



**VŠB – Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta strojní**  
**Katedra výrobních strojů a konstruování**

**Pohon kola kola kolesového rypadla**

**The Drive of Wheel within Wheel Excavator**

Student:

Bc. Václav Hlaváč

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. František Helebrant, CSc.

**OSTRAVA 2009**



Prohlášení studenta:

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě .....

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména §35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 - školní dílo.

- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB - TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst.3).

- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB – TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.

- bylo sjednáno, že s VŠB - TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.

- bylo sjednáno, že užít své dílo - diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB - TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB - TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě:.....

.....

Plné jméno diplomanta

Adresa trvalého pobytu :

Bc. Václav Hlaváč  
gen. Svobody 1206  
Uničov 783 91

## **ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE**

HLAVÁČ, V.: Pohon kola kolesového rypadla. Ostrava: katedra výrobních strojů a konstruování – 340, Fakulta strojní VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2009, 103 s. Diplomová práce, vedoucí Helebrant, Fr.

Diplomová práce se zabývá návrhem pohonu kola kolesového rypadla KU 800 s využitím třecí spojky REXNORD, na základě požadavku uživatele velkstroje, jímž je Mostecká uhelná společnost a.s.. Součástí práce je i návrh diagnostického systému tohoto pohonu, včetně popisu a nejdůležitějších informací o jednotlivých prvcích pohonu.

## **ANNOTATION OF THESIS**

HLAVÁČ, V.: The Drive of Wheel within Wheel Excavator. Ostrava: Department of Production Machines and Design – 340, Faculty of Mechanical Engineering VŠB-Technical University of Ostrava, 2009, 103 p. Thesis, head Helebrant, Fr.

Thesis deals with wheel's drive design within the wheel excavator for KU 800 by using of friction clutches REXNORD, at the user's request who is owning this machine called Mostecká uhelná společnost a.s.. Part of this thesis is the proposed diagnostic of drive including description and amount of information based on the individual elements of the drive.

## OBSAH

<b>SEZNAM POUŽITÉHO ZNAČENÍ</b> .....	8
<b>1 ÚVOD</b> .....	9
<b>2 TECHNICKÝ POPIS RÝPADLA</b> .....	9
<b>3 ANALÝZA DANÉ PROBLEMATIKY</b> .....	14
3.1 VOLBA SPOJKY.....	14
3.2 NÁVRH TŘECÍ SPOJKY REXNORD.....	19
3.3 POPIS ZVOLENÉ SPOJKY .....	21
<b>4 PŘEVODOVKA POHONU KOLESA</b> .....	26
4.1 HLAVNÍ TECHNICKÉ ÚDAJE PŘEVODOVKY.....	28
4.2 TECHNICKÝ POPIS PŘEVODOVKY.....	28
4.3 MAZÁNÍ.....	29
4.4 UVEDENÍ DO PROVOZU, OBSLUHA A ÚDRŽBA.....	32
4.5 ÚDRŽBA OLEJOVÉHO FILTRU.....	33
4.6 ZÁBĚH PŘEVODOVÉ SKŘÍŇE POHONU KOLESA.....	36
<b>5 NÁVRH DIAGNOSTICKÉHO SYSTÉMU POHONU KOLESA</b> .....	37
5.1 MÍSTA MĚŘENÍ.....	37
5.2 DIAGNOSTICKÉ METODY SLEDOVÁNÍ OBJEKTU.....	39
5.2.1 Vibrodiagnostika.....	39
5.2.2 Tribodiagnostika.....	39
5.3. PROSTŘEDKY SLEDOVÁNÍ OBJEKTU.....	40
5.3.1 Vibrodiagnostika.....	40
5.3.2 Tribodiagnostika.....	64
<b>6 ZÁVĚR</b> .....	67
<b>7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b> .....	68
<b>8 SEZNAM PŘÍLOH</b> .....	69

## SEZNAM POUŽITÉHO ZNAČENÍ

f	Koeficient tření	[-]
i	Převodový poměr	[-]
$n_1$	Vstupní otáčky	$[\text{min}^{-1}]$
$n_2$	Výstupní otáčky	$[\text{min}^{-1}]$
$D_S$	Střední průměr lamel	[mm]
$D_1$	Vnější průměr lamel	[mm]
$D_2$	Vnitřní průměr lamel	[mm]
$M_k$	Kroutící moment jmenovitý	[Nm]
N	Normálová síla	[N]
P	Výkon	[kW]
T	Třecí síla	[N]



## **CÍL PRÁCE**

Úkolem práce je návrh pohonu kola kolesového rypadla KU 800, s použitím třecí spojky REXNORD, včetně jeho diagnostického systému, s cílem zvýšení bezpečnosti a spolehlivosti pohonu.

## **1 ÚVOD**

Je celkem všeobecně známo, že náklady na údržbu většiny strojů a zařízení během jejich technického života převyšují pořizovací náklady. Metodami technické diagnostiky ovlivníme příznivě provoz a snížíme náklady na údržbu, což vede ke zvýšení spolehlivosti v obecném smyslu slova. Požadavek vysoké spolehlivosti nabývá významu také s ohledem na velké ztráty z případných prostojů způsobených ztrátou provozuschopnosti. Jedním z prostředků zvyšování provozní spolehlivosti je technická diagnostika, jež podává informace o rozsahu postupně narůstajících poruch, lokalizuje náhle vzniklé poruchy a odhaluje jejich příčiny, umožňuje prognózu zbytkové životnosti systému, nebo jeho prvků za daných provozních podmínek, od doby diagnózy, až do provozní neschopnosti. Dobu provozní neschopnosti je třeba určit s dostatečnou přesností, aby nenastala havárie. Tím se technická diagnostika stává nezbytnou součástí komplexního programu zvyšování nejen spolehlivosti strojů, ale i ekonomiky provozu strojů.

## **2 TECHNICKÝ POPIS RÝPADLA**

Korečkové kolesové rypadlo KU 800 je určeno pro těžbu nadloží ve výškovém i hloubkovém řezu. Výrobce je UNEX a.s., dříve Uničovské strojírny. Má kráčejší podvozek složený z obdélníkové centrální desky a dvou hydraulicky ovládaných ližin. Spodní stavba rypadla nese hydrauliku kráčivého podvozku a kulovou otočovou dráhu. Otočný svršek tvoří deska, do níž je vetknut vyvažovací výložník a kloubově uchycen držící výložník. Dále jsou zde pohony otoče, část elektrického zařízení, teleskopický kolesový výložník a nakládací výložník, který má vlastní housenicový podvozek.

Vyvažovací výložník nese pohyblivou strojovnu zavěšenou na paralelogramu, v níž jsou transformátory, rozvaděče atd.. Kolesový výložník nese bezkomorové koleso o průměru 12,6 m s 15 korečky. Rypadlo je napájeno střídavým proudem 6 kV, přiváděným kabelem přes kabelový vůz, který je na rypadle zavěšen.



Obr.1 – Kolesové rýpadlo KU 800

**Hlavní technické údaje:**

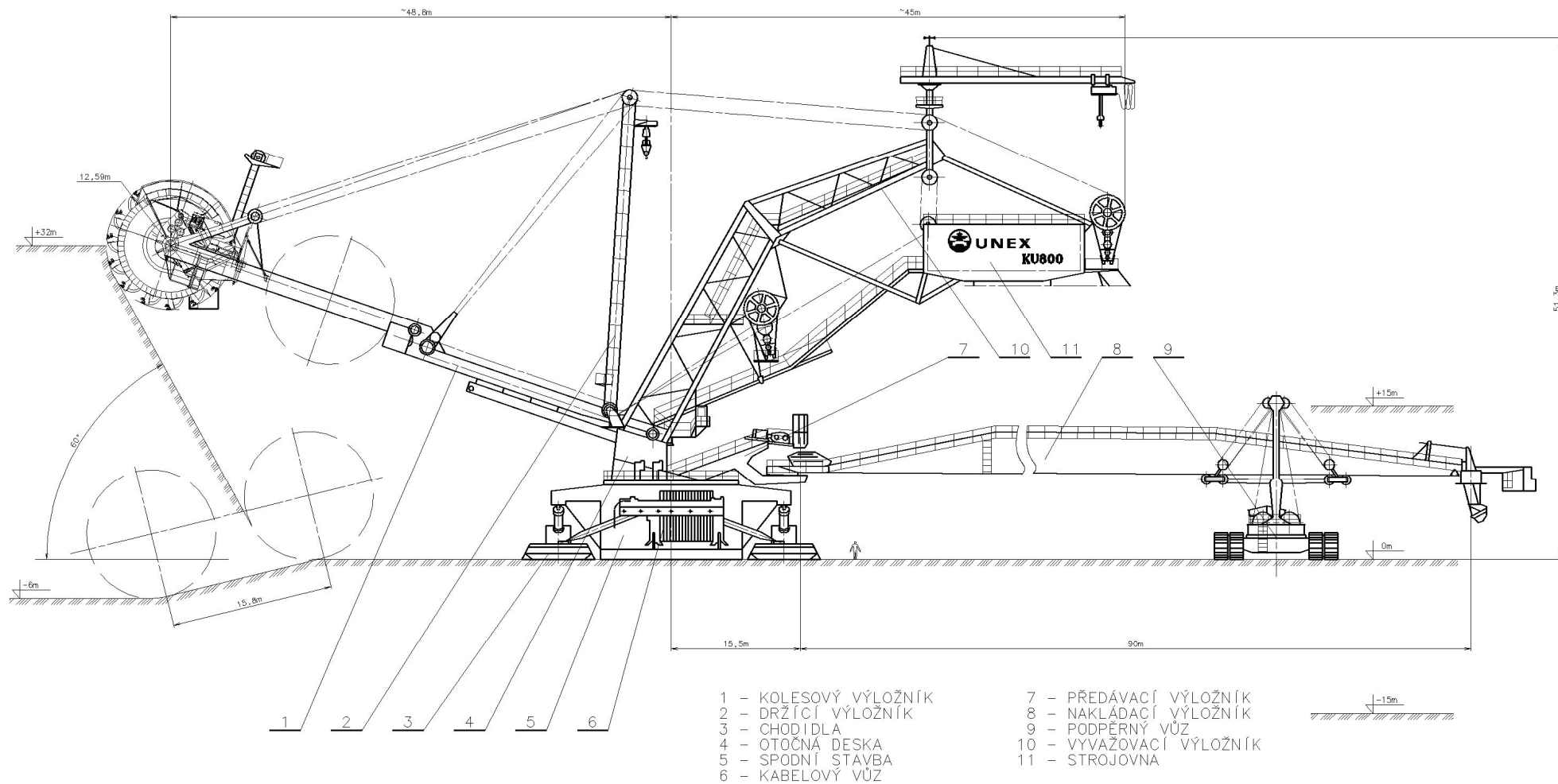
Teoretická výkonnost		5800 m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup>
Průměr kolesa		12,6 m
Počet korečků		15
Objem korečku		1000 l
Otáčky kolesa		(2,7 ÷ 6,5) ot/min
Regulace otáček kolesa ve vztahu ke jmenovitým otáčkám kolesa 5,5 ot/min (50÷120)%		
Hnací výkon pohonu kolesa		2 x 800 = 1600 kW
Druh vynášecího zařízení		rotační kuželový skluz
Výška řezu		32 m
Výsuv		15,8 m
Otočnost svršku rýpadla	omezena optokabelem, cca 600°	
Úhel svahu vytvořený výsuvem při výšce řezu 32 m		cca 60°
Dosah nakládacího výložníku:		
od osy rýpadla do osy porubního dopravníku:		max. cca 96 m min. cca 41 m
Výškové úrovně důlní pásové dopravy a roviny pojezdu rýpadla:		nahoru do 15 m dolů do 15 m
Rychlost dopravních pásů		4 m·s <sup>-1</sup>
Výškové úrovně důlní pásové dopravy	nahoru do	15 m
	dolů do	15 m
Podvozek kráčivý, délka kroku		cca 3 m
Rychlost pohybu stroje nebo chodidel		3 m·min <sup>-1</sup>

(Průměrná teoretická rychlost kráčení je poloviční. Praktická závisí na terénu a vlivem prokluzu se snižuje. Velikost prokluzu závisí na vlastnostech zeminy. V kluzných materiálech, zvláště při pohybu rýpadla ve sklonu je nutno povrch terénu vhodně upravit.)

Pro běžný nekluzký terén je možno informativně uvažovat tyto průměrné rychlosti :

vodorovně	- 1,2 m/min	(délka kroku 2 m)
klesání do 7 %	- 1,4 m/min	(délka kroku 2,3 m)
stoupání do 7 %	- 1 m/min	(délka kroku 1,7 m)

Dovolený sklon při rýpání	4° (7 %)
Dovolený sklon ve směru jízdy při transportu s předepsanou polohou výložníku a zkráceném kroku	6° (10,5 %)
Hmotnost stroje	4362 Mg
Střední měrný tlak na podložku	do 0,135 MPa
Měrná rozpojovací síla	130 kN·m <sup>-1</sup>
Koeficient přetížitelnosti	2,25
Max. síla na obvodu kola	900 kN



Obr.2 – Schéma rýpadla KU800

### 3 ANALÝZA DANÉ PROBLEMATIKY

Problém spočívá v předcházení vzniku poruch na pohonu kola a jeho uložení. Sledovanými prvky proto budou ložiska, a to ložiska převodovky i ložiska uložení hřídele kola, ale i ozubení v převodovce. U ložisek může dojít ke vzniku defektu z několika důvodů: nedostatečné mazání, znečištění maziva, překročení předepsaného zatížení, nesprávné zacházení nebo montáž, stárí (povrchová únava) atd.. Potíže mohou nastat i s křivě nasazeným ložiskem na hřídeli. U ozubených kol může docházet např. k tzv. pittingu, nebo jejich přílišnému zahřívání vlivem nedostatečného mazání, příp. znečištěním maziva.

Omezení rizika vzniku poruchy přispěje zcela jistě i použití třecí spojky REXNORD.

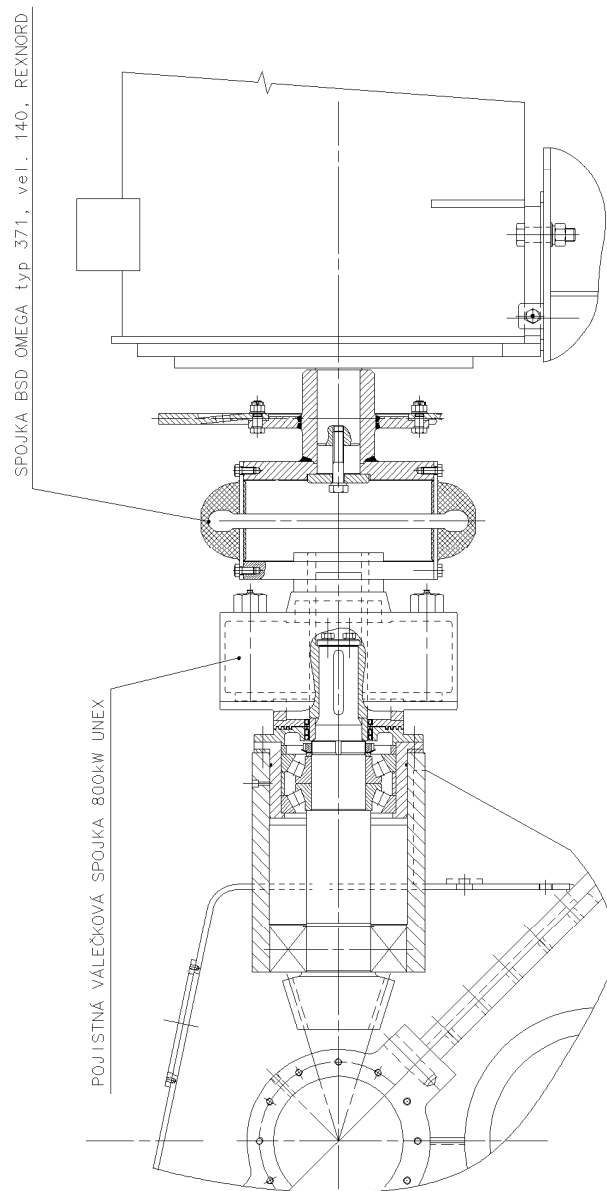
#### 3.1 VOLBA SPOJKY

Vzhledem k opakovaným problémům na vstupech PSK je třeba u nových realizací provést změny, jež povedou ke zvýšení spolehlivosti tohoto uzlu. Hlavním cílem volby vhodné spojky pohonu převodovky kola je omezení extrémních hodnot zatížení na kolese a v jeho pohonu.

U pohonu převodovky kola bylo použito již několik provedení pojistných spojek – válečková spojka, spojka se střížným kolíkem, lamelová třecí spojka, Konstrukce uvedených spojek je určena pro umístění v pohonu mezi motor a převodovku, příp. na některou z předloh převodové skříně, což je však u KU 800 ze zástavbových důvodů obtížně realizovatelné.

- **Válečková spojka** je již starší a poměrně složitá konstrukce s velkou hmotností. Při častém vypínání a z důvodu velkých rázů při těžbě dochází k nadměrnému opotřebením zubů unášecího kotouče a tím ke ztrátě spolehlivosti vypínání při požadovaném momentu s nutností následného složitějšího seřizování, příp. jeho výměny. Mezi další nevýhody patří nutnost spojku po každém vypnutí ručně zapínat, obtížné dosažení přípustných nevyvážek, její hmotnost je asi o 150 kg větší, než u přetěžovací třecí spojky REXNORD. Výhodou této spojky je úplné

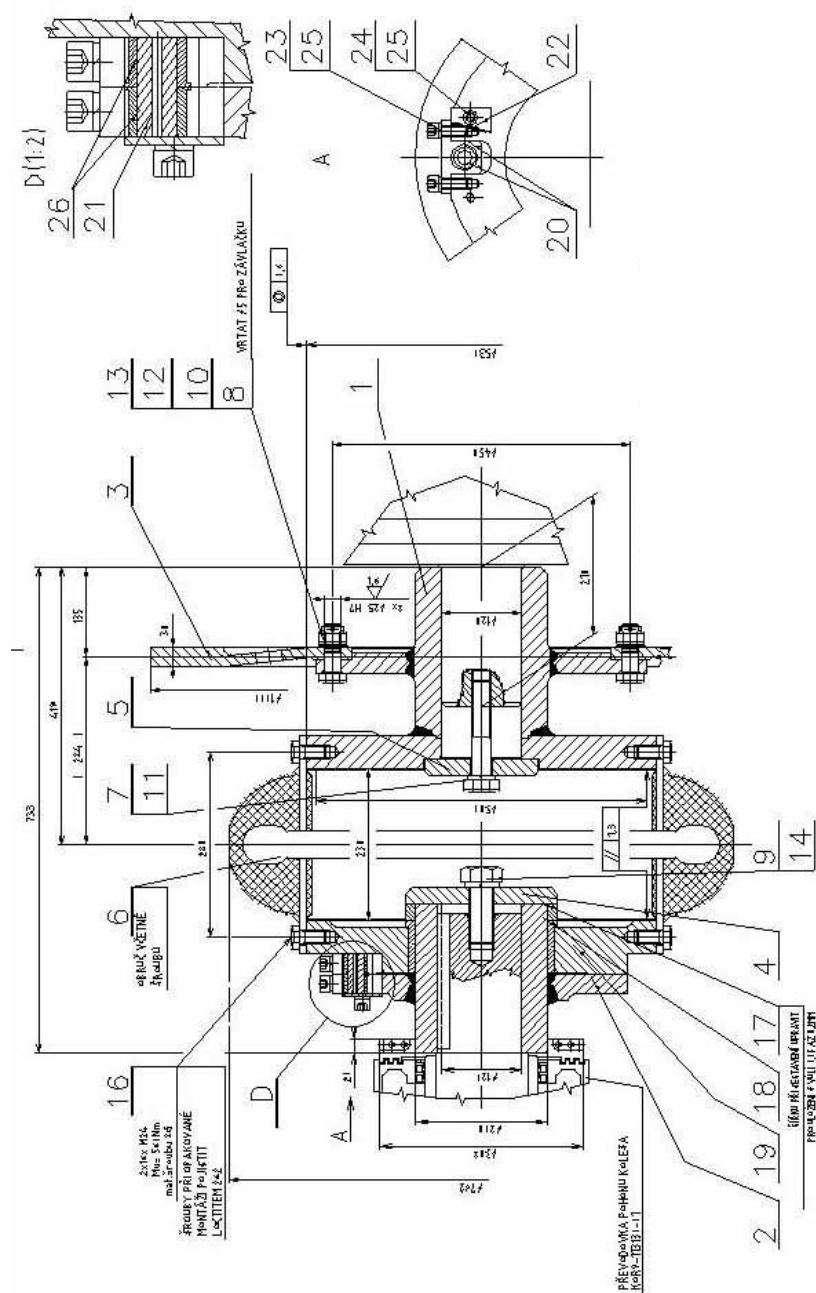
odstavení hnací části pohonu od části hnané, rychlá dostupnost náhradních dílů válečkové pojistné spojky (výroba UNEX a.s.), robustní provedení, dlouhodobé zkušenosti z provozu válečkové pojistné spojky, spojka navržena pro otáčky  $1000 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$ , možnost demontáže spojky bez demontáže motoru a cena.



UMÍSTĚNÍ VÁLEČKOVÉ SPOJKY 800kW UNEX V KOMBINACI S OMEGA-SPOJKOU NA VSTUPU PSK

Obr.3 – Pohon s válečkovou spojkou

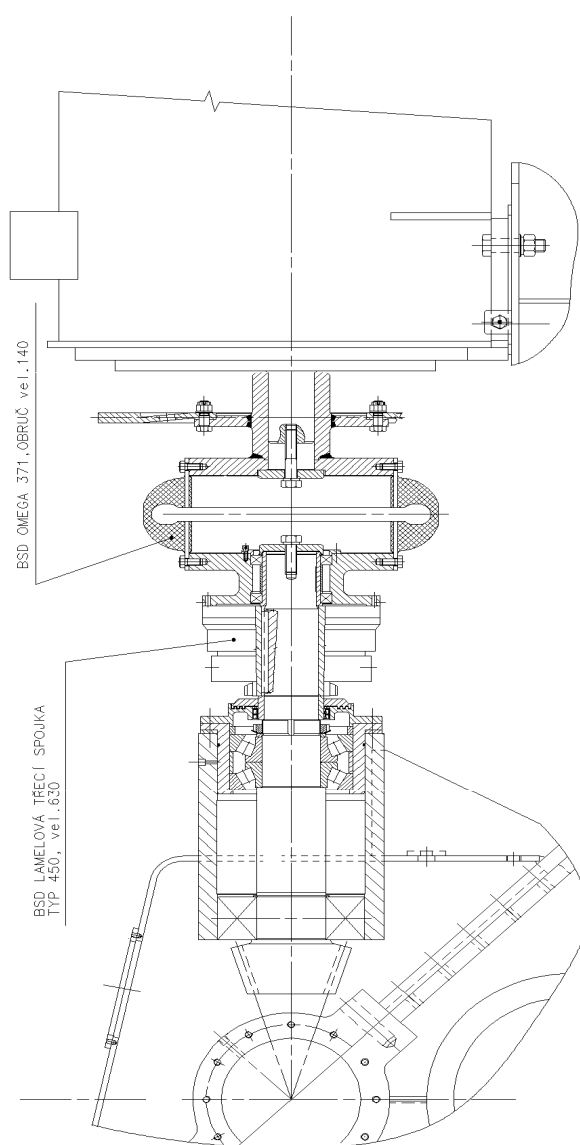
- **Spojka se střížným kolíkem** nepřenáší v rozepnutém stavu žádný kroutící moment, tzn. po přestřížení pojistného kolíku dojde k úplnému přerušení kontaktu mezi hnací a hnanou částí spojky. Velkou nevýhodou této spojky je její zdlouhavé uvedení do provozního stavu (min. 0,5 hod. odstávky stroje) s nutností vytvoření dostatečné zásoby pojistných kolíků. Případná změna kroutícího momentu vyžaduje jiné provedení kolíku s potřebou odměření jeho skutečných mechanických hodnot.



Obr.4 – Spojka se střížným kolíkem

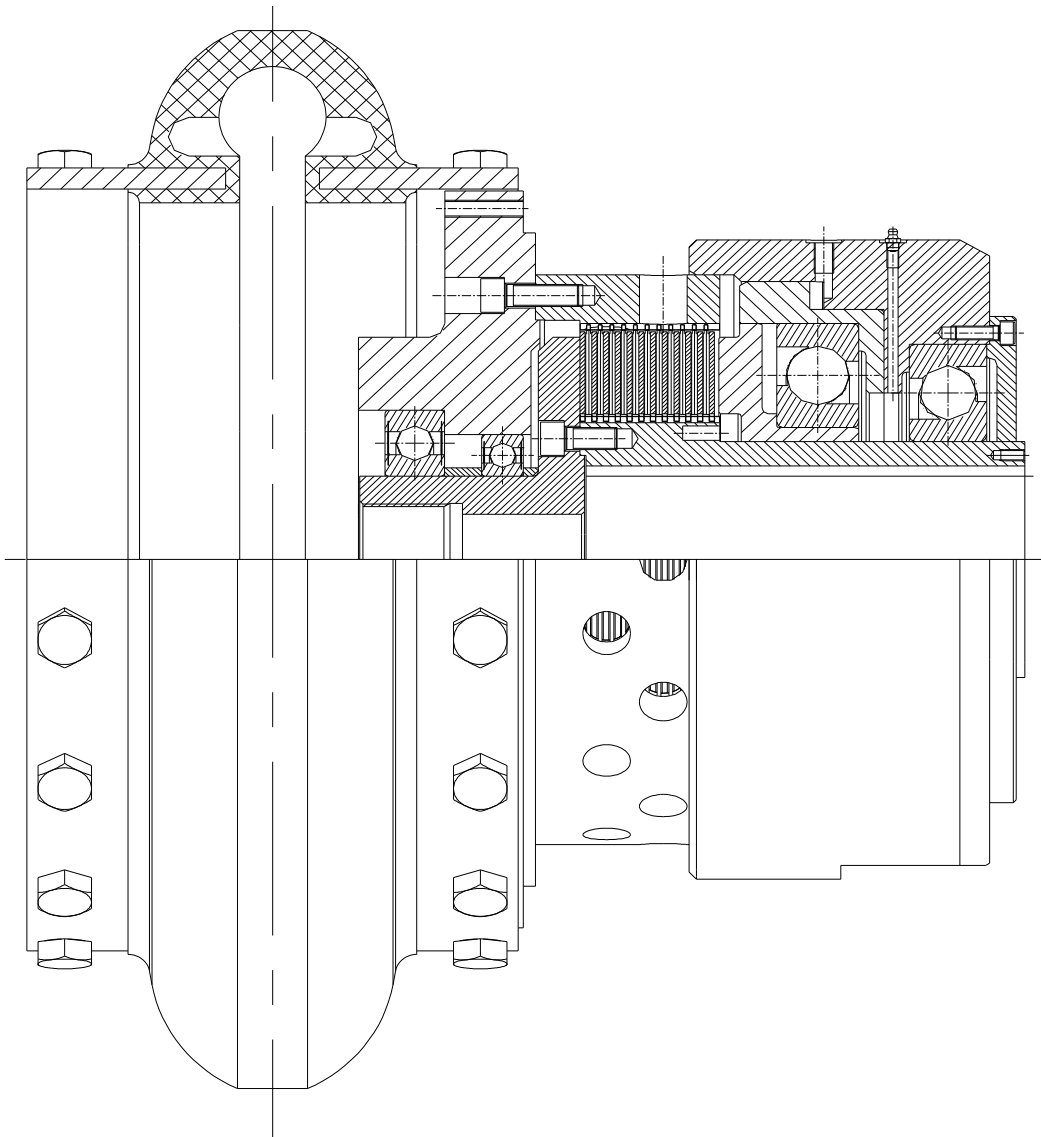


- **Lamelová třecí spojka** se používala mezi prvními. Nevýhodou tohoto provedení byla krátká životnost lamel, která je způsobena velkými rázy při těžbě a neustálým prokluzem spojky při záběru (tzv. „plížení“ spojky). Zvýšené opotřebení lamel je spojené s jejich častou výměnou, zároveň je i problematické nastavení u částečně opotřebovaných lamel. Výraznou nevýhodou této spojky je neustálé přenášení kroutícího momentu při přetížení, tzn. nedojde k absolutnímu odpojení poháněné části od elektromotoru, kde je v jeho rotoru soustředěna největší část rotačních hmot.



Obr.5 – Pohon s lamelovou třecí spojkou

V tomto návrhu se budeme dle zadání diplomové práce zabývat lamelovou třecí spojkou REXNORD.



Obr.6 – Schéma třecí spojky REXNORD

### 3.2 NÁVRH TŘECÍ SPOJKY REXNORD

Parametry pro spojku jsou dané výkonem elektromotoru a převodovou skříní. Celý pohon je dimenzován na maximální obvodovou sílu na kolese, která je 900kN.

Zadané parametry:

Elektromotor:

Provedení:	Trojfázový asynchronní motor
Typ:	ARN 560d-6
Výkon:	800kW
Napětí:	690V
Frekvence:	50Hz
Proud:	943A
Napájení:	Frekvenční měnič
Otáčky:	992 min <sup>-1</sup>
Výrobce:	SIEMENS Drásov

Převodová skříň:

Kroutící moment jmenovitý:	$M_k = 2\,560\,000\text{ Nm}$
Výkon:	$P = 2.800\text{ kW} = 1600\text{ kW}$
Koeficient přetížení:	2,25
Převodový poměr:	$i = 182,97$
Vstupní otáčky:	$n_1 = 992\text{ min}^{-1}$
Výstupní otáčky:	$n_2 = 5,42\text{ min}^{-1}$
Výrobce:	UNEX a.s. Uničov

Konec hřídele s perem (výstup z elektromotoru):

Konec hřídele elektromotoru je dán dle výrobce. Rozměry dle katalogu:

Průměr hřídele:	120mm
Pero:	PERO 32e9x18x200 ČSN 02 2562

Vstupní hřídel převodovky pohonu kola:

Průměr hřídele:	120mm
Pero:	PERO 32e9x18x200 ČSN 02 2562

Velikost přítláčné síly na lamely  $N$  [N]:

Koeficient tření:  $f=0,4$  [-]

Kroutící moment  $M_{K_1}$  [Nm]:

$$M_{K_1} = 159,2 \cdot \frac{P}{n_1}$$

$$M_{K_1} = 159,2 \cdot \frac{800\,000 \cdot 60}{992}$$

$$M_{K_1} = 7\,703\,225,8 \text{ [Nm]}$$

Pro bezpečný přenos kroutícího momentu platí:

$$M_{K_1} \leq M_{K_T}$$

$$T \cdot \frac{D_s}{2} = N \cdot f \cdot \frac{D_s}{2}$$

Střední průměr lamel  $D_s$  [mm]:

Vnější průměr lamel  $D_1=165$  [mm]

Vnitřní průměr lamel  $D_2=105$  [mm]

$$D_s = \frac{D_1 + D_2}{2}$$

$$D_s = \frac{165 + 105}{2}$$

$$D_s = 135 \text{ [mm]}$$

$$N = \frac{M_{K_1}}{f \cdot \frac{D_s}{2}}$$

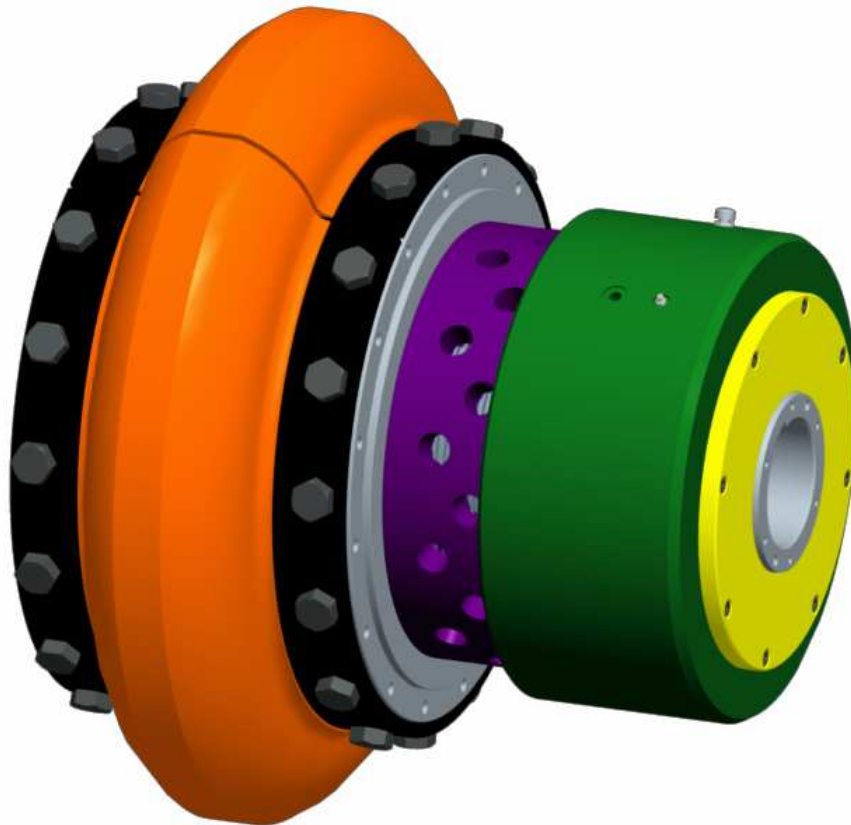
$$N = \frac{2 \cdot M_{K_1}}{f \cdot D_s}$$

$$N = \frac{2 \cdot 7\,703\,225,8}{0,4 \cdot 135}$$

$$N = 285\,304,65 \text{ [N]}$$

Volím třecí hydraulicky ovládanou lamelovou spojku REXNORD 7600-400-001. Spojka je hydraulicky ovládaná a splňuje provozní a zástavové podmínky pro použití na stroji KU 811. Detailnější popis spojky viz. bod 3.3

### 3.3 POPIS ZVOLENÉ SPOJKY



Obr.7 - Trojrozměrné zobrazení BSD<sup>®</sup> hydraulické spojky, typ 7600-400-001

- **Úvod**

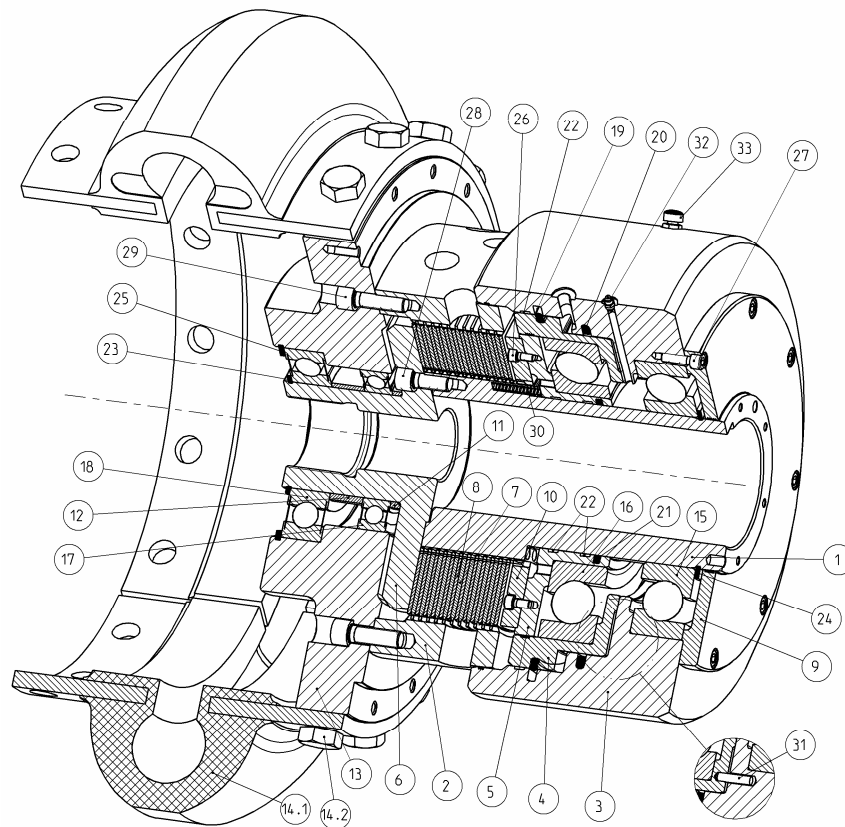
BSD<sup>®</sup> spojky, fungující na principu tlaku, přenášejí točivé momenty pomocí třecího styku. Spojky jsou uzavírány tlakovým olejem a otevírány pružinovou silou. Dále může být tato spojka použita také jako bezpečnostní (ochranná) spojka; při tom je „skluzný“ moment zregulován - podle diagramu - olejovým tlakem. Je třeba si uvědomit, že maximální doba „sklouznutí“ nesmí být překročena.

- **Fungování a konstrukce**

BSD<sup>®</sup> hydraulická spojka, typ 7600-400-001, je třecí výsuvná spojka s radiálním příivodem. Požadovaná přítláčná síla pro točivý moment bude vytvářena pomocí tlaku oleje v pístovém prostoru. Takové připojení (přípojka) G1/4 se nachází ve válci (3). Válec (3) je nepohyblivá část spojky a z tohoto důvodu musí být držena pomocí podpěry. Podpěra musí být namontována bez napětí, aby chránila radiálně

axiální kuličková ložiska (15,16) před poškozením. Axiální tlak na svazek lamel bude držen na jedné straně pojistným kroužkem a na druhé straně koncovou deskou (6). Vnitřní tělo (1) a vnější tělo (2) jsou spojena s lamelami (7,8) přes ozubení. Točivý moment bude přenášén pomocí třecí síly. Tlakové pružiny protitlaku (31) v podložce (5) zajišťují bezproblémový chod spojek naprázdno. Přimazání radiálně axiálních kuličkových ložisek je ve válci (3), rovněž tak odvětrávací filtr. V hnací části a poháněné části jsou uložena těsnící kuličková ložiska (17,18). Je namontována pružná spojka (14), aby vyrovnávala výplně (osazení). Pro oděr lamel jsou ve vnějším těle (2) radiální vývrty (otvory). Aby se zajistil optimální objem výstupní výroby, tyto otvory nesmějí být zakryty.

• **Seznam dílů**



- |    |               |     |  |
|----|---------------|-----|--|
| 1. | Vnitřní tělo  | 17. | Radiální kuličkové ložisko                   |
| 2. | Vnější tělo   | 18. | Radiální kuličkové ložisko                   |
| 3. | Válec         | 19. | Sada těsnění                                 |
| 4. | Píst          | 20. | Sada těsnění                                 |
| 5. | Podložka      | 21. | Sada těsnění                                 |
| 6. | Koncová deska | 22. | PTFE-vodící pásek<br>z polytetrafluoretylenu |

- |       |                                    |     |   |
|-------|------------------------------------|-----|---|
| 7.    | Vnější lamela                      | 23. | PTFE-vodící pásek z polytetrafluoretylenu |
| 8.    | Vnitřní lamela                     | 24. | Pojistný kroužek                          |
| 9.    | Víko ložiska                       | 25. | Pojistný kroužek                          |
| 10.   | Přítlačná deska                    | 26. | Pojistný kroužek                          |
| 11.   | Rozpěrný kroužek                   | 27. | Šroub s válcovou hlavou                   |
| 12.   | Rozpěrné pouzdro                   | 28. | Šroub s válcovou hlavou                   |
| 13.   | Hlava                              | 29. | Šroub s válcovou hlavou                   |
| 14.   | Pružná spojka, typ Omega           | 30. | Šroub s válcovou hlavou                   |
| 14.1. | Omega-Poloprvek                    | 31. | Tlaková pružina                           |
| 14.2. | Šroub se šestihrannou hlavou       | 32. | Válcový kolík                             |
| 15.   | Radiálně axiální kuličkové ložisko | 33. | Mazací čep                                |
| 16.   | Radiálně axiální kuličkové ložisko | 34. | Filtr provzdušnění a odvětrávací filtr    |

Obr.8 – Řez spojkou a seznam dílů

- **Montáž**

Pozorně si prohlédnout výkresy pro smontování, dbát na montážní rozměry a montážní polohu.

Centrování, hřídele a otvory (vývrty) musí být bez částec nečistot / korozních částec a nesmí mít hrubé okraje. Vsadit lícovaná pera. Zkontrolovat připojovací rozměry (a také rozměry, týkající se lícovaných per) a tolerance.

Kompletní hydraulickou spojkou s vnitřním tělesem nasunout na hřídel a axiálně zajistit šroubem se šestihrannou hlavou a pouzdem (zákaznický specifikované součásti). Hlavu pružné spojky OMEGA (zákaznický specifikovaná součástka) nasunout na 2. hřídel a axiálně připevnit. Zkontrolovat celkovou délku montážního celku spojek. Pak bude namontována a sešroubována pružná spojka OMEGA (dbát na utahovací moment šroubů!). Při montáži pružné spojky OMEGA je navíc potřeba použít příslušný návod.

Po provedení předešlých prací by měla být soustřednost mezi stranou pohonu a poháněnou stranou spojky pokud možno minimální (pokud je to nutné, provést nové seřízení).

Odstranit ochranné „zátky“.

- **Uvedení do provozu**

Pro činnost tlakového prostředí (pro uvedení tlakového prostředí v činnost) se musí použít čištěný hydraulický olej.

Zkontrolovat požadovaný tlak a pokud možno rychle dosáhnout jeho potřebné hodnoty, aby se zabránilo většímu prokluzování (přepínání). Údaj o jmenovitém tlaku se převezme z diagramu na výkresu podle požadovaného „skluzného“ momentu. Důležité upozornění! Uvnitř systému tlakového prostředí nesmí vzniknout žádný dynamický tlak, neboť jinak by byl snížen (zmenšen) točivý moment.

Nastavení točivého momentu: Nechte spojku „zaběhnout se“. Při zkušební provozu, eventuálně při výměně lamel je možné, že „třecí“ dvojice ještě nebudou vykazovat vzájemný nosný díl (podíl), který je potřebný k dosažení jmenovitého momentu. Proto může být zapotřebí nechat spojku „zaběhnout se“ při rychlosti kolem  $100 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$  a při asi 20 – 30 % jmenovitého momentu. To se musí provést prostřednictvím několikerého, opakovaného a krátkodobého prokluzování spojky, přičemž by teplota na povrchu spojky neměla překročit  $+ 60^\circ \text{ C}$ .

Pro zkoušku funkce těsnosti bude spojka několikrát aktivována pomocí řadicího tlaku.

Po provedení všech předchozích opatření je nutno provést zkušební chod (provoz). Při něm nesmí spojka prokluzovat. Předpoklad: Lamely jsou „zaběhané“.

- **Provoz**

Po asi 500 provozních hodinách stroje provést opět funkční zkoušku. Postupovat podle odstavce „*Uvedení do provozu*“.

Z důvodů vysokého chodu naprázdno a vykonávání „skluzné“ práce (využití pracovního potenciálu) může docházet k určitému opotřebení. Proto je nutné provádět v pravidelných intervalech kontrolu opotřebování. To se musí provést pomocí stanovení zdvihového objemu v souladu s údaji ve výkresech pro smontování.

- **Údržba**

Přimazání radiálně axiálních kuličkových ložisek po asi 5000 hodinách

Mazací prostředek: Arcanol TEMP 90

Množství tuku: asi  $350 \text{ cm}^3$  (30 – 50 % částečné naplnění)



Upozornění! Ložiska nepřepnit mazivem (nenamazat příliš mnoho) – může docházet k příliš zvýšeným provozním teplotám.

Kuličková ložiska (17,18) spojky OMEGA (14) jsou zásobena (naplněna) trvalou náplní tuku.

Opotřebení lamelových paket (7,8) závisí na mnoha faktorech a může být podle okolností rychlé. Doporučuje se provést výměnu lamelových paket každé 2 roky, popřípadě při poklesu točivého momentu.

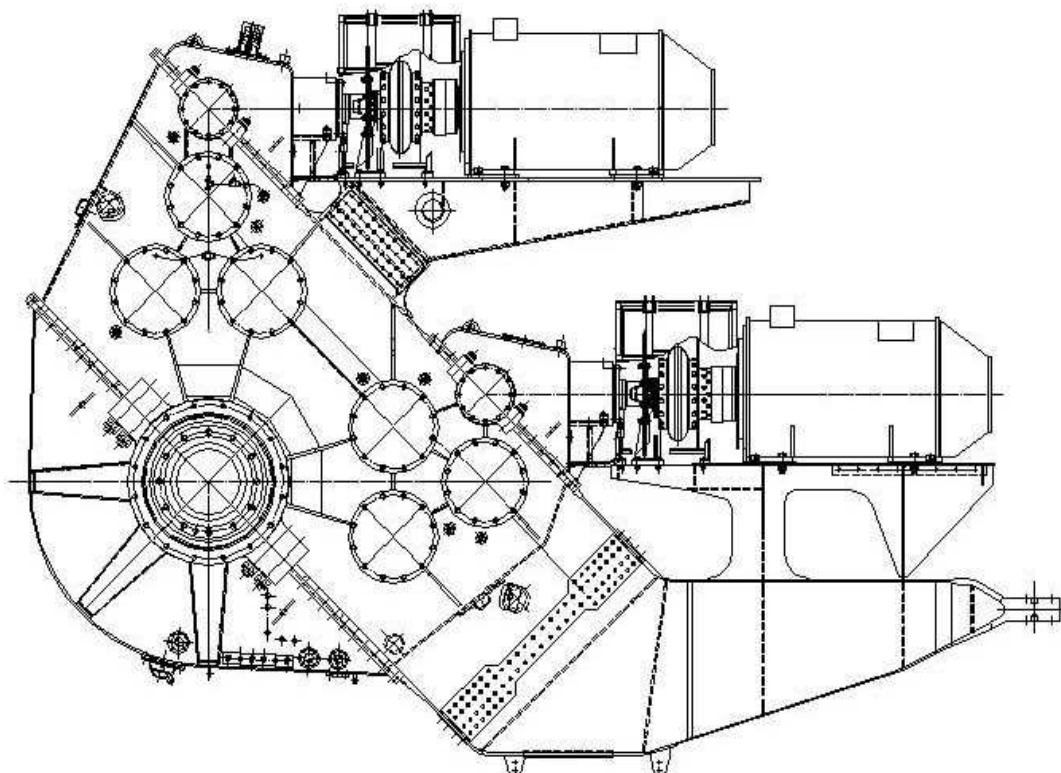
1. Spojku OMEGA (14) rozmontovat (rozebrat).
2. Hlavu (13) včetně kuličkových ložisek (17,18) sejmout z koncové desky (6), předtím sejmout pojistný kroužek (24).
3. Šrouby s válcovou hlavou (28) vyšroubovat a koncovou desku (6) sejmout z vnitřního tělesa (1).
4. Paket lamel může být nyní zkontrolován, pokud je opotřebovaný, tak vyměnit.
5. Při výměně lamelových paket současně vyměnit kuličková ložiska (17,18) a nahradit je novými.
6. Provést zpětnou montáž dílů a součástek v opačném pořadí.

Upozornění! Zapamatujte si navrstvení lamel (první a poslední lamela = vnitřní lamela).

## 4 PŘEVODOVKA POHONU KOLESA

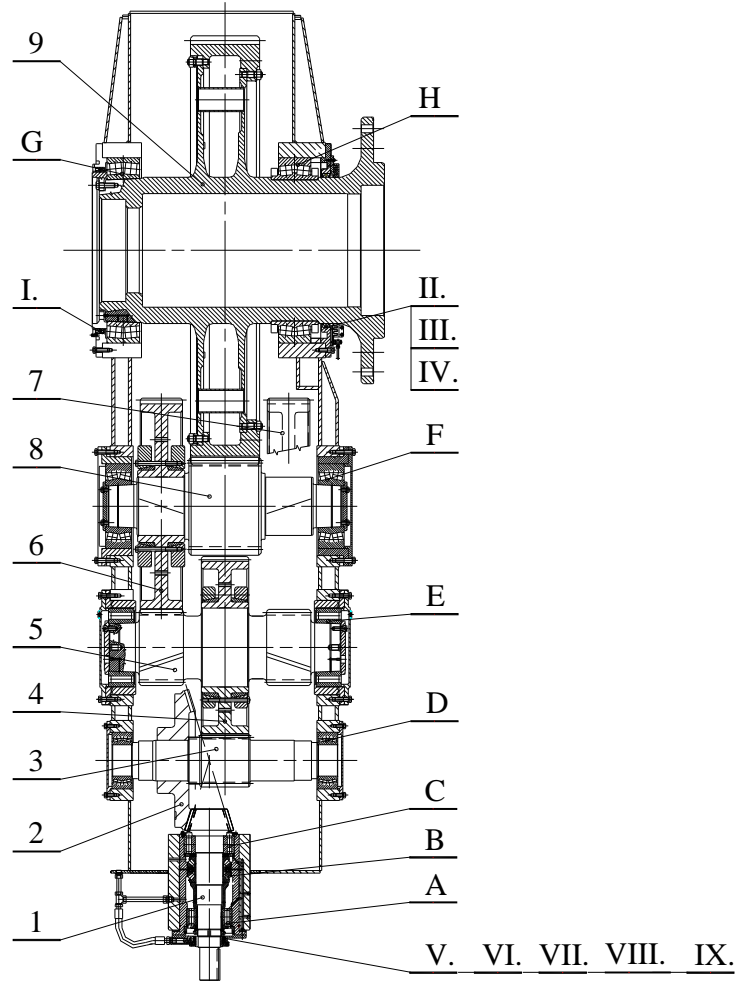


Obr.9 – Pohled na stranu kola s pohonem



Obr.10 – Výkresový pohled na převodovku s elektromotory a spojkami

**KU 800 PŘEVODOVKA POHONU KOLESA**



**TABULKA OZUBENÝCH KOL**

POZICE	ČÍSLO VÝKRESU	NÁZEV	MODUL	POČET ZUBŮ	HMOT. [kg]	KS
1	KOR0-219226-11	KUŽELOVÝ PASTOREK	12	16	190,-	2
2	KOR0-329881-11	KUŽELOVÉ KOLO	12	52	530,-	2
3	KOR0-329882-11	PASTOREK	14	21	451,-	2
4	KOR0-329883-11	OZUBENÉ KOLO	14	80	936,-	2
5	KOR0-219027-11	PASTOREK	16	26	1 600,-	2
6	KOR0-331750-11	OZUBENÉ KOLO	16	78	1 390,-	2
7	KOR0-311751-11	OZUBENÉ KOLO	16	78	1 390,-	2
8	KOR0-218606-11	PASTOREK	25	22	1565,-	4
9	KOR9-112425-31	OZUBENÉ KOLO	25	107	11 113,-	1

**TABULKA LOŽISEK**

POZICE	TYP	HMOT. [kg]	KS	POZNÁMKA
A	C3232K CARB	29,4	2	SKF
B	29334E	15,-	4	SKF
C	C3236 CARB	39,2	2	SKF
D	23240CC/W33	57,-	4	SKF
E	C3160K CARB	126,-	4	SKF
F	22352CCS/C3/W33	170,-	8	SKF
G	239900CAK/C3/W33	605,-	1	SKF
H	542824	700,-	1	FAG

**TABULKA TĚSNĚNÍ**

POZICE	ROZMĚR	KS	POZNÁMKA
I.	SEVANIT HP 998x1060x30	2	
II.	RS3S ULTRA ROTARY SEAL SPLIT	2	AWC800/NBR/SS300
III.	RK22N5 ROTARY SEAL SPLIT	1	AWC800
IV.	P14K INTERLOCK SPLIT	1	AWC800
V.	OK LEPENÝ 615x7	8	NBR 70 SHORE
VI.	OK LEPENÝ 370x7	2	NBR 70 SHORE
VII.	GUFERO GP 170-200-15	4	
VIII.	LABYRINTOVÝ KROUŽEK	2	
IX.	V-KROUŽEK VA 50-170	2	NBR 60

**ÚDAJE PRO ŠTÍTEK**

VÝKON [kW]	VSTUPNÍ OTÁČKY [1/min]	CELKOVÝ PŘEVOD	OLEJOVÁ NÁPLŇ
2x800	992	182,97	1 400l PP 90H

## 4.1 HLAVNÍ TECHNICKÉ ÚDAJE PŘEVODOVKY

kroučící moment jmenovitý.....	$M_k = 2\,560\,000\text{ Nm}$
výkon.....	$P = 2 \cdot 800\text{ kW} = 1600\text{ kW}$
koeficient okamžitého přetížení.....	2,25
převodový poměr.....	$i = 182,97$
vstupní otáčky.....	$n_1 = 992\text{ min}^{-1}$
výstupní otáčky.....	$n_2 = 5,42\text{ min}^{-1}$
provozní množství oleje.....	$Q = 1\,500\text{ l PP 90 H}$
hmotnost.....	64 153 kg

## 4.2 TECHNICKÝ POPIS PŘEVODOVKY

Převodovka je konstruována jako zavěšená dvojitá kuželočelní se dvěma vstupy a jedním výstupem s dělením toku výkonu na čtyři pastorky, zabírajícími do výstupního kola s přírubou unášející koleso. Dělení toku výkonu v každé větvi zajišťuje plovoucí pastorek s dvojitě šikmým ozubením, zabírající do dvou ozubených kol střídavě upevněných na jednotlivých pastorcích posledního převodu.

Všechna ozubení čelních převodů jsou cementovaná, kalená a broušená, ozubení kuželového převodu s cyklopaloidními zuby Klingelnberg je rovněž cementované kalené, obráběné metodou HPG.

Veškeré hřídele jsou uloženy na valivých ložiskách.

Skříň převodovky je svařovaná čtyřdílná, sestávající ze středního dílu, spodního víka a dvou vík kuželového převodu.

Hlavní dělicí rovina prochází osou výstupního kola. Vedlejší dělicí roviny prochází osou kuželových kol.

Vstupní hřídele jsou utěsněny proti unikání oleje těsněním. Výstupní hřídel je na jedné straně těsněna sevanity a u děleného ložiska těsníci kroužky CHESTERTON v kombinaci s mazaným labyrintem.

### 4.3 MAZÁNÍ

Mazání převodovky je tlakové oběžné bezztrátové, s olejovou náplní ve skříní převodovky kola. Kompletní mazací systém je umístěný v prostoru pod převodovou skříní pohonu kola a z důvodu snadné přístupnosti je opatřen lávkami. Celý systém mazání převodové skříně kola se sestává ze tří nezávislých mazacích okruhů a jednoho pomocného okruhu zajišťujícího provozní čistotu a provozně teplotní stabilitu oleje. U každého mazacího okruhu je zdrojem tlakového oleje zubové čerpadlo poz.1, poz.3 a poz.5 jež je pevně spojeno s vlastním elektromotorem. Proti přetížení nadměrným tlakem je každý okruh chráněn pojistným ventilem poz.7, který je nastavený na požadovaný tlak odpovídající navrženému mazacímu systému a provozním podmínkám.

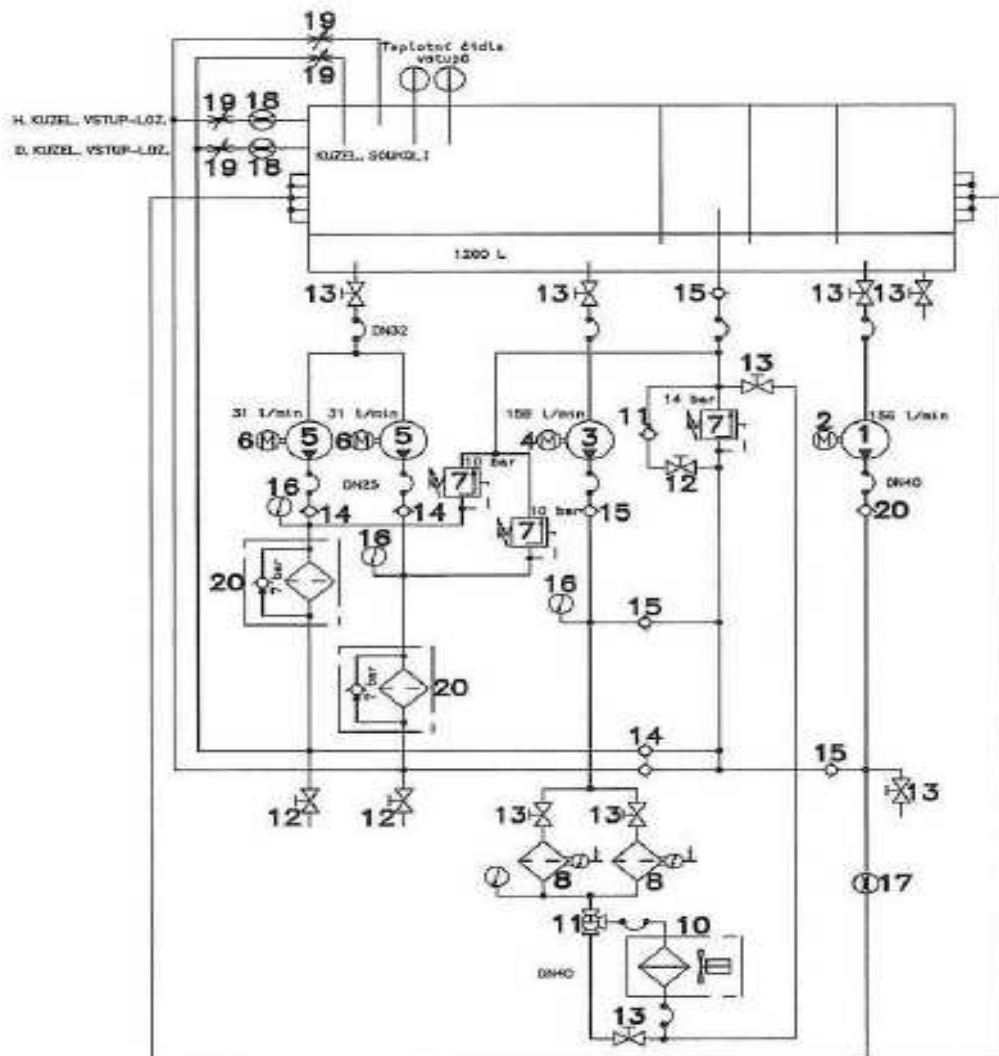


Schéma 1 – Mazání převodovky pohonu kola

## LEGENDA:

1 - Hlavní čerpadlo mazání	12 - Kulový kohout
2 - Motor hlavního čerpadla mazání	13 - Kulový kohout DN6/2“
3 - Čerpadlo filtrace a chlazení	14 - Zpětná klapka DN1“
4 - Motor čerpadla filtrace a chlazení	15 - Zpětná klapka DN6/2“
5 - Čerpadlo mazání vstupu	16 - Manometr 0 – 16 bar
6 - Motor čerpadla mazání vstupu	17 - Snímač průtoku GEMS
7 - Pojistný ventil	18 - Snímač průtoku GEMS
8 - Filtr HY-PRO 50mm	19 - Škrťící ventil
9 - Filtrační vložka	20 - Filtr
10 - Chladič	21 - Filtrační vložka
11 - Trojcestný kulový kohout DN6/2“	

První dva shodné okruhy osazené čerpadly o velikosti ZOP 20 poz.5 zajišťují mazání a chlazení ložisek a převodu vstupu 1 a vstupu 2 převodové skříně. Přívodu optimálního množství oleje do obou mazacích míst každého vstupu je dosaženo vzájemným „naladěním“ průtoku na škrťících ventilech poz.19 každé větve na průtok cca 5÷6 l/min. Pro zajištění požadavku vysoké čistoty oleje těchto extrémně zatížených vstupních hřídelí a soukolí je na výstupu čerpadla každého okruhu umístěna filtrační jednotka poz.20 s filtrační vložkou o propustnosti 50µm, opatřena přetlakovým obtokem nastaveným na 7 bar, který zajišťuje mazání v případě snížené propustnosti filtru za nízkých teplot a při jeho zanesení, event. eliminuje přetížení filtru. Aby byl zajištěn tlakový spád na obtokové větvi filtru je pojistný ventil poz.7 nastaven na tlak 10 bar, který současně chrání okruh proti přetížení, duplicitně s pojistným ventilem poz.7, nastaveným na tlak 14 bar, na který proudí nadměrné množství oleje přes zpětné klapky poz.14. Zanesení filtru, projevující se nárůstem tlaku na vstupu je indikováno na manometru poz.16 a při dosažení tlaku cca 5÷6 bar při ustálené teplotě oleje nutno filtrační vložku vyměnit.

Hlavní mazací okruh osazený čerpadlem o velikosti ZOP 125 poz.1 zajišťuje mazání a chlazení všech ostatních mazacích míst, tj. ložisek a převodů převodové skříně kromě vstupu 1 a vstupu 2. Optimální naladění průtoků do jednotlivých mazacích míst je provedeno montážně škrćením příslušných olejovodů. Proti přetížení nadměrným

tlakem je okruh chráněn pojistným ventilem poz.7 nastaveným na tlak 14 bar na který proudí nadměrné množství oleje přes zpětnou klapku poz.15.

Pomocný okruh osazený čerpadlem o velikosti ZOP 125 poz.3 má za funkci trvale udržovat olej v PS v čistém stavu a na správné provozní teplotě. Olej cirkuluje mezi vanou převodové skříně přes dvojici filtrů poz.8 s filtračními vložkami o propustnosti 50 $\mu$ m a přes chladič vybavený ventilátorem. Tlakový spád na filtrech a chladiči indikují manometry poz.16 a při dosažení tlaku cca 7÷9 bar nutno filtrační vložky vyměnit. Propojení okruhu umožňuje pomocí dvojcestných kulových kohoutů vyřadit z provozu jednu z filtračních jednotek při jejím zanesení a pomocí trojcestného kulového kohoutu vyřadit z provozu např. za nízkých teplot chladič tzv. obtokem. Proti přetížení nadměrným tlakem je okruh chráněn pojistným ventilem poz.7, společným pro hlavní mazací okruh, který je nastaven jak již bylo uvedeno na tlak 14 bar, na který proudí nadměrné množství oleje přes zpětnou klapku poz.15.

Všechny tři mazací okruhy jsou vybaveny stavitelnými snímači průtoku oleje, které hlídají přívod oleje v požadovaném množství do jednotlivých mazacích míst u okruhů vstupů převodové skříně poz.18 a soustavy mazacích míst u hlavního mazacího okruhu poz.17. Každý snímač průtoku oleje je individuálně připojen k řídicímu systému stroje. Při poklesu průtoku na kterémkoliv z nich pod nastavenou mez dochází neprodleně k vypnutí pohonu kola a signalizaci tohoto stavu na operačním panelu v kabině řidiče. Aby bylo zajištěno bezpečné mazání, k zapnutí a vypnutí mazacího systému převodové skříně kola vždy dochází s určitým časovým předstihem resp. prodlevou před vlastním zapnutím resp. vypnutím pohonu kola. Celá soustava mazání je vybavena vhodně umístěnými kulovými ventily umožňujícími vypouštění oleje z jednotlivých větví okruhu a případnou výměnu poškozených komponentů. Provozní teplotu oleje v zimním období zajišťuje nucený ohřev oleje ve skříně zašroubovanou soustavou topných těles o potřebném výkonu. Množství oleje ve skříně se kontroluje dvěma olejoznaky.

## 4.4 UVEDENÍ DO PROVOZU, OBSLUHA A ÚDRŽBA

Minimálně pět minut před každým spuštěním převodovky je třeba nejprve spustit mazací agregát, aby se ložiska a ozubení dostatečně promazala.

**Při provozu převodovky je nutné mít spuštěný mazací obvod převodovky! Funkci mazání je nutno sledovat s pomocí snímačů průtoku a manometrů umístěných na výtlaku mazacího čerpadla č.2.**

Pokud teplota oleje je nižší než 20°C, musí být navoleno vytápění převodovky. Tento stav je signalizován na monitoru v kabině řidiče. Při vytápění převodovky je v činnosti současně čerpadlo č.1, které zajišťuje míchání oleje. Termostat vypíná topení při dosažení teploty 22°C.

Pokud teplota oleje v převodovce dosáhne 35°C musí být navoleno chlazení oleje. Tento stav je signalizován na monitoru v kabině řidiče. Při chlazení převodovky je spuštěno čerpadlo č.1 a pomocí servopohonu se přestaví třícestný kohout, aby olej mohl protékat přes chladič. Koncové polohy servopohonu jsou snímány snímači polohy. Při dosažení 40°C se pomocí termostatu zapíná ventilátor chladiče. Termostat vypíná chlazení při poklesu teploty na 33°C.

Na monitoru lze též nastavit tzv. míchání oleje, kdy při vypnutém pohonu kola běží 5 minut čerpadlo mazání a maže převodovku a potom 20 minut stojí, což se dále cyklicky opakuje až do vypnutí míchání.

Před prvním spuštěním převodovky se asi na 30 minut zapne filtrační okruh, aby se převodovka pročistila, potom se vyjme a vyčistí filtrační vložka.

Při uvedení nové převodovky do provozu se provádí její záběh (viz. níže). Úplné zaběhnutí ložisek a ozubení trvá 200 provozních hodin. Převodovka má mít klidný chod bez chvění, rázů a nadměrného hluku.

Teplota skříně by neměla být více než 40°C nad teplotou okolí a zejména v místě ložisek nesmí dlouhodobě překročit (70 ÷ 75)°C. Na vstupních nábojích u obou vstupních ložisek jsou namontovány dvě teplotní pojistky, které snímají teplotu vstupů a při 70°C vypínají pohon kola a signalizují tento stav v kabině řidiče.

Filtrace oleje se zapíná v kabině řidiče. Čištění filtrační vložky se provede po záběhu převodovky, tj. po 200 provozních hodinách. Pravidelné čištění vložky se



během provozu provádí každý měsíc. Hlídání zanesení filtru zajišťuje také indikátor znečištění, který porovnává tlaky oleje před filtrem a za filtrem a při překročení povolené difference 0,45 MPa je toto zanesení filtru signalizováno v kabině řidiče. Po signalizaci zanesení se musí filtr co nejdříve vyčistit (nejpozději do konce směny), případně vyměnit vložka filtru. Při výměně vložek filtrů se uzavřou kohouty č. 6 ÷ 9. Při mazání nedostatečně přefiltrovaným olejem bude tak docházet k většímu opotřebení ložisek a ozubení. Před a za filtry jsou také namontovány dva manometry, které ukazují tlak před filtry a za filtry. Pokud dojde k poškození síta vložky, musí se vložka vyměnit za novou. Filtrační účinnost filtru je 40 µm.

Současně s čištěním vložky filtru se provádí každý měsíc výměna vložky vzduchového filtru, který slouží k odvodušnění převodovky. Filtr je umístěn na horním nahlížecím otvoru převodovky. Použitá znečištěná vložka se vypere a pročistí a připraví se pro další použití při příští výměně.

Po záběhu převodovky se diagnostickými metodami zhodnotí kvalita oleje, tento olej se po přefiltrování externím agregátem naplní zpět, nebo se vymění za nový (jen v případě potřeby).

Výměna oleje se provádí 1-krát ročně nebo dle vyhodnocení kvality diagnostickými metodami.

## **4.5 ÚDRŽBA OLEJOVÉHO FILTRU**

U odkapané vložky se uvolní stahovací křídlový šroub (poz.13) a vložka se rozebere. Přitom je nutné dbát, aby se nepoškodily papírové filtrační kroužky (poz.17) a utěšňující síťové vložky na obou krajích filtračního sloupce.

Diskové kotouče (17 ks), které se skládají ze středícího kroužku, dvou děrovaných talířů a gumové manžety, není nutné rozebírat, lze je umýt v celku.

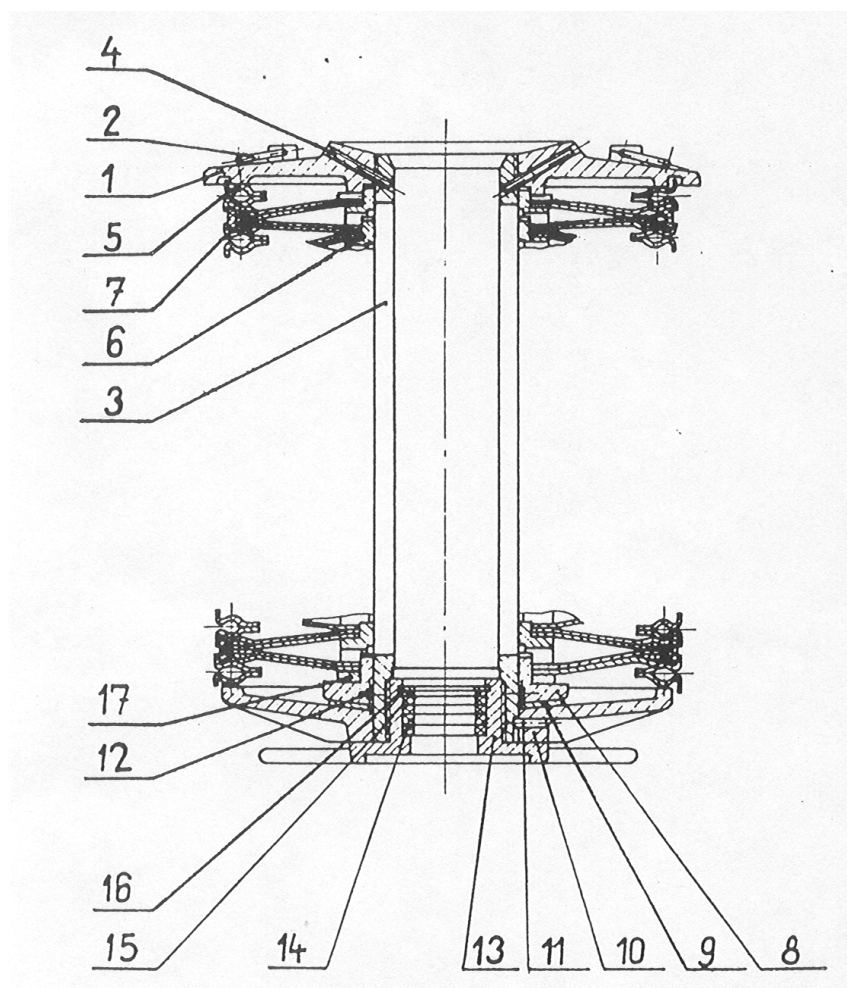
Síťové kotouče (poz.7) se umyjí oboustranně silonovým kartáčem, opláchnou čistým benzínem a vyfoukají z čisté strany stlačeným vzduchem.

Jsou-li všechny součásti vložek vyčištěny, vložka se opět smontuje. Nejdříve se nasadí na příložku plechová vložka (poz.5), která zapadne do drážky a na střed se položí těsnící kroužek (papírový).

Nasadí se filtrační síťový kotouč (poz.7) čistou stranou nahoru, na něj diskový kotouč (poz.6) vystupujícím středícím kroužkem dolů. Pak se nasadí síťový kotouč – čistou stranou dolů, plechová vložka a další kotouč směrem nahoru.

Celý filtrační sloupec se zakončí plechovou vložkou a druhým papírovým těsnícím kroužkem. Pak se nasadí přítlačný kroužek (poz.8) a litinová příložka (poz.10), která přesahuje středovou trubku minimálně o 15 mm (potřebné stažení filtrační vložky).

Montáž vložky je třeba provádět velmi pozorně, aby nedošlo ke špatnému sestavení nebo dokonce nezamontování síťového kotouče. V tomto případě by filtrační vložka propouštěla nefiltrovanou kapalinu.



Obr.12 – Filtrační vložka

### Postup při vkládání vložky do nádoby

Vyčištěnou (opravenou) vložku vložit do komory nádoby a přitáhnout křídlovou maticí.

Nasadit víko k nádobě a připevnit stahovacími šrouby.

### Regenerace síťových vložek (filtračních kotoučů)

Po čtyřech ručních čištěních je třeba síťové kotouče regenerovat, tj. odstranit z nich v benzínu nerozpustné asfalty a obnovit průtočnost.

Regenerace filtru se provádí dále uvedeným způsobem:

- a) Filtrační vložky se nejprve vyčistí (viz. výše).
- b) Odkapané síťové kotouče se vloží do nádoby s čistícím prostředkem, jehož alkalita je dána hodnotou  $\text{pH} = (7,5 \div 8)$ . Z běžně dostupných saponátů dává dobré výsledky prací prostředek „Tix“.
- c) Roztok se síťovými kotouči se postupně ohřívá na  $90^{\circ}\text{C}$  při občasném míchání.
- d) Po dvou hodinách se nechá roztok zchladnout na  $60^{\circ}\text{C}$ . Při této teplotě se každý kotouč důkladně vyčistí silonovým kartáčem.
- e) Vyčištěné kotouče se opláchnou proudem horké vody a vyfoukají stlačeným vzduchem.
- f) Práce s čistícím roztokem je nutno provádět v gumových rukavicích.
- g) Vyčištěné kotouče se prohlédnou, poškozené se opraví, nebo vyřadí a doplní novými a filtr se smontuje.

Při obsluze, udržování a používání filtru je nutno řídit se předpisy pro manipulaci s hořlavinami podle ČSN 65 0201.

## 4.6 ZÁBĚH PŘEVODOVÉ SKŘÍNĚ POHONU KOLESA

Záběh převodové skříně se provádí dle následujícího postupu. Tento zabíhací program musí trvat nejméně 200 provozních hodin při 100 % otáčkách kola.

### **Zabíhání naprázdno**

- 10 hodin v horní poloze kolesového výložníku
- 10 hodin ve spodní poloze kolesového výložníku

V obou polohách během této doby 3-krát provést spuštění a zastavení, kontrolovat tichost a rovnoměrnost chodu bez osamocených rázů a bez nadměrného oteplení ložisek, zvláště u vstupních kuželových pastorků.

Každé 2 hodiny provádět vizuální kontrolu mazání (zejména nedochází-li k průsakům nebo únikům oleje, jak ze skříně převodovky, tak z olejového rozvodu k mazacím místům, případně nedošlo-li k poškození některé součásti mazání) a teploty ložisek (teplota v místě ložisek nesmí překročit 75 °C).

### **Zabíhání při těžbě po dobu 90 hodin s 50% příkonem**

- na frekvenčních měničích nastavit krouticí moment 3,8 kNm bez přetížení,
- pojistné spojky nastavit dle „Návod pro obsluhu a údržbu“

### **Zabíhání při těžbě po dobu 90 hodin se 100 % příkonem**

- na frekvenčních měničích nastavit krouticí moment 7,7 kNm bez přetížení,
- pojistné spojky zůstávají nastavené dle „Návod pro obsluhu a údržbu“

Při zabíhání provádět vizuální kontrolu mazání a kontrolu teploty ložisek - viz. výše, každé 4 hodiny.

Dále při zabíhání provádět 1-krát denně kontrolu dotažení šroubů dělicích rovin, kontrolovat těsnost na vstupech a výstupu kolem hřídelí, těsnost dělicích rovin.

### **Dále je při zabíhání potřeba :**

- průběžně sledovat stav znečištění filtračních vložek olejového filtru a provádět jejich čištění,

- zaznamenávat vypnutí pohonu rozpojením spojek,
- kontrolovat znečištění oleje (po 100 provozních hodinách a 200 provozních hodinách) - provést rozbor,
- kontrolovat funkci celého systému mazání,
- každou etapu zabíhání (t.j. naprázdno, s 50 % a 100 % příkonem) dokumentovat záznamy z ČASO-24.

Po ukončení zabíhacího programu, t.j. po 200 provozních hodinách, je třeba zkontrolovat sezení ozubení; kontroluje se vizuálně otisk, tzv. „zrcátko“, vytvořený na bocích spoluzabírajících zubů.

Kontrolují se ozubení dostupná z nahlížecích vík, zvláštní pozornost je třeba věnovat kuželovým soukolím - kontrola se provádí zásadně při zastaveném stroji.

### **Další provoz**

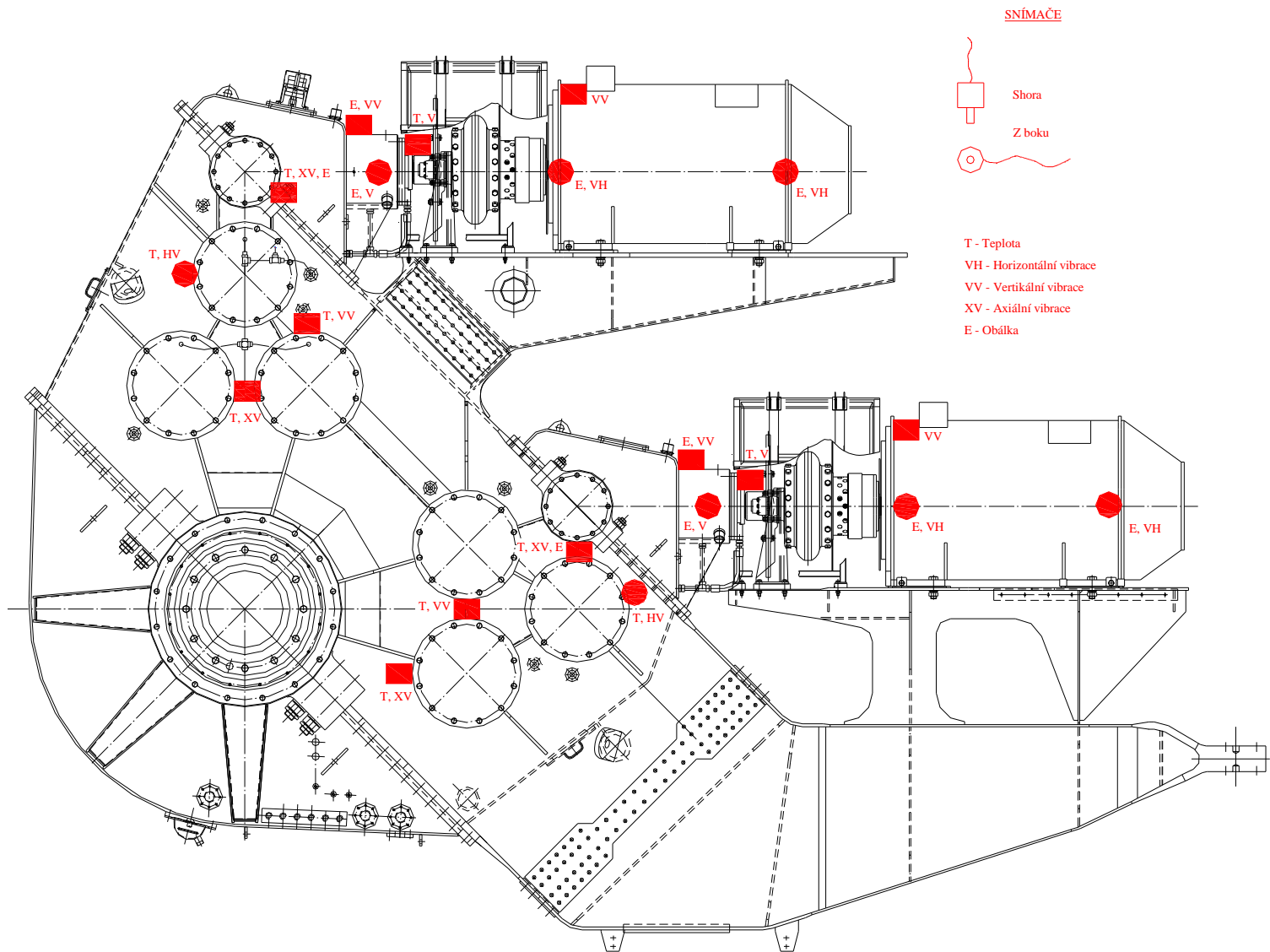
Po absolvování zabíhání je možno převodovku pohonu kola dále provozovat v tomto režimu:

- na frekvenčních měničích nastavit kroutící moment 7,7 kNm s možností přetížení 150 %
- pojistné spojky zůstávají nastavené dle „Návod pro obsluhu a údržbu“.

## **5 NÁVRH DIAGNOSTICKÉHO SYSTÉMU POHONU KOLESA**

### **5.1 MÍSTA MĚŘENÍ**

Volba míst pro měření vychází ze zkušeností z provozu a také z důvodu pokud možno plného pokrytí sledovaného objektu.



Obr.13 - Místa umístění snímačů pro monitorování pohonu

## **5.2 DIAGNOSTICKÉ METODY SLEDOVÁNÍ OBJEKTU**

Ke sledování objektu navrhuji využití multiparametrické diagnostiky, jež využívá několika měřících metod, v tomto případě metod vibrodiagnostiky a tribodiagnostiky, což umožňuje nejlepší detekci a diagnostiku závad stroje. Dovoluje včas odhalit specifické závady, které nemusí být viditelné při použití normálních monitorovacích metod.

### **5.2.1 Vibrodiagnostika**

K monitorování stavu ložisek převodovky, ložisek hřídele kola, ložiska otěrového prstence a ozubení v převodovce je nejlepší využít z metod vibrodiagnostiky obálku zrychlení a rychlost vibrací. Nejvhodnějším se jeví monitorování on-line systémem F-LINK, který bude doplněn o pravidelnou kontrolu vybraných kanálů přenosným analyzátelem SKF Microlog CMVA 65. Pro pochůzkovou diagnostiku a rychlé informace lze využít „kapesní“ přístroje MicroVibe P CMVL 3850 a Machine Condition Advisor CMAS 100-SL. Z nových metod bych vyzkoušel metodu analýzy ozubení s použitím časového průměrování pomocí Machine Analyst/HMI v kombinaci s Microlog Analyzer AX, vše od SKF, včetně příslušenství.

### **5.2.2 Tribodiagnostika**

Ke sledování kvality oleje v převodovce navrhuji využít z tribodiagnostiky metod standardních, konkrétně zjišťování kinematické viskozity, obsahu vody a mechanických nečistot nezadíracího charakteru, jež jsou rozhodující pro další použitelnost oleje. Ze speciálních metod pak AAS (atomovou absorpční spektrofotometrii), tato metoda je však pouze pro přehled o celkovém znečištění oleje, protože se v převodovce nachází příliš mnoho stejných otěrových prvků.

## 5.3 PROSTŘEDKY SLEDOVÁNÍ OBJEKTU

### 5.3.1 Vibrodiagnostika

- **Monitorovací systém F-LINK**

Distribuovaný měřicí systém - až 32 centrálních jednotek se 16 měřicími místy. Na každé měřicí místo lze připojit snímač s jinou citlivostí, nebo rozsahem, případně jiného typu. Každý snímač je kontrolován a vyhodnocován na poruchu.

Monitorované veličiny: teploty, vibrace, stav ložisek (analogová obálka zrychlení), provozní hodiny. Vizualizace. Komunikace po sériové lince, protokoly CAN BUS, MODBUS, PROFIBUS DP, MININET. Přímé připojení na Internet z vizualizace. Reléové výstupy pro signalizaci nebo odstavení stroje. Výstupy pro analýzu signálů.

F-Link je možné pořídit za cenu srovnatelnou s náklady na pochůzkovou diagnostiku, přičemž stroj bude diagnostikován nepřetržitě. Má výstup pro externí frekvenční analýzu např. přístrojem SKF Microlog CMVA 65. Další reléové výstupy umožňují odstavení stroje, pokud dojde k překročení nastavených mezí. SKF F-LINK je řízen procesorem a je určen pro zpracování dynamických dat z 8 nebo 16 kanálů. Zpracovaná data jsou přístupná pomocí datové komunikace (RS 232, RS 485, CAN BUS a další) na vyhodnocovacím počítači. Naměřená data je možné zobrazit a vyhodnotit v prostředí aplikačního software F-LINK Control. Pro ovládání je použit panel operátora s grafickým 1/4 VGA displejem. F-LINK lze spojit s komunikačním PC, na němž je nainstalován vizualizační software F-LINK Control. Ten umožňuje zobrazení, správu a vyhodnocení naměřených dat. Aplikaci lze „ušít na míru“ podle počtu měřených bodů a počtu strojů. Je možné zapojit až 32 jednotek. Ty mohou pracovat lokálně, v síti, nebo být spojeny pomocí komunikační linky s vyhodnocovacím PC na velíně. Délka linky může být až 4800 m.

#### ZÁKLADNÍ TECHNICKÉ ÚDAJE:

Procesor: RISC Motorola MC 68332A, Intel

Komunikace: RS 232, RS 485, CAN BUS, PROFIBUS DP, MODBUS, MININET, modem, GSM modem, web server,...

Vstupy: 8,16/4 veličiny (vibrace, teploty, stav ložisek, kontrola čidel, provozní hodiny)



Měřené veličiny: - Vibrace: efektivní hodnota rychlosti kmitání v pásmu 10 Hz - 1 kHz, nebo 2 Hz - 1 kHz, dle ČSN ISO 10816; piezoelektrický akcelerometr s citlivostí 10, 30, 100 mV/G

- Teploty: odporový teploměr PT-100; termočlánek J-K; Copperhead™
- Stav ložisek: analogová obálka zrychlení (envelope)
- Kontrola čidel: měření bias
- Provozní čas: doba provozu v hodinách na každém měřicím bodu

Výstupy: operátorský panel 1/4 VGA; 3 sumační reléové výstupy (porucha, výstraha, havárie), Vizualizace.

Teplotní rozsah: 0 - 60 °C

Průmysl. krytí: IP 54

Napájení: 230 V/50 Hz

Rozměry (mm): 410 x 640 x 150

Hmotnost (kg): 19



Obr.14 - Operátorský panel systému F-LINK



Obr.15 - Měřicí ústředna systému F-LINK

- **Microlog CMVA 65**

Přenosný sběrač dat /FFT analyzátor. Barevná obrazovka. Přidaný výkon, pokročilé schopnosti a zkušenosti SKF. Přístroj, který nejen sbírá data a provádí standardní funkce analýzy, ale také využívá zabudovanou inteligenci pro usnadnění detekce, analýzy a nápravy problémů strojů. S řadou nových vlastností a funkcí Microlog CMVA 65 pokračuje ve výkonu, hodnotě a úspěchu svého předchůdce CMVA 60 a nabízí až dosud největší hodnotu pro investice do spolehlivosti. Nová technologie Microlog GX umožňuje snadné monitorování stavu zařízení. Je to skutečně ruční datový kolektor s možností trasy. Zahrnuje vibrační signály i procesní proměnné v rozsahu od 10 cyklů/min (0,16 Hz) do 2 400 000 cyklů/min (40 kHz). Hodnocení ložisek se provádí s použitím obálky zrychlení (gE), což je v průmyslu ověřená metoda SKF. Digitální zpracování signálů pokračuje ve zvyšování rychlosti, přesnosti a spolehlivosti při sběru dat a jejich zpracování. Digitální deska s pokročilou programovatelnou logikou přináší nejmodernější technologii analýzy u přenosných přístrojů. To znamená dramaticky zvýšenou rychlost zpracování, výkonnost, datovou kapacitu a pružnost analýzy.

Microlog CMVA 65 nabízí snadnější detekování a zjišťování příčin poruch strojů. Například, nový patentovaný HAL (Harmonic Activity Locator – lokátor harmonické aktivity) – je zabudovaná inteligence, která je vlastnictvím SKF. Činí analýzu a detekci mechanických problémů účinnější tím, že napodobuje proces, který používá analytik pro detekování harmonických řad. Další nové vlastnosti zahrnují

barevný LCD displej, který poskytuje výjimečnou viditelnost uvnitř i venku. Indikátory poplachu, které vyhovují ISO a rekonstruovaná, barevně kódovaná klávesnice doplňují intuitivní nabídky a předem nastavené implicitní funkce. CMVA 65 je zkonstruován s uvážením budoucnosti, představuje etapu pro přicházející zlepšení a další schopnosti. Aktualizace jednotky budou snadno přenášeny do zabudované flash paměti. Jednoduše připojíte Microlog k počítači a přenesete firmware soubory, nebo se připojíte na Internet a přenesete svou aktualizaci přímo z webové stránky SKF.

Speciální programy (wizard) usnadňují řešení problémů. Nejnovější Microlog dodržuje tradici svých předchůdců a má wizards – programy se zabudovanou inteligencí, která usnadňuje analýzu a nápravu s minimálním úsilím na nastavení. Tato vlastnost byla poprvé zavedena v SKF u přenosných datových kolektorů v r. 1996. Tyto programy vedou uživatele pomocí příkazů, potřebných pro specifickou aplikaci. Tato technologie usnadňuje nováčkům i expertům zjišťování, analýzu a nápravu problémů strojů. Nově zařazený program HAL usnadňuje provádění efektivnějšího a účinnějšího řešení problémů tím, že napomáhá uživatelům při zjišťování možných frekvencí ložiskových závad a porovnává výsledky s daty v knihovně ložisek SKF – která je nyní na firmware. To umožňuje okamžitý přístup k velkému množství důležitých detailních informací o ložiskách na stisknutí tlačítka. HAL dokonce upozorňuje operátora, když je zjištěna abnormalita.

Jiné zabudované programy jsou:

- Konfigurační program pro uložení až šesti uživatelsky definovaných aplikačních konfigurací
- Program pro rozběh/doběh a program pro zkoušku nárazem na monitorování kritických otáček hřídelů a na rezonanční zkoušky
- Program pro zdokonalené provozní vyvažování ke snadnějšímu provádění vyvažování
- Program pro analýzu motorového proudu a program pro cyklickou analýzu pro monitorování elektrických motorů, pístových motorů, kompresorů a dalších strojů

U Micrologu CMVA 65 jsou všechny vlastnosti sbaleny do jednoho diagnostického nástroje – aniž by se museli kupovat další moduly nebo aktualizace. Microlog CMVA 65 napomůže výrazně zlepšit spolehlivost strojů při zachování rozpočtu.

### SPECIFIKACE:

**Zdroje vstupu:** zrychlení, rychlost a výchylka z ručně držených nebo namontovaných snímačů nebo monitorovacích systémů. Snímač SEE<sup>TM</sup>: CMSS 786M SEE snímač (SKF patentovaná technologie akustické emise). Snímače st/ss proudu. Snímače tlaku. Snímače teploty. Vstup z klávesnice: měření odečtená z indikátorů nebo instalovaných přístrojů, zadaná v technických jednotkách. Maximálně 8 míst včetně znaménka (+ nebo -) a desetinné tečky. Univerzální tachometrický vstup: akceptuje impulsní vstupy do +/- 25 V. Vizuální inspekce: přidáné k měření jako kódované poznámky nebo ve volném jazyce do celkem 32 znaků na jeden měřicí bod.

**Předběžné zpracování:** Hardwarová obálka (demodulátor): se 4 volitelnými vstupními filtry pro zvýrazněnou detekci závad ložisek a záběru zubů. Volba filtrů: 5 Hz – 100 Hz; 50 Hz – 1000 Hz; 500 Hz – 10 kHz; 5 kHz – 40 kHz.

**Vstupní parametry:** Tachometr: minimální amplituda pulsu 2 V špička-špička, 0 % doba náběhu/poklesu, minimální šířka pulsu 0,1 ms a upravovací obvod. Vstupní impedance: 1 MΩ. Vazba na vstupu: potlačení nízkých frekvencí o 3 dB při 1,0 Hz. Rozsah vstup. napětí: 25 Vst. špička, +/- 50 Vss. Dynamický rozsah: 80 dB ( 14-ti bitová konverze signálu) plus 60 dB zisk, celkový rozsah vstupního signálu 140 dB. Amplituda: přesnost do 1 % vstupu při jedné specifikované frekvenci. Vstupní konektory: BNC (3) vstup, výstup a tachometr/fáze a vícekolíkový D konektor.

**Zpracování a uložení dat:** Mikroprocesor: Intel, 32-bitový. Paměť: 6 MB (flash 4 MB).

**Měření:** Rozsah: 0,5 Hz až 20 kHz (plynule nastavitelný). Průměrování: programovatelné od 1 do 9999. Typ: aritmetické, držení špiček, synchronní časové a vypnuto. *Režim:* trvalý, konečný a opakovací. Značkovače: pevný a vázaný na kurzor. Jednoduchý, harmonický, relativní a postranní pásma. Režimy spouště: amplitudový práh spouště, sklon spouště a časové zpoždění před a po spoušti jsou plně programovatelné. Volný chod, externí a podle vstupu.

### **FFT analýza:**

- *Počáteční frekvence:* před-programovatelná mezi 0 a maximální frekvencí (skutečný zoom)
- *Max. frekvence:* volitelná mezi 1 Hz a 20 kHz
- *Rozlišení:* programovatelné 100, 200, 400, 800, 1600, 3200 a 6400 čar
- *Frekvenční přesnost:* 0,01 % frekvence měřené v místě zobrazovacího kurzoru
- *Okna pro měření:* Hanning, obdélníkové a s plochým vrchem

Rychlost sběru dat: až 5× rychlost předchozí generace datových kolektorů.

Automatizace multi-měření v bodě: až 12 měření lze připojit na jedno stisknutí tlačítka pro automatizovaný sběr dat pro každé místo měření.

#### **Zobrazení dat:**

- Zvýrazněné barevné zobrazení poplachů
- Jednoduchá nebo dvojitá obrazovka – velikost, čas a fáze
- Digitální sledovací filtr (1X a 2X)
- Amplituda v závislosti na úhlu a amplituda v závislosti na čase
- Analýza motorového proudu (zoomovaná a obálka)
- Až 12 pásem (pevných nebo na bázi řádů), přenositelná z hostitelského počítače

#### **Napájení:**

- Baterie: 7,2 V, 3,8 Ah
- Vytímatelná NiMH baterie s dlouhou životností
- Při nabíjení baterie nedochází ke ztrátě dat
- Baterie lze vyjmout v provozu i v kanceláři bez speciálních nástrojů
- Malý nabíjecí modul

#### **Aplikační rezidentní programy:**

- Nový HAL (Harmonic Activity Locator) Wizard<sup>TM</sup>
- Základní vyvažování – Basic Balancing Wizard<sup>TM</sup>
- Pokročilé vyvažování – Advanced Balancing Wizard<sup>TM</sup>
- Sledovací filtr – Tracking Filter Wizard<sup>TM</sup>
- Analýza cyklů – Cyclic Analysis Wizard<sup>TM</sup>
- Motorový proud – Motor Current Wizard<sup>TM</sup>
- Zkouška nárazem – Bump Test Wizard<sup>TM</sup>
- Konfigurační – Configuration Wizard<sup>TM</sup>
- Rozběh/doběh – Run-Up/Coast Down Wizard<sup>TM</sup>

#### **Režimy sběru dat:**

- Na trase – Route
- Mimo trasu – NonRoute
- Analyzátor – Analyzer

### Fyzické údaje:

Zvýrazněná klávesnice: barevné klávesy a větší font, snadnější na čtení

Klávesnice: utěsněná, chemicky odolná z elastomerického silikonu, citlivá na dotek

- *Předurčené klávesy:* šipka vpravo, vlevo, nahoru, dolů; ENTER pro pravou i levou ruku; zadní prosvícení; značkovače ON/OFF; zmrazení displeje; zoom IN/OUT; uložení dat; rozšíření zobrazení; nastavení otáček (pro určení řádů); resetování měření; LIN/LOG; přesmykovač (přesunutí kurzoru)

- *Horké klávesy:* najdi špičku; najdi poslední měřený bod na trase; celková a kurzorová hodnota; kritéria závady z motorového proudu a Fmax

Barevná LCD obrazovka: nová transflektivní technologie s nastavitelným zadním prosvícením, 118,16 mm × 89,38 mm a průhledný snímatelný kryt s lupou. Zlepšeno pro zajištění většího rozlišení a ostřejšího prohlížení uvnitř i venku.

Pouzdro: polykarbonátový polyester odolný proti nárazu, tlakový odlitek, krytí IP 64 proti prachu a ostříknutí.

Rozměry: 200 mm × 267 mm × 64 mm

Hmotnost: 2,3 kg

Provozní teplota: 0 °C až +50 °C

Vlhkost: 95 %, nekondenzující



Obr.16 – Analyzátor Microlog CMVA 65

- **MicroVibe P CMVL 3850**

Pokrokový přístroj pro snadné hodnocení vibrací, který se vejde do kapsy. S MicroVibe P od SKF je hodnocení vibrací snadné. Tento ekonomický vibrační expanzní modul se hodí do slotu na kompaktní flash karty (CF Type II) kapesního PC a pracuje s uživatelsky příjemným operačním systémem Windows Mobile. Zjišťovat problémy a hodnotit stav stroje lze snadno a rychle s tímto snadno použitelným a přizpůsobivým kapesním nástrojem.



Obr.17 – MicroVibe P CMVL 3850

Vhodné řešení „rychlé kontroly“ je založeno na univerzální platformě PDA. MicroVibe P se snadno používá. Zabudované automatické funkce v podstatě eliminují nastavování a přitom analytické zobrazení a automatické hodnocení naměřených vibrací stroje napomáhá uživatelům zjistit na místě problémy stroje.

Levný, kompaktní, lehký, pracuje s mnoha kapesními PC PDA jako např. Hewlett-Packard, Dell, Toshiba atd.

Rychlá identifikace problémů: expertní kritéria rozhodování na základě ISO norem pro přípustnou úroveň vibrací a SKF doporučení pro závažnost poškození ložiska. Analýza spekter vibrací umožňuje uživateli zjistit problémy jako jsou nevyváha, nesouosost, poškozené ložisko, přidírání apod. Vícenásobný sběr dat.

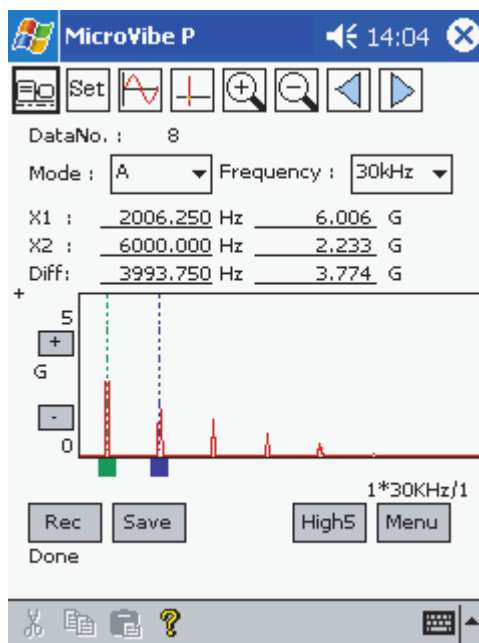
Standardní měření vibrací: obálka signálu zrychlení, zrychlení, rychlost a výchylka vibrací, časový vzorek signálu a FFT spektrální analýza.

Uložení a prohlížení měření: pro trendování a analýzy ukládá až 2000 celkových hodnot vibrací, 1000 FFT spekter a 200 časových záznamů.

Data Management Software: umožňuje přenos naměřených dat do PC pro trendování a pro další analýzu.

Set MicroVibe P obsahuje: modul MicroVibe P, MicroVibe P Data Management Software, akcelerometr a kabel, magnet, sluchátka a přenosné pouzdro (nezahrnuje PDA).

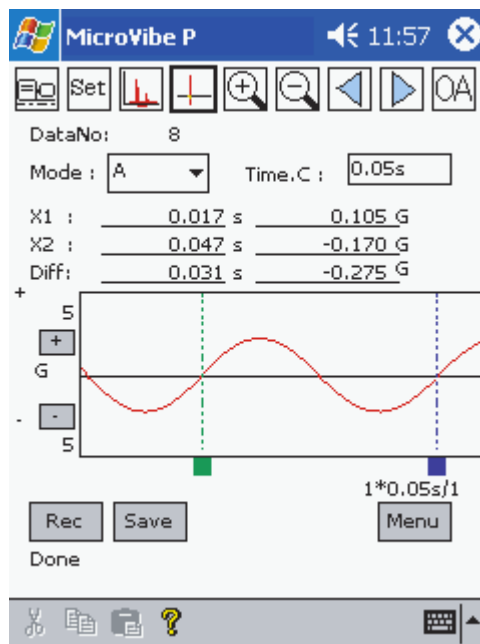
Schopnost FFT spektrální analýzy: pomocí předem nastavených měření a uživatelsky volitelného rozlišení FFT na 400, 800 nebo 1600 čar, při volitelném Fmax a dynamickém rozsahu 90 dB má MicroVibe P to, co je potřeba, aby pomohl snadno určit začátek začínajících problémů stroje. Odečet polohy kurzoru a zoomování zobrazení na displeji optimalizuje výkon při analýze. Kromě toho automaticky vytváří a zobrazuje tabulku nejvyšších špiček ve spektru vibrací, čímž usnadňuje rychlé zjištění signálů, které jsou příznakem určitých strojních problémů, jako je nesouosost, nevyváženost nebo závady ložisek.



Obr.18 – Zobrazení dat frekvencí



Zobrazení časových průběhů: měření a ukládání časových dat s možností vybrat typ sběru a měření časového průběhu. Zobrazení časových průběhů zrychlení, rychlosti, výchylky nebo obálky zrychlení. Jedinečná funkce automatického zachycení přechodového děje zahajuje sběr měření, když signál překročí uživatelsky specifikovanou spouštěcí úroveň, což umožňuje podrobnější analýzu událostí před a po spoušti, které obklopují změnu stavu stroje.



Obr.19 – Časový průběh

Schopnost přizpůsobit měření: MicroVibe P pracuje se dvěma nejčastěji používanými snímači vibrací - s akcelerometry a dynamickými snímači rychlosti. Oba umožňují provádět multiparametrický přístup k analýze a optimalizovat sběr dat.

Analýza hluku: lze skutečně poslouchat problémy strojů s využitím akustického vybavení MicroVibe P. Jednoduchým připojením sluchátek a poslechem provozu stroje. Když je zjištěn abnormální hluk, použije se schopnosti MicroVibe P analyzovat vibrace, aby se určil problém.

MicroVibe P sbírá a zobrazuje celkové hodnoty vibrací a automaticky provádí expertní hodnocení naměřené velikosti rychlosti a celkové hodnoty obálky zrychlení a tím umožňuje okamžité, přesné a spolehlivé hodnocení stavu stroje a ložisek.

Vícenásobný sběr dat (Multi-Point Automation™) šetří čas a zvyšuje spolehlivost. Automatické sbírání měření pro analýzu vibrací - zrychlení, rychlost, výchylku a obálku zrychlení - a to současně. SKF Multi-Point Automation šetří čas a

zvýšuje výkon, přesnost a celkovou spolehlivost procesu rozhodování tím, že dává informace, které jsou potřebné pro provedení nejlepšího možného hodnocení.

Automatické nastavení a zabudovaná expertíza: MicroVibe P poskytuje rozsáhlé automatické nastavení a hodnocení výsledků vibrací. MicroVibe P provede porovnání měření s předem naprogramovanými kritérii závažnosti rychlosti vibrací a obálky signálu zrychlení - pro spolehlivé a přesné hodnocení závažnosti vibrací. To umožňuje, aby i noví uživatelé snadno určili abnormální stavy a provedli odpovídající akci.

Uložení a vyvolání měření pro trendy a analýzu: kapacita pro uložení dat v MicroVibe P je zvláště působivá. Lze uložit až 2000 hodnot celkových vibrací, 1000 FFT spekter nebo 200 záznamů dat časových vln pro pozdější vyvolání. Vyhledávací funkce vyvolá specifické měřicí body a „opakuje“ měření, reprodukuje jakékoliv měření pro provedení podrobnější analýzy nebo pro trend u potenciálního problému. Nakonec „seznam uložených dat“ napomáhá při sledování a odkazech na všechna posbíraná data.

Management dat a program pro stolní počítač: pro provedení další analýzy a trendů lze data přenést do stolního počítače programem Data Management Software. Když jsou přenesena, lze vibrační data, celkové trendy a spektra uložit, zpracovávat a graficky znázornit.

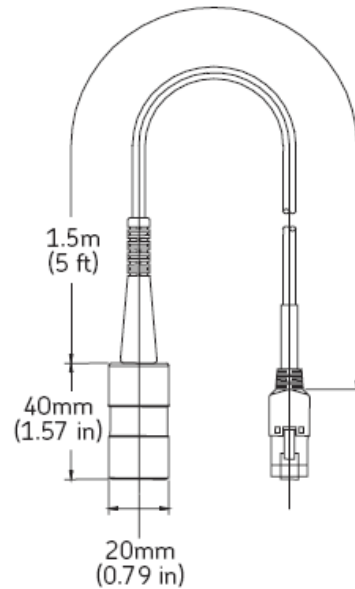
Několik zajímavých utilit pomáhá učinit z MicroVibe P univerzální nástroj pro analýzu vibrací strojů na jakékoliv úrovni zkušeností. Data lze sbírat v anglických nebo metrických jednotkách a lze využívat slovník s terminologií pro vibrace.

#### SPECIFIKACE:

Vyhovuje specifikacím na kapesní PC. Operační systém má Microsoft Pocket PC 2003 (Windows Mobile 3.0). Procesor ARM. Rozhraní Compact Flash TYPE II, pouze slot 3,3 V. Napájení +3,3 V (dodávané kapesním PC). Vstup od snímače (PU IN) střídavý napěťový signál max.  $\pm 2,5$  V. Vstupní konektor 8-mi kolíkový modulární (RJ-45) (ICP akcelerometr s předzesilovačem není připojen). Výstup neupravené vlny (PU OUT) střídavý napěťový signál max.  $\pm 2,5$  V. Výstupní mini konektor (průměr 2,5 mm). Vzorkovací frekvence max. 76,8 kHz (změny podle režimu) 76,8 kHz/38,4 kHz. Aliasingový filtr 20 kHz/2 kHz (změny podle režimu a podle vzorkovací frekvence). A/D převodník 16-ti bitový. Rozsah teploty 0 až +45 °C. Rozsah vlhkosti < 90%, relativní vlhkost, nekondenzující. Rozměry 60,0 mm x 42,1 mm x 16,9 mm.

Akcelerometr CMSS 3811: zabudovaný předzesilovač, smykový typ, napájení  $\pm 5$  Vss, napěťová citlivost: 20 mV/g, rezonanční frekvence: asi 20 kHz, frekvenční rozsah: 3 Hz až 10 000 Hz, max. zrychlení: 500 m/s<sup>2</sup>, mezní vibrace: 5000 m/s<sup>2</sup>, max.

výstupní napětí:  $\pm 1$  V, výstupní impedance: pod  $100 \Omega$ , teplotní rozsah:  $-20$  °C až  $+80$  °C, hmotnost: asi 60 g, otvor se závitem: M6, P = 1, hloubka 5 mm, vnitřní závit, integrální kabel: délka 1,5 m, konektor: 8-mi kolíková modulární zástrčka, konstrukce: prachotěsný, odolný proti ostříknutí.



Obr.20 - Akcelerometr CMSS 3811 s rozměry



Obr.21 - MicroVibe P System

- **Machine Condition Advisor CMAS 100-SL**

SKF Machine Condition Advisor představuje prostředek pro vyhodnocení stavu stroje podle ISO 10816-3 a pro hodnocení ložisek podle obecných směrnic, sestavených pomocí statistické analýzy existujících databází.

Vícenásobná měření s jediným přístrojem. SKF Machine Condition Advisor ukáže celkovou „rychlost“ vibrací zjištěnou na základě měření signálů vibrací stroje a automaticky porovnává s předem naprogramovanými směrnými hodnotami Mezinárodní organizace pro standardizaci ISO. Pokud jsou překročeny směrné hodnoty, objeví se na displeji poplach „Výstraha“ nebo „Nebezpečí“. Přístroj současně měří a porovnává naměřenou hodnotu se směrnicemi stanovenými pro vibrace ložisek a ověřuje, jestli těmto směrnicím vyhovuje, nebo indikuje potenciální poškození ložiska. Přístroj měří rovněž teplotu infračerveným čidlem pro zjištění netypické teploty.

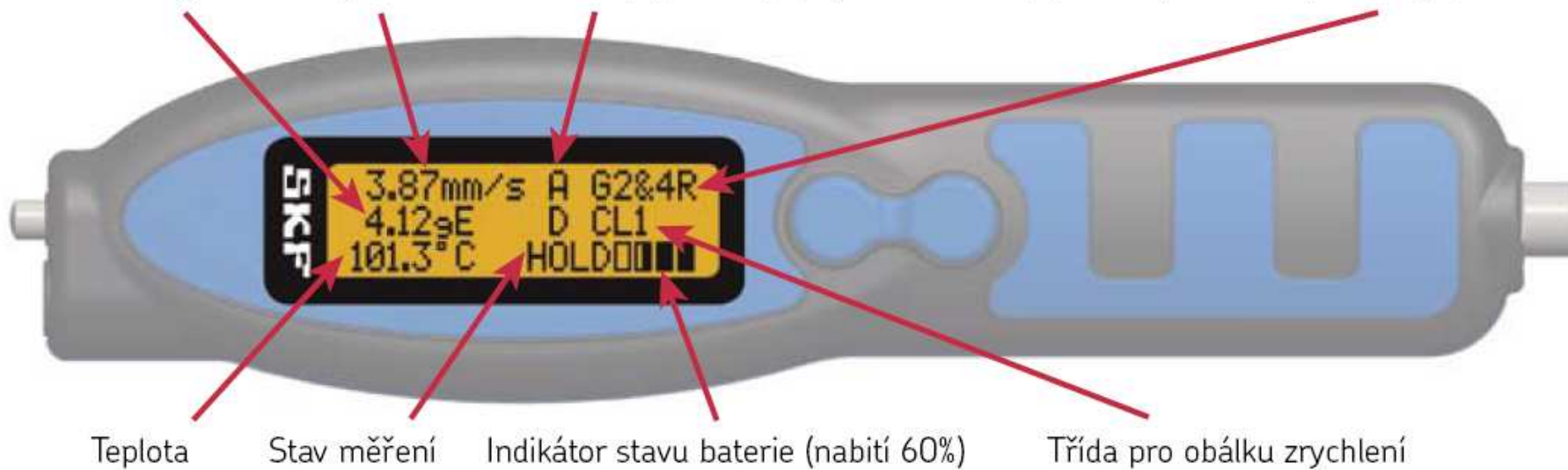
Přednostmi jsou rychlé a snadné nastavení a používání. Naměřené hodnoty jsou zobrazeny na displeji s vysokým jasnem, který je dobře čitelný v šeru i v přímém slunečním světle. Lehký, kompaktní a ergonomický přístroj SKF Machine Condition Advisor lze jednoduše přenášet v pouzdru na opasku, v kapse anebo v soupravě nářadí. Vysoce odolný přístroj s krytím IP54 je navržen pro nepříznivé provozní prostředí. Hlášení „Výstraha“ a „Nebezpečí“ zvyšují spolehlivost diagnostiky. Efektivní, hospodárný a ekologický přístroj SKF Machine Condition Advisor s nabíjecími bateriemi pracuje 10 hodin na jedno nabití. Současné měření rychlosti, obálky zrychlení a teploty šetří čas. Přístroj se vyznačuje vysokou flexibilitou a pracuje se standardními ICP akcelerometry. Pro měření na obtížně přístupných místech je určený volitelný externí snímač.

V průběhu měření je vstupní signál zrychlení z akcelerometru do přístroje zpracován a pro každý bod na stroji jsou stanoveny dvě hodnoty – celková rychlost a obálka zrychlení. V téže době bezdotykové infračervené čidlo přístroje měří povrchovou teplotu v místě měření a všechny tři naměřené hodnoty se zobrazí současně.

V závislosti na nastavení systému přístroje se na předním LCD displeji zobrazují metrické nebo anglické jednotky, efektivní rychlost v mm/s nebo přepočtená špičková hodnota v IPS, teplota ve stupních Celsia nebo Fahrenheita a hodnota obálky zrychlení v jednotkách gE.

## LCD displej v režimu měření

Obálka zrychlení Rychlost Zobrazení poplachů: **(A)** Výstraha nebo **(D)** Nebezpečí Skupina stroje podle ISO



Obr.22 – CMAS 100-SL

### SPECIFIKACE:

Snímač vibrací je interní integrovaný piezoelektrický akcelerometr, pokud je externí, akceptuje ICPTM akcelerometr 100 mV/g. Teplotní čidlo je interní infračervené.

Měření rychlosti v rozsahu 0,7–65 mm/s (efektivní), 0,04–3,60 in/s (ekvivalentní špička), splňuje ISO 10816, frekvence 10–1000 Hz, splňuje ISO 2954, obálky zrychlení v rozsahu 0,2–50,0 gE a frekvence v pásmu 3 (500–10 000 Hz) a teploty v rozsahu -20 až +200 °C (-4 až +392 °F), přesnost měření teploty infračerveným snímačem: 2 °C (3.6 °F), krátká vzdálenost, max. 10 cm (4 in) od cíle. Vlhkost relativní 95%, nekondenzující. Krytí IP 54. Odolnost v pádu 2 m (6.6 ft). Hmotnost 125 g (4,4 oz) Rozměry: délka 200 mm (7.90 in), šířka 47 mm (1.85 in), výška 25,4 mm (1.00 in). Výdrž baterie je 10 hodin před dalším nabíjením (≈1000 měření), ale s externím snímačem je až o 30% nižší výdrž baterie. Podporovaný externí snímač: jakýkoli standardní akcelerometr s citlivostí 100 mV/g, který vyžaduje ICP (piezoelektrický integrovaný obvod), napájení externího snímače: 24 VDC při 3.5 mA.



Obr.23 – CMAS 100-SL v provozu

- **Analýza ozubení s použitím časového průměrování pomocí Machine Analyst/HMI**

Je to nová metoda analýzy vibrací (čekající na patentování), která se jmenuje Cyklické časové průměrování (Cyclic Time Averaging – CTA), jež je dostupná v Machine Analyst/HMI (Human Machine Interface) od SKF. Tato metoda cyklického průměrování v čase je podobná dobře zavedené metodě časově synchronního průměrování, přitom hlavní rozdíl spočívá v tom, že CTA nevyžaduje použití externí spouště.

Časově synchronní průměrování je procesem, ve kterém se používá externí spoušť „jednou za otáčku – 1X“ pro časovou synchronizaci a pro průměrování dat sbíraných na stroji. Vzorkovaná data jsou trvale synchronizována se spouští 1X, což má za následek, že data v časovém oboru jsou koherentní s otáčkami stroje. Když jsou časová data sekvenčně průměrována, jsou zvýrazňovány pouze amplitudy dat v celých násobcích otáček; všechny špičky nesynchronních dat mají tendenci klesat k nule. Tato metoda zvýrazňuje požadované signály a minimalizuje nežádoucí signály vibrací například od sousedních strojů. Tato metoda je rovněž užitečná u aplikací jako je vyvažování, protože zachovává přesné a stabilní měření fáze.

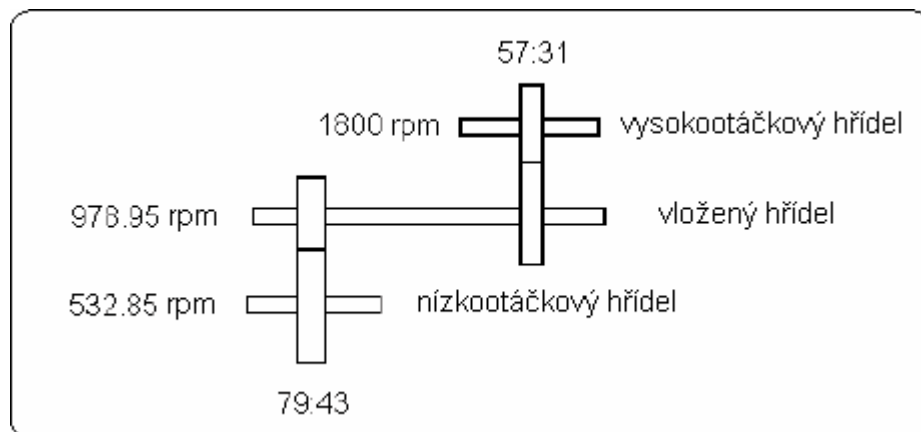
Cyklické časové průměrování je metoda následného zpracování, u které jsou datové výběry, jež obsahují po sobě následující cykly stroje, převzorkovány, sečteny a pak průměrovány. Převzorkování je založeno na synchronizačním pulzu (spoušti), který fyzicky neexistuje. Namísto externí spouště se u cyklického časového průměrování používá uživatelsky definovaná spoušť.

Stejně jako časově synchronní průměrování je i cyklické časové průměrování užitečným nástrojem v situacích, kdy je požadováno průměrování dat, které je založeno na určitých událostech, pro ohodnocení vibrací od určitého zdroje nebo je požadováno pro eliminování vlivu nežádoucího zdroje vibrací. Na rozdíl od synchronního časového průměrování nejsou u cyklického časového průměrování data absolutní fáze hřídele koherentní s cyklem stroje. Cyklické časové průměrování může být použito místo časově synchronního průměrování vždy, když požadovaná spoušť není snadno dostupná.

Jeden z nejlepších příkladů použití cyklického časového průměrování je případ, kdy není k dispozici externí spoušť, jako je tomu při monitorování vložených hřídelí převodovky. Například, vibrační diagnostik se rozhodne podrobněji analyzovat časovou vlnu od každého zubu ozubeného kola, které zabírá s pastorkem na vysokootáčkovém hřídeli. Cílem je zjistit, zda na tomto kole nejsou poškozené zuby, aniž by se musel stroj zastavit a demontovat pro provedení kontroly. Průměrování, založené na spoušti od vloženého hřídele, by bylo potřebné pro zvýraznění příznaků od potenciálně poškozeného ozubení kola. Problémem je, že na vloženém hřídeli není žádná spoušť a je nemožné ji namontovat, protože hřídel není dostupný. Cyklické časové průměrování je jediným způsobem, jak podrobně prohlédnout časovou vlnu, generovanou každým zubem tohoto kola.

Algoritmus cyklického časového průměrování je implementován v programovém balíku Machine Analyst/HMI a takto představuje snadno použitelný nástroj pro uživatele Machine Analyst pro provedení cyklického časového průměrování při analýze dat uložených v databázi. Pro získání užitečného výsledku při analýze pomocí cyklického časového průměrování je důležité sbírat data s vhodným nastavením měření. Přibližné pravidlo říká, že je nutné zajistit, aby rychlost vzorkování byla dostatečně vysoká pro dosažení dobrého rozlišení u události, ale nesmí být tak vysoká, aby se vyskytl nedostatek dat pro provedení průměrování.

PŘÍKLAD POUŽITÍ A VYHODNOCENÍ:



Obr. 24 - Převodovka s předpokládaným poškozením zubu kola na vloženém hřídeli.

Pro náš případ poškozeného zubu ozubeného kola je událost definována jako doba od počátečního kontaktu dvou zubů až do konce jejich kontaktu. Bylo rozhodnuto, že na každý záběr dvojice zubů je preferován počet 50 vzorků. Vzorkovací rychlost lze pak odhadnout takto:

Dáno: počet vzorků/zub = 50  
 počet zubů = 57  
 otáčky hřídele = 978,95 ot/min

Vzorkovací rychlost se určí takto:

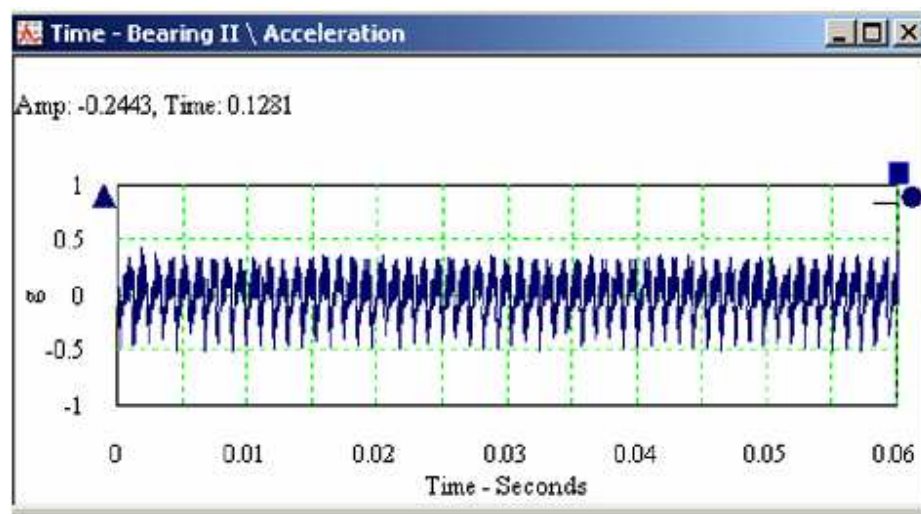
$$\text{Vzorkovací rychlost} = 50 \text{ (vzorků/zub)} * 57 \text{ (zubů)} * 978,95/60 \text{ (Hz)} = 46,5 \text{ kHz}$$

Odpovídající šířka pásma analýzy je  $f_{\max} = 46,5 \text{ kHz} / 2,56 = 18,16 \text{ kHz}$  (asi 20 kHz). Počet čar je zvolen 6400, což dává maximální množství dat na průměrování při použití



zařízení LMU (Local Monitoring Unit) na sběr dat. U nové jednotky Multilog CMU (Condition Monitoring Unit) je maximální počet čar 12 800, což dává dvojnásobné rozlišení.

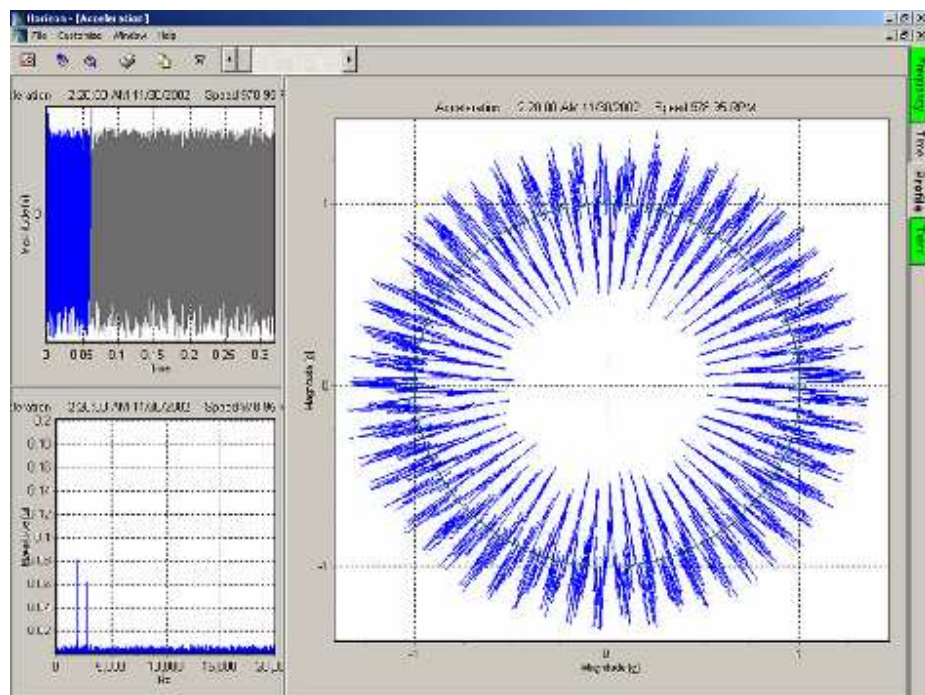
Aby byl demonstrován algoritmus cyklického časového průměrování pro zvýraznění příznaků poškozeného zubu, nastaví se měřicí bod v Machine Analyst/HMI na zpracování časových dat od převodovky, která jsou uložena v databázi Machine Analystu. Časová vlna pro jednu otáčku hřídele je na obrázku 25. Povšimněte si, že na grafu je 57 cyklických událostí, které reprezentují 57 záběrů zubů. Časová vlna nedává jasné svědectví o špatném zubu na kole.




Obr.25 - Časová vlna za jednu otáčku hřídele

Tatáž časová vlna v Machine Analyst/HMI je reprezentována na obrázku 26. Machine Analyst/HMI dává tři grafy:

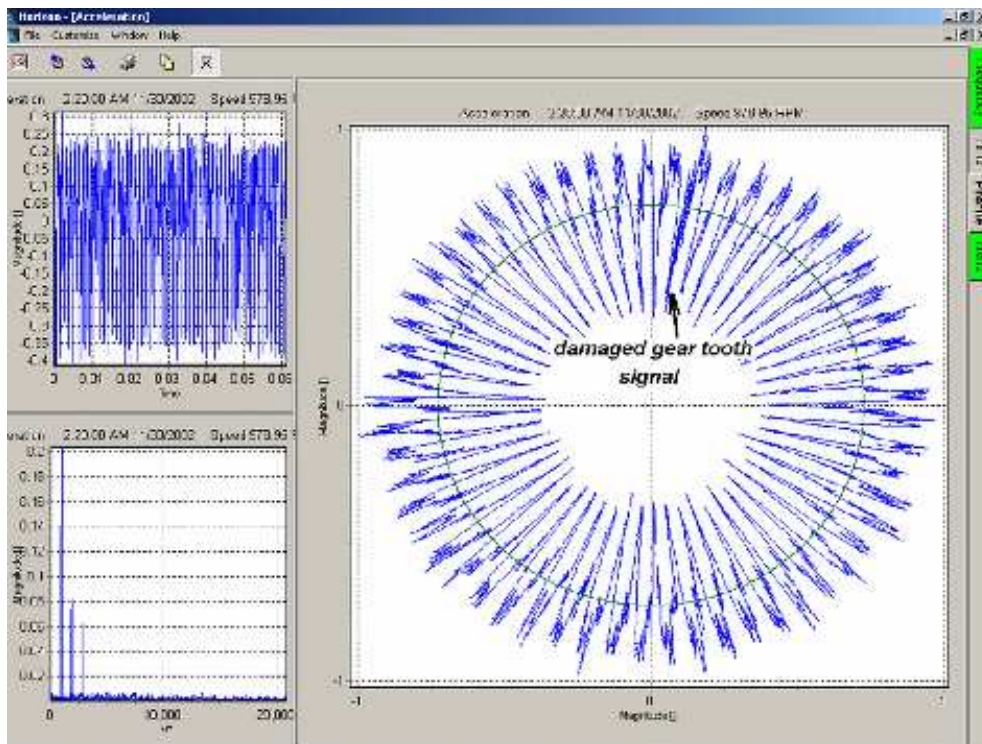
- Časová vlna celého datového bloku je nakreslena v levém horním rohu a je zvýrazněna část, která představuje časový průběh pro první otáčku. Uživatel může procházet další otáčky pomocí posuvného pruhu na nástrojové liště.
- Spektrum datového bloku je nakresleno v levém dolním rohu.
- Graf profilu časového průběhu jediné otáčky (která je ve zvýrazněné části časového grafu v levém horním rohu) je zobrazen na pravé straně.



Obr.26 - Prezentace časové vlny a spektra pomocí Machine Analyst/HMI od SKF před tím, než je provedeno cyklické časové průměrování

Po kliknutí na tlačítko  na nástrojové liště je zahájen proces cyklického časového průměrování. Machine Analyst/HMI provede výpočty a zobrazí výsledek, který je ukázán na obrázku 27. Jsou zde tři grafy:

- Časový průběh, který byl cyklicky průměrován; ten je v levém horním rohu.
- Spektrum pro průměrovaná data je nakresleno v levém dolním rohu.
- Graf profilu časového průběhu cyklicky časově průměrované vlny je zobrazen na pravé straně.



Obr.27 - Zobrazení časového průběhu vlny a spektra v Machine Analyst /HMI po cyklickém časovém průměrování

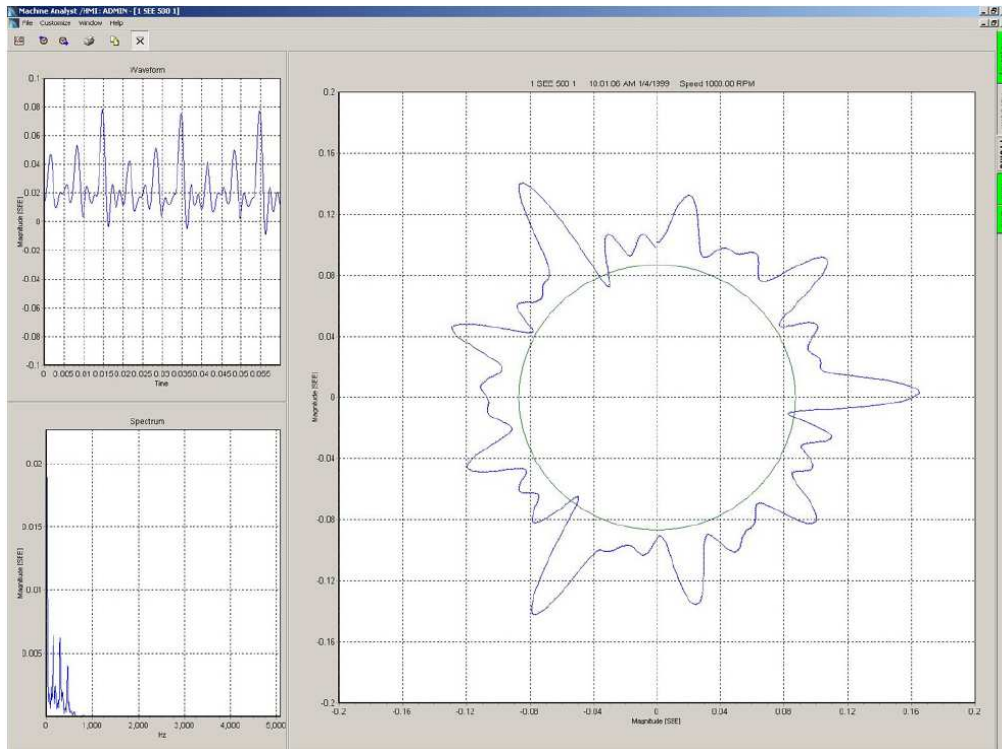
Na grafu profilu je jasně vidět, že poškozený zub generuje významné množství vysokofrekvenčních vibrací v průběhu počátečního kontaktu se zabírajícím zubem. Je pozoruhodné, že bylo potřeba provést pouze pět průměrů, aby byly získány příznaky pro tento poškozený zub.

V podobném příkladu na obrázku 28 je ukázán výsledný graf profilu po cyklickém časovém průměrování pro kolo se třemi poškozenými zuby. Tyto závady jsou jasně indikovány třemi největšími špičkami na grafu profilu.

Cyklické časové průměrování je výkonným nástrojem v diagnostice a monitorování stavu vibrací rotačních strojů, zejména tehdy, když externí synchronní spoušť pro proces průměrování není dostupná.

Zákazníkům, kteří používají Machine Analyst/HMI od SKF, tento programový balík poskytuje velmi snadno použitelné rozhraní pro provedení výpočtů při cyklickém časovém průměrování a pro zobrazení výsledků.

Je nutné poznamenat, že zatímco synchronní časové průměrování vyžaduje proměnnou vzorkovací rychlost pro sledování externí spouště, Machine Analyst vyžaduje relativně stálé otáčky s doporučenými odchylkami otáček ne většími než 1 %.



Obr.28 - Zobrazení cyklického časového průměrování se třemi vadnými zuby na kole

- **Microlog Analyzer AX**

Pokročilý datový kolektor a FFT analyzátor SKF Microlog Analyzer AX je nejpokročilejší analyzátor s velkou obrazovkou, který SKF nabízí v současnosti. Vlastnosti AX umožňují rychle zaznamenat velký rozsah vibračních dat. Analyzátor je velmi pružný při podpoře aplikací, které jsou nejdůležitější pro specifický program prediktivní údržby.

Nejdůležitější vlastnosti: současné měření ve třech osách nebo čtyřkanálové měření pro rychlý sběr dat. Procesor 806 MHz Xscale má vyšší rychlost v reálném čase a rychlejší aktualizaci displeje. Konstrukce je robustní, odolná prachu a vodě dle IP65 a zajišťuje spolehlivost v průmyslovém prostředí. Nabíjecí lithiová baterie podporuje trvalý sběr dat po osm hodin. Velký VGA barevný displej 6,4“ umožňuje snadné prohlížení a analýzu při jakémkoliv osvětlení.

Kombinace s programem SKF @ptitude umožňuje důkladnou analýzu a psaní zpráv. SKF Microlog Analyzer AX lze bez problémů spojit s programem SKF @ptitude Analyst 4.1 pro jednoho uživatele a lze pracovat v podnikové síti při použití SKF @ptitude Monitoring Suite. Po přidání SKF @ptitude Decision Support je možná komunikace s podnikovým systémem CMMS nebo EAM, čímž se automatizuje

rozhodování v údržbě pro zajištění spolehlivosti tím, že se zjišťují možné závady a předepisují nápravné akce.

SKF Microlog AX má modulární konstrukci. Uživatelé si mohou vybrat aplikační moduly, které vyhovují jejich individuálním požadavkům. **AX-M model** – má instalován modul pro čtyřkanálovou analýzu mimo trasu / dvoukanálové nebo současné měření ve třech osách na trase a modul pro dvoukanálové vyvažování. Model AX-M lze rozšířit na AX-S nebo AX-F. **AX-S model** – má všechny vlastnosti AX-M a přidán je modul pro zkoušku rázem (Bump Test) a modul pro digitální záznam dat (Data Recorder). **AX-F model** – dále rozšiřuje možnosti přidáním modulu pro rozběh a doběh (RuCd - Run up Cast down), modulu pro funkci frekvenční odezvy (FRF – Frequency Response Function) a modulu pro kontrolu shody (Check to Conformance). Všechny moduly lze rovněž objednat samostatně.

SKF Microlog Analyzer AX odstraňuje obtížnost při provádění monitorování stavu tím, že pro analyzování vibračních signálů a procesních proměnných používá čtyřkanálová měření mimo trasu a statické a dvojicové dynamické vyvažování v jedné nebo dvou rovinách v širokém rozsahu od 10 cyklů za minutu (0,16 Hz) do 4 800 000 cyklů za minutu (80 kHz). Hodnocení ložisek se provádí s použitím SKF technologie obálkového zrychlení (Acceleration Enveloping gE), která je ověřena v průmyslu. V AX jsou využity nejnovější pokrokové analogové a digitální elektronické prvky, včetně digitálního zpracování signálů (Digital Signal Processing – DSP) a analogově/digitálních Sigma-Delta převodníků s vysokým rozlišením, aby byla zajištěna jak rychlost, tak přesnost procesu sběru dat.

Modul pro zkoušku rázem – Bump Test module: zkouška rázem je impulsní zkouška, která se provádí pro vybuzení stroje a pro měření jeho vlastních frekvencí. To napomáhá určit, jestli za vysokou úroveň hluku a vibrací je zodpovědná rezonance, nebo zda existuje potenciální problém stroje.

SKF @ptitude Analyst poskytuje rychlé a spolehlivé uložení, analýzu a vyvolání složitých dat strojů a umožňuje zpřístupnění informací v celé organizaci. Nováčci i zkušení uživatelé se jej snadno naučí a používají jej. Je propojitelný s jinými programy a systémy.

Modul pro funkci frekvenční odezvy – Frequency Response Function module FRF: modul zjišťuje vlastnosti mechanických konstrukcí (hmotnost, tuhost a tlumení) tak, že umožňuje provedení modální analýzy s použitím kalibrovaného kladiva. Měření lze exportovat pro výpočet a animaci modálních tvarů. Modul také měří přenosovou

funkci (poměr) mezi dvěma snímači za provozu stroje. Měření lze exportovat pro výpočet a animaci provozních tvarů kmitů (ODS – Operation Deflection Shapes).

Modul pro rozběh a doběh – Run up Coast down module: tento modul analyzuje data u strojů, jejichž úroveň hluku a vibrací se mění v závislosti na otáčkách, čase nebo zatížení (aplikace, které způsobují přechodové jevy), pro stanovení kritických / rezonančních otáček stroje. Modul současně sbírá signál hluku nebo vibrací spolu s tachometrickým signálem a ukládá data jako časovou vlnu (WAV soubor) pro další analýzu.

Modul pro kontrolu shody – Check to Conformance module: tato funkce transformuje AX na nástroj pro každodenní inspekční a údržbářské rutiny. Při automatizovaném hodnocení se porovnávají hodnoty vibrací s nastavenými mezemi a zobrazuje se indikace vyhovění nebo selhání pro kontrolu, zda produkt vyhovuje předem definovaným indikátorům kvality nebo požadovaným normám.

#### SPECIFIKACE:

Vstupní signál: akcelerometr, snímač rychlosti, snímač výchylky (od ručně držených nebo instalovaných snímačů), AC/DC snímače, snímače tlaku, snímače teploty, tachometr a ruční vstup.

Měřené parametry: zrychlení, rychlost, výchylka, gE, teplota, fáze, napětí, uživatelsky specifikovaný.

Typy měření: celková hodnota, spektrum, časová vlna, fáze, orbity, poloha středu čepu.

Signál: efektivní / špička / špička-špička / skutečná špička / skutečná špička-špička.

Kontrola snímače: integrita předpětí (detekce rozpojeného a zkratovaného obvodu).

Automatické nastavení rozsahu: ano.

Dynamický rozsah: >90 dB. Frekvenční rozsah: DC až 80 kHz.

Stav ložisek: gE (obálka zrychlení). gE filtry: 5 Hz – 100 Hz, 50 Hz – 1 kHz, 500 Hz 10 kHz, 5 kHz – 40 kHz.

FFT rozlišení: 100 – 25 600 čar. Délka časového bloku: 256 – 65 536 vzorků.

Průměrování: efektivní, časové synchronní, držení špiček.

Poplarchy: celkový a spektrální (špičková a efektivní úroveň).

Rozměry: 220 x 220 x 71 mm.

Hmotnost: 1,54 kg.

Displej: 6,4“ TFT VGA, barevné LCD se zadním prosvícením (rozlišení 640 x 480, barvy 18 bitové). Krytí: EN 60529 IP65 (prachotěsné a vodotěsné). Pádový test: 1,2 m, podle MIL STD-810F (s odtaženým stojanem).

Provozní teplota: -10 až +60 °C. Vlhkost: 10 až 90 % relativní, nekondenzující, při 0 až +50 °C.



Obr.29 - SKF Microlog AX je plně vybavený, čtyřkanálový, vysoce výkonný datový kolektor a také FFT analyzátor



Obr.30 - SKF Microlog AX umožňuje rychlý sběr dat a analýzu. Velká obrazovka usnadňuje prohlížení při jakémkoliv osvětlení

### 5.3.2 Tribodiagnostika

Pokud má provozovatel stroje možnost zajistit systematickou laboratorní kontrolu olejů podle příslušných ČSN, není třeba provádět výměnu olejů v intervalech, které jsou v pokynech uvedeny. Při laboratorních zkouškách se zjišťuje viskozita, obsah vody a obsah mechanických nečistot, které jsou pro použitelnost olejů rozhodující.

První laboratorní rozbor mazacích olejů je třeba provést po půl roce provozu převodovek s novou olejovou náplní. Další rozbor je nutno provádět s ohledem na výsledky předcházejícího rozboru, nejpozději však za 3 měsíce. Mazací olej je použitelný do té doby, pokud některý ze sledovaných parametrů nedosáhne hodnoty uvedené v tabulce. Pak je třeba olej vyměnit.

Doplňovat lze pouze shodný olej nebo olej shodné viskozitní třídy, jehož výrobce zaručuje mísitelnost s původní náplní.

Použití jiného než doporučeného oleje při výměně náplně nutno konzultovat s výrobcem kolesového rýpadla.

Upotřebený olej, který již nelze regenerovat, je třeba odevzdat firmě zabývající se likvidací upotřebených olejů.

Pro převodovky je možno též použít olej převodový MOGUL TRANS 90, který je s olejem PP 90 mísitelný.

Dalším olejem může být převodový olej ARAL EP 85W-90.

Rozbor lze provádět i pomocí přenosných analyzátorů, např. SKF CM20 (až 300 zkoušek), jež k rozboru využívá fotodiody. Vyhodnocení se provádí samostatně, nebo spolu s programem PRISM<sup>4</sup>Pro (nebo PRISM<sup>4</sup>Lube) a s programem pro kontrolu maziv Herguth LAMP. Dalším analyzátozem je analyzátor UCC H<sub>2</sub>Oil, jež se ponejvíce používá k provoznímu zjišťování obsahu vody. Sledují se parametry uvedené v tabulce, odběr se provádí pipetováním, při použití CM20 pak jednobodovým vzorkovačem. Základem je odebrání tzv. reprezentativního vzorku, tzn. za chodu stroje a pod povrchem hladiny oleje (cca 10 cm) v množství cca 1 litr.





Obr.31 – Dvoukanálový přenosný analyzátor H<sub>2</sub>Oil



Obr.32 – Šestikanálový přenosný olejový analyzátor CM20

## HRANICE PRO POUŽITELNOST OLEJŮ

<b>Druh oleje</b>	<b>Viskozita <math>\text{mm}^2 \text{s}^{-1}</math></b>	<b>Viskozita 100°C <math>\text{mm}^2 \text{s}^{-1}</math></b>	<b>Obsah vody %</b>	<b>Obsah mechanických nečistot nezadíracího charakteru %</b>
OA-PP 90 nový použitelný	50°C 94,5 maximálně 118,0	minimálně 14,5 maximálně 21,0	0 maximálně 2,5	0 maximálně 2,0
ARAL EP 85 W-90 nový použitelný	40°C 210 maximálně 190 ÷ 230	minimálně 18 maximálně 11 ÷ 24	0 maximálně 0,5	0 maximálně 1,0

Použité normy: ČSN 65 6216

Průhledné a neprůhledné kapaliny

Stanovení kinematické viskozity a výpočet  
dynamické viskozity

ČSN 65 6219

Stanovení obsahu mechanických nečistot  
v ropných výrobcích filtrací

EN ISO 3104

Ropné výrobky

## 6 ZÁVĚR

Dle zadání diplomové práce byl proveden návrh pohonu kola kolesového rypadla KU 800, včetně jeho diagnostického systému, s použitím třecí spojky REXNORD.

V diplomové práci je uveden stručný popis rypadla, dříve používané spojky a důvod volby hydraulicky ovládané třecí spojky. Následuje její výpočet a popis jejího fungování, konstrukce, montáže, provozu a údržby. V návaznosti na spojku je uveden popis převodovky, včetně všech důležitých věcí, jako je mazání, uvedení do provozu, záběh převodovky a její obsluha a údržba .

V návrhu diagnostického systému pohonu kola jsou zvolena místa měření vibračních ložisek převodovky, ozubení převodovky, ložisek hřídele kola a místo odběru reprezentativního vzorku oleje pro určení jeho kvality. Byly navrženy metody a způsoby sledování objektu z oblasti vibrodiagnostiky a tribodiagnostiky, jejich vyhodnocení a měřicí technika, jež by byla vhodná k jejich provedení s popisem funkcí a vlastností.

Návrh měřících míst byl proveden dle výkresové dokumentace a je možné, že měření in situ (v provozu) prokážou především z hlediska bezpečnosti nutnost drobných změn.

Co se týče finanční náročnosti tohoto návrhu, tak už samotná realizace projektu a měření má velký význam při konkurenčním boji firmy na poli poptávky a nabídky, jelikož provozní zkušenosti hovoří jednoznačně: čím větší, složitější a dražší je provozovaný stroj nebo zařízení, tím důležitější se stává preventivní údržba.

Převodová skříň pohonu kola je nejdůležitější částí velkstroje. Je také nejvíc namáhanou převodovou skříní celého stroje. Obzvláště namáhanou částí je uložení vstupních pastorků.

Diagnostika pohonu kola KU 811 má své opodstatnění. V dnešní době je stroj nasazen in situ společně se strojem KU814. V roce 2010 však dojde k odstavení stroje KU814 a stroj KU811, bude jediný nasazený stroj typu KU800 v těžební lokalitě Vršany.

Monitorováním pohonu kola v pravidelných intervalech nebo kontinuálně, je možno se vyhnout neplánovaným odstávkám a drahým opravám a předem naplánovat odpovídající kroky ze strany údržby.

## 7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] JEŘÁBEK, K., HELEBRANT, F., JURMAN, J., VOŠTOVÁ, V.: *Stroje pro zemní práce, Silniční stroje*. VŠB-TU Ostrava, 1995. 466 s.
- [2] HOJDAR, J., HELEBRANT, F., GONDEK, H.: *Povrchové dobývací stroje I. (1. a 2. část)*. VŠB-TU Ostrava, 1991 a 1993. 305 s. a 171 s.
- [3] HOJDAR, J., HELEBRANT, F., KLIMECKÝ, O., JURMAN, J., GONDEK, H.: *Povrchové dobývací stroje II*. VŠB-TU Ostrava, 1986. 328 s.
- [4] HELEBRANT, F. a kol.: *Technická diagnostika zařízení povrchové těžby hnědého uhlí (2 část)*. Výzkumná zpráva SVÚ P 01-123-802, DÚ 01/et. 3. VŠB-TU Ostrava, 1986. 82 s.
- [5] ŠIMŮNEK, J.: *Části strojů pro povrchovou těžbu – kolesová rypadla*. Skripta PGS, VŠB-TU Ostrava, 1985.
- [6] DURST, W., VOGT, V.: *Schaufelradbagger*. Trans Tech Publication, 1980.
- [7] SKF Condition Monitoring: *Product Catalog*.
- [8] Projekční a konstrukční podklady kolesového rypadla KU 800, UNEX a.s. Uničov.

Seznam internetových stránek:

<http://www.skf.cz>

<http://www.unex.cz>

<http://www.svendborg-brakes.dk>

<http://www.rexnord.com>

## 8 SEZNAM PŘÍLOH

Výkresy:	Spojka REXNORD	SPOJ-001-00+Kusovník
	Převodová skříň	PSK-001-00+Kusovník
	Pohon kola	POH-001-00+Kusovník
	Pohon kola – Umístění snímačů	
	Převodová skříň - Kinematika	
Příloha č. 1	Snímače	
Příloha č. 2	Přehled měřicí techniky	
Příloha č. 3	Spojka REXNORD	
Příloha č. 4	Kolesové rýpadlo	
Příloha č. 5	Příklad výstupu diagnostického měření pohonu	
1 ks CD	Diplomová práce	