VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS

DIAGNOSTIKA OBRÁBĚCÍCH STROJŮ

DIAGNOSTICS OF WORKING MACHINES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE PETR STÍSKAL

AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE doc. Ing. MILOŠ HAMMER, CSc.

SUPERVISOR

BRNO 2010

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky
Akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Petr Stískal

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Diagnostika obráběcích strojů

v anglickém jazyce:

Diagnostics of working machines

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Diagnostika technických systémů nabývá v průmyslové praxi značný význam. U různých technických zařízení není úroveň jejich diagnostiky stejná a často chybí systematické utřídění poznatků. Z tohoto důvodu je v této bakalářské práci nutné pozornost soustředit na:
1. Obecný popis diagnostiky technických systémů,
2. Popis a rozbor diagnostiky obráběcích strojů.
V bakalářské práci je třeba poznatky systematicky utřídit a podrobně popsat a rozebrat.

Cíle bakalářské práce:

Vypracování rešerše, která bude zaměřena na popis a rozbor diagnostiky technických systémů, a to zvláště se zaměřením na obráběcí stroje.

Seznam odborné literatury:

1. KREIDL, M.; ŠMÍD,R. Technická diagnostika. Senzory-metody-analýza signálu. 1.vydání. Praha: BEN – technická literatura, 2006. 408 s. ISBN 80-7300-158-6.

2. NOVÁK, Mirko. Bezpečnost a spolehlivost systémů. 2.vydání. Praha: Vydavatelství ČVUT Praha, 2003. 160 s. ISBN 80-01-02807-0.

3. MYKISKA, Antonín. Bezpečnost a spolehlivost technických systémů. 1.vydání. Praha: Nakladatelství ČVUT Praha, 2006. 206 s. ISBN 80-01-02868-2.

4. VORLÍČEK, Zdeněk. Spolehlivost a diagnostika výrobních strojů. 2.vydání. Praha: České vysoké učení technické, 1991. 128 s. ISBN 80-01-00510-0.

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Miloš Hammer, CSc.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2009/2010.

V Brně, dne 26.10.2009

L.S.

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D. Ředitel ústavu	prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc. Děkan fakulty

Abstrakt

Tato bakalářské práce se zabývá problematikou diagnostiky obráběcích strojů. Je v ní pojednáno o základních typech diagnostických metod. Zabývá se návrhem a tvorbou diagnostického systému a jednotlivými diagnostickými metodami. Poslední část je věnována dálkové diagnostice.

Klíčová slova

diagnostika, dálková diagnostika, obráběcí stroj

Abstract

This bachelor's thesis is aimed at the diagnostics machine. There are described the basic types of diagnostic methods, design and production of diagnostic and various diagnostic methods. The last section is devoted to remote diagnosis.

Key worlds

diagnostic, remote diagnostic, machine-tool

Bibliografická citace

STÍSKAL, P. Diagnostika obráběcích strojů. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 37 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Miloš Hammer, CSc.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Diagnostika obráběcích strojů“ vypracoval samostatně, za použití pramenu, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

V Brně dne 25.5.2010

……..
Petr Stískal

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat doc. Ing. Miloši Hammerovi, CSc. za odborné vedení, cenné rady a připomínky, které mi byly poskytnuty při zpracování bakalářské práce.

Obsah

1.ÚVOD 12

2. DIAGNOSTIKA TECHNICKÝCH SYSTÉMŮ 13

2.1 Definice diagnostiky a základní pojmy 13

2.2 Základní úkoly diagnostiky obráběcích strojů 15

2.3 Základní systémy technické diagnostiky 16

2.4 Hodnocení vlastností diagnostických systémů 17

2.5 Tvorba diagnostického systému 18

2.6 Typy a prostředky diagnostických signálů 19

3. VYBRANÉ METODY TECHNICKÉ DIAGNOSTIKY 20

3.1 Diagnostické metody akustické 20

3.2 Diagnostické metody ultrazvukové 22

3.3 Diagnostické metody vibrační 22

3.4 Diagnostické metody tepelné 26

3.5 Diagnostické metody defektoskopické 29

3.6 Diagnostické metody tribotechnické 30

4. DÁLKOVÁ DIAGNOSTIKA 32

5. ZÁVĚR 35

6. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY 36

7. SEZNAM OBRÁZKŮ 37

1.Úvod

V dnešní době je kladen stále větší důraz na spolehlivost strojů a nízké servisní náklady. S tímto je spojena mimo jiné i propracovaná údržba. V dřívějších dobách byl jediný úkol údržby strojů, a to připravenost stroje a jeho schopnost vyrábět. To už dnes neplatí, neboť údržba je chápána v širším rozsahu. Lze konstatovat, že údržbě strojů je věnována v současnosti stále větší pozornost.

Správná údržba ovlivňuje bezpečnost stroje, efektivní využití energií, kvalitu výrobků a uspokojení zákazníků. Zodpovídá také za schopnost zařízení plnit svoji funkci a i jeho spolehlivost. Provozovat stroj v režimu „do poruchy“ je rizikové a údržba v pevně stanovených intervalech je zbytečně nákladná. Dále hledání příčiny poruchy a samotné poruchy zabere v mnohých případech více času než následná oprava.

Informace o stavu stroje získáváme měřením sledovaných veličin. Pro různé části strojních zařízení používáme různé metody měření, které jsou součástí technické diagnostiky. Technická diagnostika je věda rozsáhlá a pro technickou praxi je možné ji rozdělit různě. Záleží také na charakteru sledovaného zařízení. V případě obráběcích strojů je v literatuře používané rozdělení diagnostických metod např. na diagnostické metody akustické, ultrazvukové, vibrační, tepelné, defektoskopické, tribotechnické, atd. V současné době nabývá na významu v oblasti obráběcích strojů diagnostika dálková.

Moderní diagnostika a vhodné plánování oprav a servisních úkonů, je jedním z prvků zajišťující bezpečný a spolehlivý provoz stroje, směřující k ekonomické efektivitě provozu všech průmyslových zařízení.

2. Diagnostika technických systémů

2.1 Definice diagnostiky a základní pojmy

Technická diagnostika je samostatný vědní obor zabývající se stavy technických zařízení a metodami určování těchto stavů [1], [2].

Technická diagnostika se při zkoumání technického stavu zařízení opírá o bezdemontážní nedestruktivní metody. Technická diagnostika využívá především tzv. **příznaky poruch**, což znamená změn snadno zjistitelných výstupních parametrů diagnostikovaného objektu nebo v některých případech změny průvodních veličin. Kombinace hodnot výstupních nebo průvodních veličin , tvořící **příznak poruchy**, vede ke zjištění **poruchy** a nalezení jejího zdroje. Technická diagnostika rozlišuje:

bezvadný stav,
provozuschopný stav,
poruchový stav.

Bezvadný stav je takový stav zařízení, kdy všechny parametry splňují předem dané podmínky a diagnostikované zařízení plní zadané funkce. Jestliže však jsou v tolerancích pouze hlavní parametry zařízení, mluvíme o **provozuschopném stavu**. Pokud ani všechny hlavní parametry nemají předepsanou velikost, jedná se o **stav poruchový**.

V našem případě technickým zařízením bude **obráběcí stroj**.

V dalším textu jsou uvedeny další **základní pojmy**, které s výše uvedenou definicí technické diagnostiky obráběcích strojů přímo i nepřímo souvisí. Jedná se např. o tyto pojmy:

Diagnóza – vyhodnocení okamžitého stavu **obráběcího stroje**. Z hlediska spolehlivosti se jedná o vyhodnocení provozuschopnosti obráběcího stroje za daných technických podmínek. Základní úkoly diagnózy (diagnostiky) jsou:

detekce vady nebo poruchy,
lokalizace vady nebo poruchy.

Prognóza – je extrapolace vývoje technického stavu obráběcího stroje do budoucnosti. Cílem prognózy je stanovení na základe statistických vyhodnocení pravděpodobnost bezporuchového stavu v následujícím období nebo na základě vad stanovení termínů dílčích a generálních oprav nebo výměn komponent obráběcího stroje.

Geneze – je analýza možných pravděpodobnostních příčin vzniku poruchy nebo vady, a tím předčasného zhoršení technického stavu obráběcího stroje.

Diagnostické prostředky – soubor technických zařízení a pracovních postupů pro analýzu a vyhodnocení stavu diagnostikovaného stroje. Diagnostické prostředky dělíme na:

on-line,
off-line.

On-line prostředky umožňují diagnostikovat stroj za plného provozu a může být součásti i zpětné vazby. Off-line prostředky diagnostikuji stroj mimo provoz, provádí se sběr dat a tyto se následně vyhodnocují na externím pracovišti.

Diagnostický systém - skládá se z diagnostických prostředků, diagnostikovaného stroje a obsluhy.

Diagnostická veličina – nositel informace o technickém stavu diagnostikovaného stroje nebo jeho částí, nejčastěji je to jednoduchá fyzikální veličina (např. síla, tlak, teplota).

Diagnostický test – uspořádané kroky, jež mají charakter měřicích úkonů, simulací, porovnávání signálu, apod.

Technický stav stroje – je dán vlastnostmi prvků stroje, které umožňují vykonávat požadovanou funkci dle technické specifikace pro jeho používání.

Porucha – jev, který ukončí provozuschopnost stroje.

Vada – jev, při kterém dochází k odchylce měřené hodnoty, přičemž nejsou překročeny meze stanovené technickými podmínkami. Stav stroje se postupně zhoršuje.

Životnost – vlastnost stroje zachovávat schopnost provozu v předepsaných podmínkách s přestávkami pro údržbu až do mezního stavu porušení nebo opotřebení.

Opravitelnost – vlastnost stroje umožňující vyhledávat a odstraňovat poruchy i provádět opravy.

Údržba stroje – zajišťuje provoz stroje. Údržbu dělíme na:

údržbu dle skutečného stavu stroje,
údržbu dle časového plánu,
údržbu po poruše stroje.

2.2 Základní úkoly diagnostiky obráběcích strojů

Diagnostika obráběcích strojů vychází ze skutečnosti, že tyto se mohou nacházet alespoň ve dvou různých navzájem se vylučujících **stavech**, např. provozuschopný a alespoň jeden poruchový stav. Dále musí být rozpoznatelná funkční struktura, která se dá rozčlenit na **prvky**, z nichž každý lze také charakterizovat alespoň dvěma stavy.

Při diagnostikování obráběcích strojů můžeme narazit na **3 základní případy**:

1. Zjišťování současného stavu obráběcího stroje – diagnóza (kap. 1.1).
Toto je nejobvyklejší úkol obecné technické diagnostiky,

2. Předvídání technického stavu obráběcího stroje – prognóza(kap1.1).
Tato činnost většinou vychází ze stavu přítomného.

3. Určení technického stavu, ve kterém se stroj nacházel v určité časové minulosti- geneze (kap.1.1).

Je však nutné zdůraznit, že vždy je základem **určení současného technického stavu** obráběcího stroje a tento je charakterizován určitou **diagnostickou veličinou**.

Za **základní úkoly technické diagnostiky obráběcích strojů** lze považovat:

1. Testování.
Jedná se o zjišťování, zda je zařízení provozuschopné, nebo má-li nějakou poruchu. Zde také někdy hovoříme o detekci poruch.

2. Zjištění místa poruchy.
Jestliže je stroj ohodnocen jako neprovozuschopný, je nutné tzv. lokalizovat poruchu.

3. Zjištění příčiny poruchy.
Nejde tedy jen o zjištění místa poruchy (bod 2.) a její odstranění, ale musí být zamezeno také opakování poruchy.

4. Předpověď provozuschopnosti stroje.
Zde se jedná o problém někdy značně složitý, neboť je např. nutné provádět pravidelné kontroly a měření vybraných diagnostických veličin, dále např. stanovení pravděpodobné doby vzniku poruchy a potřebné lhůty preventivního zásahu, apod.

2.3 Základní systémy technické diagnostiky

Diagnostický systém si můžeme vysvětlit **dvěma způsoby**, a to jako **systém diagnostických prostředků** nebo jako **systém diagnostických činností.**
Nejčastěji uvažujeme o **diagnostickém systému diagnostických prostředků**, který tvoří diagnostikovaný stroj, diagnostické měřící zařízení, řídicí a výpočetní techniky, diagnostický program, databázi diagnostických údajů a obsluhu.

V druhém případě uvažujeme **diagnosticky systém diagnostických činností** jako komplex všech základních diagnostických činnosti např. rozbor funkce, struktury, parametrů a poruch diagnostikovaného objektu.

Podle **výsledků** rozdělujeme diagnostické systémy na:

deterministické,
pravděpodobnostní.

Deterministické systémy fungují podle předem přesně stanoveného diagnostického modelu a rozpoznávání se odehrává podle vztahu příčina – následek.

Pravděpodobnostní systémy zpracovávají neurčitá data a závěry diagnózy mají neurčitý pravděpodobnostní charakter.

Převážná většina **on-line a off-line diagnostických systémů** výrobních strojů patří do skupiny deterministických systémů.

Off-line diagnostika je používaná k testování strojů před jejich spuštěním, při diagnostice a lokalizování poruchy obráběcího stroje. Nejčastěji se používá k diagnostice poruch, které nebylo možno předvídat. Používá testové signály, které jsou připojeny na vybrané vstupy stroje.

On-line diagnostika se využívá za provozu stroje, sleduji se diagnostické veličiny během provozu výrobního stroje, některé i nepřetržitě (monitorování). Umí odhalit i předhavarijní stavy, náhlé poruchy a sledovat případy postupného zhoršování některých diagnostických veličin, způsobené změnou technického stavu obráběcího stroje. Tyto systémy umožňují i prevenci poruch. Rozpoznaní místa a druhu poruchy je komplikovaný rozhodovací proces, komplikace představují poznatky odborníků. Poznatky mají z velké části charakter heuristik. Ty představují zkušenosti, které nám obvykle v minulosti pomohly vyřešit problém. Nejsou formalizovány a naznačují řešení.

Výpočetní technika umožnila řešení zmíněných problémů pomocí **expertních systémů.** Expertní systémy jsou založeny na počítačovém programu, využívající znalosti odborníků v dané oblasti při řešení problémů. Expertní systém musí nabízet jednoduchou obsluhu, srozumitelnost výsledků i s vysvětlením. Dále instruktivní postup, sekvenční režim práce, připomínající konzultaci laika s expertem, při němž jsou upřesněny problémy a výsledkem je i určitý závěr.

Expertní systémy se dělí na:

plánovací,
diagnostické.

Plánovací se užívají k hledaní optimálního řešení problémů. Tyto systémy se uplatňují při návrhové činnosti. Diagnostické expertní systémy řeší nejen úkoly technické diagnostiky, ale také efektivní výběr hypotézy, která nejlépe odpovídá datům reálného případu. Nejdůležitější částí expertních systémů je báze znalostí, ve které jsou shromážděny poznatky expertů. Jedná se o celou škálu znalostí od exaktních vztahů až po intuitivní zkušenosti a závěry.

Podle typu báze máme 2 generace expertních diagnostických systémů:

expertní systémy I. generace,
expertní systémy II. generace.

Závěr diagnózy expertního diagnostického systému je **pravděpodobnostního** charakteru. Výsledek je buď technický stav s výrazně vyšší pravděpodobností nebo jsou alternativy seřazeny sestupně podle pravděpodobnosti.

Z **obecného hlediska** dělíme dnešní expertní diagnostické systémy na:

Uzavřené expertní systémy – jsou specializované na stále se opakující úkoly.

Problémově orientované expertní systémy – jsou používané k jistému typu úloh v určité problémové oblasti.

Prázdné expertní systémy – jedná se o univerzální problémově nezávislé systémy bez báze znalostí, kterou si vytváří uživatel. Je k nim dodáván software od výrobce.

2.4 Hodnocení vlastností diagnostických systémů

Při navrhování diagnostického systému se vybírá z alternativ, které se objektivně hodnotí. Použité charakteristiky hodnocení musí umožňovat **hodnocení** :

1. Dosaženého stupně řešení základních technických úkolů, pro které byl diagnostický systém předurčen, hlavně výběr strategie s přihlédnutím k podmínkám použití, vlastnostem a charakteristikám diagnostikovaného obráběcího stroje.

2. Specifických zvláštností aplikace diagnostického systému.

3. Technických problémů a ekonomických nákladů spojených s realizací a užívání diagnostického systému.

Použitý soubor charakteristik je pouze přiblížení řešení dané úlohy. Problematika hodnocení vlastností diagnostických systémů je značně složitá a přesahuje rozsah této bakalářské práce. Podrobnosti jsou však uvedeny např. v [2], [4].

2.5 Tvorba diagnostického systému

Tvorba diagnostického systému obráběcích strojů se skládá z **několika obecných kroků:**

1. Uvažujeme obráběcí stroj jako fyzikální objekt, ujasňujeme si jeho vlastnosti a charakteristiky, provozní technické podmínky a jeho strukturu.

2. Uvažujeme provozuschopné a poruchové stavy obráběcího stroje, také veličiny, které tyto stavy charakterizují.

3. Sestavíme diagnostický model, který popisuje chování obráběcího stroje a jeho částí v provozuschopných a poruchových stavech.

4. Na základě diagnostického modelu obráběcího stroje si stanovíme diagnostický test. Vybíráme kroky testu, jejich posloupnost a vyhodnocování.

5. Volíme prostředky pro realizaci jednotlivých kroků diagnostického testu.

6. Dokončíme návrh diagnostického systému jako celku a zhodnotíme diagnostický systém podle zvolených charakteristik.

I v tomto případě se jedná o problematiku značně složitou, která přesahuje rámec této bakalářské práce. Např. v bodě 3. je zmínka o diagnostickém modelu. Diagnostický model zjednodušeným způsobem popisuje funkci stroje v provozuschopném stavu nebo ve stavech poruchových. V literatuře [2], [4] je popsáno hned několik modelů. Zde jsou modely rozděleny na:

analytické,
strukturální.

Modely analytické popisují chování stroje, a to za předpokladu, že neberou v úvahu uspořádání (strukturu) stroje. V tomto případě je funkce stroje většinou popsána matematicky, a to především soustavou matematických vztahů.

Modely strukturální naopak vycházejí ze struktury stroje. Výsledný popis je např. ve formě orientovaných grafů, blokových schémat nebo logických modelů.

Podobným způsobem můžeme popsat diagnostický test, např. na základě logického diagnostického modelu nebo tvorbu předpisů pro kroky diagnostického testu.

Další podrobnosti o výše popsané problematice jsou uvedeny opět např. v [2], [4].

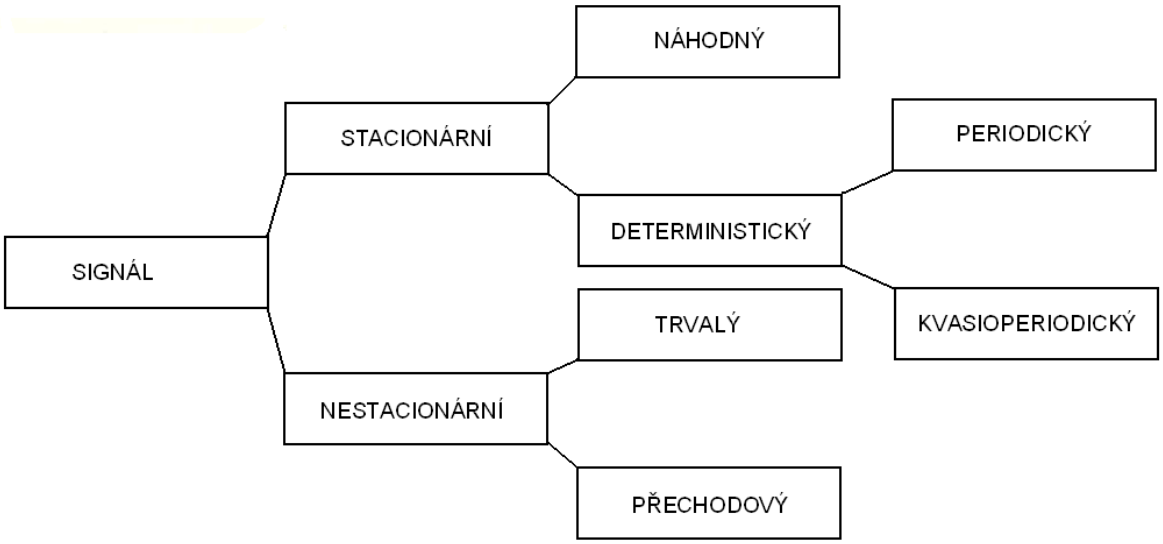
2.6 Typy a prostředky diagnostických signálů

Při diagnostice obráběcích strojů snímáme většinou časové průběhy diagnostických veličin, které se v odborné literatuře nazývají **signály** [2]. Tomuto charakteru je nutné také přizpůsobit i způsob zpracování získaného signálu. Obecně pro potřeby diagnostiky obráběcích strojů můžeme získaný signál rozdělit na **skupiny** dle obr. 1. Základní dělení je na signál:

stacionární,
nestacionární.

Stacionární signál se s časem nemění (jeho střední hodnoty). Další rozdělení stacionárního signálu je patrné z obr.1. Stacionární deterministický signál lze vyjádřit matematicky, podle průběhu může jít o signál periodický nebo kvaziperiodický. Jejich matematické vyjádření je obecně známé, je uvedeno také např. v [2]. U náhodných signálů můžeme většinou okamžitou hodnotu stanovit jen s jistou pravděpodobností.

Signály nestacionární většinou zpracováváme tak, že je převádíme na signály periodické (přechodné) nebo je rozdělíme na úseky, ve kterých splňují podmínku stacionárnosti (trvalé).



Obr. 1 Základní typy časového průběhu diagnostických signálů [2]

3. Vybrané metody technické diagnostiky

3.1 Diagnostické metody akustické

Zabývají se měřením veličin popisujících kmitání ve frekvenčním pásmu 20Hz-20kHz. Akustické jevy jako zdroje informací se využívají, protože jsou obrazem důležitých fyzikálních změn ve stroji jako je napětí, deformace, tření, mikroskopické silové impulzy, generované pohybem drsných nebo nepřesně opracovaných ploch. Dále mají značnou informační kapacitu – široké spektrum. Jsou také snadno registrovatelné při běžných podmínkách provozu stroje. Nevýhodou akustické diagnostiky jsou parazitní odrazy a interference v uzavřených prostorách. Při lokalizaci závady jsme omezeni hlukem okolních zařízení.

Zdroje hluku jsou u obráběcích strojů např. tyto:

1. Ložiska – stykem poškozených prvků vznikají mechanické rázy. Vnitřní nevyvážené hmoty v ložisku a prokluz, který vzniká nedokonalým odvalováním valivých prvků.

2. Převodovky – mechanické rázy během záběrů zubů a spojek.

3. Spalovací motory a kompresory – nerovnoměrné proudění plynů a směsí při daných procesech.

4. Elektrické točivé stroje – hluk ventilátorů, tření kartáčů.

5. Transformátory – magnetostrikce plechů.

Diagnostika obráběcího stroje **spočívá v rozpoznání signálu, který stroj generuje**. Množina všech signálů, které jsme schopni na stroji naměřit, je nekonečná. Klasifikací těchto stavů dosáhneme značného snížení mohutnosti této množiny. Klasifikace různých stavů stroje, které mají stejný příznak, patří do jedné třídy a nerozlišují se při diagnóze.
Variace signálů nazýváme **šumem**, který komplikuje určení stavu daného stroje ze záznamu akustického signálu. Zdrojem šumu v signálu je nejčastěji hluk ostatních částí stroje. Užitečná složka signálu je právě ta, která je spojená se sledovaným prvkem, ostatní složky řadíme do šumu. Ze složeného akustického signálu musíme oddělit užitečný signál, buď frekvenčními filtry nebo časovou selekcí. Frekvenční filtry propouští do diagnostického systému pouze tu část daného signálu, která patří frekvenční oblasti potřebného signálu, kdežto složky šumu mimo potřebnou oblast filtry nepropustí.
Zvukové vlny šířící se ze zdroje jsou značně ovlivněny prostředím, ve kterém se šíří. Máme dva extrémy prostředí. Prvním je volné zvukové pole, které představuje na všechny strany volný venkovní prostor nebo bezdozvuková komora, obložená akusticky absorpčním materiálem a kde lze provádět akustické měření v kterémkoliv místě bez odražení vln. Druhým případem jsou dozvukové komory se stěnami s vysokou odrazivostí signálu, ve které nelze provádět směrová měření.

V dalším textu jsou stručně naznačeny **běžně užívané metody akustické diagnostiky**.
Jedná se o tyto metody:

1. Diagnostika prováděná porovnáváním naměřeného signálu s etalony akustického signálu.

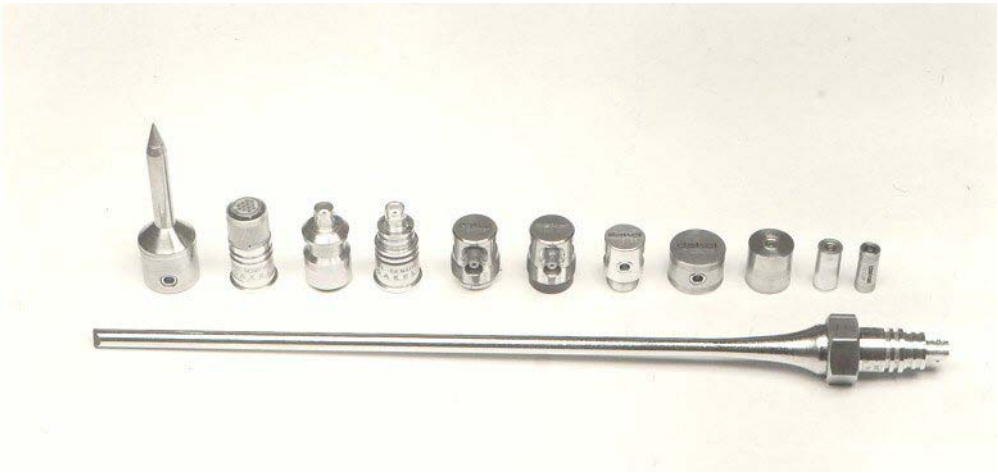
Hluk je z diagnostikovaného stroje snímán snímačem, zesílen, zpožděn a násoben. Dále pomocí komutačního ústrojí přichází referenční signály. Z korektoru dostaneme výslednou funkci, která nám vyjádří shodu hluku referenčního signálu a signálu získaného ze stroje. Korelační funkce je logická, nabývá hodnot 0 a 1 a vyjadřuje buď shodu nebo neshodu s referenčním signálem. Tento způsob se využívá u strojů, kde se hluk projevuje výraznou periodickou strukturou. U náhodného hluku nenastává korelace a diagnostické ústrojí neodhalí podobnost signálu.

2. Diagnostika prováděná odhalováním skryté periodické složky v náhodném akustickém signálu.

Hluk stroje vzniká vzájemným působením jeho částí. Když na stroji vznikne porucha, vytváří se mezi náhodnými hlukovými impulzy i periodicky opakující se posloupnost impulzů. Tyto impulzy jsou vetší než u běžných nahodilých impulzů. K tomuto dochází při nadměrném opotřebení ložisek, opotřebení zubů, apod.

3. Diagnostika zařízení prováděná porovnáváním autokorelací funkce naměřeného akustického signálu s etalony autokorelačních funkcí.

U řady poruch je signál náhodný. Při porovnávání signálu nenajdeme shodné rysy. V případě, že se signály neshodují, tak jejich korelační funkce nabývá nulové hodnoty. Při tomto stavu nemůžeme v akustické diagnostice porovnávat získaný signál s etalony. Musíme si stanovit statickou charakteristiku signálu, autokorelací funkci, nenáhodného průběhu. Při tvorbě této funkce vybereme z řady strojů představitele různých stavů nebo stav vytvoříme sami. Změříme průběhy signálu a tyto funkce pak slouží jako etalony.



Obr. 2 Akustické snímače [7]

3.2 Diagnostické metody ultrazvukové

Ultrazvukové diagnostické metody se dělí na:

pasivní,
aktivní.

Pasivní diagnostická metoda je metoda klasické defektoskopie. Zařízení se v tomto případě sestává ze zdroje ultrazvuku, snímacího a vyhodnocovacího zařízení. Jsou dvě metody k odhalování poruch, nehomogenit, trhlin, dutin a vměstků. Liší se pouze ve vyhodnocovaní. Vyhodnocují se buď průchodové nebo odrazové ultrazvukové vlny. Pod pojem ultrazvuk zahrnujeme v případě průmyslové diagnostiky akustické signály ve frekvenčním rozsahu od 20 do 100 kHz nad hranicí lidské slyšitelnosti.

Aktivní diagnostické metody využívají diagnostický objekt během provozu. Jako zdroj ultrazvuku slouží samotný diagnostikovaný objekt. Ultrazvukové vlny vznikají převážně únikem stlačeného plynu nebo kapaliny netěsností nebo trhlinou, vznikem kavitace v kapalinách, dynamickým namáháním systému, rázy, vibracemi, apod.

Ultrazvuk vzniká při úniku médií netěsnostmi spojů nebo trhlinami v materiálu a dále vzniká také při chodu valivých ložisek. Zdrojem ultrazvuku jsou také elektrické výboje. Všechny uvedené jevy a funkce lze diagnostikovat ultrazvukem. Výhodou ultrazvuku je jeho snadná směrová lokalizace a možnost selektivního filtrování a tím odlišení od šumu v ostatních částech akustického spektra. Zjišťování úniků je založeno na vzniku ultrazvukového signálu při turbulentním proudění. Pokud nastane porušení těsnosti tlakové soustavy, dochází téměř vždy k turbulenci a je tedy generován ultrazvuk. Bylo zjištěno, že většina spektrálních složek tohoto ultrazvukového signálu se nachází v pásmu mezi 30 a 50 kHz. Na stejném principu funguje opačný jev, a to porušení vakuového systému. Intenzita ultrazvuku se mění s tlakovým rozdílem netěsnosti a se vzdáleností. Může být proto měřítkem velikosti netěsnosti. Diagnostika úniků se používá při kontrole rozvodů tlakového vzduchu, páry a technických plynů. Zde se nejvíce uplatňuje ultrazvuk šířící se vzduchem. Při kontrole netěsností ventilů, odvaděčů kondenzátu a při hledání úniků z potrubí uložených ve zdech nebo v terénu se spíše uplatní diagnostika pomocí ultrazvuku šířícího se materiálem.

Dynamické procesy jako jsou **vibrace a rázy** v namáhaných částech mechanismů jsou zdrojem širokého spektra kmitů od desítek Hz az po stovky kHz. I v tomto případě se využívá ultrazvukového spektra v oblasti kolem 30 kHz. Snímání je realizováno zvukovody vhodného tvaru a délky. U této metody je nutná znalost konstrukce stroje a vhodná volba místa sondy.

3.3 Diagnostické metody vibrační

Základní rozdělení diagnostických vibračních metod (vibrodiagnostiky) je na:

aktivní,
pasivní,

univerzální,
speciální.

Během provozu mechanických strojů vzniká **mechanické chvění - vibrace** a v praxi je téměř nemožné se mu vyhnout. Hlavní příčiny mechanického chvění jsou dynamické síly, které doprovázejí výrobní nepřesnosti, vůle pohybových součástí, nevyváženost součástí s rotačním kmitavým, kývavým nebo vratným pohybem. Mechanické chvění vyvolává rezonanci ostatních součástí a tak se stává zdrojem dalšího mechanického chvění. Mechanické chvění, neboli vibrace, je dynamický jev, kdy se hmotné body nebo tuhá tělesa pohybují kolem rovnovážné polohy. Chvění stroje úzce souvisí s jeho dynamickým namáháním a technickým stavem ložisek hřídelů, klikových ústrojí, nevyvážených rotujících součástí, atd.

Kmitání (vibrace) dělíme na:

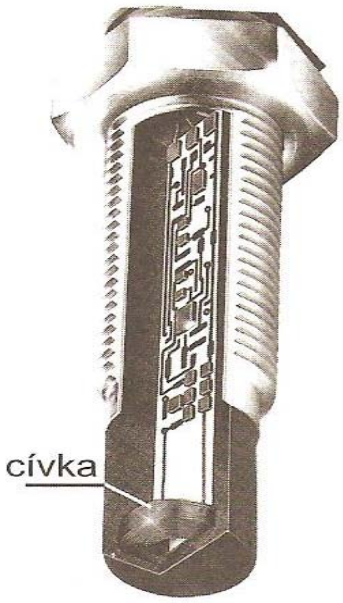
periodické,
neperiodické,
náhodné,
absolutní,
relativní.

Při **periodickém kmitání** se časový průběh signálu opakuje a periody jsou v poměrech, které jsou dány racionálními čísly. V případě **neperiodického kmitání** je poměr period kmitů daný iracionálním číslem. **Absolutním kmitáním** rozumíme, že je pohyb tělesa vztahován k zemskému povrchu nebo k pevnému bodu. U **relativního kmitání** je pohyb vztahován k reálnému bodu.

Mechanické chvění má i využití v praxi. Umělé mechanické kmity jsou využívány při práci vibračních podavačů, sbíječek, beranidel, apod. Diagnostický parametr chvění se využívá k pozorování prvotních změn provozního stavu, jako reprezentativního diagnostického signálu k určení objektivního technického stavu rotujících strojních součástí. Hlavním cílem je určit skutečný stav stroje a plánování údržby, minimalizovat ztráty opravami a předcházet havarijním stavům. Vibrační diagnostika se muže provádět za plného provozu zařízení a bez odstávky.

Pomocí vibrodiagnostiky mohou být spolehlivě lokalizovány poruchy a provozní podmínky v těchto případech:

poškození valivých ložisek,
poškození spojek,
excentricity hřídelů,
průběhy rázů,
poškozené ozubení,
nevyvážení,
stavy nasměrování,
kavitace,
otřesy,
rozpínání.



Obr. 3 Snímač zrychlení [1]

V dalším textu jsou stručně popsány **způsoby vibrodiagnostiky**. Jedná se o tyto možnosti:

1. Jednorázová měření - využívají se k posouzení stavu zařízení a pro určení základních příčin vibrací. Je možné získat poznatky pro odstranění vibrací, ale prognóza o budoucím stavu zařízení je obtížná.

2. Periodická měření - pravidelná měření vibrací, které určují průběh vývoje stavu stroje.

3. Stabilní monitorování – spojitě hlídá stav stroje. Jedná se o nejpoužívanější způsob monitorování.

Vibrační diagnostické metody se dělí na:

aktivní,
specializované.

Aktivní (univerzální) vibrační diagnostické metody se používají k měření parametrů stroje jako jsou zrychlení, rychlosti a výchylky.

Specializované vibrační diagnostické metody jsou používané pro zjišťování provozuschopnosti valivých ložisek. Valivá ložiska jsou jedním z klíčových prvků každého obráběcího stroje. Velká pozornost je jim věnovaná při údržbě. Předčasnou výměnou ložisek se snažíme zabránit poruchám obráběcího stroje. K výměnám

dochází i když ještě není využita životnost daného ložiska. Diagnostika ložisek se provádí on-line testy, a je součástí celkového diagnostického posuzování stavu obráběcího stroje. K poruchám valivého ložiska většinou dochází na základě únavového poškození oběžných drah ložiska nebo valivých tělísek především pittingem. Poškození se tak stává výrazným zdrojem kmitání.

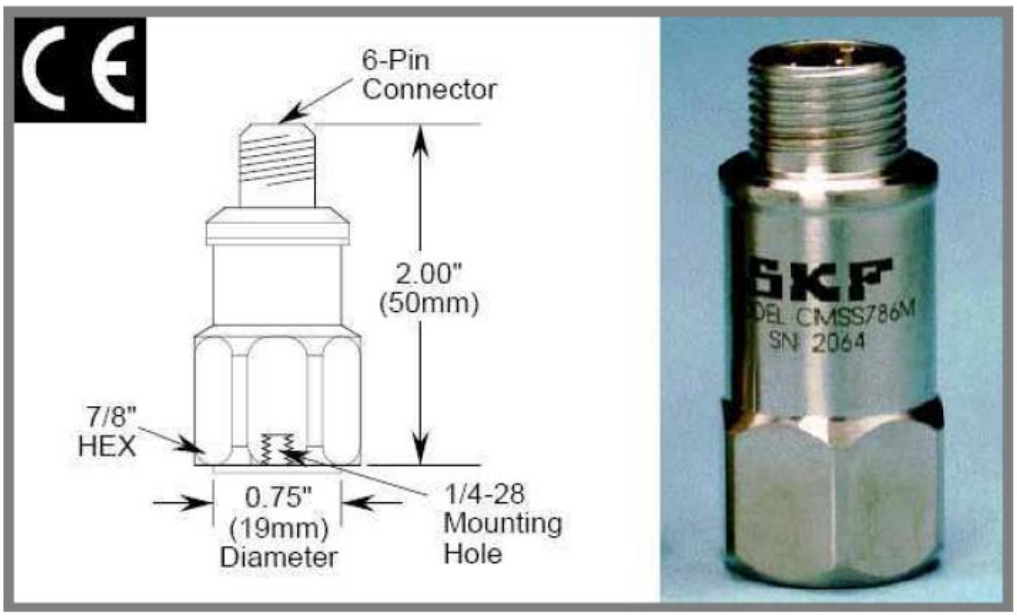
V dalším jsou popsány nejčastější metody **hodnocení stavu valivých ložisek**. Jde především o tyto metody:

1. Spektralní analýza FFT analyzátorem – ve frekvenčním spektru obráběcího stroje se poškození ložiska projevuje amplitudovými špičkami ve vysokých frekvencích kolem 22kHz. Vyhodnoceni pomoci FFT probíhá v reálném čase. Vyhodnocení má ovšem také nedostatky, např. šum pozadí.

2. Metoda rázových pulzů – SMP, zpracovává signál, využívající kovový náraz a specifický hluk jako u valivých elementů ložisek nebo i ozubených kol. Tato metoda je mnohem přesnější než ostatní vysokofrekvenční měření. SPM má široké využití pro včasnou údržbu. Nejběžněji se touto metodou měří valivé elementy ložiska nebo se zjišťuje stav převodovky, kde je kontakt kov na kov . Metoda SPM je založena na sledování dvou odlišných dějů, které nastávají při styku kov na kov. Jako první vzniká při nárazu rázová vlna o velké frekvenci a nevelké amplitudě. Její frekvence se nachází v pásmu ultrazvuku a hodnoty kolem 36 kHz. Rázová vlna se šíří strojem směrem od místa jejího vzniku. Při další fázi rázu jednotlivé struktury poškození se deformují. Po jejich maximálním deformaci se v několika cyklech vrátí do výchozí polohy. Tento jev je vibrační fáze. Frekvence vibrací je závislá na tvaru, hmotnosti a tuhosti materiálu.

3. Metoda Kurtosis – je aložena na statistickém přístupu k řešení. Základním předpokladem je, že náhodný signál má Gaussovo normální rozdělení, nevyskytují se v něm harmonické ani vysokofrekvenční složky. Z matematicko-statistického pohledu je metoda Kurtosis vlastně jen vyhodnocením špičatosti signálu. Hodnoty Kurtosis faktoru jsou zakladem pro posouzení stavu ložiska. Metoda Kurtosis faktor se v praxi příliš neujala a je používána spíše jen ve spojení s jinými vyspělými metodami.

4. Metoda CREST factor - jedna ze základních metod vyhodnocování stavu valivého ložiska. Crest faktor je dán poměrem mezi hodnotami efektivní a špičkové hodnoty zrychlení chvění ložiska, proto jej řadíme do skupiny metod, které zpracovávají již naměřené hodnoty. Značnou citlivost je možné požít i pro kontrolu mazacích filmů. Nevýhodou je, že při velkém poškození ložiska se jeho hodnota velmi podobá nepoškozenému ložisku. Využívá se jako doplňková metoda. Crest faktor by se měl pohybovat v rozmezí hodnot 2-4. Je-li překročena tato hodnota, vzniká poškození.



Obr. 4 Snímač vibrací [3]

3.4 Diagnostické metody tepelné

Jde o metody, které snímají teplotu buď v jednom bodě nebo snímají a analyzují teplotní pole. Bodovým měřením teploty sledujeme vývoj teploty v určitém místě nebo části stroje během provozu. Teplotní pole snímáme na povrchu celého stroje. Těmito metodami sledujeme stav např. uložení vřetena, stav ložisek, tepelné poměry v konkrétních namáhaných místech, přehřívání elektrických součástek v důsledku poruchy. Metody dělíme na:

kontaktní,
bezkontaktní.

Kontaktní metody měření teploty a teplotních polí jsou následující:

1. Metody převádějící změnu teploty na elektrické veličiny
Používají se odporové snímače, termistory nebo termoelektrické snímače. Odporové snímače využívají změnu odporu speciálního materiálu v závislosti na změně teploty. Snímač může tvořit odporový drát stočený do šroubovice. Při měření se využívá můstkových zapojení. Rozsah teplot může být pro platinový snímač: -200 - + 800°C. Termistory jsou vyrobeny s polovodičů a mají záporný součinitel změny odporu. Jejich hlavní vlastností je velká citlivost, nízká hmotnost a malé rozměry. Mezi nevýhody patři nelinearita odporu na teplotě a časová stálost. Termoelektrické snímače se využívají k měření teploty článek, se dvěma vodiči z různých materiálů, které jsou na konci vodivě spojeny. Oba vodiče mají rozdílný termoelektrický součinitel a k zjištění teploty objektu využívají Seebeckův jev. Jestliže se liší teplota jednoho spoje od teploty druhého spoje, vzniká napětí a obvodem prochází proud.

Vliv kolísání teploty srovnávacího spoje lze vyloučit umístěním spoje do termostatu nebo kompenzačním obvodem, který koriguje odchylku napětí. Materiál termočlánků má co největší lineární přírůstek napětí v závislosti na teplotě a stabilitu při provozu.
Termočlánky lze s výhodou použít při měření teplotních rozdílů, protože jsou ve své podstatě diferenčním měřidlem. V takovém případě bereme oba spoje jako měřicí a výsledné napětí závisí na rozdílu teplot těchto spojů.

Obr. 5 Teplotní článek [4]

2. Tepelně citlivé barvy, mění po dosazení určité teploty svoji barvu. Rozlišujeme barvy pro stálou indikaci teploty, kdy se odstín vrátí při následném ochlazení a barvy pro jednorázové požití, odstín barvy se překročení referenční teploty se odstín změní a po ochlazení už zůstane stejný. Využívá se široké spektrum barev, a je možné je použít pro rozsah teplot asi od +40 až +1400°C.

3. Organické sloučeniny – tekuté krystaly, jde o sloučeniny, které s rostoucí teplotou nepřechází přímo z pevné fáze v kapalinu, ale zachovávají si určitou molekulární strukturu. V tenké vrstvě krystalu vlivem lokálních změn teplot dochází ke změnám prostorové orientace molekulárních vazeb, dochází k interferenčnímu jevu a při osvětlení ke změně barevného odstínu. Sledují se místa s maximální teplotou, izotermy, směr postupu tepla, vytváříme obraz teplotního pole. Tato metoda slouží pouze jako orientační měření teploty a k určení přesné teploty musíme použít jinou metodu.

V dalším je popsáno **bezkontaktní měření** teploty a teplotních polí.

U bezkontaktního měření teploty sledujeme a vyhodnocujeme část elektromagnetického záření, kterou způsobuje teplota objektu. Je to infračervená složka záření. Vyhodnocujeme teplotu buď v jednom místě nebo celé teplotní pole.
K tomuto účelu jsou používány pyrometry. Pyrometry dělíme podle funkce a druhu použití na optické a infračervené, dále podle šířky snímaného spektra na úhrnné pásmové a monochromatické. V diagnostice se setkáváme s radiačními pyrometry a pyrometry pásmovými.
Radiační pyrometry fungují na principu Stefan – Boltzmanova zákona. Radiační úhrnné pyrometry využívají široké oblasti vlnových délek. Tepelné záření objektu

prochází optikou tvořenou zrcadly nebo čočkami, které ho směřují na čidlo v ohnisku. Jako čidlo se používá termočlánek nebo baterie termočlánků a termistor.
Pásmové pyrometry pracují s kvantovými snímači, které využívají fotoelektrický jev. Optika a citlivost snímacího čidla určují spektrální charakteristiku pyrometru. Jako čidlo, které převádí záření na elektrické napětí, proud nebo odpor, se používá fotonek, selenových nebo křemíkových fotočlánků, fotodiod, fototranzistorů a fotoodporů. Mezi výhody pásmových pyrometrů patří blesková reakce na změnu teploty a měření teploty malých objektů.
Existují dva systémy snímaní teplotních polí. První pracuje bez rozkladu teplotního pole a druhý rozkládá teplotní obraz. Systém rozkládající obraz se v diagnostice nevyužívá. Do této skupiny patří například obrazové měniče, evapografy nebo systémy využívající infrafotografii. Systémy pracující s rozkladem snímaného obrazu využívají principu televizního rozkladu obrazu řádkový-snímkový a nazývají se termovizní systém. Systém se skládá z kamery, vyhodnocovacího zařízení, monitoru, popřípadě PC. Kamera je vybavena speciální optikou. Rozsah teplot je možné přepínat v rozmezí -50 až +1500°C. Čidlo je speciální polovodič, který při dopadu záření změní svou vodivost. Čidlo musí být chlazeno a udržováno na stálé a velmi nízké teplotě. Vyhodnocování probíhá v reálném čase.
Pomocí počítačové analýzy můžeme v termogramu provádět:

bodové měření teploty,
profilové řezy – teplotní analýza,
histogramy – zastoupení teplot na dané ploše,
isotermy,
ukládání termogram,
různé matematické operace s termogramy.

Obr. 6 Termovizní kamery [4]

3.5 Diagnostické metody defektoskopické

Do této skupiny patří metody využívající ultrazvuk, pronikavé elektromagnetické záření a změny magnetických a elektromagnetických polí. Jedná se o tyto metody:

1. Rentgenoskopie a gamadefektoskopie
Slouží k odhalování vad nedestruktivní metodou. Využívá se elektromagnetického záření, které proniká výrobkem. Při pronikání záření materiálem se záření odráží od defektu nebo vady jinak než při průchodu homogenním materiálem bez vady. Jako zdroje záření se používají rentgenové lampy, betatrony a radioizotopy.

2. Rentgenodefektoskopie
Jako zdroj záření se využívá rentgenová lampa s omezeným zářením. Obraz defektu se zachycuje speciálním filmem nebo pomocí rentgenotelevizní metody. Rentgenotelevizní metody se provádí pomocí rentgenotelevizních mikroskopů a stroboskopů. Mikroskopy zachycují stabilní nepohyblivé součásti, kdežto stroboskopy se využívají k získání stabilních rentgenových snímků vibrujících částí.

3. Diagnostika využívající změnu magnetických polí
Slouží k odhalování povrchových defektů a mikroskopických trhlin. Princip spočívá ve vybuzení magnetického pole rovnoběžného s povrchem ve feromagnetickém materiálu. Defekt vytváří magnetický odpor, hustota siločar se zvýší a rozptylové magnetické pole stoupá nad povrch. Tyto metody rozdělujeme podle způsobu buzení magnetického pole a podle indikací defektů. Magnetické pole vybuzujeme mezi póly silného elektromagnetu, a to přímým průchodem elektrického proudu nebo průchodem proudu pomocným vodičem. K odhalení trhlin se využívá :

- Polévací metoda - na povrch tělesa se rozlije tekutina s feromagnetickými částečkami. Částice se udrží pouze v místech, kde vystupuje rozptylové magnetické pole. Trhliny se tak zviditelní. Tato metoda je vhodná pro malé předměty.
- Elektroinduktivní metoda – jedná se o sondu podobnou magnetofonové hlavě, která se posouvá po povrchu zkoumaného předmětu. Rozptylové magnetické pole v místě defektu způsobí indukci napětí v hlavě. Signál je dále zpracováván a defekt označen.
- Magnetografická metoda – u této metody se rozptylové magnetické pole přenáší na přiložený magnetický pásek nebo se po předmětu odvaluje kolečko z magnetického materiálu. Záznamy se pak přehrávají a zjišťuje se poloha defektu.

4. Diagnostika využívající změnu elektromagnetických polí
Využívá se systému s jednou nebo dvěma cívkami.
Systém s jednou cívkou - impedanci cívky ovlivňují vířivé proudy indukované ve zkoumaném předmětu. Při konstantním kmitočtu závisí impedance cívky pouze na rozměrech a vlastnostech předmětu. Série výrobků se kontroluje tak, že si nejprve stanovíme referenční hodnoty podle 100% bezvadného výrobku a tyto hodnoty následně porovnáváme s dalšími výrobky. Změny impedance nastávají změnou vodivosti, změnou permeability a nehomogenitami materiálu.
Systém dvou cívek – měříme buď diferenci impedance dvou cívek nebo měříme průběh napětí indukovaný ve snímací cívce, a to v závislosti na napájení budicí

cívky. Tato metoda se užívá ke zkoušení tyčí, trubek, lan. Zkoumané předměty protahujeme dutinou v cívkách a sledujeme změny v materiálu.

Obr. 7 Ultrazvukový defektoskop [6]

3.6 Diagnostické metody tribotechnické

Tribotechnika je obor, který se zabývá třením mezi materiály, opotřebením materiálu a mazáním. Cílem je zmenšení součinitele tření, optimalizace tření a snížení opotřebení mezi navzájem pohybujícími se tělesy. Při této diagnostické metodě se využívají maziva jako nosiče informací o probíhajících změnách v mechanických systémech. Tato metoda má za úkol řešit následující problémy:

1. Zjišťování a prognóza degradace olejů

2. Určení místa a způsobu opotřebení v závislosti na výskytu cizích látek v mazivu

Degradaci olejů posuzujeme jednoduchými metodami tribotechnické diagnostiky. Tyto testy provádíme v laboratořích nebo tribotechnických diagnostických centrech.
Při určení opotřebení se vychází z toho, že olej po určité době provozu obsahuje příměsi ve formě kovového otěru. Kovový otěr po kvantifikaci umožňuje sledování změn ve stroji. Z množství kovového otěru vyhodnocujeme stavy, zda dochází k běžnému opotřebení nebo je opotřebení zvýšené a hrozí riziko poruchy.
Pomoci tribotechnické diagnostiky jsme schopni i určit místo, kde ke zvýšenému otěru dochází, pokud známe materiál částí stroje. Pokud toho nejsme schopni, je zvýšené množství kovového otěru signálem pro aplikaci dalších z diagnostických metod.

Pro technickou praxi je důležitý **význam tribodiagnostiky**.

Při vysokém tření dochází k obrovským ztrátám. Opotřebení značně ovlivňuje životnost a dobu bezporuchového provozu stroje a náklady na opravy a servis.

Tribodiagnostika pozitivně ovlivňuje procesy tření a opotřebení strojních součástí. Optimalizace využití průmyslových maziv je v současnosti dlouhodobým trendem. Dříve byla maziva měněna v pevných lhůtách, stanovených výrobci. Sledováním degradace olejů umožňuje využití olejů a maziv až k jejich úplnému vyčerpání jejich vlastností a životnosti. Tímto se dosahuje výrazné úspory finanční (náklady na maziva + náklady na odstávku stroje).

V dalším je pojednáno o základních **analytických tribotechnických metodách.** Jedná se o tyto metody:

1. Stanovení viskozity oleje – viskozita je nejdůležitější parametr maziva při tření. Měření viskozity se provádí pomocí viskozimetrů. Pro učení viskozity oleje musíme mít homogenní vzorek. Při sledování degradace olejů se bere za hranici odchylka 20% od hodnoty nového oleje.

2. Stanovení bodu vzplanutí oleje – hodnotí se podle norem.
Hodnotí se bod vzplanutí a bod hoření. Bod vzplanutí oleje je taková nejnižší teplota oleje, při které množství hořlavých par nad hladinou tvoří se vzduchem hořlavou směs, která při přiložení plamínku vzplane a opět zhasne. Bod hoření oleje je taková teplota oleje, při níž se uvolní tolik par, že po přiložení plamínku hoří nejméně 5 s.
Hodnoty bodu vzplanutí a bodu hoření se udávají ve °C. Vzorky, které obsahují určité procento vody, se musí vysušovat.

3. Číslo kyselosti – stárnutím oleje a oxidací v něm vznikají organické kyseliny. Tyto kyseliny jsou korozním činitelem a jsou nežádoucí.

4. Číslo zmýdelnění – je to ekvivalent zásady, která reaguje se zmýdelnitelnými látkami ve vzorku jako jsou estery a volné kyseliny.

5. Stanovení procenta vody v oleji – obsah vody v oleji je jeden ze zásadních faktorů pro výměnu nebo další požití maziva. V praxi se přítomnost vody v oleji zjišťuje rychlometodami, například zahříváním ve zkumavce. Většinou je v olejových náplních povoleno 0,2 - 2% vody.

6. Stanovení mechanických nečistot – za nečistoty považujeme všechny cizorodé látky. Nejdůležitější jsou mechanické nečistoty, protože působí největší problémy. Tyto nečistoty porušují tloušťku mazacího filmu, působí jako abrazivní částice a zvyšují pracovní teplotu částí stroje. Mohou i zanášet filtry a ucpávat trysky. Nečistoty se dostávají do maziv při plnění soustavy olejem, při vlastním provozu a provozním opotřebení, při údržbě, při vlastní montáži.

4. Dálková diagnostika

Současné **požadavky** na obráběcí stroje se nesoustředí pouze na rychlost a přesnost obrábění nebo množství obráběcích funkcí, ale jedním z požadavků je kvalita a spolehlivost výrobního stroje a **včasná diagnostika poruch a rychlost opravy po poruše.** V poslední době proto nabývá na významu tzv. **dálková diagnostika.** Vzhledem k její důležitosti je dálkové diagnostice věnována samostatná kapitola.

Dálková diagnostika analyzuje stav obráběcího stroje pomocí komunikačního softwaru diagnostikem. Každý výrobce řídícího systému dodává vlastní komunikační software. Pomocí komunikačního software se dálkově zpřístupňuje obrazovka a menu řídícího systému obráběcího stroje. Komunikační software neumí žádné diagnostické funkce, pouze na dálku využívá diagnostických funkcí daného řídícího systému.

Ze vzdáleného počítače se zpřístupňuje obrazovka a menu obráběcího stroje. Můžeme nejen diagnostikovat aktuální stav obráběcího stroje prostřednictvím obrazovky, ale také pomocí klávesnice vzdáleného počítače ovládací menu CNC. Komunikační software přenáší data oběma směry a využívá se funkce chat pro komunikaci s obsluhou přímo u obráběcího stroje. Komunikace může probíhat jako dialog nebo jako navádění instrukcemi. Při analyzování poruchy obráběcího stroje se na dálku využívá všech dostupných CNC diagnostických funkcí.

Hlavní výhoda této metody je získání skutečných údajů o stavu obráběcího stroje ihned po té, co zákazník nebo obsluha stroje ohlásí poruchu. Předchází se tak špatnému, nebo nesrozumitelnému popisu poruchy zákazníkem nebo obsluhou, a tím odvádět servis od reálné závady. Určení závady proběhne ihned po jejím oznámení diagnostikem. To je další výhoda této metody. Odborník u vzdáleného počítače může poruchu optimalizací odstranit nebo částečně potlačit.

Je jasné, že pokud se odborník dokáže připojit z počítače v kanceláři ke stroji a identifikuje závadu, aniž by musel cestovat k zákazníkovi, ušetří se spousta času a peněz. Redukují se také ztráty zákazníkovi. Je prokázáno, že úspora přináší **až 80% finančních prostředků**. Navíc je poskytována rovněž analýza stavu a pracovního využití stroje.

Dřívější vývoj umožňoval dálkové spojení maximálně pomocí telefonní linky mezi zákazníkem a servisním technikem, později se k přenosu informací využívaly faxy. Předposledním stupněm byla emailová komunikace, včetně obrázkových a fotografických příloh, programy, parametry. Tyto jednoduché varianty jsou sice levné, ale nedostačují k rychlému určení závady, a odstávka se prodlužuje několikanásobným posíláním emailů. Vývoj výpočetní a informační techniky umožňuje připojení on-line. První technologie přenosu dat byly realizovány prostřednictvím telefonního spojení pomocí vytáčeného modemu. Nevýhoda toho typu přenosu dat je nekvalitní a pomalé připojení a platí se každá minuta připojení jako za telefonní hovor. V současnosti se využívá internetové připojení, což je podstatně rychlejší a kvalitnější přenos dat mezi strojem a vzdáleným připojeným počítačem v servisu. Ovšem stále jsou zákazníci, kteří využívají i modemové připojení, kvůli bezpečnosti a ochraně jejich know – how.

Všechny dnes používané **moderní řídicí systémy (Siemens, Fanuc, Heidenhain,..)** umožňují komunikaci pomocí ethernetového rozhraní, které využívá internet jako komunikační medium.

Pod pojmem dálkové diagnostiky se skrývají i jiné funkce. Například software, který zákazníkovi umožňuje zákazníkovi sledovat časové využití obráběcího stroje stroje on-line nebo zpřístupnit historii provozních stavů a následně provádět opatření ve výrobě, skladování a logistice.

Další z možností je GSM monitoring - sledování zvolených stavů obráběcího stroje prostřednictvím mobilního operátora formou SMS zpráv na vybraná telefonní čísla. Je tak možná okamžitá reakce technika na událost, i když není zrovna přítomen u obráběcího stroje.

Příklady hlášení jsou: „stroj běží v cyklu", „stroj je zapnut a nepracuje", „stroj je v chybě" nebo „stroj je vypnut". Tyto hlášení zpracovává externí PLC modul a zasílá SMS zprávy odpovědným osobám. Komunikace muže proběhnout i v opačném směru. Například „práce skončena - vypnout stroj".

GSM monitoring - funkce GSM modulu

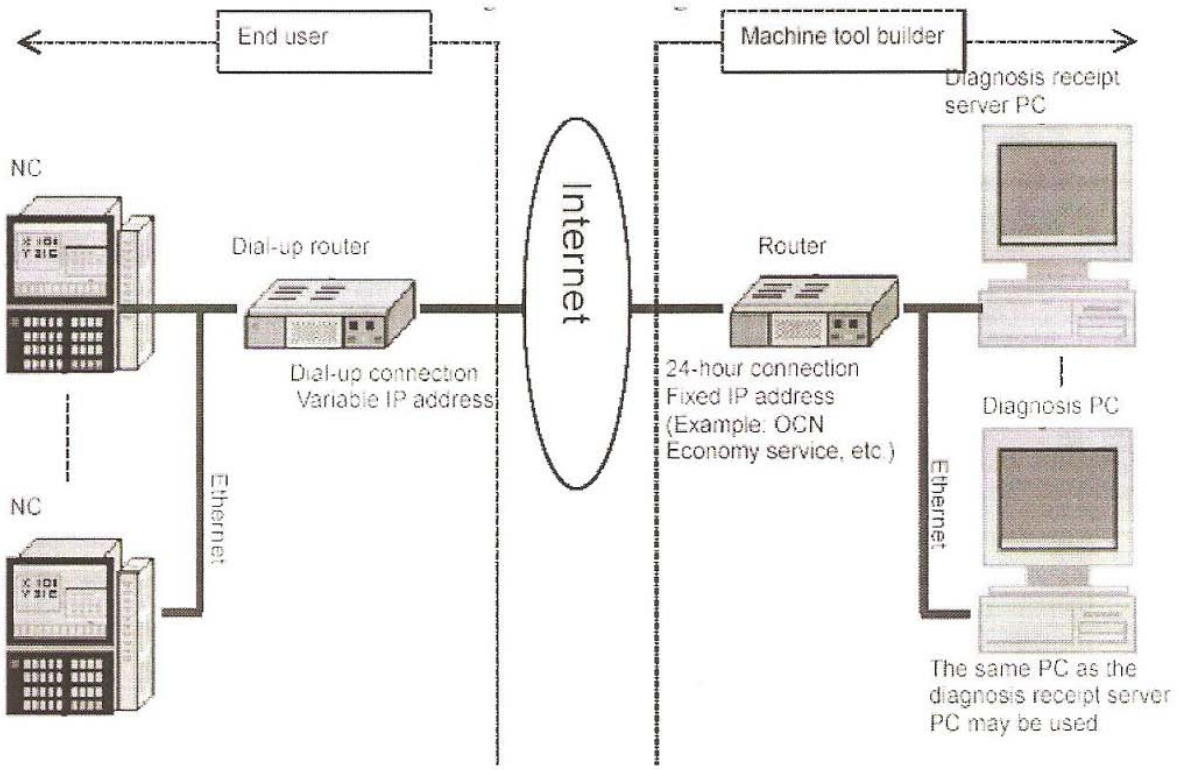
Prostřednictvím řídícího panelu lze zadávat telefonní čísla, která lze využívat pro sledování a řízení stroje. U každého čísla lze nastavit zasílání hlášení při změně stavu obráběcího stroje:

- zasílání SMS hlášení vypnuto
- zasílání SMS hlášení zapnuto při každé změně
- zasílání SMS hlášení zapnuto při každé změně po uplynutí nastaveného časového intervalu
- zasílání SMS hlášení pouze při poruše stroje nebo při přijetí uživatelského kódu
- zasílání SMS hlášení o stavu stroje

Možná další rozšíření:

rozšíření počtu sledovaných strojů,
rozesílání e-mailových zpráv při změně stavu stroje,
podrobné statistiky pro vybrané stroje,
možnost tisku.

Princip připojení pomocí dálkové diagnostiky je na obr. 8.



Obr. 8 Princip připojení pomocí dálkové diagnostiky [5]

5. Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo provést rešerši diagnostiky technických systémů se zaměřením na obráběcí stroje. Využití metod technické diagnostiky umožňuje výrazně zvýšit efektivitu stroje, zvýšit přesnost a rychlost obrábění. Také výrazně snižuje náklady na provoz a servis stroje.

Současné trendy vývoje technické diagnostiky se upírají směrem k dálkové diagnostice. Dálková diagnostika napomáhá dále snižovat náklady na servis obráběcího stroje, a to tím, že servisní středisko zná poruchu před příjezdem k zákazníkovi a odpadají zbytečné odstávky stroje a nepřesná komunikace mezi obsluhou a servisním technikem.

U moderního obráběcího stroje je možné diagnostikovat téměř vše. Diagnostikují se různé alarmy a chybová hlášení. Mezi alarmy řeší stav stroje, chyby v technologických programech a chyby obsluhy. Dále mohou hlásit polohy snímačů, kolize nestoje s obrobkem. Chybová hlášení nejsou natolik závažné jako alarmy a mají informativní charakter a funkci upozornění.

V současný trend vývoje diagnostiky strojů je zaměřen na dálkovou diagnostiku a zdokonalování jejich funkcí dle požadavků uživatelů. V budoucnosti tento trend bude zaměření na dálkovou diagnostiku bude pokračovat a dále se rozvíjet.

6. Seznam použité literatury

[1] KREIDL, M.; ŠMÍD,R. Technická diagnostika. Senzory-metody-analýza signálu. 1.vydání. Praha: BEN – technická literatura, 2006. 408 s. ISBN 80-7300-158-6.

[2] VORLÍCEK, Zdenek. Spolehlivost a diagnostika výrobních strojů. 2.vydání. Praha: České vysoké učení technické, 1991. 128 s. ISBN 80-01-00510-0.

[3] NAVRÁTIL, P. *Vibrodiagnostika ložisek.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 35 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Milan Klapka

[4] SZMEK Tomáš. *Měření teploty v technické diagnostice*, Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 37 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. FRANTIŠEK VDOLEČEK, CSc.

[5] TOS Hulín. Dálková diagnostika.

[6] PTS Josef Sedlář, [online]. 2006 [citováno 2010-5-5]. Dostupné z: <http://www.ptsndt.com/cz/index.php>

[7] DAKEL, [online]. 2006 [citováno 2010-5-5]. Dostupné z: <http://www.dakel.cz/index.php?pg=prod/sens>

7. Seznam obrázků

Obr. 1 Základní typy časového průběhu diagnostických signálů [2] 19
Obr. 2 Akustické snímače [7] 21
Obr. 3 Snímač zrychlení [1] 24
Obr. 4 Snímač vibrací [3] 26
Obr. 5 Teplotní článek [4] 27
Obr. 6 Termovizní kamery [4] 28
Obr. 7 Ultrazvukový defektoskop [6] 30
Obr. 8 Princip připojení pomocí dálkové diagnostiky [5] 34