**Česká zemědělská univerzita v Praze**

Technická fakulta

Katedra jakosti a spol. strojů

Bakalářská práce

# Možnosti technické diagnostiky v údržbě vybraného podniku

Vedoucí bakalářské práce: prof. Ing. Josef Pošta, CSc.

Autor bakalářské práce: Jakub Škarka

PRAHA 2015

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra jakosti a spol. strojů

Technická fakulta

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Škarka Jakub

Inženýrství údržby

Název práce

**Možnosti technické diagnostiky v údržbě vybraného podniku**

Anglický název

**Possibilities of technical diagnostics in maintenance of selected company**

---

**Cíle práce**

Popsat principy a možnosti využití vybraných metod technické diagnostiky. Popsat systém údržby výrobních zařízení vybraného podniku a provést SWOT analýzu. Vytypovat oblasti dalšího možného zlepšování systému údržby ve vybraném podniku s přihlédnutím k nejlepší současné praxi a navrhnout úpravy. Orientačně zhodnotit navržené úpravy z ekonomického pohledu.

**Metodika**

Formou výkladu zpracovat literární rešerši k principům vybraných diagnostických metod. Zmapovat a zdokumentovat současný stav a způsob vykonávání údržby výrobních zařízení ve vybraném podniku. Zpracovat literární rešerši k nejlepší světové praxi v údržbě obdobných zařízení. Porovnáním nalézt rezervy a možnosti zlepšení současného stavu, navrhnout a orientačně ekonomicky zhodnotit konkrétní zlepšení.

**Osnova práce**

1. Úvod
2. Systémy údržby výrobních zařízení
3. Preventivní údržba
4. Technická diagnostika
5. Současný stav údržby vybraného podniku
6. Nejlepší světová praxe v údržbě obdobných zařízení
7. Zhodnocení současného stavu a návrhy zlepšení
8. Závěry
9. Použité prameny (literatura)

**Rozsah textové části**
40 až 50 stran

**Klíčová slova**
údržba, technická diagnostika, systémy údržby

---

**Doporučené zdroje informací**

LEGÁT, V. a kol.: Management a inženýrství údržby. Professional Publishing, Praha, 2013, ISBN 978-80-7431-119-2

Řízení a údržba průmyslového podniku. Trade Media International, s.r.o., Český Těšín, všechny ročníky, ISSN 1803-4535

Maintworld. KP Media Oy, Helsinki, všechny ročníky, ISSN 1798-7024 (Print), ISSN 1799-8670 (Online)

---

**Vedoucí práce**
Pošta Josef, prof. Ing., CSc.

**Konzultant práce**
Ing. Karel Mayer, Ph.D.

**Termín zadání**
listopad 2013

**Termín odevzdání**
duben 2015

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
TECHNICKÁ FAKULTA

**prof. Ing. Josef Pošta, CSc.**
Vedoucí katedry

**prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.**
Děkan fakulty

V Praze dne 3.2.2014

## Čestné prohlášení

Čestně prohlašuji, že bakalářskou práci na téma Možnosti technické diagnostiky v údržbě vybraného podniku jsem vypracoval samostatně, s použitím uvedených zdrojů v seznamu použitých pramenů.

V Praze dne 30. 3. 2015 Jakub Škarka

## Poděkování

Děkuji prof. Ing. Josefu Poštovi CSc. za odborné vedení, cenné rady a korekturu při konzultacích, vedoucích dokončení bakalářské práce. Dále bych si chtěl dovolit poděkovat společnosti MCSyncro Kolín s.r.o. za poskytnutí informací pro moji bakalářskou práci a mým nejbližším za podporu a konzultaci.

**Abstrakt:** Cílem této bakalářské práce bylo popsat principy a možnosti využití vybraných metod technické diagnostiky (nedestruktivní diagnostika,vibradiagnostika,tribotechnická diagnostika a termodiagnostika) v údržbě daného podniku. Dále jsou popsány systémy údržby výrobních zařízení ve vybraném podniku a je provedena SWOT analýza v oblasti údržby. V bakalářské práci je zhodnocen na současný stav prováděné údržby v podniku a navrženy některé možnosti zlepšení.

**Klíčová slova:** údržba, technická diagnostika, systémy údržby, zavedení TPM

**Possibilities of technical diagnostics in maintenance of selected company**

**Summary:** The aim of the bachelor thesis was to describe principles and possibilities of selected technical diagnostics (not-destructive diagnostics, vibrodiagnostics, tribotechnical diagnostics and thermodiagnostics) while maintenaning a selected company. Further, both maintenance systems of production facilities in a selected company and SWOT analysis of maintenance are described. The thesis evaluates the current state of maintenance in the company and it offers sore possibilities of improvement. These improvements were discussed with the managing board of the company and they have been accepted for implementation and included to the action plan.

**Keywords:** maintenance, technical diagnostics, maintenance system, induction of TPM

# Obsah

1. Úvod ..... 1
2. Systémy údržby výrobních zařízeních ..... 2
2.1. Rozdělení systémů údržby ..... 2
2.2. Charakteristické znaky jednotlivých systémů údržby ..... 3
3. Preventivní údržba ..... 5
3.1. Hlavní zásady preventivní údržby ..... 5
3.2. Zásady při zavádění preventivní údržby ..... 5
3.3. Základní činnosti preventivní údržby ..... 6
3.4. Výhody a nevýhody systému preventivní údržby ..... 8
4. Technická diagnostika ..... 9
4.1. Metody technické diagnostiky ..... 10
4.2. Nedestruktivní defektoskopie ..... 11
4.2.1. Základní druhy vln ..... 12
4.2.2. Ultrazvukové sondy ..... 13
4.2.3. Ultrazvukové přístroje ..... 13
4.3. Tribotechnická diagnostika ..... 14
4.3.1. Zaměření tribotechnické diagnostiky ..... 14
4.3.2. Základní úrovně tribotechnické diagnostiky ..... 15
4.3.3. Rozdělení metod tribotechnické diagnostiky ..... 15
4.4. Vibradiagnostika ..... 16
4.4.1 Základní pojmy ..... 17
4.4.2. Měření vibrací ..... 18
4.5. Termodiagnostika ..... 21
4.5.1. Základní pojmy ..... 22
4.5.2. Bezkontaktní měření ..... 25
4.5.3. Využití termodynamických měření v praxi ..... 28
5. Současný stav údržby vybraného podniku ..... 30
5.1. Popis výrobního procesu ..... 30
5.2. Popis údržby ve společnosti ..... 31
5.3. SWOT analýza systému údržby ..... 32
6. Nejlepší světová praxe v údržbě obdobných podniků ..... 33
7. Zhodnocení současného stavu a návrhy zlepšení ..... 34
7.1. Současný stav ..... 34

7.2. Návrhy na zlepšení .....34
7.2.1. Konkrétní návrhy opatření .....35
7.2.2. Akční plán zlepšení údržby .....38
7.3. Ekonomické hodnocení návrhů .....39
8. Závěr .....40
9. Použité prameny .....41

# 1. Úvod

V současné době, při neustálé se měnících konkurenčních podmínkách, jsou nuceny ekonomické subjekty, zabývající se výrobou, hledat nové přístupy k řízení nákladovosti. Pravidelné rozbory sledovaných ukazatelů jsou vodítkem pro hledání nových možností ke snižování nákladů. Na základě rozborů a analýz těchto ukazatelů jsou přijímány akční plány zlepšení údržby a strategie pro sledovanou oblast. Jednou z důležitých a velice diskutovaných oblastí je nákladovost údržby, která skrývá řadu možností ve vazbě na typy výroby, kategorizace strojních zařízení, směnnost provozu, stáří a technický stav strojního zařízení.

Péči o kvalitu, spolehlivost a volbu optimálních způsobů údržby si dnes již nelze představit bez správně použité technické diagnostiky. Díky jejímu využití se údržba dostává na zcela novou úroveň.

Možnosti technické diagnostiky v údržbě ve vybraného podniku jsou předmětem této bakalářské práce.

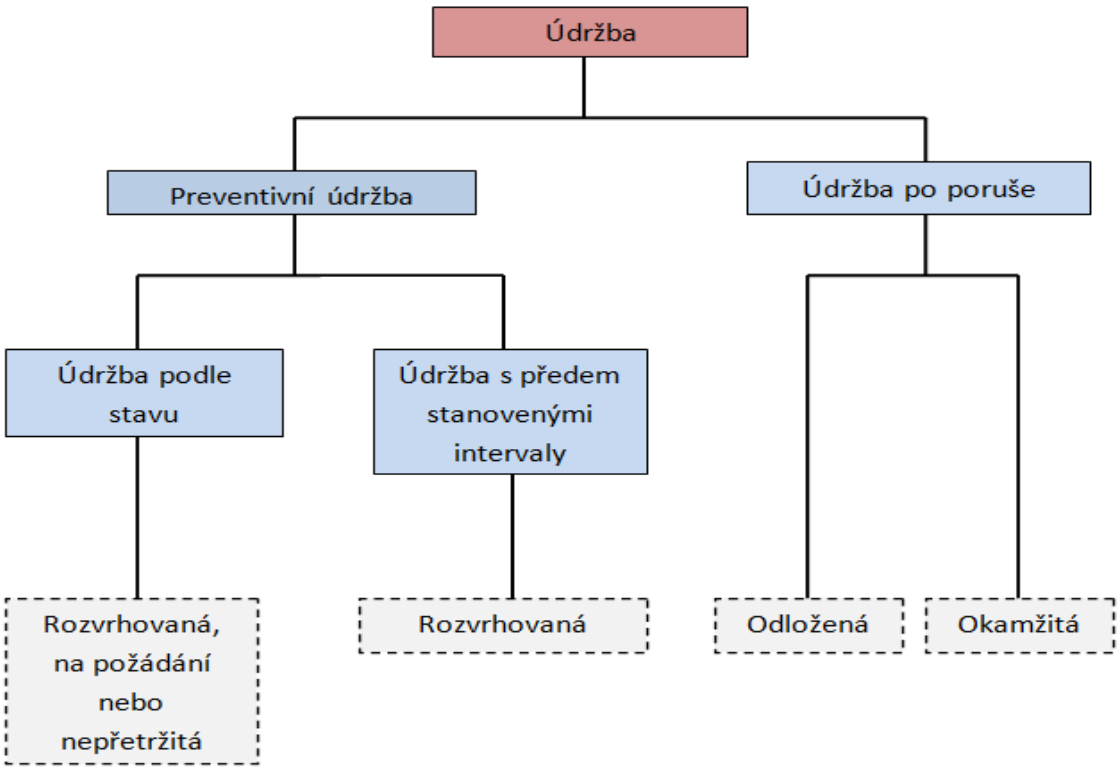
## 2. Systémy údržby výrobních zařízeních

Cílem údržby je udržovat výrobní zařízení v technicky dobrém a provozuschopném stavu při vynakládání přijatelných nákladů. Údržba dle ČSN EN 13 306 je kombinací všech technických, administrativních a manažerských činností během životního cyklu objektu, zaměřených na jeho udržení ve stavu nebo jeho navracení do stavu v němž může vykonávat požadovanou funkci.

### 2.1. Rozdělení systémů údržby

V současné době se převážná většina společností při údržbě svých zařízení řídí plánem preventivní údržby. V tomto plánu je přesně stanoveno, v jakých intervalech a v jakém rozsahu se u zařízení mají provádět jednotlivé stupně údržby (prohlídka, běžná údržba, revize, generální údržba apod.)[1,2] Tyto intervaly byly stanoveny především podle doporučení výrobce na základě dlouhodobých zkušeností s provozem zařízení, případně na základě určitých optimalizačních výpočtů či zkušeností, které respektovaly nejen samotnou poruchovost zařízení, ale také náklady spojené s údržbou a opravou zařízení. Nedílnou součástí údržby jsou také legislativní požadavky na kontrolu (revizi), které ovlivňují odstavení zařízení[3].

**ČSN EN 13 306 rozděluje systémy údržby dle obr.č.1**




Obrázek 1 Přehled systémů údržby dle ČSN EN 13 306

## 2.2. Charakteristické znaky jednotlivých systémů údržby

Každý používaný systém údržby se vyznačuje specifickými znaky. Ve vazbě na použití má i své přednosti a nevýhody. viz. tabulka č. 1 přehled metod údržby

Norma 13 1306 uvádí definice jednotlivých systémů údržby.

- **Údržba po poruše**

  Údržba prováděná po zjištění poruchového stavu a zaměřená na uvedení objektu do stavu, ve kterém může vykonávat požadovanou funkci.

- **Preventivní údržba**

  Údržba předem stanovených intervalech nebo podle předepsaných kritérií a zaměřená na snížení pravděpodobnosti poruchy nebo degradace fungování objektu.

- **Údržba podle stavu**

  Preventivní údržba, která zahrnuje kombinaci monitorování stavu a/nebo inspekce a/nebo zkoušení, analýzy a zjištění zásahů údržby (monitorování stavu a/nebo inspekce a/nebo zkoušení může být časově plánováno, prováděno na požádání nebo může být nepřetržité)

- **Údržba s předem stanovenými intervaly**

  Preventivní údržba prováděna v souladu se stanovenými časovými intervaly nebo stanoveným počtem jednotek používání, avšak bez předchozího zkoumání stavu objektu (časové intervaly nebo počet jednotek používaní mohou být stanoveny na základě znalostí mechanismu poruch objektu.)

Tabulka 1 Přehled systémů údržby[7]

| Údržba | Výhody | Nevýhody | Oblast použití |
|---|---|---|---|
| **Po poruše- Korekční** | - maximální využití životnosti komponentů zařízení - žádné nebo minimální náklady na monitorování systému | - vyšší náklady spojené s případnou výměnou celého zařízení - nutná dostupnost náhradních dílů pro případ nečekaného selhání | - málo kritické a nákladově nevýznamné zařízení |
| **Preventivní** | - životnost zařízení může být prodloužena<br>- opravné akce se dají dobře plánovat a tím usnadnit organizaci práce | - vyšší náklady spojené s příliš častou výměnou komponentů<br>- časté odstavovaní zařízení zvyšuje náklady<br><br>- citlivost na statistické určení intervalu údržby | -vhodné pro většinu zařízení |
| **údržba podle stavu Prediktivní** | - znalost aktuálního stavu zařízení- údržba se může plánovat podle aktuálního stavu a potřeb<br>- případné selhání je dobře identifikováno a oprava je tak snadnější a rychlejší | - pořizovací náklady na senzory, měřicí systémy a SW<br><br>- vyšší provozní náklady spojené s údržbou samotného diagnostického systému | - vhodné pro většinu zařízení |
| **Spolehlivostně orientovaná Proaktivní** | - znalost aktuálního stavu zařízení<br>- selhání zařízení může být predikováno na základě spolehlivostních modelů | - pořizovací náklady na senzory, měřicí systémy a SW -dostatečně obecné prognostické modely- vyšší provozní náklady spojené s údržbou samotného diagnostického systému | -vhodné pro zařízení, jehož selhání má fatální následky (škody na životech a majetku) |

# 3. Preventivní údržba

Preventivní údržba je činnost, která se provádí před výskytem poruchy, aby se předešlo hrozícímu selhání. Tato údržba zahrnuje plánované aktivity založené na znalosti chování porouchaných součástek a znalosti podmínek. Je prováděna buď za účelem vylepšení systému, nebo aby se prodloužil životní cyklus strojního zařízení. Je to tedy údržba stroje nebo zařízení prováděná podle předem stanoveného časového plánu prohlídek. Má za cíl předcházet poruchám včasným vyhledáváním a odstraňováním možných příčin jejich vzniku a sestavení harmonogramu dalších kroků v rámci preventivních oprav. Je navržena tak, aby udržovala a zvyšovala efektivní využití výrobních kapacit. [8]

## 3.1. Hlavní zásady preventivní údržby

Hlavními zásadami preventivní údržby jsou:[8]

- Zachování normálních podmínek.
- Včasné odhalení abnormalit.
- Rychlá reakce.

## 3.2. Zásady při zavádění preventivní údržby

Při prvotním zavedení preventivní údržby je nezbytné se řídit osvědčenými zásadami:

- Vytipovat stroje a zařízení pro program preventivní údržby.
- Definovat činnosti, které budou v rámci preventivní údržby prováděny.
- Stanovit časové intervaly mezi definovanými činnostmi.
- Stanovit systém efektivního plánování dílčích činností preventivní údržby.
- Vytvořit standardy pořizování a řízení dokumentace plynoucí z preventivní údržby.

## 3.3. Základní činnosti preventivní údržby

Základní činnosti jež jsou prováděny a vykonávány během preventivní údržby spadají do tří skupin:

### 3.3.1. Plánovaná údržba

Je preventivní údržba prováděná v souladu se stanoveným časovým plánem nebo stanoveným počtem jednotek používání.

Údržbářské zásahy se provádějí v pravidelných, předem stanovených intervalech doby provozu. Zásahy na jednotlivých částech daného objektu se pro zjednodušení řízení kumulují (podle klíčového prvku). Jednotlivé úkony všech zásahů jsou předem jednoznačně stanoveny.

Výhody:

- Organizačně jednoduché
- Snadno a s velkým předstihem plánovatelné

Nevýhody:

- Pouze klíčové prvky jsou udržovány v optimálním okamžiku
- Časté narušování provozu zařízení

### 3.3.2 Údržba s předem stanovenými intervaly

Je preventivní údržba prováděná v souladu se stanovenými časovými intervaly. Intervaly jsou stanoveny ze zákonů nebo zvláštních předpisů (např. vyhrazená technická zařízení) nebo stanoveným počtem jednotek používání, avšak bez předchozího zjišťování stavu objektu.

Údržbářské zásahy se provádějí v pravidelných a předem stanovených intervalech doby provozu. Zásahy na jednotlivých prvcích udržovaného objektu se pro zjednodušení řízení kumulují (podle klíčového prvku). Jednotlivé úkony všech zásahů jsou předem jednoznačně stanoveny.

Uplatnění:

- U zařízení kde jsou kladeny vysoké požadavky na pohotovost
- U zařízení, kde nevadí častější odstávky daného zařízení
- U vyhrazených zařízení

### 3.3.3 Údržba podle technického stavu-diagnostická údržba

Je preventivní údržba, která se skládá z monitorování výkonnosti anebo sledovaných parametrů a z následných opatření.

Má prediktivní charakter. O následných opatření (tj. o okamžiku provádění, druhu a náplní následujících údržbářského zásahu) se rozhoduje podle získaných výsledků z prováděných měření.

Výhody:

- Provádí se v okamžiku skutečné potřeby
- Údržba i udržování objektu jsou plně zužitkovány

Nevýhody:

- Nutnost monitorování nebo diagnostikování
- Obtížné řízení a plánování

Uplatnění:

- U klíčového, drahého , unikátního či jinak významného zařízení
- U zařízení, jehož neplánovaná odstávka může způsobit závažné problémy
- U zařízení které musí dlouhou dobu nepřetržitě spolehlivě pracovat

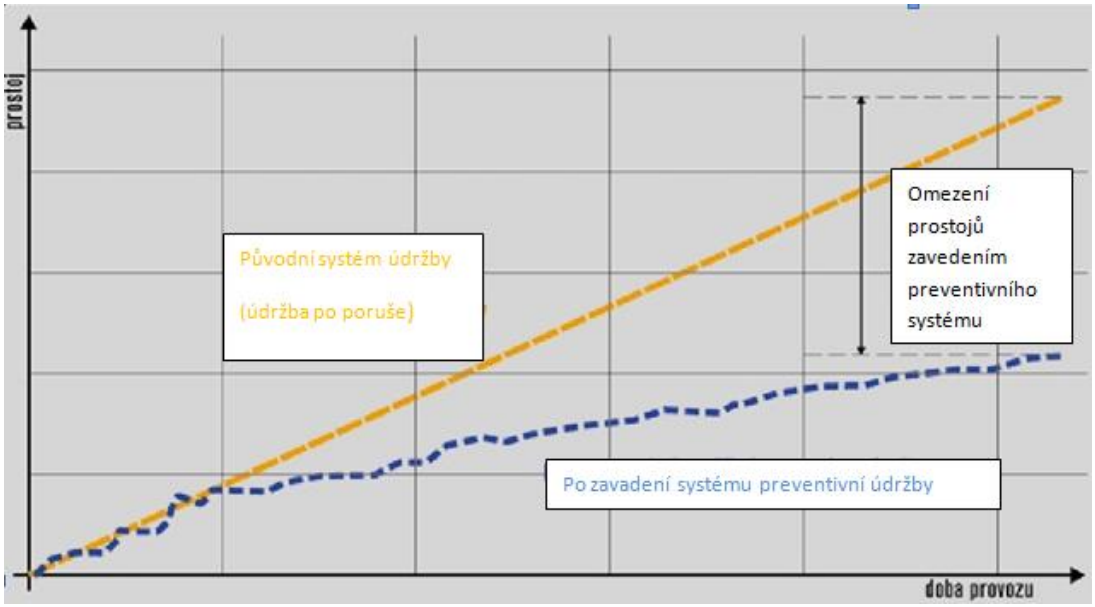
## 3.4. Výhody a nevýhody systému preventivní údržby

Výhody:

Výhodou systému preventivní údržby je bezesporu, že ve většině případů dochází k předcházení vzniku poruchy a snižování vzniků prostojů (viz.obr.č.2). Tento typ údržby se s výhodou zavádí na základě statistických údajů a záznamů z minulosti nebo na základě vědomostí a zkušeností pracovníků údržby. Pro zvýšení výhodnosti tohoto systému je třeba pružné reagování na změny ve výrobě (směnnosti, změny kategorie strojního zařízení nebo modifikace strojních částí).

Nevýhody:

Nevýhodou systému preventivní údržby jsou odstávky strojů, které je nutno uskutečnit na základě stanovených plánů. Tyto opravy (plánované výměny prvků nebo celých uzlů) mohou být časově náročné a často představují výměnu ještě zcela funkčních částí výrobního zařízení za nové.




Obrázek 2 Porovnání trendu prostojů při zavedení systému preventivní údržby[9]

# 4. Technická diagnostika

Technická diagnostika je obor, který se zabývá metodami a prostředky nedestruktivního a bezdemontážního rozpoznávání technického stavu objektu. [4]

S rostoucí složitostí strojů a jejich cenou se zvyšuje význam spolehlivosti strojů. Proto je z ekonomických důvodů vhodné poruchám předcházet. Technická diagnostika je nepostradatelnou součástí všech systémů údržby směřujících k maximálnímu zajištění dostupnosti zařízení při vynaložení optimálních nákladů (zvláště u zařízení I. kategorie a u zařízení pracujících v nepřetržitém provozu)[5]

Hlavními úkoly technické diagnostiky je určení příčiny a místa poruch, detekce postupně narůstajícího poškození, prognózování vývoje technického stavu a vzniku poruchy. Největší důraz je kladen na možnost stanovení doby životnosti do poruchy a zajištění naplánování opravy dříve, než ke kritickému stavu (poruše) dojde.

**Hlavní cíle diagnostiky jsou:**

- Prodloužení životnosti
- Předvídat poruchy a plánovaně je odstranit
- Zvýšení spolehlivosti stroje
- Zvýšit hospodárnost = snížit náklady

## 4.1. Metody technické diagnostiky

Diagnostická metoda je způsob měření a následné vyhodnocení naměřených údajů, na jejichž základě je s pomocí statických metod odhadována další doba provozu zařízení do poruchy. Dle využívané metodiky lze technickou diagnostiku rozdělit na:

**Subjektivní:**

Subjektivní metody diagnostikování jsou založeny na individuálních schopnostech jednotlivých lidí. Každý člověk má jiné schopnosti vnímat chod zařízení a rozpoznat jeho vady na základě vnějších vjemů. Subjektivními nástroji jsou:

- Sluch=sledujeme zvuk zařízení. Pomůcku můžeme využívat technický stetoskop
- Zrak=sledujeme vizuální projevy zařízení, například barvu, drsnost, přítomnost jiných těles, lomy, vzhled povrchu. Jako pomůcky můžeme využívat například lupu, mikroskop, atd.
- Hmat = sledujeme chvění, vibrace, vůle, teplotu 60 °C, drsnost
- Čich = sledujeme neobvyklý zápach, například pálení izolací, přehřívání stroje, pálení brzdného nebo spojkového obložení

**Objektivní:**

Založena na vědeckém měření, jehož výsledky vykazují současný stav zařízení.
K objektivní diagnostice jsou využívány speciální měřící metody, které jsou uplatňovány ve vazbě na sledované strojní zařízení a prostředí, ve kterém jsou provozovány. Z pohledu největšího využití v praxi jsou jako samostatné obory vyprofilovány:

- Nedestruktivní defektoskopie
- Tribotechnická diagnostika
- Vibrační diagnostika
- Termodiagnostika

Těmito metodami je například prováděno sledování:

- Provozních parametrů strojů (výkon, spotřeba, otáčky, tlak, rychlost atd.
- Kmitání strojů a jejich součásti (amplituda, rychlost, zrychlení kmitů atd.)
- Produktů opotřebení v olejových náplních (množství a druh otěrových částic a nečistot, změna viskozity)
- Tepelných polí diagnostikovaného objektu, nebo určených částí zařízení
- Fyzikálních veličiny (proud, napětí, tlak, atd.)

## 4.2. Nedestruktivní defektoskopie

U nedestruktivní defektoskopie existuje několik způsobů. Jako příklad bude popsána ultrazvuková defektoskopii.

Metoda ultrazvukové defektoskopie je založena na změnách propustnosti a odrazivosti ultrazvukové vlny vlivem necelistvosti materiálu. Tato metoda umožňuje jednak zjištění vnitřních nebo skrytých vad. Základem měření je měření průchodu ultrazvukových vln mezi ultrazvukovou sondou a mezi měřeným materiálem. Z měření se rozpoznává, zda vlna prochází celým materiálem, nebo se naopak po odrazu od nějakého rozhraní vrací zpět. V praxi se tato metoda může s úspěchem využít při kontrole:

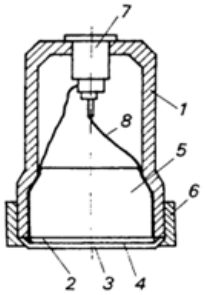
- Kontrola základního materiálu a svarových sporů na přítomnosti vad
- Kontrola odlitků a výkovků
- Měření tloušťky stěn a různých komponentů
- Kontrola nekovových materiálů
- Kontrola přilnutí ložiskových a jiných kompozic

### 4.2.1. Základní druhy vln

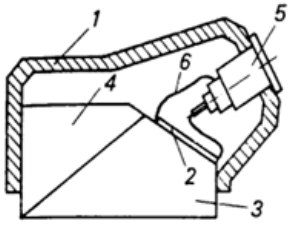
Ultrazvuk, stejně jako zvuk a hluk, je mechanické kmitání částic kolem rovnovážné polohy šířící se v materiálu. Frekvenční rozsah u ultrazvukových kmitů je mimo slyšitelné spektrum, tzn. více než 20 kHz. Pro defektoskopické účely se běžně používají rozsahy 100 kHz až 50 MHz. [25] Podstatou akustických vln jsou elastické kmity látky, které se šíří rychlostí závislou na mechanických vlastnostech prostředí. Kmitočet vlnění může být různý a závisí na zdroji vlnění. Šíření ultrazvukových vln prostředím je vždy prostorové, přičemž značný počet vzájemně sousedících částic kmitá ve stejné fázi. Podle směru kmitání částic prostředí vzhledem ke směru šíření ultrazvukové vlny se rozlišují vlnění podélné, příčné a povrchové. U podélných vln kmitají částice prostředí přímočaře ve směru šíření ultrazvukové vlny. Vzniká střídavě zhušťování a zřeďování částic, vlnění se šíří materiálem jako tlakové vlny. U příčných vln kmitají částice prostředím kolmo na směr šíření ultrazvukové vlny. Tyto vlny se nemohou šířit v kapalinách a plynech, protože tyto látky nemají pevnost ve smyku. Povrchové vlny jsou speciálním případem příčných vln. Pomocí těchto vln lze zjišťovat pouze povrchové vady. Rychlost šíření ultrazvukových vln je konstantní a je závislá na mechanických vlastnostech prostředí. Rychlost šíření podélných vln v oceli je $c_L$ = 5920 $m.s^1$ a příčných vln je $c_T$, = 3250 $m.s^{-1}$. Šíření ultrazvukových vln je ovlivňováno každým rozhraním. Odrazem na tomto rozhraní je dána zjistitelnost vad. Při šikmém dopadu ultrazvukové vlny na rozhraní prostředí dochází k jejímu odrazu, lomu, případně k transformaci, jestliže je schopno přenášet příčné vlny. Vzájemný vztah úhlů všech složek a jejich rychlostí šíření je dán Snellovým zákonem. Důsledkem fyzikálního principu Snellova zákona je, že ve většině případů jsou zjistitelná pouze ta rozhraní (konec materiálu nebo rovinná vada), která jsou přibližně kolmá na osu svazku[5].

### 4.2.2. Ultrazvukové sondy

Ultrazvukové sondy vysílají a přijímají ultrazvukové vlny pomocí elektroakustických měničů, které převádějí elektrickou energii na mechanickou a naopak. Podle druhu vysílaných vln jsou ultrazvukové sondy přímé a úhlové. Sondy přímé vysílají do zkoušeného materiálu podélné ultrazvukové vlny, které jsou kolmé ke kontaktnímu povrchu. Sondy úhlové vysílají do zkoušeného materiálu příčné nebo povrchové vlny pod úhlem 35“ až. 90“. Podle konstrukce jsou ultrazvukové sondy jednoduché a dvojité. Sondy jednoduché obsahují jeden elektroakustický měnič, který vysílá i přijímá ultrazvukové vlny. Sondy dvojité obsahují dva elektroakustické měniče, z nichž jeden měnič pouze vysílá a druhý pouze přijímá ultrazvukové vlny. Ultrazvukové sondy vysílají a přijímají ultrazvukové vlny pomocí elektroakustických měničů, které převádějí elektrickou energii na mechanickou a naopak Podle druhu vysílaných vln jsou ultrazvukové sondy přímé a úhlové (viz.obr.č.3)[5].




Ultrazvuková přímá sonda: 1) vnější kryt sondy, 2) elektroakustický měnič, 3) ochranná fólie měniče, 4) olej, 5) tlumicí těleso, 6) matice, 7) konektor, 8) vodiče




Ultrazvuková úhlová sonda: 1) vnější kryt sondy, 2) elektroakustický měnič, 3) předsádkové těleso, 4) tlumicí těleso podélných vln, 5) konektor, 6) vodiče

Obrázek 3 Ultrazvuková přímá a nepřímá sonda [6]

### 4.2.3. Ultrazvukové přístroje

Při ultrazvukovém zkoušení materiálu se používají impulsní ultrazvukové přístroje. Ultrazvukové vlny odražené od vady nebo konce materiálu jsou přijímáni sondou, přeměny na elektrické impulsy a přivedeny na obrazovku přístroje. Tím jsou na obrazovce zobrazena echa, jejichž výška je závislá na vzdálenosti odrazné plochy (velikosti vady) a jejich poloha na vzdálenosti vady od povrchu. [5]

## 4.3. Tribotechnická diagnostika

Tribodiagnostika neboli tribotechnická diagnostika je bezdemontážní diagnostika, která používá rozboru maziva ke zjištění technického stavu sledovaného objektu a současně zajišťuje kvalitu vlastního maziva[11]. Hlavním úkolem tribodiagnostických měření je zjišťovat, vyhodnocovat a stanovovat výskyt cizích látek v mazivu z hlediska kvantitativního a kvalitativního. Vhodný výklad výsledků z provedených zkoušek a měření umožňuje v dostatečném předstihu upozornit na příznaky vznikajícího opotřebení, které může být příčinou poruchy. Často umožní I lokalizaci místa možného vzniku mechanické závady.

### 4.3.1. Zaměření tribotechnické diagnostiky

Při vyhodnocování výsledků tribotechnické diagnostiky se zaměřujeme na dvě oblasti:

#### 4.3.1.1. Monitorování degradace samotného maziva

- dovoluje určit životnost maziva zjištěním stupně opotřebení či jeho znehodnocení. Jek primárně (vznikající tepelně-oxidačními procesy v samotném mazivu) tak i nečistotami sekundárními, dostávající se do provozního maziva zvenčí (např. oděrem strojních součástí nebo v podobě nasávaného křemičitého prachu).
- provádí se měřením a vyhodnocením parametrů maziva jako např. viskozita, kyselost, bod vzplanutí, obsah nečistot, atd.
- na základě naměřených parametrů maziv je možné stanovit optimální intervaly výměny maziv (např. u automobilů je určen z dlouhodobě prováděných testů interval výměny oleje podle počtu najetých kilometrů.

#### 4.3.1.2. Monitorování stavu opotřebení strojních zařízení

- provádí na základě stanovení obsahu otěrových kovů v mazivu (důležitý je hlavně trend naměřených hodnot)
- informaci o druhu opotřebení a technickém stavu jednotlivých třecích uzlů získáme odborným vyhodnocením typu, množství, velikosti a tvaru otěrových částic.

### 4.3.2. Základní úrovně tribotechnické diagnostiky

Při výběru nejvhodnější metodiky tribotechnické diagnostiky mohou být využity s ohledem na podmínky tří základních úrovně měření

- **Modifikovaná pro provozní podmínky podniku**
  - obecně na 1. údržbářském stupni
- **Prováděná na úrovni dobře vybavených laboratoří**
  - kde i odborná personální úroveň musí zajišťovat dodržování normovaných či uzančních zkoušek exploatovaných maziv
- **Realizována na nejvyšší úrovni neboli na úrovni specializovaných centrálních velkokapacitních tribotechnických laboratoří**
  - Laboratoře jsou speciálně zařízená pro provádění hromadných analýz
  - Založena na nejmodernějších analytické technice s největší možnou automatizací a s řadou vymožeností podmiňující například zpětnou vazbu na provozovatele.

### 4.3.3. Rozdělení metod tribotechnické diagnostiky

Rozhodujícím faktorem pro tribotechnickou diagnostiku je rychlost a přesnost provedení rozboru. Dle stanoveného výsledku lze rozdělit druhy metod do dvou hlavních skupin:

#### 4.3.3.1 Sledování degradace a stanovení kvality maziva

Jsou to standardní zkoušky pro přesné stanovení kvality maziva zaměřené na hodnocení fyzikálně chemických parametrů.

Sledované parametry:

- kinematická viskozita
- bod vzplanutí
- obsah vody
- celkové alkality a kyselosti, celkové znečištění
- Conradsonův karbonizační zbytek
- kapková zkouška
- mechanické nečistoty
- spektrální analýzy nečistot

#### 4.3.3.2. Sledování stavu opotřebení strojních zařízení

Touto metodou jsou získávány informace o dějích a mechanických změnách v technických systémech, v niž jsou maziva aplikována.[12]

Druhy metod:

- metody pro stanovení koncentrace otěrových kovů
    - atomová spektrofotometrie (emisní, absorpční)
    - polarografie a voltametrie
    - metoda RAMO (rychlá analýza motorových olejů)
- metody pro hodnocení morfologie a distribučního rozdělení částic kovů
    - ferodenzimetrická analýza (distribuce vzhledem k velikosti)
    - feroskopickým vyhodnocením (morfologie a chemické složení)

## 4.4. Vibradiagnostika

Vibradiagnostika neboli vibrační diagnostika je bezdemontážní diagnostika (nedestruktivní) rotačních strojů. Kvalifikovaně prováděná vibradiagnostika dokáže nalézt poruchu rotačního zařízení (například ložisek v motoru) a určit její původ nebo v předstihu zaznamenat problém, který by vedl k poruše stroje. Vibradiagnostika patří mezi prediktivní a proaktivní metody údržby. Tato metoda napomáhá k řízení spolehlivosti, zvýšení bezpečnosti a předejití havárií strojních zařízení a tím zvýšení efektivnosti využití strojního zařízení. Vibradiagnostika využívá jako diagnostický parametr vibrace. Tento parametr dává informace k určení objektivního technického stavu rotujících strojů.

### 4.4.1 Základní pojmy

**Měřené veličiny**

- Rychlost vibrací- nízkodynamické děje související přímo s chováním zařízení (únavové procesy)
- Zrychlení vibrací- poukazuje na vysokofrekvenční děj
- Výchylka vibrací- posun

**Rychlost**

Rychlost je charakteristika pohybu, která nám uvádí, jak se mění poloha hmotného bodu (tělesa) v čase. Rychlost je vektorová fyzikální veličina, neboť udává jak velikost změny, tak i její směr. Rychlost lze vypočítat jako derivace dráhy za čas. Značí se **v** a základní jednotkou jsou m/s.

**Zrychlení**

Zrychlení neboli akcelerace je charakteristika pohybu, která popisuje, jakým způsobem se mění rychlost tělesa v čase. Je to vektorová fyzikální veličina, která udává jak velikost změny, tak i směr. Lze vypočítat okamžité zrychlení a průměrné zrychlení. Zrychlení lze také určit jako derivaci rychlosti podle času. Jestliže zrychlení směřuje proti směru pohybu, pak je označováno jako zpomalení a má záporné znaménko, značí se **a**, základní jednotkou jsou $m/s^2$.

**Výchylka**

Jestliže mechanický oscilátor kmitá, je jeho okamžitá poloha určena souřadnicí y, která se nazývá okamžitá výchylka. Okamžitá výchylka se s časem mění v závislosti na funkci sinus - nabývá tedy kladných i záporných hodnot (ve speciálních případech) viz obr. 5. Absolutní hodnota největší výchylky se nazývá amplituda výchylky (maximální výchylka $A_{max}$).[26]

**Frekvence**

Frekvence neboli kmitočet je fyzikální veličina, která udává počet period (opakování) za daný časový úsek. Značí se **f** nebo také někdy **ν**(řecké písmeno ný),jednotkou Hz(hertz).1Hz= 1/s

**Oscilace**

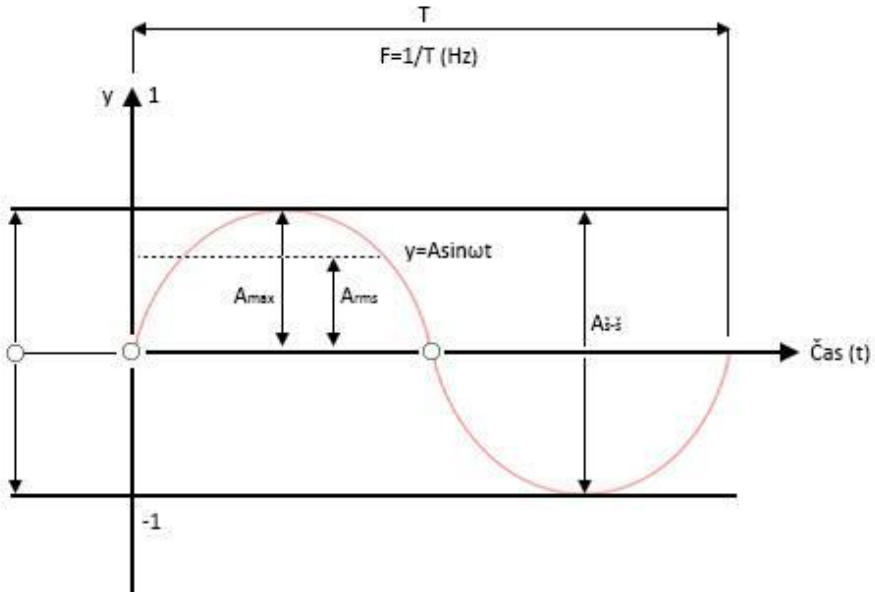
Oscilace neboli kmitání je změna popsána v čase a amplitudou. Objekt, který kmitá se nazývá oscilátor.

**Vibrace**

Vibrace, nebo též chvění, jsou projevem mechanického kmitání stroje. Toto kmitání je charakteristické změnou polohy stroje (nebo jeho části) ve zvoleném souřadném systému, přičemž pohyb je uskutečňován periodicky, s konečnou výchylkou kolem rovnovážné polohy.[5]Vliv na průběh vibrací má hlavně technický stav jednotlivých částic stroje (hřídel, převodovka, vačkový mechanizmus, nevyváženost rotujících součástí, vůle v kluzných ložiskách, únava materiálu atd.).

### 4.4.2. Měření vibrací

Měření vibrací jsou obvykle prováděna v místech uložení ložisek, tedy na ložiskových domcích. V dalších případech je měření prováděno co nejblíže k předpokládanému zdroji vibračního signálu. Mohutnost vibrací lze charakterizovat podle konkrétní potřeby například amplitudou (maximální hodnota výchylky) $A_{max}$, efektivní hodnotou $A_{rms}$ a nebo hodnotou špička-špička $A_{š-š}$, (rozkmit). Frekvence je převrácenou hodnotou periody (dobra trvání jednoho kmitu) T (s)viz obr.č.4 harmonický oscilátor [5]

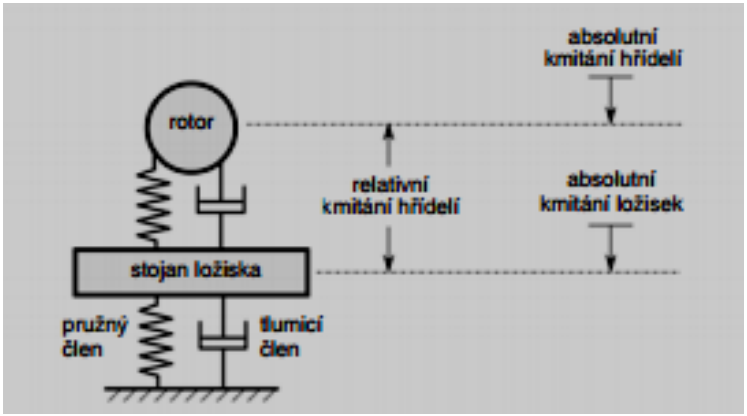



Obrázek 4 Harmonický oscilátor[5]

Měření vibrací je velmi složité a vyžaduje velmi dobrou znalost problematiky měření vibrací, konstrukce a provoz stroje obecně.

#### 4.4.2.1. Rozdělení vibrací:

- Absolutní vibrace-vibrace nerotujících částí (vibrace rotoru vůči nehybné části)
- Relativní vibrace-vibrace hřídele vůči statorové části



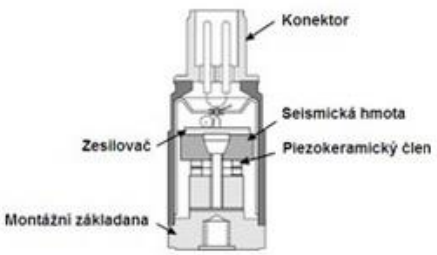

Obrázek 5 Absolutní a relativní vibrace[13]

#### 4.4.2.2. Základní vlastnosti snímačů vibrací

Pro měření vibrací se nejčastěji používají snímače Piezoakcelerometry.

Základními vlastnostmi Piezoakcelerometru:

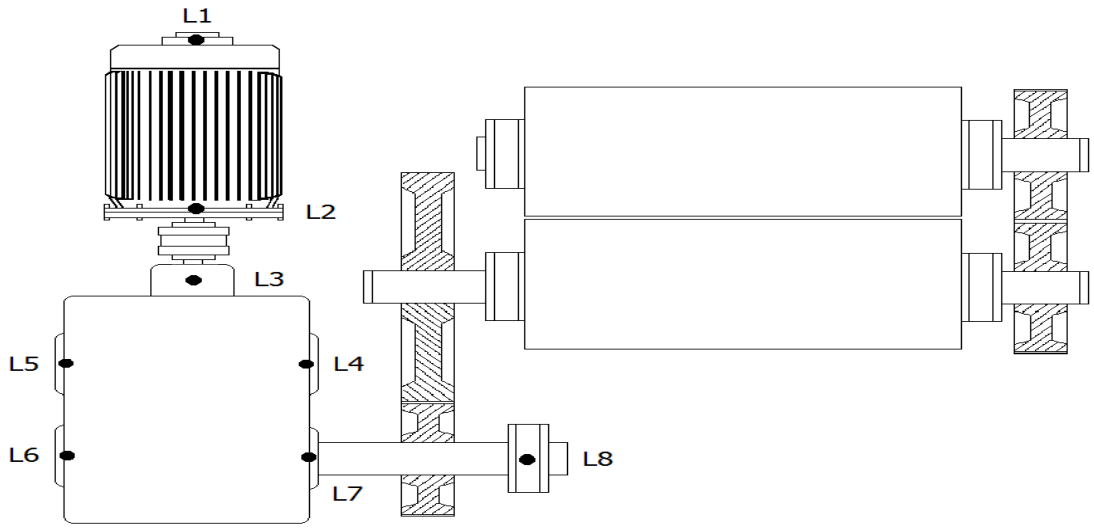
- Využívají piezoelektrický materiál, který generuje náboj úměrný mechanickému namáhání, které vzniká působící silou
- Měření náboje piezokrystalu probíhá buď přímo pomocí externí elektroniky s vysokou vstupní impedancí, nebo častěji vnitřní elektronika senzoru konvertuje náboj na napěťový výstup s nízkou impedancí
- Jednoduchá konstrukce umožňuje senzor napojit na jednoduchý vyhodnocovací obvod[14]




Obrázek 6 Peizoakcelerometr[15]

#### 4.4.2.3. Stanovení měřícího místa

Volba měřících míst je stanovena dle ČSN ISO 10816-1. Měřícím bodem je myšleno místo, které se nachází co nejblíž k ložisku. Počet měřících bodů odpovídá počtu ložisek na daném strojním zařízení. Měření každého bodu probíhá ve třech vzájemně kolmých směrech.(horizontální, vertikální, axiální) [15].Příklad volby měřícího místa a schematického značení je uveden na obr.č.7




Obrázek 7 Volba měřících míst.[15]

#### 4.4.2.4. Podmínky a metodika měření.[16]

- Provádět měření na stejných měřících místech
- Nastavit potřebné parametry měření
    - frekvenční rozsah (0 až fmax, případně zoom fmin až fmax)
    - počet spektrálních čar (dostatečný frekvenční krok)
    - okénkovou funkci
    - překrytí
- Měřit při provozních otáčkách pro zajištění opakovatelnosti měření – měření za stále stejných podmínek.

#### 4.4.2.5. Nejčastější závady zstrojů zvyšující vibrace[16]

- Nesouosost spojek, převodů
- Nesouose nasazená ložiska
- Nevyváženost rotorů
- Mechanické uvolnění
- Poškození valivých ložisek
- Opotřebení převodů
- Zadírání
- Hydraulické a aerodynamické problémy
- Elektrické závady motorů
- Excentricita rotující části - kladky a ozubená kola

#### 4.4.2.6. Hodnocení stavu stroje dle naměřených hodnot vibrací

Výsledky stroje se vyhodnocují pomocí příslušné normy (každý stroj má předepsanou určitou normu, podle které jsou hodnoceny). Hodnotí se efektivní hodnota rychlostí vibrací (RMS) v pásmu 10-1000Hz. [15]

## 4.5. Termodiagnostika

Termodiagnostika je nejčastěji využívána jako bezkontaktní snímání povrchových teplot pomocí termokamery, má oproti standardním kontaktním diagnostickým metodám zásadní výhodu, protože se provádí za plného provozu (zatížení) stroje. Hlavním cílem je odhalení nadměrného oteplení či nehomogenity povrchových teplot, kde jsou tyto jevy nežádoucí. Lze dokázat, že nadměrné oteplení strojů a zařízení vede k chybné činnosti, kratší životnosti a mnohdy i k poškození. [17]

### 4.5.1. Základní pojmy

#### 4.5.1.1. Teplo:

- Označení: Q
- Jednotky: J (joule)
- Teplo je definováno jako změna energie vyvolaná působením mikroskopických neusměrněných sil, tedy rovněž způsob reakce soustavy a okolí, stejně jako práce. [27]. Velikost tepla sděleného mezi termodynamickou soustavou a okolí závisí nejen na stavu termodynamické soustavy, ale i na způsobu změny stavu. Není tedy stavovou veličinou
- Za kladné teplo (+Q) považujeme teplo přiváděné do soustavy
- Za záporné teplo (-Q) považujeme teplo odváděné ze soustavy

#### 4.5.1.2. Teplota:

Teplota jako pojem byla primárně zavedena pro podnět či vznik určitého druhu smyslových pocitů. Zde má původ i její mezinárodní název (latinské slovo "temperatura" lze přeložit jako "příjemný pocit"). Toto vedlo ke snahám lépe popsat tyto pocity, a proto to vedlo k určování a měření teploty. Postupně bylo pozorováno, že zvýšení teploty či snížení teploty vede ke změně rozměrů a tvarů. [18] Teplota je stavová veličina charakterizující termodynamický stav jakékoliv makroskopické soustavy. Z nultého termodynamického principu plyne, že každému rovnovážnému stavu soustavy lze přiřadit určitou hodnotu teploty, která je v každém místě dané homogenní soustavy stejná a že tato hodnota je táž pro všechny soustavy, které jsou navzájem v termodynamické rovnováze s danou soustavou. Termodynamická teplota je od roku 1960 jednou ze základních veličin Mezinárodní soustavy jednotek. [19]

#### 4.5.1.3. Druhy teplotních stupnic

- Celsiova stupnice
  - Jednotka: Celsiův stupeň (°C)
  - Vztah: $t = T - T_0$

    T=odpovídající termodynamická teplota

    $T_0$=273,15K=0°C
  - Teplota tání ledu = 0 (°C)
  - Teplota varu vody = 100 (°C)
- Fahrenheitova stupnice
  - Značka: °F (0°F= eutektická teplota směsi vody a salmiaku)

    0 °F= 255,372 K

    0°F= -17,788 °C
  - Číselná hodnota vyjádřena $\frac{t_f}{°F}$
  - souvisí s odpovídající číselnou hodnotou Celsiovy teploty vyjádřenou v jednotce Celsiův stupeň $\frac{t}{℃}$
  - Vztah: $\frac{t_f}{°F} = \frac{9t}{5℃} + 32$
  - Běžně se používá v USA nebo Velké Británii
- Termodynamická stupnice
  - Jednotka: Kelvin (K)
  - Základní veličina Mezinárodní soustavy jednotek SI
  - Vztah:$T = \frac{Q}{Q_z} * T_z$

    Q=teplo, které látka přijme během jednoho cyklu látky, v niž tento děj probíhá od soustavy s konstantní teplotou T.

    $Q_z$=teplo, které během jednoho cyklu tato látka odevzdá další soustavě s konstantní teplotou $T_z$.

    $T_z$= pokud je zvolená jako základní termodynamická teplota, je uvedeným vztahem definována termodynamická teplota T (a to nezávisle na tom, v jaké látce tento cyklus probíhal) a může být určen měřením teplem a $Q_z$. Základní teplotou je od roku 1954 stanovena mezinárodně termodynamická teplota trojného bodu vody. Teplota trojného bodu vody je $T_r$=273,15 K. [19]

#### 4.5.1.4. Měření teploty

Pokud chceme měřit správně teplotu, musíme dodržovat určité zásady, aby nedošlo k chybnému měření.(např. při měření povrchové teploty zajistit dobrou tepelnou vodivost mezi povrchem a čidlem, omezit odvod tepla přívody k čidlu, umístit dobře teplotní čidlo.). Pokud měříme časově proměnné teploty, je třeba vzít k úvaze dynamické vlastnosti čidla (např. při měření vody je to bezproblémové, ale při měření teploty nepříliš rychle proudícího vzduchu může být časová konstanta u větších čidel až několik minut)[20].

Měřit teplotu lze dvěma způsoby a to dotykově (např. teploměry) nebo bezdotykově (termokamery). V technické diagnostice se častěji používají bezdotyková měření.

#### 4.5.1.5. Kirchhoffův zákon pro infračervené záření

Množství pohlceného záření závisí na vlastnostech tělesa, nejčastěji na barvě (černá tělesa pohlcují více záření než bíla) a na povrchové úpravě (lesklá tělesa více odráží, za to matná více pohlcují záření)Pro lepší pochopení, aby se dalo lépe popsat, byl zaveden model tělesa absolutně černého. Toto těleso pohltí veškeré dopadající záření. [21]

Infračervené záření sestává ze 3 složek: emisivita, reflexivita a transmisivita. Součet těchto faktorů je vždy roven 1. [5]

$$\varepsilon + \rho + T = 1$$

- **(ε)Emisivita**

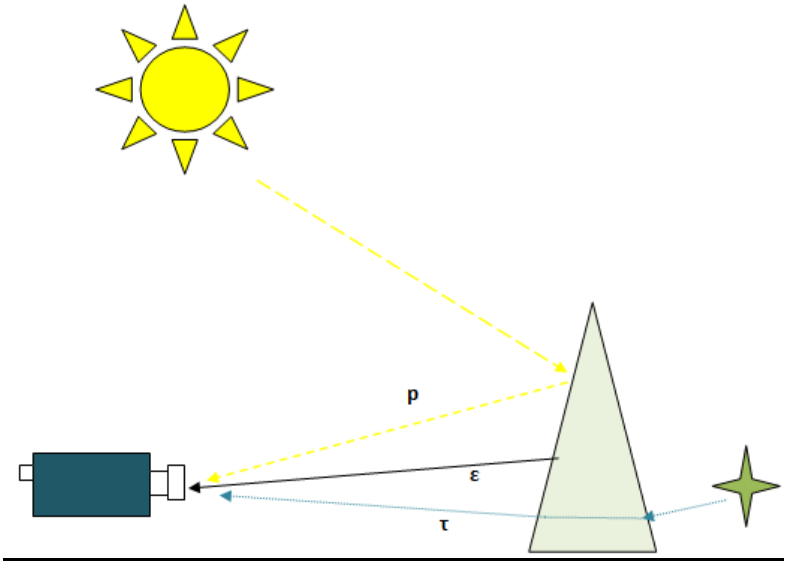
Je to schopnost materiálu přijímat a vyzařovat infračervené záření. Emisivita je závislá na povrchu materiálu. Emisivita nabývá hodnoty 0 - 1. Jednička náleží absolutně černému tělesu

- **(p)Reflexivita**

Je to schopnost tělesa odrážet záření, každé těleso má své specifické vlastnosti, které mají vliv na odrážení. Reflexivita nabývá hodnot 0 - 1.

- **(τ)Transmisivita**

Transmisivita udává, jaká část infračerveného záření projde měřeným předmětem. Nabývá hodnoty 0 - 1. Většina předmětů má transmisivitu 0.Výjmkou jsou předměty velice tenké, například plastová fólie.




Obrázek 8 Zdroje infračerveného záření, které vstupuje do termokamery[5]

### 4.5.2. Bezkontaktní měření

Bezkontaktní měření teploty neboli bezdotykové měření teploty je velice jednoduchý a rychlý způsob jak změřit teplotu povrchu. Princip měření spočívá v tom, že termokameru namíříme na měřený objekt a na displeji měřicího přístroje odečítáme teplotu měřeného subjektu. Principy odečítání závisí na typu použité kamery[22]. Schéma bezkontaktního měření je znázorněno na schématu č.1.

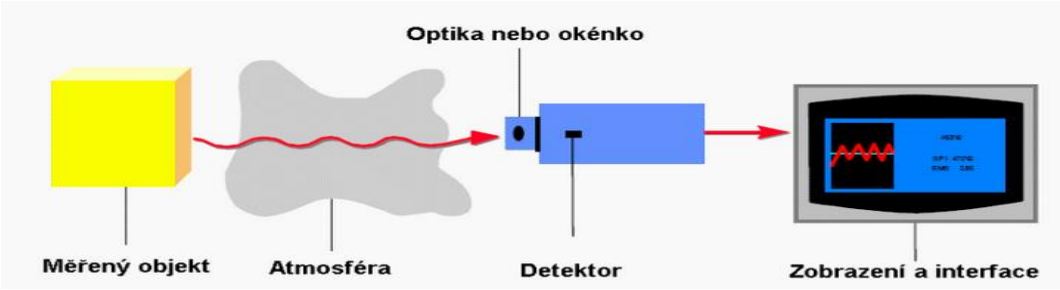



Schéma 1 Zobrazení principu bezkontaktního měření[23]

Důležitá kritéria pro měření teploty bezkontaktním teploměrem jsou:

- zorný úhel
- emisivita povrchu měřeného objektu (k jejímu stanovení se používají tabulky emisivity)
- vliv okolního prostředí

Výhody bezkontaktního měření:

- Rychlé
- Lze měřit pohybující se části (rotující součásti atd.)
- Bezpečné měření i na nebezpečných místech nebo špatně přístupných (EX-prostředí)
- Lze měřit vysoké teploty (až nad 1300 °C)
- Neovlivňují měřený předmět

Pravidla pro používání bezdotykových teploměrů

- Měřený objekt musí být pro infračervené teploměry viditelný (vysoká úroveň kouře nebo prachu snižuje přesnost měření)
- Optická čidla musí být chráněna před prachem a kondenzující kapalinou
- Lze změřit pouze povrchové teploty. Ale nutno přihlédnout k emisivitě materiálu tělesa

#### 4.5.2.1. Typy bezdotykových teploměrů

Jednotlivé typy bezdotykových teploměrů jsou využívány podle toho, na jakém základu pracují a nebo jaké teploty jsou s nimi měřeny.

Obecně se dělí:

- **Monochromatické pyrometry**

  Pracují na základě závislosti spektrálního vyzařování těles při dané vlnové délce na jeho teplotě. To znamená, že dokážou přesně měřit pouze v úzkém pásmu vlnových délek. Příklad provedení monochromatického pyrometru je na obr.č.9a

- **Úhrnné pyrometry**

Dokážou vyhodnocovat tepelné záření v celém spektru vlnových délek. Většinou mají možnost automaticky nebo ručně nastavit hodnotu emisivity měřeného objektu. Příklad provedení úhrnného pyrometru je na obr.č.9b

Obrázek 9 a) Monochromatické pyrometr, b) Úhrnné pyrometry

- **Pásmové (vícepásmové) pyrometry**

Princip stejný jako u monochromatických pyrometrů, ale lze nastavit šíře pásma vlnových délek a to od 10nm do několika mm.

- **Poměrové pyrometry**

Principem je, že vyhodnocují povrchovou teplotu objektu na základě poměrů dvou intenzit vyzařování při dvou různých vlnových délkách. Jelikož jsou kalibrovány na teplotu absolutně černého tělesa pro různé vlnové délky a protože z Planckova zákona dokázat, že poměr dvou intenzit vyzařování je zcela jednoznačný a pro každou teplotu jiný, je tento princip nezávislý na hodnotě emisivity měřeného povrchu. Používají se u zahřívacích procesů. Příklad provedení poměrového pyrometru je na obr.č.10

Obrázek 10 poměrový pyrometr s oddělenou hlavicí na optickém kabelu

- **Pyrometry s automatickou korekcí emisivity**

  Pomocí pyrometrů s automatickou korekcí nich lze měřit povrchovou teplotu i bez znalosti emisivity daného předmětu. Princip spočívá v měření monochromatickým pyrometrem a to střídavě intenzitou vyzařování měřeného předmětu ozářeného laserem s přesně definovanou intenzitou vyzařování.

### 4.5.3. Využití termodynamických měření v praxi

Termodiagnostika je velmi komplexní metoda, její výhodou je, že ji lze uplatnit v řadě odvětví. Drtivá většina závad se navíc vyvíjí dlouhodobě a je tedy možno je odhalit s dostatečným předstihem, než dojde k vlastní poruše nebo poškození stroje či zařízení. Níže stručně popisujeme nejdůležitější oblasti využití termodiagnostiky v průmyslových provozech.[17]

- **Rozvod elektrické energie**

I když si to mnohdy ani neuvědomujeme, drtivá většina všech zařízení i strojů je poháněno elektrickou energií. Její kvalita a zejména nepřerušovaná dodávka je nezbytná pro vlastní provoz celého podniku. Přerušení dodávky vlivem poruchy na rozvodu elektrické energie má za následek výpadek jednoho nebo více strojů, či celého provozu či podniku. Aby k těmto situacím nedocházelo, běžně se provádí termodiagnostika elektrických rozvodů. Typické příklady využití termodiagnostiky v rozvodech elektrické energie jsou: přechodový odpor, nadměrné zatížení vodičů, přehřívání svazkových vodičů.

- **Elektrické stroje**

Další podstatnou skupinou jsou vlastní výrobní a provozní elektrické stroje. Termodiagnostika povrchových teplot strojů a kontrola jejich provozních stavů předurčuje jejich spolehlivý provoz i dlouhou životnost. Typické příklady využití termodiagnostiky na elektrických strojích jsou: přehřívání připojovacích svorek, přehřívání elektromotorů, přehřívání transformátorů.

- **Elektrická zařízení**

Většina elektrických strojů je řízena elektrickými zařízeními, která v případě nesprávné činnosti zásadně ovlivňují chod k nim připojených technologií. Mezi hlavní elektrická zařízení, která jsou z pohledu termodiagnostiky důležitá, patří zejména: spínací, jistící a vypínací zařízení, výkonová elektronika, desky plošných spojů fotovoltaické moduly.

- **Mechanické stroje a zařízení**

Dalším významným okruhem, kde lze efektivně využít termodiagnostiku, jsou mechanické stroje a zařízení. Na rozdíl od elektrických strojů zde nedochází k nadměrnému oteplení z důvodu zvýšeného odporu v proudové cestě, ale hlavně vlivem vyššího mechanického tření nebo namáhání. Kvůli tomu pak dochází k jejich nadměrnému opotřebení, a tedy zkrácení životnosti či přímo nebezpečí poškození. Nejčastější příklady využití termodiagnostiky: kontrola ložisek, detekce nadměrného oteplení převodovek, detekce nadměrného oteplení kompresorů, dmychadel, čerpadel.

- **Kontrola tepelné izolace**

Dalším možným využitím je termodiagnostika stavebních objektů či výrobních strojů z pohledu detekce závad na izolaci. V oblasti výroby je termodiagnostika velmi užitečná z pohledu kontroly povrchových teplot, jejichž překročení signalizuje snížení izolačních vlastností. V případě stavebních objektů se jedná zejména o sledování maximálních přípustných tepelných ztrát z měřeného objektu a zabezpečení snížení provozních nákladů. Hlavní příklady využití při kontrole tepelné izolace: nedostatečná izolace zdiva stavebních objektů, detekce stavu izolace výrobních objektů, kontrola vyzdívek hutních pánví, cementárenských pecí atd.

# 5. Současný stav údržby vybraného podniku

Pro posouzení zavedeného systému údržby, jeho vyhodnocení a navržení možností ke zlepšení jsem si vybral společnost MCSyncro Kolín s.r.o., která vyrábí hotová kola pro TPCA (Toyota, Peugeot, Citroen, Automotive) Kolín s.r.o. .

Vzhledem k tomu, že jsem v této společnosti čtyři roky absolvoval prázdninovou praxi, měl jsem možnost poznat obsluhu a údržbu jednotlivých zařízení. V průběhu celozávodních odstávek jsem poznal strategii plánování údržbářských úkonů, jejich realizaci a tím jsem měl možnost získat i praktické zkušenosti se zavedeným způsobem údržby.

Významným preventivním opatřením je instalace ochranných protipožárních systémů TEPOSTOP na všech rozvaděčích. Tento systém je schopen prostřednictvím mobilního telefonu upozornit techniky údržby na zvýšenou teplotu či výskyt dýmu v rozvaděči, ale v případě překročení nastavených limitů odpojit rozvaděč od elektrického proudu.

## 5.1. Popis výrobního procesu

Předmětem činnosti uvedené společnosti je zhotovování hotových kol dle potřeby zákazníka. Proces výroby respektive servisu probíhá tak, že na základě předem stanoveného týdenního plánu jsou do společnosti dodávány pneumatiky a disky (celkem 18 variant), ze kterých jsou zhotovována (montována) hotová kola. Disky i pneumatiky dodává zákazník.

Výrobní proces probíhá na dvou linkách (viz.schéma č.2), které mohou pracovat společně, každá samostatně a nebo v rámci beck-up systému kombinovaně. Instalované výrobní technologie umožňují výrobu hotového kola následujícími operacemi:

1. Montáž ventilku do disku kola
2. Příprava disku a pneumatiky pro montáž (soaping)
3. Montáž pneumatik na disk (mounting)
4. Plnění pneumatiky stlačeným vzduchem (fitting)
5. Provedení kalibrace správné pozice pneumatiky na rávku (calibration)
6. Automatické vyvážení a montáž závaží (main balancing)
7. Kontrola vyvážení (control balancing)
8. Kontrola správného nahuštění (press control)
9. Výstupní kontrola
10. Expedice

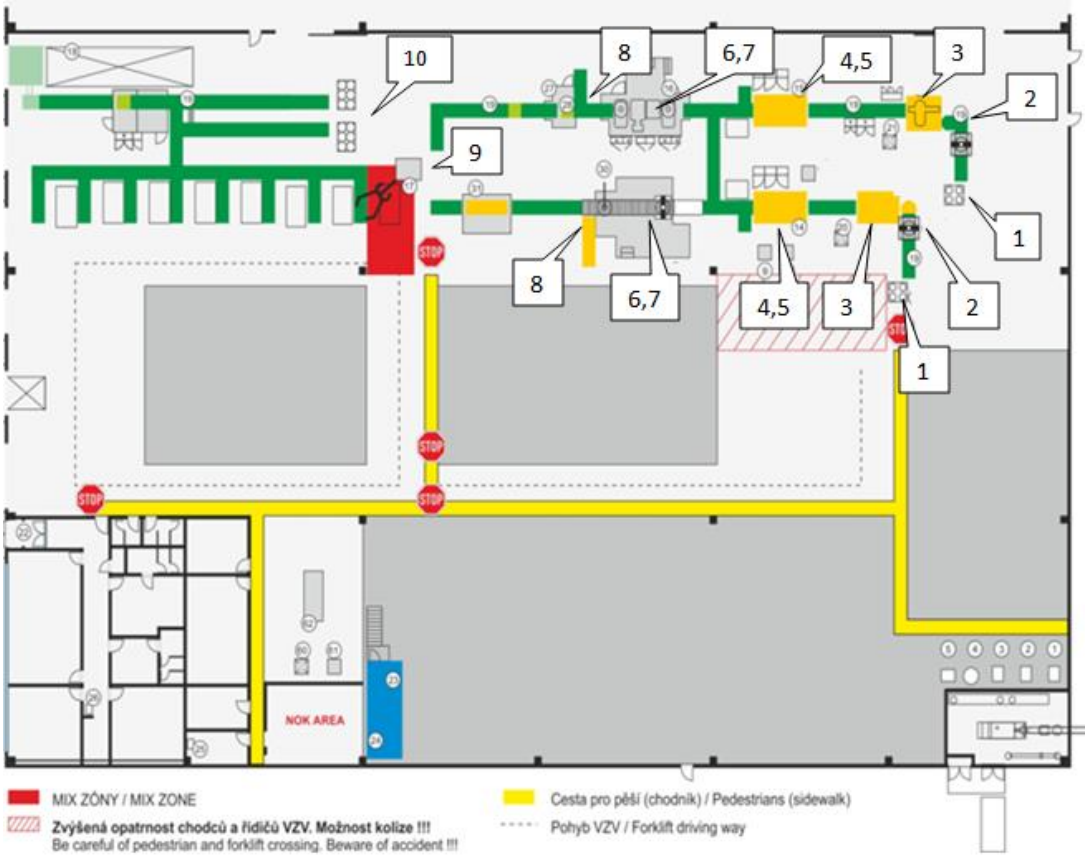



Schéma 2 Znázornění výrobní linky

## 5.2. Popis údržby ve společnosti

Ve společnosti byl od založení zaveden systém údržby po poruše. Vzhledem k tomu, že do společnosti byly dodány nové stroje, použité stroje a některá zařízení byla v průběhu činnosti společnosti vyvinuta speciálně pro potřeby výroby, byly v průběhu prvních pěti let shromažďovány informace o jednotlivých údržbářských zásazích. Tyto informace byly následně využity k postupnému zavádění preventivní údržby. Hlavní a rozsáhlé údržbářské činnosti jsou plánovány vždy na letní odstávku (14dní). Vysoký důraz je kladen na vedení technické dokumentace (pasport), který je veden u všech strojních zařízení na základě stejné osnovy (viz. Příloha č.1).

## 5.3. SWOT analýza systému údržby

SWOT analýza je metoda, pomocí níž lze velmi přehledně identifikovat silné a slabé stránky podniku (interní záležitosti podniku) ve vztahu k příležitostem a hrozbám, jejichž původcem je vnější prostředí. Název vychází z počátečních písmen anglických slov strengths (silné stránky), weaknesses (slabé stránky), opportunities (příležitosti) a threats (hrozby), které reprezentují 4 oblasti zájmu. Pomocí SWOT analýzy lze komplexně vyhodnotit fungování společnosti, nalézt problematické oblasti či nové možnosti pro rozvoj. SWOT analýza by měla být součástí strategického řízení a její výstupy by měli být zohledněny při plánování strategie společnosti[24].

Tabulka 2 SWOT analýza

| **Interní analýza** | |
|---|---|
| **S: Silné stránky** | **W: Slabé stránky** |
| zkušený tým údržby | Různorodost a stáří strojního zařízení |
| Podpora vedení společnosti | Neúplně zaveden systém preventivní údržby |
| Jednotný systém technické dokumentace (pasport) | Omezené prostředky pro školení techniků |
| Dostupnost outsorsingu řídicích systémů | |
| **Příležitosti** | **Hrozby** |
| Zavedení systému prediktivní údržby | Obtížně nahraditelná činnost techniků |
| Využití termodiagnostiky pro údržbu rozvaděčů | Ukončení činnosti odběratele |
| Implementace systému TPM | Ukončení činnosti výrobce dodaného zařízení |
| Inovace stávajících smluv | Havárie strojního zařízení |
| | Obtížná dostupnost náhradních dílů (pro staré stroje) |

# 6. Nejlepší světová praxe v údržbě obdobných podniků

Porovnání systému údržby zavedeném v MCSyncro Kolín s jinými světovými organizacemi jako Rad systém, EUROFIT, SCHENK bylo konzultováno s manažerem údržby. Systém preventivní údržby na bázi diagnostických měření je používán podstatě ve všech podnicích podobného charakteru. Zavedený systém odpovídá stupni zkušeností, vzdělání a zaměření managementu údržby a koncepce strategie společnosti. U zahraničních organizací se ve větší míře objevuje využívání outsourcingu, to znamená, že pro údržbu jsou využívány dodavatelé pro speciální opravy např. Siemens a Rockwell automatizacions pro řídicí systémy technologií a linek. Servisní organizace Festo pro servis pneumatických systémů, společnost Crane pro údržbu jeřábů, Společnost Still nebo Toyota pro údržbu vysokozdvižných vozíků. Společnost Demag a Sew jsou využívány pro údržbu technologických zařízení linek, společnost Vescom a Atlas Copco pro údržbu kompresorových stanic.

Při využití těchto externích služeb role vlastní údržby spočívá hlavně v evidenci provedených zásahů a objednávání následných servisů dle stanovených lhůt. I u těchto světových organizací jsou prováděny některé opravy po poruše a velké opravy plánovány na období letní odstávky podniku. Vzhledem k tomu, že i ostatní dodavatelé těchto servisních služeb jsou přímo napojeny na výrobní závody automobilů, jsou servisní zásahy plánovány v návaznosti na odstávky těchto výroben. Ve vazbě na velikosti a typy dodávaných kol může být sestava linek ještě vybavena dalšími zařízeními pro měření uniformity TUV ( SEIFTER). U podobných světových závodů je pro manipulaci s koly konec výrobní linky vybaven ještě robotizovaným pracovištěm. Jednotlivé závody se od sebe liší velikostí, technologickými zařízeními, délkou výrobních linek a vyráběným sortimentem. Tyto skutečnosti mohou významným způsobem ovlivňovat řízení údržby a její nákladovost.

V posledních letech se stále objevují tendence nahrazení lidské činnosti robotem. Jedná se například automatickou montáž ventilku do disku (Ford), automatickou montáž závaží při vyvažování (3M), automatické provádění expedice hotových kol (RFID, GANTRI-Mercedes). Zavádění těchto moderních metod se následně odráží v systému údržby zvýšeným stupněm outsourcingu. To znamená, že pro údržbu jsou využívány pouze specialisté dodavatelů zařízení dle servisních smluv, nebo mohou být, hlavně v případě řídících systémů, prováděny servisní zásahy i na dálku prostřednictvím sítě Intranet.

# 7. Zhodnocení současného stavu a návrhy zlepšení

## 7.1. Současný stav

Pokud hodnotíme současný stav prováděné údržby lze, po praktických zkušenostech v pozici operátora, hodnotit činnost techniků údržby pozitivně. Dostupnost zařízení se díky jejich zkušenostem pohybuje na úrovni 70-80%. Vzhledem k tomu, že pracovníci údržby provedli částečně sami, ale hlavně ve spolupráci s externími firmami FESTO a SIEMENS modifikaci strojních zařízení tak, aby bylo využito unifikace použitých prvků a zavedených systémů, podařilo se jim ve vysoké míře eliminovat sklady náhradních dílů. Dalším pozitivním prvkem je, že pro jednoduché údržbářské operace (čištění, mazání strojů) jsou využíváni v rámci postupného zavádění TPM( total productive maintenance) operátoři výroby. Vysoká je i podpora činnosti techniků ze strany vedení společnosti a Plant Managera. Zavedený systém docházky umožňuje, že pracovníci údržby provádí základní úkony pro zahájení výroby ještě před tím než je výroba zahájena. Na velmi dobré úrovni jsou pasporty od všech zařízení. Pasporty jsou řazeny u všech strojních zařízení ve stejném pořádku (viz.příloha č.1) , což umožňuje velice rychlou orientaci v případě řešení problémů údržby se strojním zařízením.

### 7.2. Návrhy na zlepšení

Po konzultaci s Plant Managerem společnosti, techniky a směnovými mistry o poznatcích získaných v průběhu praxe a zpracování bakalářské práce byly specifikovány další možnosti ke zlepšení v oblasti údržby. Tyto návrhy byly zapracovány do akčního plánu zlepšení údržby, který byl po projednání schválen vedením společnosti.

### 7.2.1. Konkrétní návrhy opatření

Po konzultaci s vedením společnosti byly stanoveny pro zavedení tyto návrhy:

#### 7.2.1.1 Kvalifikační matice operátorů TPM

Tato matice (viz.tabulka č. 3) znázorňuje, na kterých strojních zařízeních smí jednotlivý operátor pracovat (je proškolen), a na kterých zařízení smí provádět běžnou údržbu.

Světle modrá a zelená znázorňuje rozdělení operátorů do směn, červená barva znázorňuje, na kterých zařízeních smí daný pracovník provádět údržbu. Žlutá barva znázorňuje techniky, kteří smějí obsluhovat a udržovat všechna strojní zařízení. Písmeno X znázorňuje stroje, které je daný pracovník schopen obsluhovat.

**Tabulka 3 Příklad Kvalifikační matice**

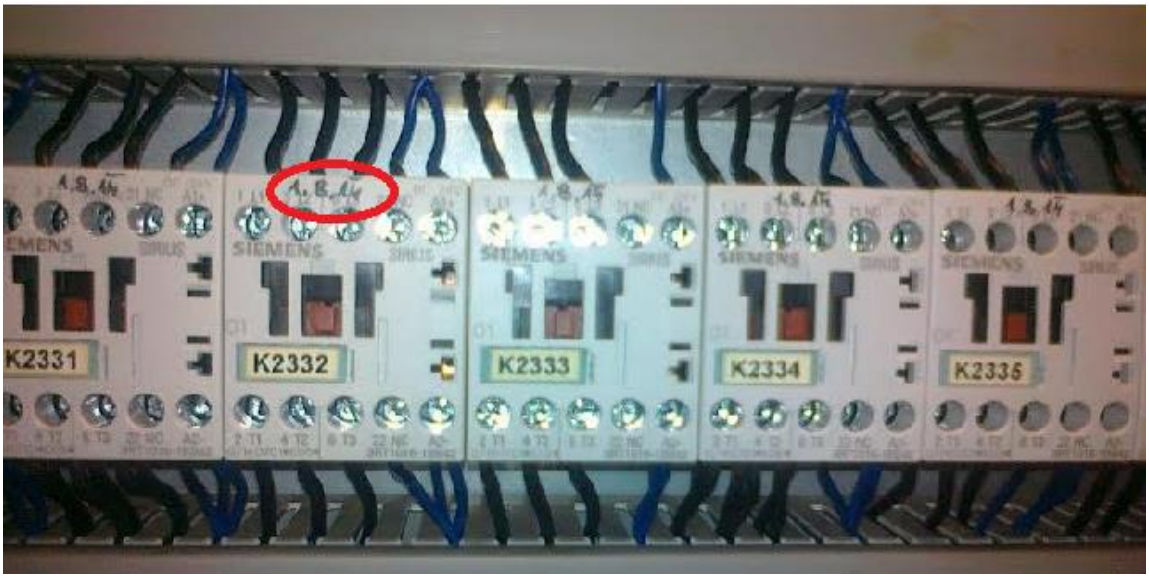
| Obsluha a údržba strojů | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Číslo stroje | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Jméno | Směna | hofman 1 | hofman 2 | Dopravníky | Cemb 1 | Cemb 2 | Zvedadlo WEIGHT | ruční obouvačka |
| Pracovník 1 | A | X | X | X | X | X | X | X |
| Pracovník 2 | A | X | X | | X | X | X | X |
| Pracovník 3 | A | X | X | X | X | X | X | |
| Pracovník 4 | A | X | X | X | X | X | X | X |
| | | | | | | | | |
| Pracovník 5 | B | X | X | X | | X | X | X |
| Pracovník 6 | B | X | X | X | X | X | X | X |
| Pracovník 7 | B | X | X | | X | X | X | X |
| Pracovník 8 | B | X | X | X | | X | X | X |
| | | | | | | | | |
| Technik 1 | | X | X | X | X | X | X | X |
| Technik 2 | | X | X | X | X | X | X | X |

### 7.2.1.2 TPM-denní údržba prováděna operátory

Příklad TPM-denní údržby prováděné operátory na zařízení plnička vzduchu Ghyselinck. Před zahájením výroby provede určený operátor, který obsluhuje toto zařízení tzv. uvolnění stroje pro výrobu. To znamená, že provede operace popsané v kontrolním listu a svým podpisem ztvrdí, že kontrolovaný úkon byl proveden. Přiklad tabulky pro plán a evidenci vykonání denní údržby (uvolnění stroje) viz. příloha č.2.

### 7.2.1.3. Využití termovizního měření stykačů

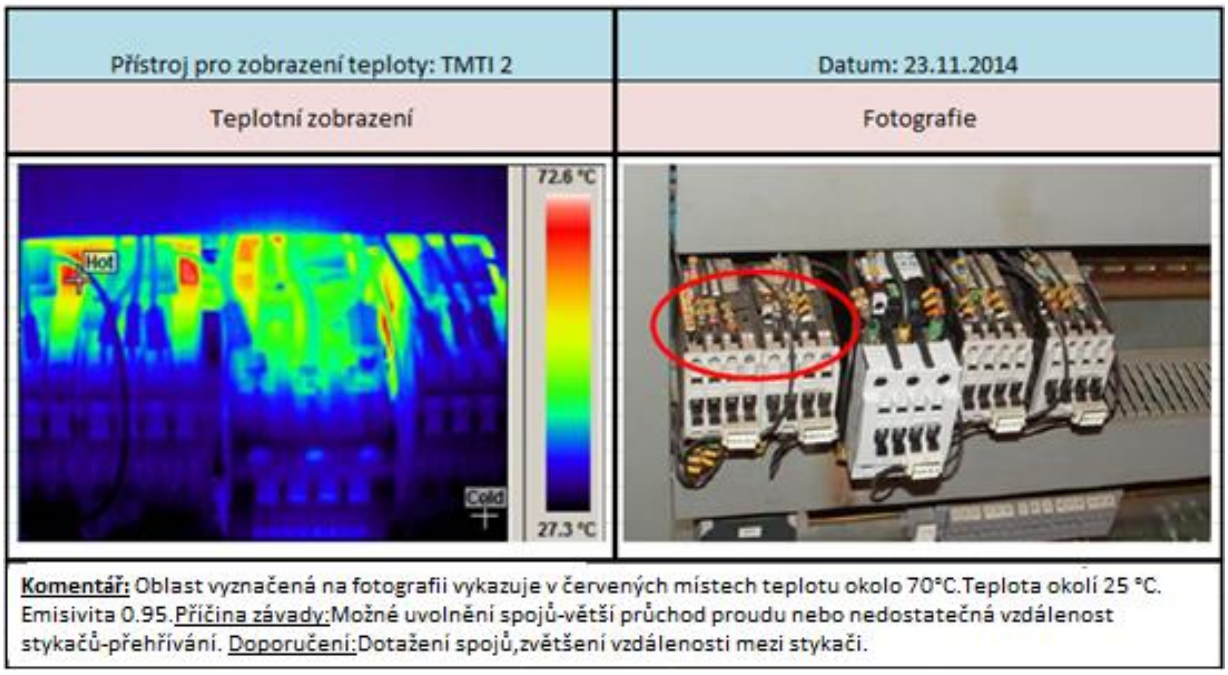
U strojních zařízení jsou velice zatěžovány stykače (některé stykače až 14 000 sepnutí za den). Proto je důležité sledovat jejich stav, aby nedošlo náhlé poruše (zastavení výroby). Z tohoto důvodu je evidován datum výměny, který je zapisován přímo na stykač. Příklad značení stykače viz. obr.č.11




Obrázek 11 Příklad značení stykačů stroje Ghyselinck

Pomocí preventivního termovizního měření lze ovlivnit cyklus výměny a tím předejít poruše. Tuto metodu lze zároveň využít i při prodlužování cyklu výměny, například při snížení směnnosti provozu. Příklad termovizního měření a jeho výsledku je patrný z obr.č.12.

Dále byla pomocí termovizního měření zjištěna nesprávná montáž stykačů. Nebyly respektovány potřebné mezery mezi stykači nutné pro ochlazování, a tím docházelo k přehřívání a snižování jejich životnosti. Na základě této zkušenosti byla navržena kontrola všech rozvaděčů a zahrnuta do plánu preventivních kontrol.




Obrázek 12 Příklad termovizního měřen

### 7.2.2. Akční plán zlepšení údržby

Tabulka 4 Akční plán zlepšení údržby

| Akční plán-zlepšení úrovně systému údržby | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Akce | Zodpovědnost | Termín dokončení | Stav rozpracovanosti | Náklady |
| Dokončení jednotné pasportizace strojních zařízení. | Manager údržby | srpen/2015 | rozpracováno 50% | |
| Zavedení preventivní údržby v plném rozsahu | Manager údržby, Manager kvality | Prosince/2015 | Rozpracováno 30% | |
| Zavedení kvalifikační matice operátorů (TPM) | Manager údržby, Manager kvality | Srpen/2015 | Rozpracováno 40% | |
| Uplatnění principu TPM | Manager údržby, Manager kvality | Prosinec/2015 | Rozpracováno 20% | |
| Zavést termovizní měření pro údržbu rozvaděčů | Manager údržby | Prosinec/2015 | Rozpracováno 20% (výběrové řízení) | |
| Zvážení zavedení dalších diagnostických metod (vibrodiagnostika,tribodiagnostika) | Plant Manager, | Prosinec/2016 | Rozpracované 10% | |

## 7.3. Ekonomické hodnocení návrhů

Ke zhodnocení ekonomického přínosu konkrétních navržených opatřeních bylo využito odborných odhadů získaných od manažera a techniků údržby a orientačních cen z nabídek a výběrových řízení.

### 7.3.1. Kvalifikační matice operátorů TPM

Uplatněním kvalifikační matice operátorů podle zásad TPM dochází ke snížení potřeby práce údržbáře, tedy ke snížení nákladů na údržbu, ke snížení přípravných časů pro najíždění linky při změně sortimentu a tím ke zvýšení dostupnosti zařízení. Uplatnění kvalifikační matice operátorů není nad rámec činnosti manažera údržby.

### 7.3.2. TPM-denní údržba prováděna operátory

Zavedení tohoto opatření nemá na první pohled ekonomický přinos. Hlavním přínosem je prevence a zvýšení bezpečnosti provozu. Dále zvýšenou mírou eliminuje možnosti vzniku provozních nehod (úrazy na pracovišti, havárie na zařízení).

### 7.3.3. Využití termovizního měření u stykačů

Ze současného stavu údržby lze soudit, že k dalšímu zlepšení může napomoci zavedení a důsledné uplatňování termodiagnostické kontroly elektrických zařízení. Toto opatření nezvýší požadavky na odstávku zařízení, má ryze preventivní charakter a může znatelně snížit neplánované prostoje.

# 8. Závěr

S rostoucí složitostí a cennou strojů se zvyšuje význam spolehlivého určení příčiny a místa poruchy, detekce postupně narůstajícího poškození, prognózování vývoje technického stavu, tedy technické diagnostiky. Stále větší důraz je kladen na prevenci provozních problémů v důsledku technických závad. Vývoj technické diagnostiky směřuje od prostého hledání příčin zjevných poruch, přes pravidelné preventivní diagnostické kontroly, prohlídky nebo revize, k permanentnímu automatickému sledování technického stavu strojů a jejich hlavních částí. Volba konkrétní diagnostické metody musí zohlednit nejen druh sledovaného objektu, ale také jeho provozní podmínky. Při znalostech diagnostických metod lze také neustále zlepšovat zavedený systém údržby a v důsledku tohoto zlepšování snižovat náklady. V současnosti se jako nejsnáze realizovatelné a nejpřínosnější jeví uplatnění termodiagnostické kontroly elektrických zařízení, zejména sběrnic a stykačů v rozvaděčích.

# 9. Použité prameny

**Literatura**


[1.] Mykiska, A.: Bezpečnost a spolehlivost technických systémů. 1. vydání. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2006, 206 s. Učební texty ČVUT v Praze. Fakulta strojní. ISBN 80-01-02868-2.

[2.] Mayer, K., Pexa, M., Aleš, Z., Weinfurtner, L.: Interval technické diagnostiky při měření čerpadel, Časopis – TZB-info, Ročník 13, číslo 48, Topinfo s.r.o., Praha, ISSN 1801-4399, 2011, s. 1–8.

[3.] Anthony M. Smith and Glenn R. Hinchcliffe: RCM – Gateway to World Class Maintenance, Elsevier, 2003 ISBN: 0-7506-7461-X

[4.] Správný managment majetku a jeho údržby-konferenční seminář zámek Liblice, 19 a 20.4. 2012,125 s., ISBN 978-80-213-2278-3

[5.] Legát, V. a kol.: Management a inženýrství údržby. Professional Publishing, 2013, 572 s., ISBN 978-80-7431-119-2

[6.] BROŽEK, Milan. *Strojírenská technologie I.(návody ke cvičením)*. Česká zemědělská univerzita v Praze, Technická fakulta, Katedra materiálu a strojírenské technologie, 2008. ISBN 978-80-213-1780-2


**Internetové zdroje**


[7.] Bozpinfo.cz. *Prediktivní údržba a metody technické prognostiky – seznámení se s problematikou* [online]. 2012-2015 [cit. 2014-11-07]. Dostupné z: http://www.bozpinfo.cz/win/josra/josra-04-2011/prediktivni_udrzba_krupa.html

[8.] Udrzbapodniku.cz/. *Komplexní řešení preventivní, autonomní, prediktivní a proaktivní údržby* [online]. [cit. 2015-01.15]. Dostupné z: http://udrzbapodniku.cz/hlavni-menu/artykuly/artykul/article/komplexni-reseni-preventivni-autonomni-prediktivni-a-proaktivni-udrzby/

[9.] SystémOnLine S přehledem ve světě informačních technologií. *Trendy v managementu údržby* [online]. 2001-2015 [cit. 2014-11-18]. Dostupné z: http://www.systemonline.cz/rizeni-vyroby/trendy-v-managementu-udrzby.htm

[10.] Nedestruktivní zkoušení – Měření tloušťky ultrazvukem. *Tlakinfo.cz* [online]. 2005-2015 [cit. 2014-08-07]. Dostupné z: http://www.tlakinfo.cz/t.py?t=2&i=1306

[11.] *PROVOZ, DIAGNOSTIKA A ÚDRŽBA STRO* [online]. první 2013 [cit. 2014-11-02]. ISBN 978-80-248-3028-5. Dostupné z: http://interdiago.vsb.cz/kom/upload/12-Provoz,%20diagnostika%20a%20%C3%BAdr%C5%BEba%20stroj%C5%AF.pdf

[12.] CMMS condition monitoring & Maintenance systems. *Tribotechnická diagnostika motorových olejů* [online]. [cit. 2015-12-02]. Dostupné z: http://www.cmms.cz/mazani/205-trobotechnicka-diagnostika-motovych-oleju.html

[13.] Snímače a měřící technika: měření vibrací ve vibradiagnostice. *Snímače a měřící technika: měření vibrací ve vibradiagnostice* [online]. 2010 [cit. 2015-02-15]. Dostupné z:http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/40375.pdf

[14.] *VLASTNOSTI MODERNÍCH AKCELEROMETRŮ*. BRNO, 2010. Dostupné z:http://autnt.fme.vutbr.cz/szz/2010/BP_Strelec.pdf. Bakalářská práce. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ.

[15.] *Technická diagnostika: vibrodiagnostika*. [online]. 2015. [cit. 2015-02-5]. Dostupné z: http://slideplayer.cz/slide/2451946/#

[16.] *Výběr měřících míst pro vibrační diagnostiku* [online]. [cit. 2015-02-8]. Dostupné z:http://www.kvm.tul.cz/getFile/id:1859

[17.] Udrzbapodniku.cz. *Spolehlivá a rychlá kontrola strojů a zařízení vedoucí ke snížení nákladů a provozních ztrát* [online]. [cit. 2015-01-18]. Dostupné z: http://udrzbapodniku.cz/hlavni-menu/artykuly/artykul/article/spolehliva-a-rychla-kontrola-stroju-a-zarizeni-vedouci-ke-snizeni-nakladu-a-provoznich/

[18.] teplota a její měření. *Rovnovážný stav soustavy* [online]. 4.8.2012 [cit. 2014-11-04]. Dostupné z: http://www.zlinskedumy.cz/download/9269-VY_32_INOVACE_MGV_F_SS_1S3_D03_Z_MOLFYZ_Rovnovazny_stav_soustavy_teplota_a_jeji_mereni_PL.pdf

[19.] *Teplota a její měření* [online]. [cit. 2014-11-04]. Dostupné z: http://artemis.osu.cz:8080/artemis/uploaded/199_3_3%20Teplota_mereni.pdf

[20.] *Tzbinfo* [online]. 2001-2015 [cit. 2014-11-02]. Dostupné z: http://www.tzb-info.cz/3115-teplota-a-jeji-mereni. ISSN 1801-4399.

[21.] *ZÁŘENÍ ABSOLUTNĚ ČERNÉHO TĚLESA* [online]. [cit. 2014-11-18]. Dostupné z: 10. http://www.gymhol.cz/projekt/fyzika/13_act/13_act.htm

[22.] *Bezdotykové měření teploty* [online]. [cit. 2014-11-09]. Dostupné z: http://utp.fs.cvut.cz/vz/clanky/104.pdf

[23.] QTest měřící přístroje a technika. HUŠEK, Miloš. *Princip bezdotykového měření teploty* [online]. 2009-2014 [cit. 2014-10-02]. Dostupné z: http://www.qtest.cz/bezdotykove-teplomery/bezdotykove-mereni-teploty.htm

[24.] IPodnikatel.cz Portál pro začínající podnikatele. *SWOT analýza* [online]. 201-2014 [cit. 2015-02-21]. Dostupné z: http://www.ipodnikatel.cz/Marketing/swot-analyza-odhali-pravdivou-tvar-vasi-firmy-a-pomuze-vam-nahlednout-do-budoucnosti.html

[25.] SSK. *Nedestruktivní defektoskopie* [online]. [cit. 2015-01-02]. Dostupné z: http://www.ssktrinec.cz/cim-se-zabyvame/nedestruktivni-defektoskopie

[26.] Encyklopedie fyziky. *Harmonické kmitání* [online]. 2006-2015 [cit. 2015-02-04]. Dostupné z:http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/156-harmonicke-kmitani

[27.] https://www.spskladno.cz/stahuj.php?id=3472 [online], [cit. 2015-01-7]

## Seznam obrázků

Obrázek 1 Přehled systémů údržby dle ČSN EN 13 306 ..... 2
Obrázek 2 Porovnání trendu prostojů při zavedení systému preventivní údržby ..... 8
Obrázek 3 Ultrazvuková přímá a nepřímá sonda ..... 13
Obrázek 4 Harmonický oscilátor ..... 18
Obrázek 5 Absolutní a relativní vibrace ..... 19
Obrázek 6 Peizoakcelerometr ..... 19
Obrázek 7 Volba měřících míst ..... 20
Obrázek 8 Zdroje infračerveného záření, které vstupuje do termokamery ..... 25
Obrázek 9 a) Monochromatické pyrometr, b) Úhrnné pyrometry ..... 27
Obrázek 10 poměrový pyrometr s oddělenou hlavicí na optickém kabelu ..... 27
Obrázek 11 Příklad značení stykačů stroje Ghyselinck ..... 36
Obrázek 12 Příklad termovizního měřen ..... 37

## Seznam schémat

Schéma 1 Zobrazení principu bezkontaktního měření ..... 25
Schéma 2 Znázornění výrobní linky ..... 31

## Seznam tabulek

Tabulka 1 Přehled systémů údržby ..... 4
Tabulka 2 SWOT analýza ..... 32
Tabulka 3 Příklad Kvalifikační matice ..... 35

Tabulka 4 Akční plán zlepšení údržby.....38

## Seznam příloh

Příloha 1 Dokumentace pasportu .....45
Příloha 2Přiklad tabulky denního uvolnění strojního zařízení.....46

## Příloha 1 Dokumentace pasportu

| | |
|---|---|
| 1 | POPIS STROJE - FOTO |
| 2 | POKYNY PRO TRANSPORT |
| 3 | SCHEMA ZAŘÍZENÍ / S,E,MaR,H,P |
| 4 | MAZACÍ PLÁNY - NÁVODY |
| 5 | POKYNY PRO PROVOZ A ÚDRŽBU |
| 6 | CERTIFIKACE - ATESTY - REVIZE |
| 7 | KATALOG NÁHRADNÍCH DÍLŮ |
| 8 | BEZPEČNOSTNÍ PŘEDPISY - NORMY |
| 9 | PLÁN ÚDRŽBY |
| 10 | PREVENTIVNÍ ÚDRŽBA - DIAGNOSTIKA |
| 11 | ZÁZNAMY O PORUCHÁCH + ODSTRANĚNÍ |
| 12 | ZÁRUČNÍ LISTY - PODMÍNKY |
| 13 | VLIV NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ |

## Příloha 2 Přiklad tabulky pro plán a evidenci vykonání denní údržby

| MC SYNCRO | TPM-Plán denní údržby-provádí výroba | Platí pro : MCSyncro Kolín |
|---|---|---|

**Měsíc, rok :** _____ / _____ **Ghyselinck-plnění vduchem**

| Denní údržba zařízení | Den Stav | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kontrola bezpečnostních zařízení a koncových spínačů a TOTAL STOP | OK/NOK | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Podpis | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Kontrola hladiny oleje v hydraulickém systému | OK/NOK | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Podpis | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Kontrola snímačů a zrcadel | OK/NOK | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Podpis | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Kontrola čistoty nástrojů | OK/NOK | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Podpis | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Kontrola funkce světel řídícího panelu | OK/NOK | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Podpis | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |