní stanoviště v laboratořích na Julisce, které je zkonstruováno pro zkoušky funkčnosti a životnosti mechanismů řazení. Rešerše se týkala jak samotného stanoviště tak i jednotlivých prvků, které se na stanovišti nalézají. Poté jsem prostudoval a sepsal informace o prvcích jako převodovka MQ 200, suchá lamelová spojka, které se nalézají v automobilech a tudíž jsou nyní i používány na pracovním stanovišti.

Poté jsem popsal problematiku měření při současném měření na pracovním stanovišti. Problémem při měření je snížená tuhost mezi hnací hřídelí převodovky a snímačem otáček (v současnosti se používá inkrementální snímač otáček), který je umístěn na pozici, kde se normálně vyskytuje motor a celá sestava je tedy poháněna z druhé strany. Snížení tuhosti spojení způsobuje lamela spojky, resp. její torzní pružiny s křížovým unašečem. To způsobuje nepřesnosti při měření ve velkých rychlostech a snahách zařadit či podřadit.

Na závěr teoretické části jsem vybral a popsal možné snímače otáček a pokusil se je mezi sebou porovnat. Cílem bylo vybrat dva snímače a po prozkoumání a zvážení všech požadovaných vlastností jsem se rozhodl vybrat induktační snímač a snímač PMIS4.

V praktické části bakalářské práce po vybrání dvou snímačů jsem měl vymyslet, jak a kam by se tyto snímače mohly umístit, aby měřily správně a vyvaroval se problematice, která je při současném umístění a typu snímače. Díky změně umístění elektromotoru jsem mohl snímače umístit „do převodovky“ a na letmý konec hnací hřídele převodovky. Na letném konci převodovky jsem snímač umístil tak, aby jeho kabel nezpůsobil zničení stanoviště či újmu na zdraví při případném namotání kabelu na hřídel. Snímač je držákem přichycen k víčku, které je přišroubováno k převodovce. V prostoru lamely spojky jsme se rozhodli lamelu vyjmout a proto jsem musel přijít s jiným spojením hřídelí, čehož se docílilo spojením dvou přírub k sobě takzvaně na „pevno“. Umístění a uchycení snímače je držákem k hlavní přírubě stanoviště. Kabel je vyveden z prostoru otvorem ve vrchní části příruby, aby nedošlo k namotání kabelu na hřídel.

Na práci bych mohl navázat vybráním jedné z možných variant, následným vyrobením potřebných dílů, jejich spojení k sobě a připevněním na stanovišti. Poté by se mohli provést zkoušky, které by zjistili, zda měření již neobsahuje nepřesnosti.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] PAKOSTA, J., ACHTENOVÁ, G. Návrh setrvačnickového zkušebního stavu pro zkoušky řazení převodovek. Mezinárodní konference kateder dopravních, manipulačních, stavebních a zemědělských strojů. Liberec : Technická universita v Liberci, 2015. Konferenční příspěvek. ISBN 978-80-7494-196-2.
- [2] VolksPage.Net - Seu Portal Volkswagen. [online]. Copyright ©9EIAEYzBD [cit. 01.07.2019]. Dostupné z: [http://www.volkspage.net/technik/ssp/ssp/SSP\\_237\\_d1.pdf](http://www.volkspage.net/technik/ssp/ssp/SSP_237_d1.pdf)
- [3] BOUS, Marek. Měření pohybu řadicí hřídele převodovky [online]. Praha, 2017 [cit. 2019-07-01]. Dostupné z: [https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/70820/F2-BP-2017-Bous-Marek-BP\\_Marek\\_Bous.pdf?sequence=-1](https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/70820/F2-BP-2017-Bous-Marek-BP_Marek_Bous.pdf?sequence=-1) Bakalářská práce. ČVUT v Praze. Fakulta strojní. Vedoucí práce Ing. Pakosta Jiří Ph.D.
- [4] SCHWARZ, Jiří. *Automobily škoda Fabia II* [online]. Grada Publishing, 2008 [cit. 2019-04-14]. Dostupné z: <https://books.google.cz/books?id=Y2pYAgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=cs#v=onepage&q&f=false>  
<https://books.google.cz/books?id=Y2pYAgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=cs#v=onepage&q&f=false>
- [5] ELUC. ELUC [online]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1476>
- [6] Skoda Fabia in Israel: LMG gearbox aggregate assignment, ratios, capacities. Skoda Fabia in Israel [online]. Dostupné z: <http://skoda-fabia-israel.blogspot.com/2011/02/lmg-gearbox-aggregate-assignment-ratios.html>
- [7] ELUC. ELUC [online]. Dostupné z: [https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1473?fbclid=IwAR3jjXQVdnabTzNUH2M08uYaSNvfnbUSrMo2bwWRd2UI7T6rAZm\\_\\_S8zjUQ](https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1473?fbclid=IwAR3jjXQVdnabTzNUH2M08uYaSNvfnbUSrMo2bwWRd2UI7T6rAZm__S8zjUQ)
- [8] Bc. SLABÝ, Michal. Sestava rozjezdové spojky osobního automobilu [online]. Praha, 2015 [cit. 2019-07.01]. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/63291/F2-DP-2015-Slaby-Michal-Diplomova%20prace%20-%20Michal%20Slaby.pdf?sequence=-1> Diplomová práce. ČVUT v Praze. Fakulta strojní. Vedoucí práce Ing. Václav Tajzich CSc.
- [9] Spojka se setrvačником |Pietro eShop. Pietro eShop - Levné autodíly spolehlivě |Pietro eShop [online]. Dostupné z: [https://www.pietro-eshop.cz/clanky-navody/\\_zobraz=spojka-se-setrvacnikem/\\_zobraz=spojka-se-setrvacnikem](https://www.pietro-eshop.cz/clanky-navody/_zobraz=spojka-se-setrvacnikem/_zobraz=spojka-se-setrvacnikem)
- [10] doc. Dr. Ing. ACHTENOVÁ, Gabriela. Třecí spojky [online]. 2012-10-08 [cit. 2019-07-01]. Dostupné z: [https://studium.fs.cvut.cz/studium/u12120/2211131/prednasky/2-spojky\\_2012.pdf](https://studium.fs.cvut.cz/studium/u12120/2211131/prednasky/2-spojky_2012.pdf)
- [11] Technická měření ZS16/17 - přednáška 07 - YouTube. *YouTube* [online]. Dostupné z: [https://www.youtube.com/watch?v=GdfOyYVtodk&feature=youtu.be&fbclid=IwAR2FpTXaOX5jdLq\\_Vk-oNOV8\\_ajFE1ohiGYR2JEtL83hJxAUZ1X\\_nBafVII](https://www.youtube.com/watch?v=GdfOyYVtodk&feature=youtu.be&fbclid=IwAR2FpTXaOX5jdLq_Vk-oNOV8_ajFE1ohiGYR2JEtL83hJxAUZ1X_nBafVII)

- [12] Bc. JEHLÁŘ, Zbyněk. Vliv externích elektromagnetických polí na funkci snímačů otáček [online]. Brno, 2009 [cit. 2019-07-01]. Dostupné z: [https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=14936](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=14936)  
Diplomová práce. VUT v Brně. Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce doc. Ing. VLADISLAV SINGULE, CSc.
- [13] Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava. Čidla rychlosti a polohy. Mechatronické systémy [online]. [cit. 2019-07-01] Dostupné z: [http://homen.vsb.cz/~hav278/Mechatronicke\\_systemy/Studijni\\_opory/06\\_3\\_Cidla\\_rychlosti\\_a\\_polohy.pdf](http://homen.vsb.cz/~hav278/Mechatronicke_systemy/Studijni_opory/06_3_Cidla_rychlosti_a_polohy.pdf)
- [14] TACHODYNAMA, TACHOGENERÁTORY | Ložiska Vokoun. | Ložiska Vokoun [online]. Copyright © 2009 [cit. 14.04.2019]. Dostupné z: <http://www.loziska-vokoun.cz/elektromotory-atas/tachodynamata-tachogeneratory/>
- [15] Incremental rotary encoder RVS58S-YYYKYA6ZT-01024. 301 Moved Permanently [online]. Copyright © 2019 All Rights Reserved. [cit. 01.07.2019]. Dostupné z: [https://www.pepperl-fuchs.com/global/en/classid\\_197.htm?view=productdetails&prodid=44496&fbclid=IwAR2xGNSG1AfzW16NMNAxdZYEK3SOcv1r7lxmyB-nJ6TmroI\\_XE42ent9CYc](https://www.pepperl-fuchs.com/global/en/classid_197.htm?view=productdetails&prodid=44496&fbclid=IwAR2xGNSG1AfzW16NMNAxdZYEK3SOcv1r7lxmyB-nJ6TmroI_XE42ent9CYc)
- [16] Střední průmyslová škola Ostrava - Vítkovice, příspěvková organizace - Úvod [online]. Copyright © [cit. 14.04.2019]. Dostupné z: [https://www.spszengrova.cz/texty/texty/AUE/AUE\\_snimace\\_spalovacich\\_motoru\\_JAM.pdf](https://www.spszengrova.cz/texty/texty/AUE/AUE_snimace_spalovacich_motoru_JAM.pdf)
- [17] Brisk. Brisk [online]. Dostupné z: <http://www.brisk.cz/katalogy/snimace/snimanio-otacek/induktivni-snimace/s37>
- [18] Ing. Hušek Miloš. QTEST [online]. c2009 – 2017 [cit.2019-07-01]. Dostupné z: <http://www.qtest.cz/mereni-otacek/mereni-otacek.htm#stroboskopy>
- [19] Bc. ZIKMUND, Jiří. Laboratorní přípravek pro měření otáček [online]. Brno, 2010 [cit.2019-07-01]. Dostupné z: [https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=27370](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=27370)  
Diplomová práce. VUT v Brně. Vedoucí práce doc. Ing. PETR BENEŠ, Ph.D.
- [20] Portable stroboscope / digital - Nova-Strobe DBX, PBX - MONARCH INSTRUMENT. DirectIndustry - The online industrial exhibition: sensors, automation, motors, pumps, materials handling, packaging, etc. [online]. Copyright © 2019 [cit. 01.07.2019]. Dostupné z: <http://www.directindustry.com/prod/monarch-instrument/product-7418-1063401.html?fbclid=IwAR24PCm33ejeiNi3biCP2fck6r7SnPpQEUWxDm8FMxn2ISWZwZUbFKTONf8>
- [21] Magnetické senzory přiblížení - 2. díl | Automatizace.HW.cz. Automatizace.HW.cz | Elektronika v automatizaci [online]. Copyright © 1997 [cit. 14.04.2019]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/magneticke-senzory-priblizeni-2-dil.html>
- [22] Hall-Effect Speed Sensor HA-P2. Document Moved [online]. Copyright © Bosch Engineering GmbH [cit. 14.04.2019]. Dostupné z: <http://www.bosch-motorsport.de/content/downloads/Raceparts/en-GB/53287691118929931.html>

- [23] Inkrementální magnetický enkodér PMIS4/PMIR7 - REM-Technik - Průmyslová a domovní automatizace. REM-Technik - Průmyslová a domovní automatizace [online]. Dostupné z: <https://www.rem-technik.cz/senzorika/senzor-delky/inkrementalni-magneticky-enkoder-pmis4-pmir7-314.html>

## SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obrázek 1 Schéma uspořádání pohonu. 1-elektromotor s vnější ventilací, 2-řemenový převod, 3-setrvačnick, 4-přídavný kotouč, 5-pojistná a pružná spojka, 6-tenzometrický hřídel pro snímání točivého momentu, 7-kloubový hřídel, 8-převodovka [1].....	3
Obrázek 2 Celkový pohled na zkušební stanoviště [1].....	4
Obrázek 3 Schéma 5. stupňové převodovky MQ 200 [6] .....	7
Obrázek 4 Řez suchou spojkou [10].....	8
Obrázek 5 Kotouč spojky [10].....	10
Obrázek 6 Schéma zapojení snímače .....	11
Obrázek 7 Průběh otáček na spoje .....	11
Obrázek 8 Tachodynamo [14].....	12
Obrázek 9 Inkrementální snímač [15].....	13
Obrázek 10 PMIS4 a PMIR7 [23].....	14
Obrázek 11 Induktační snímač [17] .....	15
Obrázek 12 Stroboskop [20] .....	16
Obrázek 13 Hallův snímač [22] .....	17
Obrázek 14 Řez umístění PMIS4 snímače za víkem. 1-Vstupní hřídel převodovka; 2-Distanční trubka; 3-Kuličkové ložisko; 4-Víko; 5-Držák PMIS4 snímače; 6-Šroub M5; 7-PMIS4 snímač; 8-Příruba pro PMIR7 kroužek; 9-Pojistný o-kroužek; 10-Šroub M3,5; 11-PMIR7 kroužek; 12-Matice M3,5 .....	20
Obrázek 15 Pohled na držák PMIS4 snímače. 1-PMIS4 snímač; 2-Držák snímače; 3-Šroub M6; 4-Šroub M3,5 .....	21
Obrázek 16 Řez umístění PMIS4 snímače místo lamely spojky. 1-Hlavní příruba; 2-Hlavní držák; 3-Propojovací hřídel; 4-Kuličková ložiska; 5-KM6 matice; 6-Distanční trubka; 7-PMIR7; 8-Příruba 1 spojující hřídele; 9-Šroub s vnitřním šestihranem M6; 10-Vstupní hřídel převodovky; 11-Skříň převodovky MQ 200; 12-Příruba 2 spojující hřídele; 13-Pojistný o-kroužek; 14-PMIS4 snímač .....	22
Obrázek 17 Detailní pohled na parametry ozub. kola .....	23
Obrázek 18 Řez umístění induktačního snímače za víkem. 1-Vstupní hřídel převodovka; 2-Distanční trubka; 3-Kuličkové ložisko; 4-Víko; 5-Držák indukt. snímače; 6-Indukt. snímač; 7-Příruba s ozub. kolem; 8-Šroub M5; 9-Pojistný o-kroužek .....	24
Obrázek 19 Pohled na držák induk. Snímače. 1-Držák induk. snímače; 2-Šroub M6; 3-Induk. snímač; 4-Šroub M6; 5-Matice M6; 6- Ozub. kolo .....	25
Obrázek 20 Řez umístění induktačního snímače místo lamely spojky. 1-Hlavní příruba; 2-Hlavní držák; 3-Kuličkové ložisko; 4-Propojující hřídel; 5-KM6 matice; 6-Příruba 1 pro spojení hřídelí; 7-Pojistný o-kroužek; 8-Vstupní hřídel převodovky; 9-Šroub s vnitřním šestihranem M6; 10-Kryt převodovky MQ200; 11-Ozubené kolo; 12-Příruba 2 pro spojení hřídelí .....	26
Tabulka 1 Porovnání parametrů jednotlivých snímačů otáček .....	18

## PŘÍLOHY

- Příloha 1 – Příruba s ozubeným kolem za 5. převod. stupeň (výkres)
- Příloha 2 – Příruba 1 pro spojení hřídelí u induktačního snímače (výkres)
- Příloha 3 – Příruba 2 pro spojení hřídelí u obou snímačů (výkres)
- Příloha 4 – Příruba 1 pro spojení hřídelí u PMIS4 snímače (výkres)
- Příloha 5 – Ozubené kolo k induktačnímu snímači (výkres)
- Příloha 6 – Příruba k uchycení PMIR7 k hřídeli převodovky (výkres)
- Příloha 7 – Distanční trubka ke snímačům, za 5. převodovým stupněm (výkres)
- Příloha 8 – Držák induktačního snímače (výkres)
- Příloha 9 – Držák induktačního snímače za víkem (výkres)
- Příloha 10 – Držák PMIS4 snímače za víkem (výkres)
- Příloha 11 – Držák na PMIS4 snímač (výkres)
- Příloha 12 – Propojující hřídel (výkres)
- Příloha 13 - Distanční trubka mezi PMIR7 a K-maticí (výkres)
- Příloha 14 – Uchycení induktačního snímače za 5. převodový stupeň (výkres sestavy)
- Příloha 15 – Uchycení PMIS4 snímače za 5. převodový stupeň (výkres sestavy)
- Příloha 16 – Umístění PMIS4 snímače (výkres sestavy)
- Příloha 17 – Umístění induktačního snímače (výkres sestavy)
- Příloha 18 – Příruba s ozubeným kolem za 5. převod. stupeň (CAD model)
- Příloha 19 – Příruba 1 pro spojení hřídelí u induktačního snímače (CAD model)
- Příloha 20 – Příruba 2 pro spojení hřídelí u obou snímačů (CAD model)
- Příloha 21 – Příruba 1 pro spojení hřídelí u PMIS4 snímače (CAD model)
- Příloha 22 - Ozubené kolo k induktačnímu snímači (CAD model)
- Příloha 23 – Příruba k uchycení PMIR7 k hřídeli převodovky (CAD model)
- Příloha 24 – Distanční trubka ke snímačům, za 5. převodovým stupněm (CAD model)
- Příloha 25 – Držák induktačního snímače (CAD model)
- Příloha 26 – Držák induktačního snímače za víkem (CAD model)
- Příloha 27 – Držák PMIS4 snímače za víkem (CAD model)
- Příloha 28 – Držák na PMIS4 snímač (CAD model)
- Příloha 29 – Propojující hřídel (CAD model)
- Příloha 30 - Distanční trubka mezi PMIR7 a K-maticí (CAD model)
- Příloha 31 – Uchycení induktačního snímače za 5. převodový stupeň (CAD model sestavy)
- Příloha 32 – Uchycení PMIS4 snímače za 5. převodový stupeň (CAD model sestavy)
- Příloha 33 – Umístění PMIS4 snímače (CAD model sestavy)
- Příloha 34 – Umístění induktačního snímače (CAD model sestavy)