

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Diagnostický a údržbářský systém velkstroje
Diagnostic and Maintenance System of Giant Machine

Student: Petr Šumník
Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. František Helebrant, CSc.

Ostrava 2010

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/200 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bakalářské práce bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu je se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněná 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:.....

.....

podpis

Jméno a příjmení autora práce: Petr Šumník

Adresa trvalého pobytu autora práce: Opava – Podvihov, Lazecká 15a

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

ŠUMNÍK, P. *Diagnostický a údržbářský systém velkstroje : bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2010, 40 s., Vedoucí práce: Helebrant, F.

Bakalářská práce se zabývá návrhem diagnostického a údržbářského systému. V úvodu práce jsem popsal jednotlivé metody technické diagnostiky aplikovatelné na kolesová rypadla. Popsal jsem zde jednotlivé metody zkoušek využívaných k zjišťování technického stavu.

Další část práce je věnovaná rozpracování na jednotlivé konstrukční uzly velkstroje. Jsou zde uvedeny měřící přístroje a software, které jsem navrhl k aplikaci. Dále jsem zde uvedl základní informace pro organizační schéma návrhovaného systému údržby.

ANNOTATION OF THESIS

ŠUMNÍK, P. *Diagnostic and Maintenance System of Giant Machine: Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering Department of Production Machines and Design, 2010, 40 p. Thesis head: Helebrant, F.

The bachelor thesis deals with the diagnostic and maintenance system. At the preliminary thesis I described individual methods of technical diagnostic applicable on the wheel excavator. I described the individual test methods here applicable to solving technical condition.

Next part is devoted work out on the individual structural units of giant machine. I said there aparaturs and software, which I proposed to the application. Then I said here elementary information on the organization chart of the proposed maintenance system.

Obsah

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Úvod | 7 |
| 2 | Technická diagnostika | 7 |
| 2.1 | Tribodiagnostika | 8 |
| 2.1.1 | Tření | 9 |
| 2.1.2 | Metody tribodiagnostiky | 11 |
| 2.1.3 | Ferografie..... | 12 |
| 2.1.4 | Kinematická viskozita | 13 |
| 2.1.5 | Bod vzplanutí..... | 14 |
| 2.1.6 | Obsah vody | 14 |
| 2.1.7 | Číslo alkality a kyselosti..... | 15 |
| 2.1.8 | Další metody | 15 |
| 2.1.9 | Odběr vzorků | 16 |
| 2.2 | Vibrodiagnostika..... | 16 |
| 2.2.1 | Mechanické kmitání | 16 |
| 2.2.2 | Druhy signálu..... | 17 |
| 2.2.3 | Snímače vibrací..... | 17 |
| 2.2.4 | Metody vibrační diagnostiky | 20 |
| 2.2.5 | Vibrodiagnostika pro valivá ložiska..... | 21 |
| 2.2.6 | Vady valivých ložisek | 24 |
| 2.3 | Termodiagnostika | 24 |
| 2.3.1 | Měřicí metody | 24 |
| 3 | Základní popis velkstroje | 25 |
| 4 | Měřicí místa | 27 |
| 4.1 | Pohon kola a uložení hřídele kola | 27 |
| 4.2 | Pohon pasových dopravníku..... | 29 |
| 4.3 | Pohon otoče horní stavby | 30 |
| 4.4 | Pohon zdvihu kolesového výložníku | 30 |
| 4.5 | Pohon drtiče..... | 30 |
| 4.6 | Pohony housenic | 31 |
| 5 | Diagnostický systém..... | 31 |
| 5.1 | VibXpert..... | 31 |
| 5.2 | Systém Omnitrend | 33 |
| 5.3 | Vibronet..... | 34 |
| 5.4 | Systém tribologické péče | 34 |
| 6 | Údržbářský systém | 35 |
| 6.1 | Aplikace údržby..... | 35 |
| 6.2 | Systém kontrolní činnosti v údržbě | 36 |
| 7 | Závěr | 39 |
| | Použitá literatura | 40 |

Seznam použitých zkratk a symbolů

| Značka | Název | Jednotka |
|---------------|---|-------------------------------------|
| F_t | tangenciální síla | [N] |
| F_n | normálová síla | [N] |
| μ | součinitel smykového tření | [-] |
| DL | denzita v místě usazování velký částic | [kg.m ⁻³] |
| DS | denzita v místě usazování malých částic | [kg.m ⁻³] |
| I_0 | index intenzity opotřebení | [-] |
| PLP | podíl velkých částic | [%] |
| ν | kinetická viskozita | [mm ² .s ⁻¹] |
| f | kmitočet | [Hz] |
| T | doba 1 kmitu | [s] |
| P_d | střední průměr | [mm] |
| B_d | průměr valivých elementu | [mm] |
| RPM | otáčky hřídele | [min ⁻¹] |
| n | počet valivých elementů | [-] |
| \varnothing | kontaktní úhel | [°] |
| YE | snímač zrychlení | [-] |
| GE | snímač dráhy | [-] |
| SE | snímač počtu otáček | [-] |
| EE | snímač zatížení | [-] |
| KOH | hydroxid draselný | [-] |
| TAN | číslo kyselosti | [-] |

1 Úvod

Technická diagnostika zabezpečuje schopnosti provozu daného stroje, zařízení. Zajištění provozuschopnosti znamená předcházet poruchám popřípadě havárii. Různými aplikacemi metod technické diagnostiky v současné době dokážeme předcházet těmto případům, kdy bychom museli strojní zařízení odstavovat, což způsobuje nemalé ztráty provozovatelům těchto výrobních strojů.

Základním prostředkem k zajištění provozuschopnosti stroje je údržba. Správně vyprojektovaný mechanismus údržby dokáže snížit náklady na provoz a předcházet ztrátám výrobních společností.

2 Technická diagnostika

Technickou diagnostiku dělíme na:

- Technickou bezdemontážní diagnostiku
 - testová diagnostika
 - provozní technická diagnostika
- Technickou nedestruktivní diagnostiku

Základní cíle technické diagnostiky jsou:

- prodloužení životnosti provozu stroje
- zvýšení spolehlivosti daného stroje
- zajištění nejmenších ztrát energií
- předcházení havarijních stavů
- snížení nákladu na údržbu

Důležité pojmy

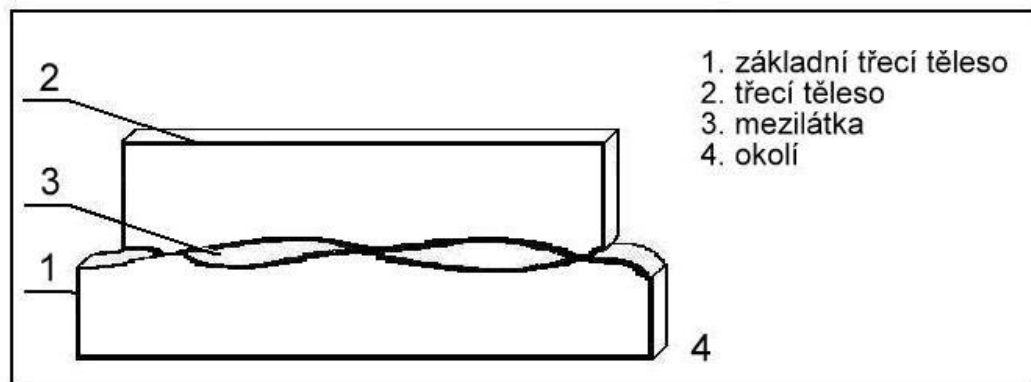
- Diagnostikovatenost – vlastnost objektu, která vyjadřuje způsobilost k získávání informací o technickém stavu a metodách jejího získávání
- Detekce – určení existence vznikající poruchy
- Lokalizace – určení místa, vadné části nebo uzlu vznikající poruchy
- Specifikace – určení příčiny vznikající poruchy, vyhodnocením diagnostického signálu

- Predikace – určení prognózy zbytkové životnosti za účelem strategického plánování a řízení údržby

2.1 Tribodiagnostika

Vlivem práce stroje dochází k opotřebování a tím vzniku částic kovu, které jsou pomocí maziva vyplavovány. Tribodiagnostika je metoda technické bezdemontážní diagnostiky, která pomocí maziva dokáže určit technický stav stroje. Aplikovanými zkouškami dokážeme upozornit na případné vznikající poruchy a dokážeme určit i místo vady.

- Tribologie – věda zabývající se pohybem dvou dotýkajících se povrchu
- Tribologický systém – jedná se o systém, ve kterém dochází k vzájemnému tření dvou nebo více prvků

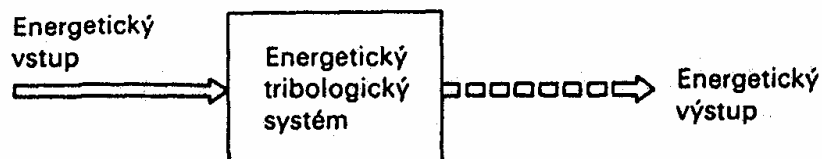


Obr. 1 Schéma tribologického systému

Aktivní prvky: základní třecí těleso (pánev, trubka), třecí těleso (hřídel, voda), mezilátka (mazivo)

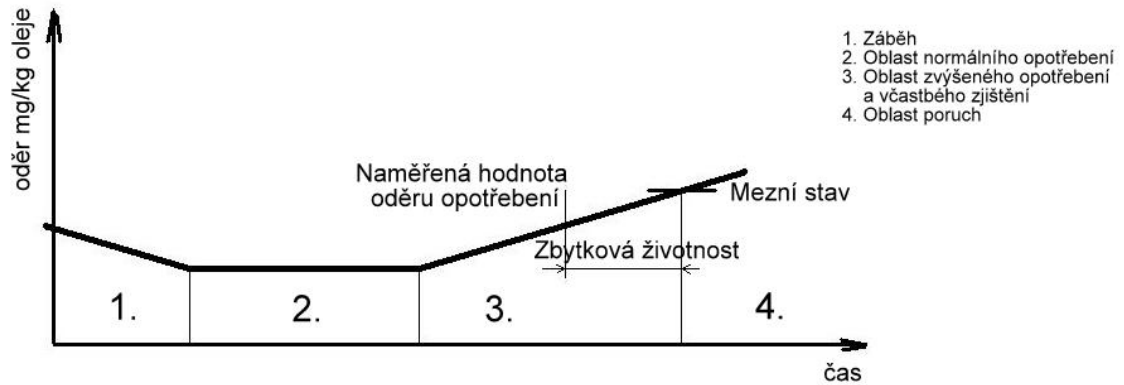
Pasivní prvek: okolí (vzduch, u lodí splývá třecí těleso s okolím).

Tribologický systém můžeme charakterizovat, jako energetický systém dochází k přeměně mechanické energie na energii tepelnou (Obr. 2)



Obr. 2 Energetické schéma

Čím větší je opotřebení tím více částic materiálu se nachází v mazivu. Pomocí Vannovy křivky (Obr. 3) dokážeme sledovat nárůst počtu a velikosti částic v materiálu vzhledem k délce životnosti.



Obr. 3 Vanová křivka

2.1.1 Tření

Tření je odpor proti pohybu nebo ztráta energie při pohybu navzájem se dotýkajících materiálůvých oblastí.

Z hlediska funkčního rozeznáváme tření:

- Jev potřebný – plní druh určité technické funkce (brzdy, třecí spojky)
- Jev nepotřebný – dochází ke snižování účinnosti technického zařízení

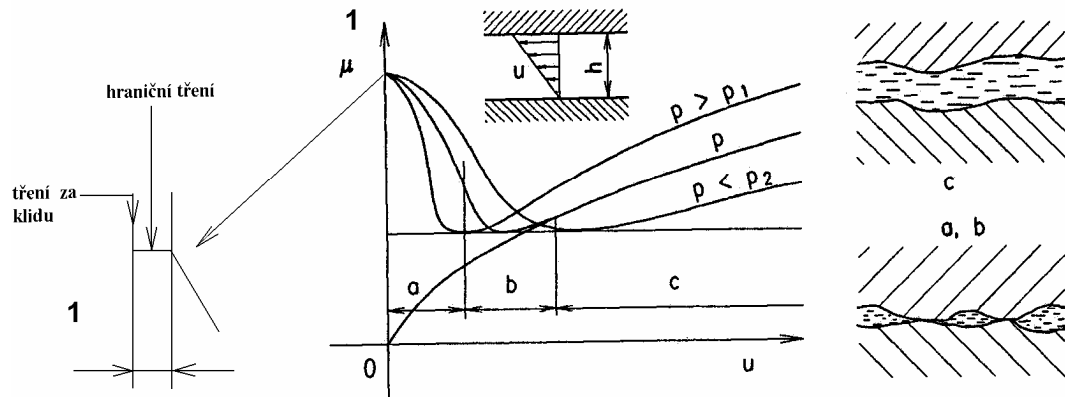
Další rozdělení tření:

- Vnější tření – můžeme popsat jako odpor proti relativnímu pohybu, který vzniká mezi dvěma přitlačovanými tělesy v oblasti jejich dotyku na povrchu
- Vnitřní tření – ztráta mechanické energie v průběhu nebo ukončení relativního pohybu materiálůvých oblastí navzájem se dotýkajících

Dělení podle skupenství:

- Suché tření – vzniká v adhezních vrstvách pevného skupenství
- Smíšené tření – povrchy se dotýkají vlivem nerovností, mezi nimi se vyskytuje tření kapalinové (mezilátka)
- Kapalinové tření – třecí proces probíhá ve vrstvě maziva
- Mezní tření – limitní stav smíšeného (kapalinového) tření
- Tření za klidu – tření s největším součinitelem tření
- Plynové tření – podobné kapalinovému tření, mezilátkou je plyn

- Plazmové tření – třecí vrstva má vlastnosti plazmy, jedná se o druh vysoko ionizovaného plynu



Obr. 4 Stribeckův diagram

μ – součinitel smykového tření

$p - p_1 - p_2$ – tlaky

a – oblast tření pevných látek

b – oblast tření smíšeného

c – oblast tření kapalinového

Rozdělení tření z hlediska pohybu:

- Pohybové tření (kinetické)
- Klidové tření (statické, adhezní)
- Nárazové (vibrační)

U skutečných tribologických systému se uvažuje jen s kluzným a válivým třením, popřípadě jejich kombinací.

Kluzné tření se vyhodnocuje pomocí součinitele smykového tření μ , který je charakterizován poměrem tangenciální síly F_T k síle normálové F_N .

$$\mu = \frac{F_T}{F_N} \quad [1]$$

Dělení tření kluzného:

- Adhezní teorie – přenos síly zabezpečuje adhezní spojení, vznikající vlivem extrémně vysokých tlaku v oblastí kontaktu mikrone rovností.

- Molekulárně mechanické teorie – kdy se síly přenášejí vznikajícím a zanikajícím třecím spojeními (adhezími můstky), jedná se o stacionární proces s lineárním rozložením sil
- Energetická teorie tření – skládá se z mechanické a molekulární složky tření, tzn., že je tvořeno deformační a adhezní složkou.

2.1.2 Metody tribodiagnostiky

Sledování stavu opotřebení strojních součástí:

- Metody stanovující koncentraci ořetrových hmot - metoda RAMO, atomová spektrofotometrie, atomová emisní spektrofotometrie, atomová absorpční spektrofotometrie, polarografie a voltmetrie.
- Metody hodnotící morfologii a distribuční rozdělení částic kovů – ferografie (částicová analýza A feroskopicky B. ferodenzimetry).

Používané metody zkoušek pro sledování degradace samotného maziva:

- kinematická viskozita
- bod vzplanutí
- obsah vody
- číslo celkové alkality a kyselosti
- kapková zkouška
- celkové znečištění
- mechanické nečistoty
- Conradsonův karbonizační zbytek

Stárnutí maziva je důsledek jeho reakce se vzdušným kyslíkem. Závisí na přítomnosti látek urychlujících nebo zpomalujících oxidaci, ale hlavně na teplotě (znatelný rozklad 250-300°C).

Metoda RAMO – Slouží k určení koncentrace čtyř základní prvku v mazivu (Fe, Cu, Pb, Al).

Atomová emisní spektrofotometrie – Slouží k určení přítomnosti a koncentrace většiny prvku periodické soustavy v mazivu, metoda zkoumá záření vycházející z atomu, kterým je dodána energie (Obr. 5).

Polarografie – Slouží k určení přítomnosti a jejich koncentrace většiny prvků periodické soustavy v mazivu, kromě např.: křemíku



Obr. 5 Měřící zařízení spektrofotometrie

2.1.3 Ferografie

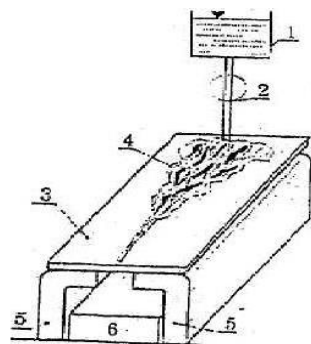
Rozšířena metoda, která pracuje s velikostí a tvarem otěrových částic v mazivu, využívá se přístroje – ferograf (Obr. 6), kdy neředěný roztok ztéká po šikmé ploše nacházející se v magnetickém poli. Velké částice se usazují na začátku podložky a níže se ukládají částice dle tvaru a velikosti, po omytí rozpouštědlem se provádí vyhodnocení, pomocí bichromatického osvětlení. Vyhodnocení se provádí dvěma způsoby fetoskopicky (chemické složení a morfologie) a ferodenzimetry (určuje se distribuce vzhledem k velikosti).

Fetoskopické vyhodnocení:

Částice adhezivního otěru – mikrosváry – šupinky vločkovitého tvaru, šířka a délka v rozmezí 5 – 15 μm

Částice abrazivního otěru – rozrývání – lineárně dlouhé z malé tloušťky

Částice vzniklé únavovým opotřebením – charakteristické opotřebením převodovek, délka, šířka, výška jsou si rozměrově podobné



- 1.nádoba z olejem
- 2.dávkovací zařízení
- 3.ferografická podložka
- 4.stopa
- 5.polové nastavce magnetu
- 6.magnet

Obr. 6. Schéma ferografu

Ferodenzimetrické vyhodnocení:

Měří se světlo procházející ferografickou stopou v místě, kde dochází k usazování malých (S) a velkých (L) částic.

Index intenzity opotřebení:

$$I_0 = D_L^2 - D_S^2 \quad [2]$$

Podíl velkých částic:

$$PLP = \frac{D_L}{D_L - D_S} \cdot 100 [\%] \quad [3]$$

Měrná koncentrace:

$$WPC = \frac{D_L - D_S}{V} \cdot 100 [\% \cdot ml^{-1}] \quad [4]$$

Ferometr fy REO: přístroj měřící denzitu, krok 0,3 mm na úvodních 25 mm ferografické stopy.

Ferograf s přímým odečtem: využívá se skleněné skleničky, kterou protéká vzorek

D_L – denzita v místě usazování velký částic

D_S – denzita v místě usazování malých částic

2.1.4 Kinematická viskozita

Jedná se o hlavní zkušební hodnotu mazacích olejů, tím se stává hlavním parametrem jejich třídění. Změna viskozity je úzce spojena s mechanickou závadou. V provozu se viskozita může měnit v rozsahu $\pm 20 \%$. Kinematická viskozita je velmi závislá na teplotě u motorových olejů se mění až o 5 % na 1°C. Zvyšování viskozity je způsobeno meziprodukty povahy oxidační, oxidací oleje, tvorbou emulze při kontaktu s vodou. Snižování probíhá především degradací (tepelnou, mechanickou) aditiv, záměnou olejů nebo kontaminováním mazacího systému motorovým olejem. Měření viskozity je možné provádět několika druhy viskozimetru.

Kinematická viskozita se určuje pomocí vztahu:

$$\nu = c \cdot \tau [mm^2 \cdot s^{-1}] \quad [5]$$

c – konstanta viskozimetru

τ – aritmetický průměr průtoku viskozimetru

2.1.5 Bod vzplanutí

Udává hodnotu nejnižší teploty, při které dojde vlivem zahříváním k úniku množství par, které způsobí vzplanutí (přiblížení plamenu) a následné zhasnutí. U motorových olejů se teplota vzplanutí pohybuje okolo 190-235°C. Pro měření potřebujeme asi 100 ml oleje. Možnost využití automatických přístrojů s digitálním displejem. Přítomnost vody v oleji způsobuje korozi součástí, vypadávání aditivu, pění oleje, tvorbu emulze, zvyšování viskozity, tvorbu kalu, snižování oxidační stability oleje.

Metody zkoušení:

- Zkoušení v uzavřeném kelímku – vzorek se zahřívá a každé 2 s. se přiblíží zkušební plamen. Určuje se teplota vzplanutí.
 - Metoda A – kelímek umístěn na vyhřívací lázni s konstantní teplotou
 - Metoda B – kelímek umístěn v lázni ochlazené na teplotu o 10°C nižší než je předpokládaná teplota vzplanutí, teplota se pak vlivem zahřívání zvyšuje danou rychlostí
- Zkoušení v otevřeném kelímku – princip založen na zahřívání vzorku předepsanou rychlostí od prvního vzplanutí par po vzplanutí o minimální délce 5 s.

2.1.6 Obsah vody

Přítomnost vody způsobuje korozi, vypadávání aditiv, pění oleje, tvorbu emulze, zvyšování viskozity, tvorbu kalů, snižování oxidační stability oleje.

Metody zkoušení:

Kvalitativní hodnocení přítomnosti vody:

- vizuální zkouška - obsahuje-li správně odebraný a protřepaný vodu o minimální koncentrací 0,025% dochází k zakalení oleje, bez vody je vzorek čirý, zkouška vyžaduje určité zkušenosti pracovníka
- prskací zkouška - zkouška se provádí na vyhřáté zkušební ploše, na plochu se kápne homogenizovaný vzorek k odebrání se používá kapátko, stříkačka, olej se rozptyluje po ploše, pokud vzorek obsahuje stopy vlhkosti, objevují se bublinky

Kvalitativním hodnocení obsahu vody:

- coulometrická metoda – vlivem průchodu proudu se v titrační nádobě uvolňuje jod J_2 , ten reaguje s vodou
- destilační metoda – kvantitativně určuje množství vody, provádí se destilací např. s dexylem

2.1.7 Číslo alkality a kyselosti

Jedná se o jediný ukazatel stárnutí oleje.

Stanovení přítomnosti kyselin a zásad ve vodě – metoda založena na vytřepaní kyselin ze zásad, které jsou rozpustné ve vodě. Hodnota pH se určuje pomocí pH papírku.

Stanovení čísla kyselosti dle ČSN 65 6070.

Číslo celkové alkality udává alkalickou rezervu, zda olej obsahuje látky zásadité povahy a může proto neutralizovat kyseliny, vzniklé např. spalováním. Udává se v mg KOH v 1g oleje – stanoví se potenciometrickou titrací kyselinou chloristou, až do neutralizace. Nemělo by klesnout pod 50% hodnoty v čistém oleji nebo číslo celkové alkality během provozu nesmí být nižší číslo celkové kyselosti.

TAN udává množství KOH v mg, potřebné k neutralizaci kyselin v 1 g oleje. Číslo alkality se stanovuje potenciometrická titrací.

2.1.8 Další metody

Conradsonův karbonizační zbytek

Vyjadřuje náchylnost k tvorbě uhlíkatých zbytku při vysokých teplotách. Jedná se o časově náročnou zkoušku asi 1,5 hod na jeden vzorek, využívá se automatických prostředků.

Kapková zkouška

Zkouškou sledujeme stupeň znečištění oleje. Provádí se nanesením kapky zhomogenizovaného oleje na filtrační papír. Sledujeme tmavost a rozsah struktury kapky na papírku.

Celkové znečištění

Měří se znečištění mechanickými nečistotami a zplodinami termooxidace. Smluvní zkouška, často je součástí diagnostických souprav pro provozní diagnostiku. Např. u hydraulických obvodů: nečistoty primární, z okolí, z obvodu, z hydraulické kapaliny, nejnebezpečnější – částice velikosti kritické vůle.

2.1.9 Odběr vzorků

Vzorky by měla odebírat jedna osoba, nebo musí být vytvořený přesný postup odběru. Odběr se provádí do čistých vzorkovnic obsahu 300ml. Zařízení musí být před samotným odběrem minimálně 20 minut v provozu. Samotnému odběru předchází odpuštění asi 500ml maziva. Po té můžeme odebrat vzorek asi 200-250ml oleje do vzorkovnice. Vzorek musí obsahovat následující údaje - číslo a název stroje, mazané místo, druh maziva, datum odběru, jméno odběratele a určené rozborů, které se mají provádět, takhle označený vzorek předáváme k rozborům do zkušební laboratoře.

2.2 Vibrodiagnostika

Jedná se o část bezdemontážní technické diagnostiky pomocí, které dokážeme odhalit stav sledovaného objektu a tím předcházet jeho havarijním stavům. Sledovaným parametrem při této zkoušce jsou vibrace vznikající u rotačních těles.

2.2.1 Mechanické kmitání

Chvění je kmitavý pohyb pevných těles kolem určité, zpravidla rovnovážné polohy. Kmitání lze vysvětlit jako pohyb tělesa zavěšeného na pružině. Pohyb takového bodu je způsoben pružnou silou. Počet plných cyklů kmitavého pohybu za sekundu se nazývá kmitočet a vyjadřuje se v Hz.

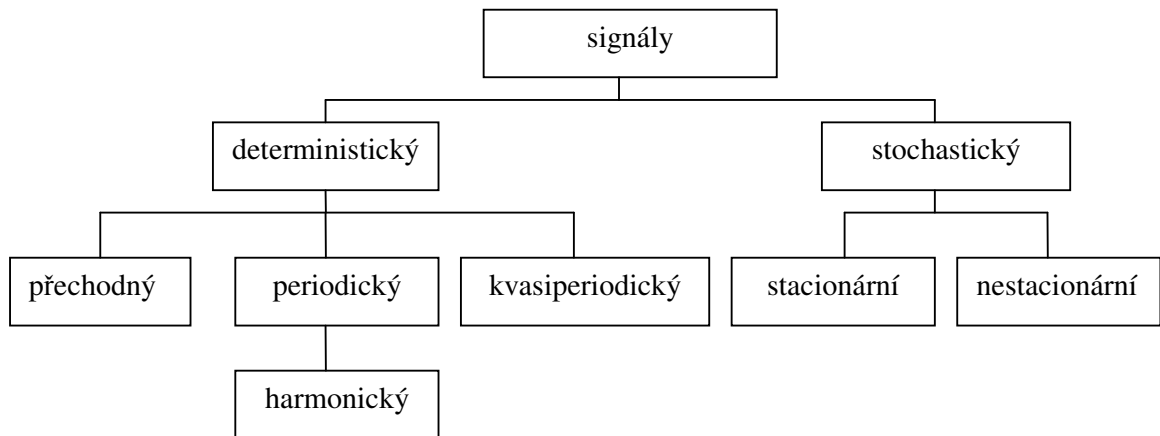
Amplituda vyjadřuje maximální výchylku od středové polohy a je mírou pro kvantitativní hodnocení velikosti kmitání.

$$f = \frac{1}{T} \quad [6]$$

f – kmitočet (Hz)

T – doba 1 kmitu (s)

2.2.2 Druhy signálu



Obr 7. Schéma rozdělení signálu

Popis signálu

- deterministický signál – signál, jehož časový průběh je determinován (např. funkčním popisem) a proto lze jeho průběh předvídat
- stochastický signál – náhodný signál – má v průběhu záznamu nepředvídatelný vývoj
- přechodový signál – signál, který je časově omezen – např. odezva na impulsní buzení, hluk při přejezdu vozidla
- periodický signál – složen z harmonických signálů o frekvencích, které jsou násobkem jedné základní frekvence. Periodický signál je složen z harmonických signálů, které jsou násobkem jedné základní frekvence (vyšší harmonické – celé násobky a subharmonické – částečné násobky)
- kvasiperiodický signál – signál složený z harmonických signálů s frekvencemi, které jsou násobky minimálně dvou základních frekvencí se vzájemným poměrem o velikosti, která je rovna iracionálnímu číslu
- stacionární a nestacionární signál – průběh signálu má ustálený – stacionární charakter nebo se v čase mění – je nestacionární.

2.2.3 Snímače vibrací

Jednou z nejdůležitějších součástí pro měření vibrací jsou samotné snímače (Obr. 8)

Výběr snímače závisí na měřené veličině, podle které dělíme snímače na:

- Snímače výchylky
- Snímače rychlosti (seismometry)

- Snímače zrychlení (akcelerometry)

Snímače rovněž dělíme na:

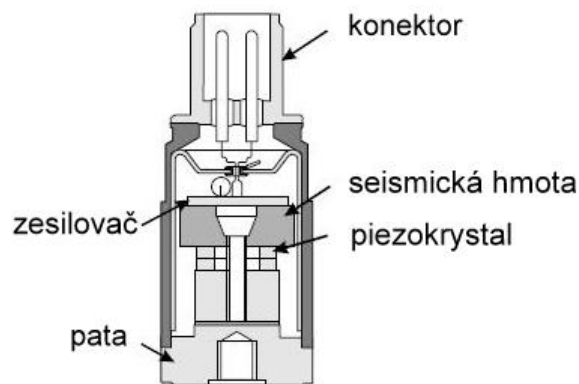
- aktivní – potřebují ke své činnosti vnější zdroj napětí
- pasivní – využívají pouze pohybu měřeného tělesa

Typy snímačů jsou:

Akcelerometry – (Obr. 9) nejrozšířenější měřiče vibrací, slouží k měření zrychlení, rychlosti, výchylky vibrací, snímání probíhá na nerotující části stroje, mají velký dynamický rozsah a široký frekvenční rozsah.

Snímač rychlosti – jedná se o seismické zařízení, které generuje napěťový signál úměrný mechanické vibrační rychlosti tělesa, snímač rychlosti je vybaven cívkou a ta vlivem vibrací kmitá v poli permanentního magnetu.

Bezdotyková sonda – jedná se o bezdotykové zařízení, které slouží k ověření vibrační výchylky rotujícího hřídele vůči stacionárnímu ložisku nebo skříni stroje.



Obr. 8 Konstrukce akcelerometru

Přípevnění snímačů vibrací:

Uchycení snímačů má velký vliv na přesnost snímání měřených signálů. Snímače se umísťují co nejblíže měřicímu objektu. Pokud je to možné, měříme vibrace ve třech rovinách:

- Horizontální
- Vertikální
- Axiální

V každém z těchto směrů mohou být vibrace způsobeny jinými příčinami. Samotné uchycení snímače má zásadní vliv na jeho citlivost. Uchycení snímačů může být provedeno několika způsoby:

- Dotyková jehla – nejnižší citlivost, vhodná pro orientační měření.
- Magnet – vyšší citlivost spojení oproti snímání dotykovou jehlou.
- Lepená podložka – nejvyžívanější metoda uchycení snímače, povrch musí být řádně chemicky, mechanicky očištěn.
- Lepený spoj – méně používaná metoda uchycení, využívají se epoxidová lepidla nebo včelí vosk.
- Šroubová spojení – používá se většinou spoj se závitovým červem, montáž vyžaduje očištění stykových ploch a vytvoření závitů, využívá se v aplikacích na ON – LINE diagnostické systémy.

Zásady pro umístění snímače:

- Umístění snímačů vychází z provozních zkušeností.
- Snímání probíhá na nerotujících částech stroje tj. ložiskový domek, ložiskový stojan.
- Měřicí místa musí být jednoznačně určena, z důvodu opakovatelnosti měření.
- Měření provádět za provozních podmínek měření v mezních podmínkách se využívá u strojů s proměnlivými otáčkami nebo proměnlivým zatížením.



Obr. 9 Akcelerometr Wilcoxon 786A

Parametry snímače

| | |
|-------------------------|-----------------------------|
| Frekvenční rozsah: | 0,5-14000Hz |
| Vlastní kmitočet: | 30 kHz |
| Citlivost: | 100 mV/g |
| Provozní teplota: | (-50)-(+120) °C |
| Napájení zdrojem proudu | 2-10 mA |
| Rozměry : | 19,1 x 54 mm |
| Závit: | volitelně M6x1 nebo M8x1,25 |

Tab. 1 Měřicí rozsahy akcelerometru Wilcoxon 786A

Jednou z nejdůležitějších vlastností snímačů je jejich citlivost. Citlivost je dána poměrem elektrického signálu k zrychlení.

2.2.4 Metody vibrační diagnostiky

Frekvenční analýza pomocí FFT

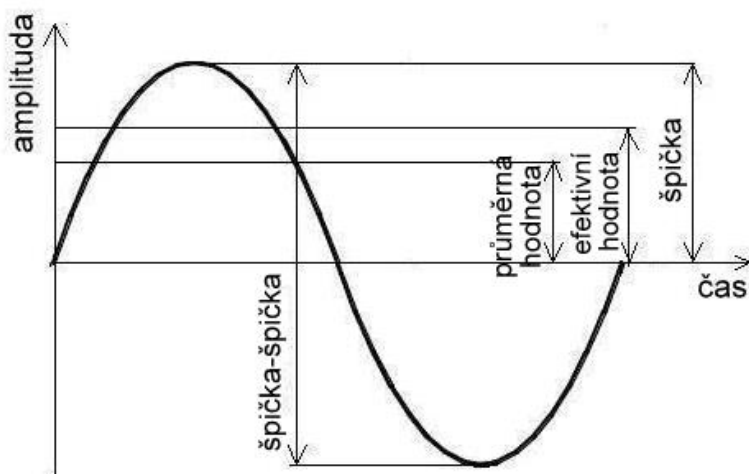
Analýza vibračních signálů pomocí FFT je základní a nejběžnější analytická metoda, v průběhu vibračního signálu hledá periodické děje, které potom v daném souřadném systému zobrazuje. Nejvíce využívaný způsob pro určení frekvenčního spektra je rychlá Fourierova transformace (FFT). Pro vyjádření měření celkových vibrací se používají (Obr. 10):

Špička – vyjadřuje velikost mezi vrcholem vlny a nulou.

Špička – špička – vyjadřuje maximální rozkmit vlny.

Průměrná hodnota – většina průběhu nemá ideální průběh, proto je průměrná hodnota nenulová (0,637 x amplituda).

Efektivní hodnota – nejčastější vyjádření (0,707 x amplituda).



Obr. 10 Popis kmitu

- **Kepstrální analýza**

Kepstrální analýza je matematická metoda, která hledá periodické děje ve frekvenčním spektru. Vzniká vícenásobnou analýzou signálu, při níž se hledají periodicky se vyskytující děje. Dají se jimi zjistit série harmonických nebo bočních pásem, nacházejících se ve frekvenčních spektrech. Kepstrální analýza je vhodná pro diagnostiku převodovek.

- **Orbitální analýza**

Orbita je tvořena dynamickou (kinetickou) složkou vibrací, která je snímána pomocí dvou na sebe kolmých bezdotykových snímačů výchylky, zobrazuje se v kartézských souřadnicích. Orbity zobrazují pohyby středu hřídele za jednu nebo více otáček kolem statické polohy středu hřídele. Pomocí tvaru orbity dokážeme určit druh poruchy. Standardní tvar orbity je eliptický. Pokud se orbita zplošťuje, mění na banánový a může mít, až tvar osmičky znamená to problém v nesouososti.

- **Modální analýza**

Modální analýza rozkládá kmitavé vlastnosti na vlastní příspěvky. Rozklad spočívá v náhradě soustavy vzájemně vázaných diferenciálních rovnic popisující kmitavé chování uvažované konstrukce soustavou nezávislých, izolovaně řešitelných diferenciálních rovnic pomocí tzv. modální transformace. Odměřuje se odezva konstrukcí ve zvolené bodové síti při řízeném buzení.

- **Multiparametrická diagnostika**

Multiparametrická diagnostika využívá k určení technického stavu kombinací různých metod. Tím dokážeme zlepšit detekci a diagnostiku závad. Využitím multiparametrické diagnostiky zjišťujeme vady nezjistitelné pouze jednou měřicí metodou.

- **Měření fáze**

Udává úhel, o který se pootočí hřídel z bodu zahájení získávání hodnot do bodu, kdy snímač naměří maximální kladnou odezvu (výchylka, rychlost, zrychlení).

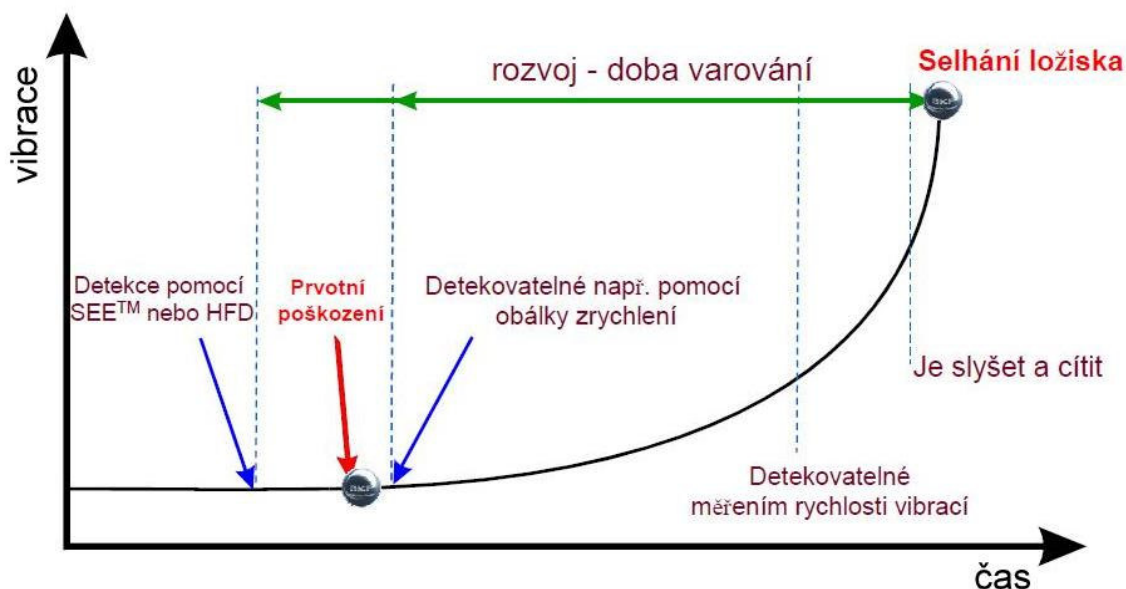
- **Metoda zviditelnění provozních tvaru kmitu**

Metoda, která využívá softwaru pro animace.

2.2.5 Vibrodiagnostika pro valivá ložiska

Únavová porucha u valivých ložisek se projevuje odloupnutím, vydrolením na valivých drahách nebo valivých elementech ložisek. Ložiska selhávají z těchto především

z těchto důvodů např.: nesprávně mazání, znečištěné mazivo, velké zatížení (nevývaha, nesouosost), nesprávná montáž. Vývoj poškození můžeme graficky znázornit (Obr. 11). Poškozené ložisko vydává zvukové a vibrační signály.



Obr. 11 Průběh poškození ložiska

Metody pro měření technického stavu ložisek:

SPM (Shock Pulse Meter) – snímání krátkodobých tlakových vln vyvolaných mechanickými rázy při průchodu přes poškozené místo. Snímají se prahové a špičkové úrovně vibrací. Hodnoty se zakreslí do grafu a porovnávají s mezními hodnotami.

BCU (Bearing Condition Unit) – jde o nepřímé měření rázových impulsů pomocí obsahu energie akustických kmitů šířených v pevném materiálu projevujících se ve frekvenčním pásmu 20 – 40 kHz. Vyhodnocují se špičkové hodnoty signálu.

RBP (Related Bearing Produkt) – zjišťují se efektivní a špičkové hodnoty zrychlení v rozsahu 2 – 16kHz.

Crest faktor – vyhodnocení poměru špičkového zrychlení a střední hodnoty zrychlení v pásmu 10Hz – 10kHz a časové posloupnosti.

Q faktor – využívá poměru mezi střední a špičkovou hodnotou amplitudy emitovaného ultrazvukového signálu na pracovní frekvenci 40kHz.

SEE (Spectral Emitted Energy) – Metoda dokáže včas detekovat závadu ložisek a ozubených převodových kol. Měří ultrazvukovou akustickou emisi vznikající důsledkem poškození elementu ložisek. Používá se pro detekci závad v raném stádiu.

Interpretace naměřených hodnot

Analýzou naměřených hodnot a vyhodnocením frekvenčních spekter můžeme určit místa vznikajících defektů. K tomu je potřeba znát frekvence, při kterých se tyto poruchy vyskytují. Mezi tyto frekvence patří např.:

- Otáčková frekvence hřídele
- Zubová frekvence
- Poruchová frekvence vnitřního kroužku ložiska
- Poruchová frekvence vnějšího kroužku ložiska
- Poruchová frekvence valivého segmentu ložiska
- Poruchová frekvence klece ložiska

Poškození vnějšího kroužku

$$BPFI = \frac{n}{2} \cdot \frac{RPM}{60} \cdot \left(1 - \frac{B_d}{P_d} \cdot \cos \phi\right) \quad [7]$$

Poškození vnitřního kroužku

$$BPFO = \frac{n}{2} \cdot \frac{RPM}{60} \cdot \left(1 + \frac{B_d}{P_d} \cdot \cos \phi\right) \quad [8]$$

Poškození valivých elementů

$$BSF = \frac{P_d}{2B_d} \cdot \frac{RPM}{60} \cdot \left[1 - \left(\frac{B_d}{P_d}\right)^2 \cdot \cos^2 \phi\right] \quad [9]$$

Poškození klece

$$FTF = \frac{1}{2} \cdot \frac{RPM}{60} \cdot \left(1 - \frac{B_d}{P_d} \cdot \cos \phi\right) \quad [10]$$

P_d – střední průměr [mm]

B_d – průměr val. Elementu [mm]

RPM – otáčky hřídele [min^{-1}]

n – počet valivých elementů

ϕ – kontaktní úhel [°]

2.2.6 Vady valivých ložisek

Ve valivých ložiscích se mohou vyskytnout čtyři fáze poruchy:

1. etapa: První indikace problémů valivých ložisek se objevují v ultrazvukové oblasti. Na valivých dráhách se objevují malé krátery. Ve FFT analýze můžeme sledovat počátek harmonických násobku závad.
2. etapa: Začínají se projevovat malé ložiskové vady, je indikována harmonickými násobky. Vyskytují při 30 až 120 násobku otáčkové frekvence.
3. etapa: Blíží se konec životnosti ložiska. Při rostoucím opotřebením ložiska se objevuje více harmonických složek ložiskové frekvence a zvyšuje se počet postranních pásem, jak kolem ložiskových frekvencí, tak i kolem vlastních frekvencí ložiska. U ložiska v této fázi je možné opotřebením odhalit i vizuální kontrolou.
4. fáze: V této fázi je životnost ložiska velmi krátká. Ložisko zvyšuje první i mnoho jiných harmonických složek otáčkové frekvence.

2.3 Termodiagnostika

Využívá teploty jako diagnostického parametru stavu sledovaného objektu. Vlivem zvýšení např.: tření dochází k přeměně větší mechanické energie v tepelnou.

2.3.1 Měřicí metody

Dotykové měření teploty

- Přístroje využívající převod změn teploty na elektrickou veličinu
 - Dilatační teploměry
 - Odporové snímače – sledují vzrůstající odpor vlivem stoupaní teploty, rozsah měření -200 – 800°C
 - Termistory – polovodičové snímače teploty. Charakteristické vysokou citlivostí, malou hmotností.
 - Termočlánky – sledují rozdíl napětí dvou materiálů.
- Tepelně citlivé barvy

- Termokolory, termokřídly – speciální barvy, křídly, které po dosažení určité teploty, teploty zvratu, mění svůj odstín barvy. Rozsah měření 40 – 1400°C.
- Kapalné krystaly – vlivem tepla dochází ke změně odstínu barvy, využívají organické sloučeniny rozsah měření 10 – 100°C

Bezdotykové měření teploty – měří se v infračervené záření, oblast vlnových délek se pohybuje v pásmu od 0,8 μm do 1 mm.

- Úhrnné pyrometry – teplo je pomocí optiky směřováno na snímač, jehož teplota vlivem tepla roste. Hodnotí se změna teploty.
- Pásmové pyrometry – mají lepší měřicí výsledky, měřicí pásmo bývá upraveno pomocí filtru.
- Radiační pyrometry

3 Základní popis velkostroje

Velkostroj (Obr. 12), můžeme charakterizovat jako půdní frézku. Základní pracovní částí rypadla je koleso, které frézuje horninu. Koleso je tvořeno prostorově vyztuženým rámem tvaru plochého válce nebo komolého kužele, rotujícího kolem střední osy. Po obvodu kola jsou rozmístěny korečky, které rozpojují horninu. Rozpojena hornina se vyvážá pásovým dopravníkem procházejícím přibližně osou kolesového výložníku. Základní parametry rypadel jsou průměr kola, počet koreček, tvar koreček, obvodová rychlost kola, délka výložníku kola, rychlost otáčení horní stavby atd.

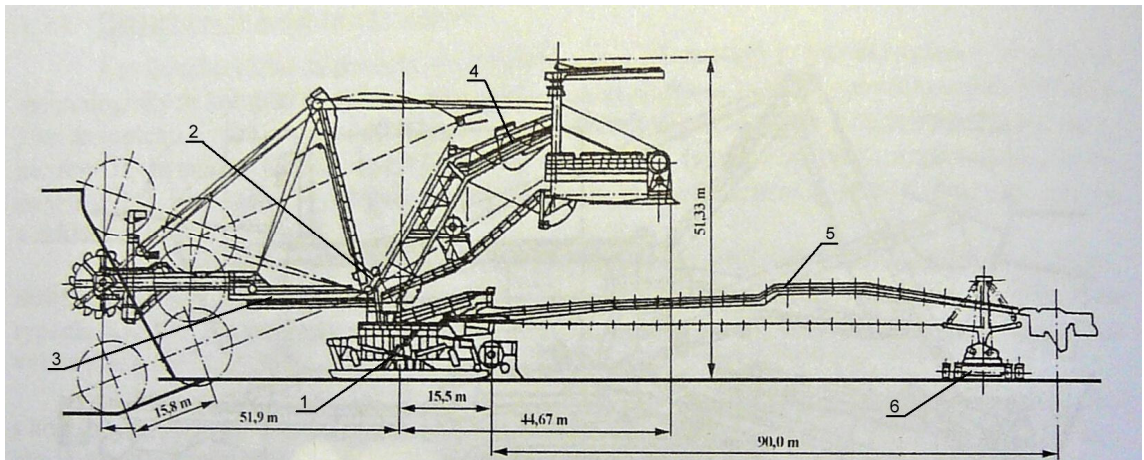
Používají se při povrchovém dobývání uhelných ložisek a nadložních slojí, v menší míře v rudných lomech a lomech na dobývání dalších surovin.

Nejrozšířenějším typem rypadla výkonnosti TC 2 je KU 800. Výkonnost tohoto rypadla je 4400 $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ s.z, u některých typu to je až 5400 $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ s.z.



Obr. 12 Kolesové rýpadlo KU 800

Hlavní konstrukční skupiny kolesového rýpadla KU 800



Obr. 13 Schematické znázornění kolesového rýpadla

- 1 – spodní stavba s kráčivým podvozkem
- 2 – otočná deska s horní stavbou
- 3 – kolesový výložník
- 4 – vyvažovací výložník
- 5 – spojovací most
- 6 – podpěrný vůz

4 Měřicí místa

Měřicí místa jsou zvolena ze zkušenosti provozu. Kombinací různých metod diagnostiky tzv. multiparametrickým přístupem, budeme sledovat vývoj stavu velkostroje. Rozhodl jsem se pro kombinaci tří metod technické diagnostiky a to vibrodiagnostiky, tribodiagnostiky a termodiagnostiky.

4.1 Pohon kola a uložení hřídele kola

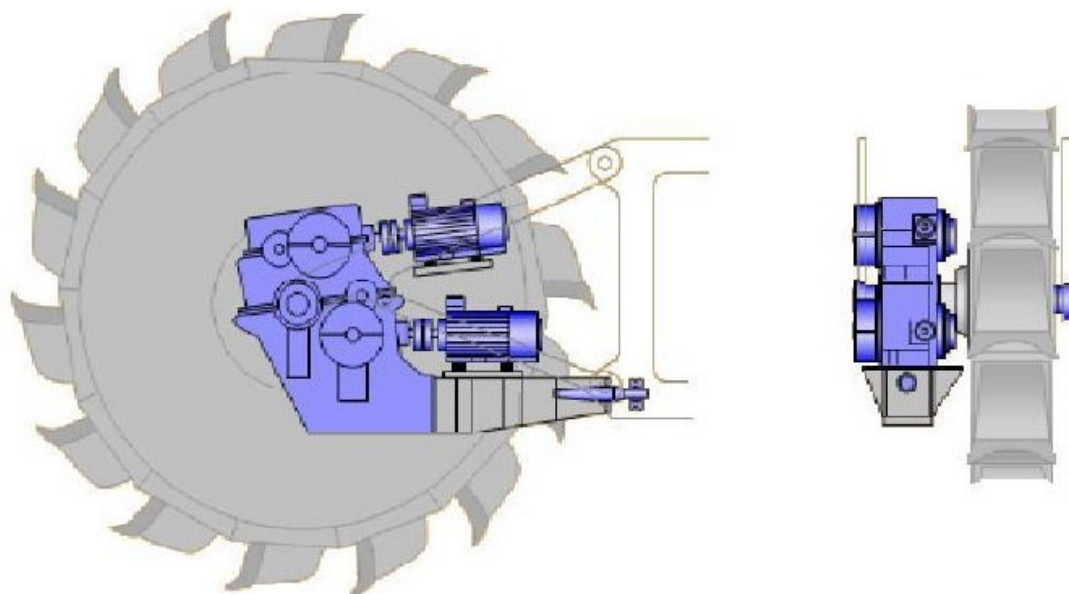
Sledované údaje – (on line)

- sledování vibrací všech valivých ložisek
- sledování celkových vibrací pohonu, měření provádět ve třech navzájem kolmých rovinách (V,H,A), dále pak sledovat vibrace na výstupu z převodovky kola na hřídel kola
- měření základních technických parametru pohonu kola tj. otáčky a příkon elektromotoru

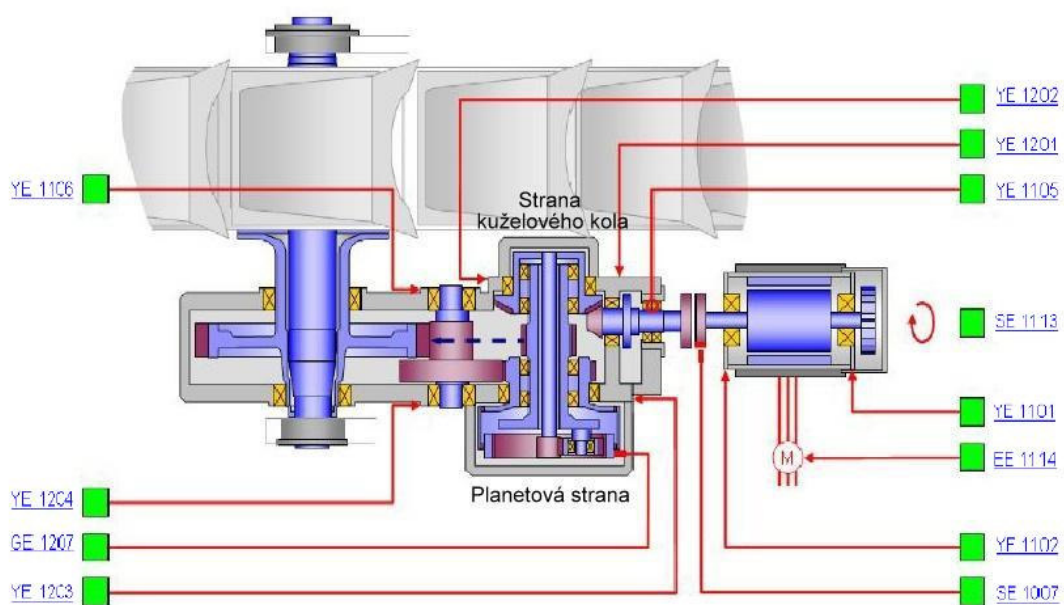
Měření provádět za normálních provozních podmínek tj. během pracovního nasazení-
snímání prováděno snímači trvale instalovanými.

Sledované údaje – (off line)

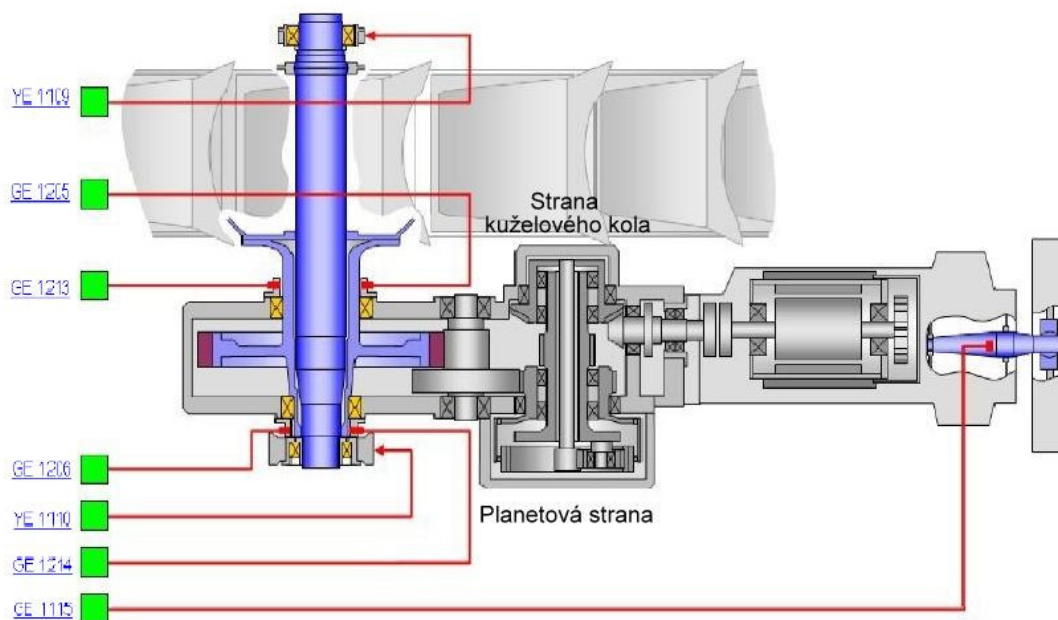
- odběr vzorku k tribodiagnostickým zkouškám provádět 2 krát za rok



Obr. 14 Schéma pohonu kola.



Obr.15 Schéma návrhu rozmístění snímačů vibrací na pohonné jednotce.



Obr. 16 Schéma návrhu rozmístění snímačů vibrací valivých ložisek na hřídeli kola.

Popis:

YE snímač zrychlení

GE snímač dráhy

SE snímač počtu otáček

EE snímač zatížení

4.2 Pohon pasových dopravníku

Sledované údaje – (on line)

– teplota mazací náplně

Sledované údaje – (off line)

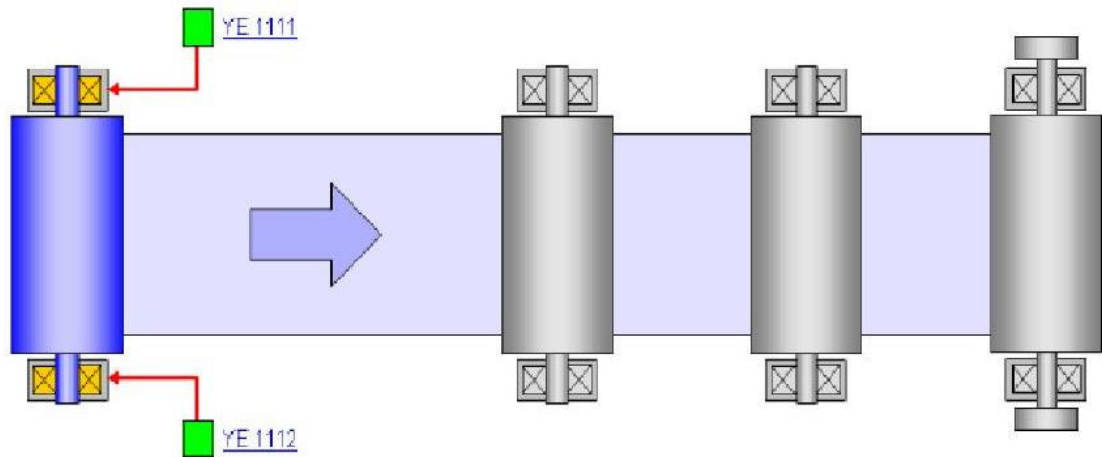
– snímání celkových vibrací pohonu pásových dopravníku a to jak ze strany elektromotoru, tak ze strany převodovky, dle možnosti provádět ve třech navzájem kolmých rovinách (V, H, A)

– snímání vibrací valivých ložisek

– snímání celkových vibrací na vstupu z převodovky na hnací buben, dle možnosti měření provádět ve třech navzájem kolmých rovinách (V, H, A)

– odběr vzorku k tribodiagnostickým zkouškám provádět 2 – 3 krát během roka.

Měření provádět při chodu naprázdno (bez dopravovaného materiálu), odběr vzorku maziva za klidu.



Obr. 17 Schéma pasového dopravníku

4.3 Pohon otoče horní stavby

Sledované údaje – (on line)

– měření teploty oleje převodovek

Sledované údaje – (off line)

– měření celkových vibrací pohonu otoče stavby

– odběr vzorku k tribodiagnostickým zkouškám provádět 2 – 3 krát do roka

Měření vibrací provádět za normálních provozních podmínek tj. během pracovního nasazení.

4.4 Pohon zdvihu kolesového výložníku

Sledované údaje – (off line)

– měření celkových vibrací pohonu zdvihu jak na straně elektromotoru, tak na straně převodovky, provádět měření ve třech navzájem kolmých rovinách (V, H, A)

Měření provádět při zdvihu naprázdno.

4.5 Pohon drtiče

Sledované údaje – (on line)

– měření teploty maziva

– měření teploty ložiskových domku

Sledované údaje – (off line)

- měření celkových vibrací pohonu drtiče na straně převodovky
- měření vibrací valivých ložisek v ložiskových domcích
- odběr vzorku k tribodiagnostickým zkouškám provádět 2 krát během roku

Měření vibrací provádět za běžného provozu drtiče, odběr vzorku maziva za klidu.

4.6 Pohony housenic

Sledované údaje – (off line)

- měření celkových vibrací pohonu na straně převodovky ve třech navzájem kolmých rovinách

Měření provádět za běžného provozu.

Vibrodiagnostické hodnoty sledované off line bude prováděno 1 krát během měsíce.

Další vyhodnocení bude prováděno pomocí navrženého diagnostického systému.

5 Diagnostický systém

Můžeme chápat jako prostředek k vyhodnocování technického stavu sledovaného objektu. Diagnostický systém může být instalovaný trvale, měření probíhá on-line (trvalé sledování), nebo je tvořený přenosnými měřicími přístroji off line (cyklické) monitorování.

Využitím diagnostického systému budeme provádět okamžitou diagnostiku poruch a plánování údržby, čímž dokážeme předcházet odstávkám strojů.

Rozhodl jsem se k aplikaci on line monitorovacího systému VibroNET, který bude doplněn o pochůzkový přístroj VibXpert, všechny získané informace uvedenými mechanismy bude vyhodnocovat software Omnitrend.

5.1 VibXpert

Off-line měřicí přístroj (Obr. 18). Měří celkové vibrace (zrychlení, rychlost, výchylku), stav valivých ložisek, FFT spektra (zrychlení, rychlost, výchylku obálku), centrum, časové signály, rozběh-doběh a FFT rozběh-doběh, orbit, rázový test a multiparametrické úlohy. Přístroj je vybaven přednastavenými měřicími úlohami, které můžeme libovolně upravovat. Výchozí modul umí zaznamenávat naměřené hodnoty jedním kanálem, zaznamenána otáčky, teplotu a sběr odečtených a zadaných parametru.

Měření (obr. 19) je prováděno pomocí externího snímače dodaného s přístrojem. VibXpert je vybaven barevnými LED diodami, které okamžitě zobrazují stav sledovaného objektu. Menu je v češtině. Ke každému měření můžeme vložit vlastní komentář. Naměřená data můžeme přenést do PC a vyhodnocovat pomocí systému Omnitrend.



Obr. 18 Měřicí přístroj VibXpert



Obr. 19 Měření přístrojem

Měřicí rozsahy

| Veličina | Měřicí rozsah |
|------------------|-------------------------------|
| Otáčky | 10 - 200 000 ot/min |
| Teplota | (-50) - 1000°C |
| Výchylka | 6000 μm |
| Rychlost | 6000 mm/s |
| Zrychlení | 6000 m/s ² |
| FFT | |
| F _{min} | max. frekv., volitelné |
| F _{max} | 40 kHz, volitelné |
| Počet čar | 100 - 102400 |
| Okno | Obdélníkové, Hanning, Flattop |

Tab. 2 Měřicí rozsahy přístroje VibXpert

Pro měření pochůzkovým přístrojem VibXpert bych navrhl využití pomůcky Vinode (Obr. 20). Hlavními výhodami je zajištění správného přitlaku a směru při měření, dále pak identifikace měřeného místa, zamezení záměny měřicích míst.

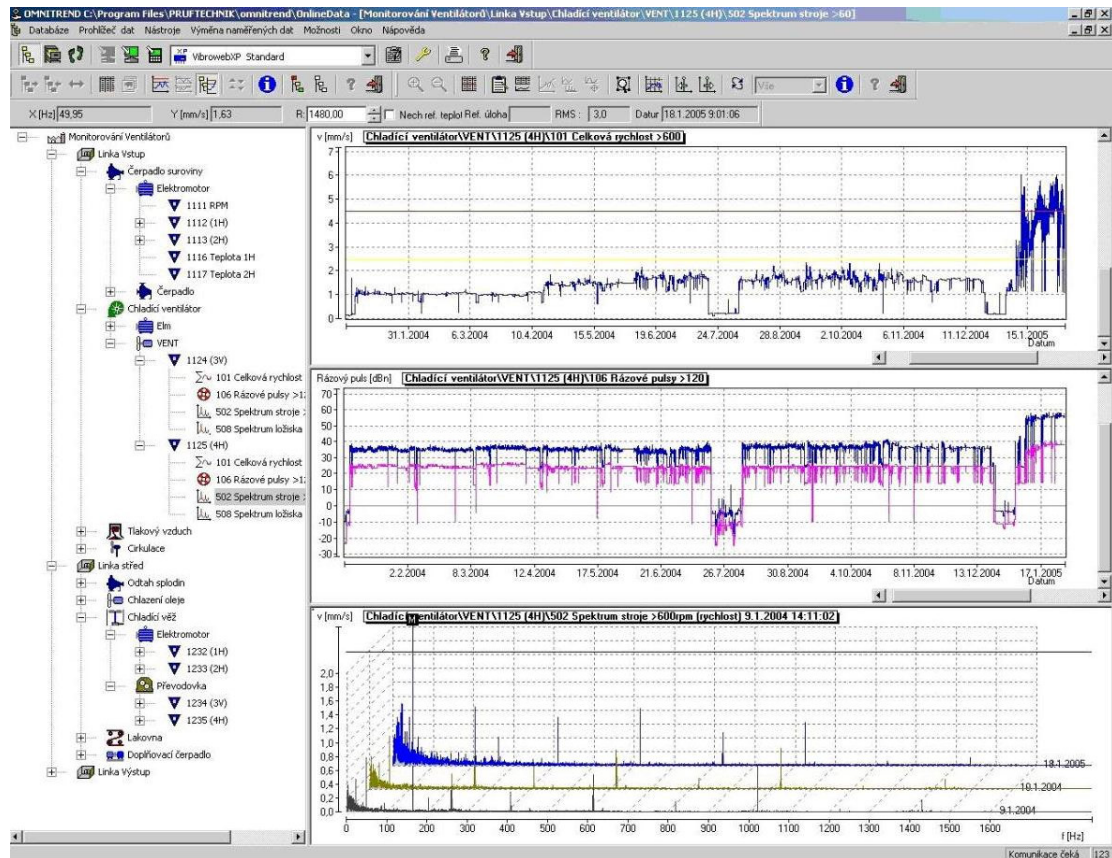


Obr. 20 Aplikace na stroji pomocí pomůcky Vinode

5.2 Systém Omnitrend

Jedná se o software, sloužící k shromažďování naměřených dat.

Využitím systému můžeme vyhodnocovat data jak z off line tak on line přístrojů (obr. 21). Některé stroje je vhodnější monitorovat pochůzkově pomocí měřicích přístrojů, u jiných je nezbytné nepřetržité monitorování. Překročení limitních stavu je indikováno barevně, ve stromové struktuře. Veškerá naměřená data můžeme sledovat na jednom místě. V případě překročení limitních hodnot dochází k informování o alarmu pomocí ethernetu, e-mailu nebo SMS.



Obr. 21 Software Omnitrend

5.3 Vibronet

On-line monitorovací systém. Měření se provádí pomocí externích snímačů nebo snímačů teploty a otáček dalším snímačem. Systém pracuje podle nastavených pravidel, pokud by nastal nestandardní stav signálu dochází k ukládání dat k jejich pozdější analýze. Stav systému můžeme sledovat pomocí internetu. Změna barvy políček u diagnostikovaných hodnot informuje o stavu v měřeném bodě (zelená, červená, žluta). Vibronet se využívá k měření celkových hodnot vibrací (zrychlení, rychlosti, výchylky), stavu valivých ložisek, FFT spektra (zrychlení, rychlost, výchylka, obálka), časových signálů. Přístroj obsahuje přednastavené měřicí úlohy a další úlohy si můžeme libovolně nastavovat. Součástí systému je dodání kabeláže a snímačů. Naměřená data můžeme přenést do PC a vyhodnocovat pomocí systému Omnitrend.

5.4 Systém tribologické péče

Systém tribologické péče, bude řešen odběrem vzorku 2 – 3 krát podle jednotlivých konstrukčních uzlu, během roku. Odebrané vzorky budou odeslány k příslušným

laboratorním zkouškám. Stav maziva budeme sledovat z výsledku měření. Respektive budeme využívat doporučení laboratoří.

6 Údržbářský systém

Hlavním cílem systému údržby je prodloužení aktivního života strojů a zařízení, zabezpečení provozní spolehlivosti strojů, zvyšování produktivity, snižování nákladu na údržbu.

6.1 Aplikace údržby

Údržba při poruše

Během provozu nedochází téměř k žádné údržbě, což se může zdát výhodné jen z hlediska nákladu na údržbu, než dojde-li k havárii. Dojde-li k havárii většinou se jedná o dlouhodobé odstávky, což má za následek výpadek produkce.

Systém preventivní údržby

Aplikaci metody preventivní údržby dokážeme předejít havarijním stavům. Údržba bude prováděna v předem daných termínech, které nepodávají pohled o celkovém stavu stroje. To znamená, že dopředu známe termín plánované odstávky. Výhodou je, že ve většině případů dokážeme předejít poruše. Při aplikaci preventivní údržby se nevyhneme nemalým nákladům na její vedení, které jsou způsobené výměnou dílu, jejichž životnost nebyla zcela využita, jsou z důvodu prevence vyměněny za nové.

Prediktivní údržba

K výměně poškozených dílu dochází v předstihu, tím zabezpečíme předcházení nebezpečným stavům. Výměna se provádí v době kdy, je již díl opotřeben na rozdíl v porovnání s údržbou preventivní. Tím můžeme několikanásobně snížit náklady na údržbu. Využití diagnostických systémů.

Proaktivní údržba

Aplikaci této metody údržby se v pravidelných intervalech provádí kontrolní měření. Budeme sledovat vývoj trendu. Pokud by docházelo k zhoršování trendu můžeme metodami technické diagnostiky zjistit příčinu vady, a tím předcházet havarijním

stavům stroje. Aplikaci metody nedochází k zbytečným nákladům na výměnu dosud neopotřeбенých dílů, jak tomu je u údržby preventivní.

System totálně produktivní údržby (TPM)

System této údržby můžeme dosáhnout kvalitních úspěchu. Pracovník obsluhy stroje je obvykle ten, kdo první zjistí abnormalitu stroje. Základ metody je postaven na spolupráci všech pracovníků, kteří se podílí na provozu stroje. Jedná se o proaktivní přístup k údržbě s cílem minimalizovat budoucí poruchy.

6.2 System kontrolní činnosti v údržbě

Zmíněné intervaly kontroly jsou dány zákony, pro jejich aplikaci můžeme využívat doporučení pomocí aplikovaných systému měření.

Prohlídky prováděné obsluhou – metody omezené na vizuální kontrolu.

- Směnové – budou probíhat na začátku směny pracovníka, zjištěné výsledky se uvedou do knihy stroje.
- Týdenní – zodpovědnost přebírá vedoucí provozu spolu se zámečníky a elektrikáři provádí kontrolu, své poznatky předávají technikovi provozu.
- Odborné prohlídky technikem – provozní technik, revizní technik, kontroly probíhají v periodických intervalech.

Odborné prohlídky – aplikují se metody technické diagnostiky

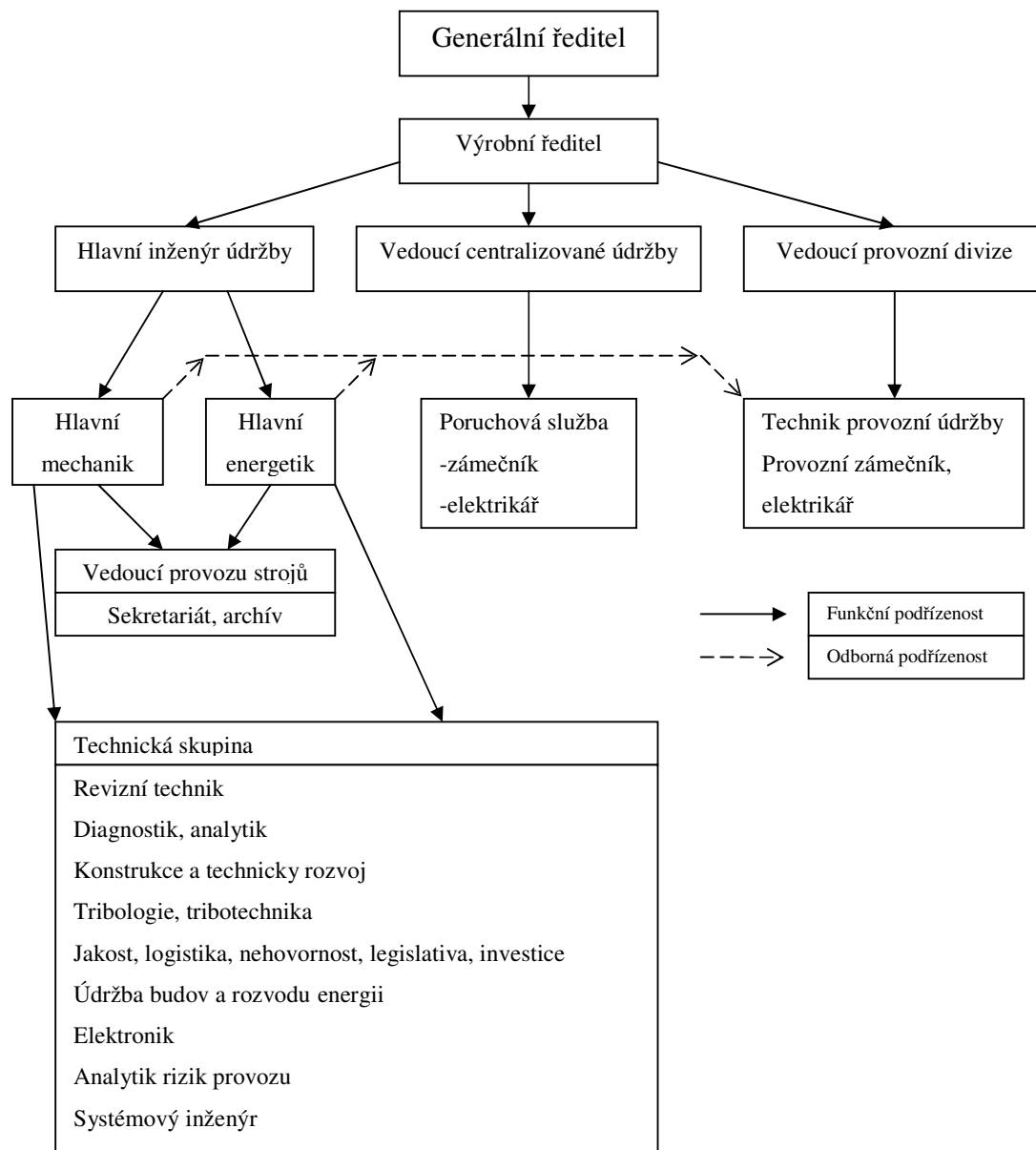
- Aplikace metod technické bezdemontažní (vibrodiagnostika, tribodiagnostika, termodiagnostika) a nedestruktivní (rentgen, ultrazvuk) diagnostiky.
- Servisně provozní měření-můžeme jej charakterizovat jako zjištění funkčnosti dílů a částí stroje, sloužící k jejímu zabezpečení (pojistná spojka).

System údržby musí být postaven na základě preventivnosti (provedení v předstihu), proaktivnosti (hledání příčiny poruchy) a produktivnosti (zvyšování produktivity práce). Zavedením těchto základů se dokážeme přiblížit k spolehlivému ovládní údržby.

Nedílnou součástí údržbářského systému by měl být, informační systém pro řízení údržby.

Jak se uvádí v systému TPM, měli by být všichni pracovníci aktivně přistupovat k sledování vývoje a správném provozu stroje, abychom zajistili maximální využitelnost zařízení. Musí byt vytvořeny vazby mezi jednotlivými pracovníky (Obr. 22) jak údržby tak především technického centra. Vhodnou závislostí, vazbami podřízenosti, správnou komunikaci i motivací jednotlivých úseku, pracovníku technicky a funkčně zajistíme optimální provoz velkostroje, snížení nákladu na provoz, předcházení poruchovosti.

Samozřejmě informačních technologií dopomůže k ještě vyšší efektivnosti celého výrobního celku. Informační systém aplikovaný na sledování vývoju trendu využívaných maziv, systému údržby musí byt takový, aby bylo minimalizováno riziko neplánovaných odstávek.



Obr. 22 Ideové schéma údržby

7 Závěr

V úvodu jsem provedl základní rozdělení metod a jejich popis. Podrobněji jsem zde uvedl metody tribodiagnostiky a vibrodiagnostiky jakožto nejzákladnějších metod v aplikaci na velkstroje. Provedl jsem zde postupy při aplikaci jednotlivých zkoušek.

U vibrodiagnostiky, jsem kladl důraz na metody zkoušení valivých ložisek. Dále je popsána funkce velkstroje s popisem základních konstrukčních uzlu. Rozmístění snímačů na jednotlivých uzlech s návrhy jejich umístění je součástí další etapy. Na to navazuje volba diagnostického systému s popisem měřicích přístrojů a softwaru.

Použitá literatura

- [1] HELEBRANT, František. *Konstrukce velkostrojů a jejich spolehlivost. II. díl, Provozní spolehlivost.* Ostrava : Montanex, 2004. 89 s. ISBN 80-7225-149-X.
- [2] JURMAN, Josef; FRIES, Jiří. *Konstrukce velkostrojů a jejich spolehlivost. I. díl, Zatížení konstrukčních uzlů - teorie a praxe.* Ostrava : Montanex, 2004. 115 s. ISBN 80-7225-148-1.
- [3] HELEBRANT, František. *Studie diagnostického a údržbářského systému velkostroje K5500.1 – CZ. I. a II. Etapa,* PRODECO, a.s., Teplice 2006, 37 + 89 s.
- [4] ZIEGLER, Jiří; HELEBRANT, František; MARASOVÁ, Daniela. *Technická diagnostika a spolehlivosti Díl I. Tribodiagnostika.* dotisk 1.vydání VŠB – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA, 2004. 158 s., ISBN 80-7078-883-6.
- [5] HELEBRANT, František; ZIEGLER, Jiří. *Technická diagnostika a spolehlivost II. Vibrodiagnostika.* dotisk 1. vydání. Ostrava : VŠB-TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA, 2005. 178 s. ISBN 80-248-0650-9.

Internetové stránky:

- [6] <http://velkostroje.webpark.cz>
- [7] <http://lamikappa.cz>
- [8] <http://profess.cz>