

Ing. Tomáš K r a t o c h v í l, VÚHU

Použití přístroje Diagnost 015 pro bezdemontážní diagnostiku
valivých ložisek

1.0 Úvod

Současné i budoucí těžební úkoly stanovené plánem koncernu SHD si vynucují hledat cesty, jak dosáhnout zvýšení výroby s minimálním vynaložením investičních prostředků a bez zvyšování stavu pracovníků. Hledají se také vnitřní rezervy. Určité rezervy existují v používaném systému péče o základní fondy /PP0/, dosud prováděném v pravidelných časových cyklech.

Objektivizace skutečného stavu zařízení a možnost prodloužení čas. intervalu mezi opravami je podmíněna znalostí technického stavu zařízení, zejména jeho kritických uzlů během provozu, kterou lze získat jedině soustavným sledováním technického stavu a predikací dalšího vývoje.

Technická diagnostika v širším pojetí předpokládá sběr diagnostických dat a informací včetně doplňkových měření při stojícím zařízení nebo při částečné či úplné demontáži zařízení. Bezdemontážní diagnostika je v podstatě nepřímé zjišťování stavu zařízení ve smontovaném stavu za běžných provozních podmínek. Aplikace metod bezdemontážní diagnostiky u TC v SHR se promítne do zpřesnění systému údržby, neboť podchycením počátku vzniku závad se předejde havarijním stavům, zlepší se organizace oprav, sníží stavy zásob náhradních dílů apod. Nejcenější přínos bezdemontážní diagnostiky je to, že v důsledku znalosti technického stavu lze převést opravy stroje z poruchového času do času jiných plánovaných či neplánovaných prostojů a časově redukovaného plánu PP0.

V současné době se jeví jako nezbytné diagnostickými metodami prověřovat důležité strojní skupiny a díly TC, jako např. převodové skříně, ložiska hřídelů, bubnů, válečků DPD, ocelové konstrukce, nosná a pracovní lana, hydraulické sys-

témy, elektromotory, motory a strojní části strojů doplňkové a pomocné mechanizace, kabely VN i NN, rozvodny atd.

Jelikož valivá a kluzná ložiska jsou nejvýznamnějšími stavebními prvky strojů, je jejich diagnostice nutno věnovat prvořadou pozornost. Proto je náš článek věnován diagnostice valivých ložisek přístroji československé výroby.

2.0 Diagnostika ložisek rozborem emitovaného ultrazvukového signálu přístrojem Diagnost 015, vyrobeným v ČVUT - FEL Praha

2.1 Popis přístroje, teoretické možnosti jeho využití

Dynamicky namáhaný strojní objekt, např. valivé nebo kluzné ložisko, převodovka, hydraulický nebo pneumatický systém emituje ultrazvukový stochastický signál. Z charakteru emitovaného signálu lze vyhodnotit stav strojního objektu, např. rozvíjející se poruchu apod.

V podstatě lze rozdělit způsoby generace stochastických ultrazvukových signálů vzhledem k jejich charakteru na

- signály emitované tribotechnickými procesy /ložiska, převodovky, různé typy súvných uložení atd./,
- signály emitované při obrábění /soustruh, fréza apod./,
- signály emitované kavitací /hydrodynamické systémy nej-různějších typů/,
- signály emitované procesy, které probíhají v dielektriku, vystaveném intenzivnímu elketrickému poli /např. měření a určení místa a velikosti poruchy dielektrika/.

Výhoda rozboru emitovaného ultrazvukového stochastického signálu v souvislosti s bezdemontážní diagnostikou tkví v tom, že emitovaný ultrazvukový signál není maskován mechanickým chvěním stroje a hlukem stroje, takže se lze v některých případech směrově zaměřit na určitý strojní objekt v celé soustavě strojního zařízení.

Na elektrotechnické fakultě ČVUT Praha, v ultrazvukové laboratoři, byly v minulých letech vyvinuty a realizovány soubory diagnostických systémů, které našly četné využití v průmyslové bezdemontážní diagnostice. Zejména šlo o diagnostiku různých typů a velikostí ložisek, a to především kluzných, částečně i valivých. V podstatě byly signály registrovány soubory diagnostických systémů, jako je Diagnost D - 020 FEL, Diagnost D - 014 FEL a řada dalších typů. V technickém provozu je snímán signál z valivého ložiska přes akustické imersní prostředí /vazelina, tuk/ pomocí vlnovodu vázaného na kryt ložiska a piezokeramického snímače FEL a emitovaný ultrazvukový signál vyhodnocován některým z diagnostických systémů.

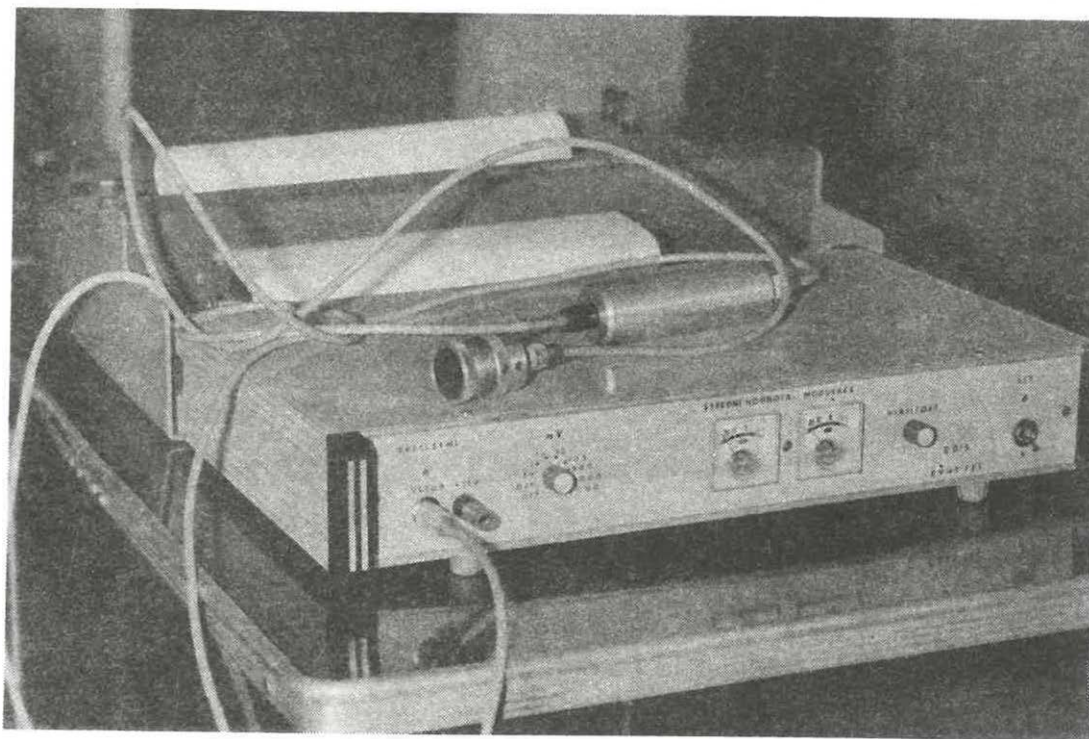
V oblasti obráběcí techniky byly prováděny experimenty s diagnostickými systémy FEL, kdy byl snímán ultrazvukový signál buď přímo ze soustružnického nože nebo z místa jeho uložení. Z velikosti signálu lze vyhodnotit vznikající otupění nože, popř. okamžik, kdy nože zabírají nerovnoměrně.

Zvláštní kapitolou technické diagnostiky jsou signály emitované kavitačními procesy z hydrodynamických systémů. V průběhu kavitačních procesů je emitován intenzivní ultrazvukový stochastický signál v důsledku souboru kolapsů kavitačních bublin. Ke snímání ultrazvukových stochastických signálů, emitovaných kavitačním procesem, jsou používány vlnovody a snímače FEL, které pracují v oblasti kmitočtu 40 kHz - 0,5 MHz.

Nový diagnostický systém D - 015 FEL, viz obr. č. 1 /mimo jiné dodaný v několika kusech do SHR a ověřovaný ve VÚHU/, zhotovený rovněž v ultrazvukové laboratoři FEL ČVUT v Praze, pracuje v rozsahu 40 kHz - 0,5 MHz snímaného kmitočtu emitovaného ultrazvukového stochastického signálu. Vstupní citlivost je od 100 μ V - 3 V a lze ji přepínat děličem v odstupech po 10 dB, přičemž výstupní úroveň pro jmenovitou vstupní citlivost je 5 V. Na výstup lze připojit magnetofon, zapisovače střídavé střídavé nebo stejnosměrné apod. Aby bylo zajištěno, že přístroj nebude vstupním signálem přebuzen, indikuje přetížení přístroje dioda LED /přetížení = překročení jmenovitého rozsahu o 10 dB/. Přístroj te-

dy zapisuje na zapisovači, který je připojen na diagnostický systém, střední hodnotu emitovaného ultrazvukového signálu a indikuje modulaci tohoto signálu /80 % - 0 dB/. Impedanční transformátor, který je součástí Diagnostu D-015 FEL, umožňuje vést sondou snímáný signál do vzdálenosti až 2 000 m. Modulační složku ultrazvukového stochastického signálu lze také orientačně sledovat reproduktorem umístěným přímo v Diagnostu 015.

Obr. č. 1



2.2 Vyhodnocení náhodných procesů

Diagnostický systém D - 015 FEL umožní zapsat modulační složku /průběh střední hodnoty/ ultrazvukového emitovaného signálu buď na zapisovač nebo na pásku magnetofonu, popř. na osci-

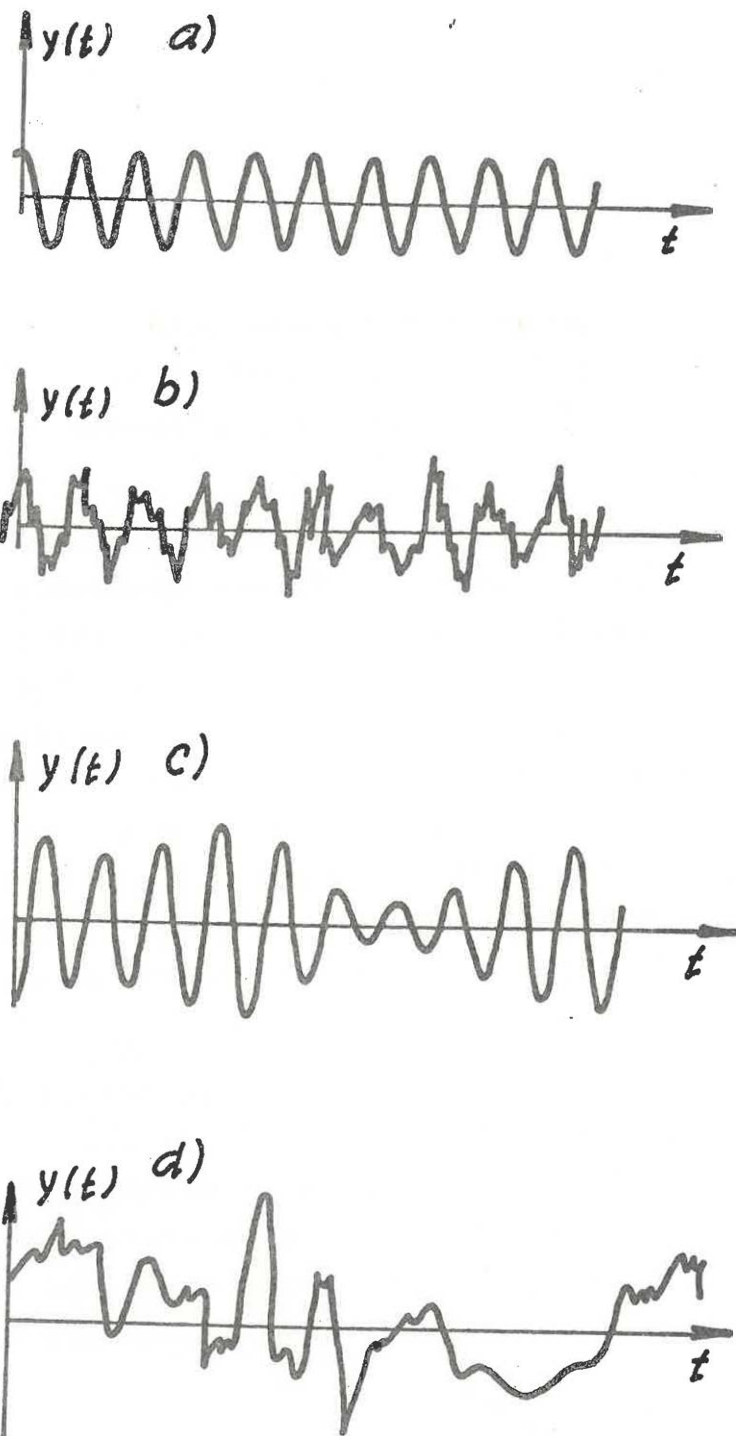
lograf s paměťovou obrazovkou. Signály lze třídit z různých hledisek. Většinou sledujeme jejich časový průběh a z toho hlediska je důležité základní dělení na stacionární a nestacionární signály. Existují exaktní kritéria pro definici stacionárních procesů, ale pro praktické využití v technické praxi je dostačující vyložit stacionární funkci jako takovou, jejíž veličiny, definované středními hodnotami, se nemění s časem a jsou nezávislé na části vzorku užitého k jeho určení. Toto kritérium vyhovuje jak určitým /deterministickým/ signálům, tak i signálům náhodným. Lze tak formulovat další dělení na deterministické signály, jejichž okamžitá hodnota v následujícím čase je předem známa, tj. je dána nějakou přesně definovanou časovou funkcí, a signály náhodné, které jsou popsány statistickými veličinami, jako je střední hodnota, rozptyl apod. Vyhodnocování signálů náhodných procesů je velmi složité. Proto existuje snaha /shodná s celosvětovým trendem/ konstruovat diagnostické přístroje s automatickým vyhodnocováním pomocí výpočetní techniky. Rychlejší realizaci těchto myšlenek brání nedostatečná součástková základna elektrotechnického průmyslu.

Zatím jednoznačně platí, že v konečné fázi vyhodnocování musí být zkušný člověk, který provede konečné rozhodnutí.

Přesto však již v současné době lze provádět diagnostické měření Diagnosty a vyhodnocování stavu mechanismů, zvláště pak jejich ložisek, bez nutnosti použití složité vyhodnocovací přístrojové techniky. Vyhodnocujeme-li emitovaný ultrazvukový signál na výstupu námi používaného Diagnostu D - 015 FEL, pak lze např. u kluzných i valivých ložisek charakterizovat signály podle obr. 2a/ a b/ jako signály normálního provozního stavu, zatímco signály dle 2c/ a 2d/ jako signály s význačnou poruchou ložiska, přičemž lze konstatovat, že signál dle 2c/ vykazuje i nerovnoměrné dynamické zatěžování ložiska.

Vlastní diagnostiku realizujeme tím způsobem, že sledujeme případné změny signálů, jejich charakter ve vztahu k poruše. Z toho tedy plyne základní předpoklad diagnostiky - systematické sledování a měření ložiska od jeho nasazení,

ČASOVÝ PRŮBĚH ČTYŘ RŮZNÝCH SIGNÁLŮ



Časový průběh čtyř různých signálů

- a) harmonického b) harmonického s náhodným signálem
c) úzkopásmového náhodného d) širokopásmového náhodného

přes záběh, exploataci až k poruše. Po vzniku poruchy tuto identifikovat. Vzájemné vztahy signálů a poruch je vhodné katalogizovat pro ten který typ strojního objektu.

2.3 Popis měření

Diagnostiku ložisek rozbořem emitovaného ultrazvukového signálu je nutné realizovat měřením signálu přístroji Diagnost 015 a registrací měřených hodnot zapisovačem, případně měřením samotným přístrojem.

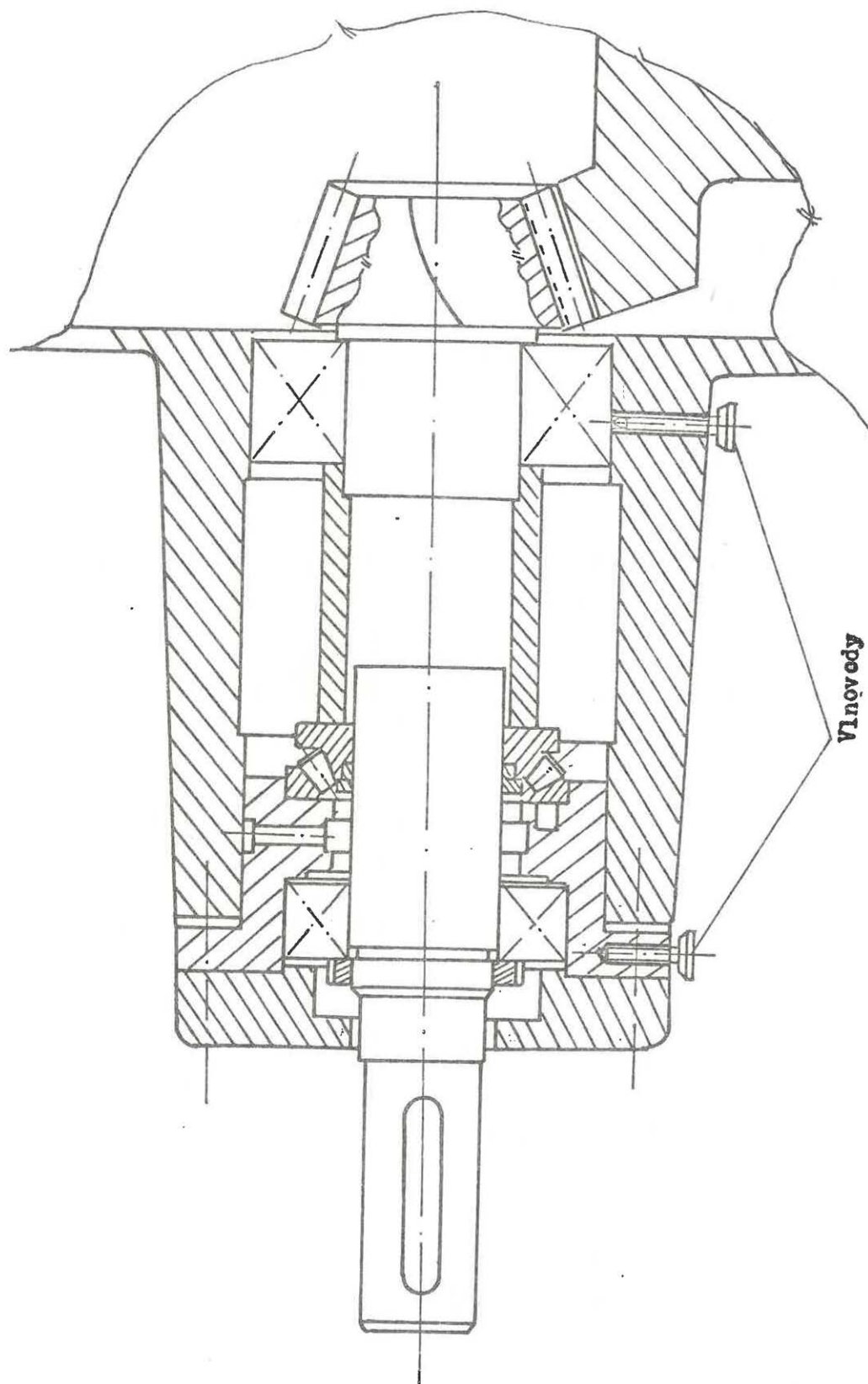
Měřený /sledovaný/ objekt, např., převodovou skříň, je nutno předem pro měření ložisek upravit. Úprava spočívá v provedení vývrtů opatřených závitem - viz obr. 3, do nichž jsou montovány vlnovody dle obr. 4 tak, aby směřovaly radiálně do osy ložiska v místě jeho maximálního zatížení. Vývrty mají být pokud možno průchodné, aby byl zaručen dotyk vlnovodu s vnějším kroužkem ložiska /max. signál/. Tam, kde tuto podmínku nelze splnit, lze provést vývrty slepé. U slepých děr je nutno počítat s tím, že měřený signál bude slabší o ztrátu na rozhraní vnější kroužek ložiska - uložení ložiska /takováto měření je třeba považovat na orientační/.

Vlnovod, pokud to okolnosti dovolí, nemá být příliš dlouhý, aby jeho volný konec, vystupující z tělesa ložiska, za provozu stroje příliš nekmital. V některých případech nebo na obtížně přístupných místech se doporučuje používat i magnetických držáků snímačů, přímo přiložených /bez vlnovodu/ na měřený objekt /diagnostika transformátorů, kavitačních procesů apod./.

Hlava vlnovodu je provedena s vnějším závitem M 30 x 1 v délce 8 mm. Kontaktní plochu je nutno před každým měřením očistit od mechanických nečistot a potříit plastickým mazivem, které v tomto případě vytváří akustické imersní prostředí mezi vlnovodem a na něj rýhovanou maticí upevněným piezokeramickým snímačem Diagnostu.

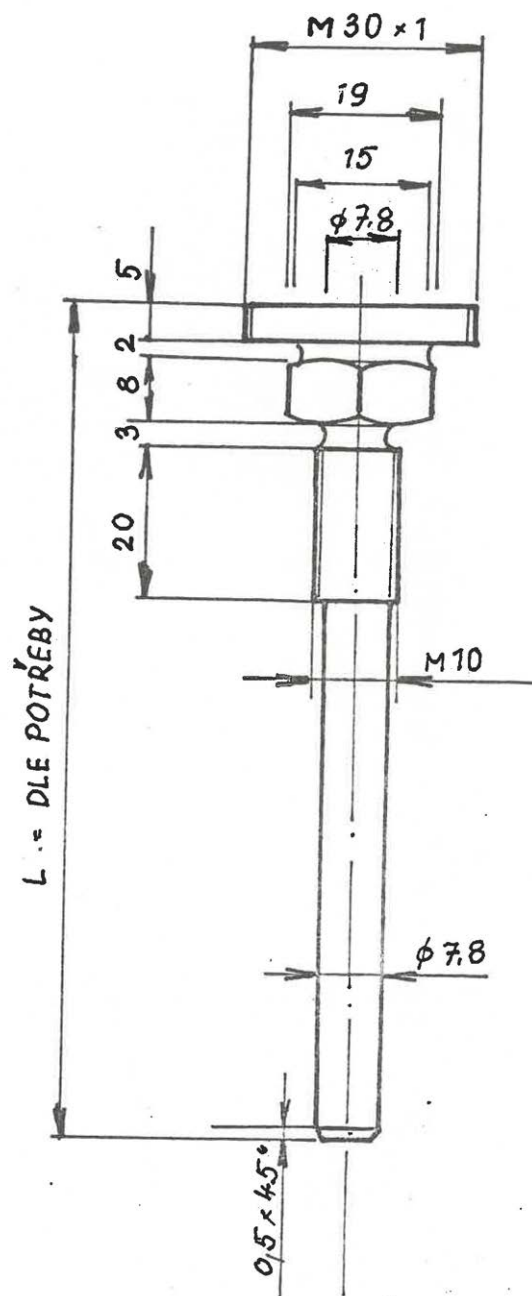
Měřicí sonda je rychloupínacím konektorem spojena cca 2 m koaxiálním kabelem s impedančním transformátorem, který je

PŘÍKLAD UMÍSTĚNÍ VÝVRTŮ S NAMONTOVANÝMI VLNOVODY



Obr. 3

VLNOVOD PRO DIAGNOSTY D - 015 A D - 020



Obr. 4

součástí /v příslušenství/ Diagnostu D 015 FEL. Důležité je dodržet předepsanou zásadu, že impedanční transformátor musí být umístěn co nejblíže sondě, což lze snadno zajistit, respektují-li se připojovací pokyny na něm napsané /snímač, výstup, udávající jeho polohu při zapojení/.

Výstupní konektor impedančního transformátoru se spojuje s konektorem Diagnostu D 015 označeným "vstup", umístěným vlevo na předním panelu přístroje koaxiálním kabelem "prakticky" libovolné délky. V krajním případě lze tedy přístroj umístit od sondy ve vzdálenosti 2 000 m, což vyhoví ve všech případech použití.

Podle použitého způsobu záznamu naměřených hodnot je Diagnost D 015 spojen buď s magnetofonem spojovací šňůrou, opatřenou na obou koncích tříkolíkovými zástrčkami, nebo se zapisovačem TZ 4100 spojovací šňůrou, opatřenou na jednom konci tříkolíkovou zástrčkou a na druhém konci dvěma jednobolíkovými zástrčkami /banánky/. Obě šňůry se připojují do příslušných zásuvek umístěných na zadní desce Diagnostu, označených MGF - magnetofon, ZAP - zapisovač. Na magnetofonu se připojují na jeho vstup, u zapisovače červený kolík na svorku HI, zelený kolík na svorku LO. Jelikož se často měří v místech, kde existují různá, proměnná silová pole, je nutno dodržet následující zásadu. Celá soustava /sonda, Diagnost, zapisovač/ musí být ukostřena /uzemněna/ pouze v jednom místě, zpravidla objímkou sondy. Jinak by existovala tzv. zemní smyčka, kterou by se indukci vznikající signály silových polí dostávaly do Diagnostu a zkreslovaly měření. Toho lze dosáhnout přerušením nulovacího vodiče Diagnostu i zapisovače.

Vstupní citlivost Diagnostu nastavujeme děličem v odstupech 10 dB v rozmezí 0,1 mV až 3000 mV, přičemž výstupní úroveň pro jmenovitou vstupní citlivost je 5 V. Proto při měření po připojení Diagnostu D 015 a zapisovače TZ 4100 k síti je nutno nastavit citlivost zapisovače na rozsah 5 V a citlivost Diagnostu na nejnižší vstupní citlivost, tj.

3 000 mV. Děličem postupně zvyšujeme citlivost Diagnostu tak dlouho, až indikátor přetížení /dioda LED/ se občas rozsvěcuje /indikuje přetížení jmenovitého rozsahu špičkami signálu o 10 dB/. Zapisovač se připraví k měření a nastaví se na nulu. Takto je celá soustava připravena k diagnostickému měření. Diagnostika ložisek rozbořem emitovaného ultrazvukového signálu je založena na principu systematického měření sledovaného objektu a srovnání naměřených hodnot. Z toho plyne logická podmínka - ve všech případech dané ložisko pokud možno měřit při přibližně stejném zatížení. Nevylučuje se splnit tuto podmínku měřením zařízení /např. DPD/ při jeho běhu naprázdno.

Měřit lze několikerým způsobem nebo jejich vzájemnou kombinací. Lze říci, že diagnostický systém D 015 FEL produkuje signál sestávající ze složky stejnosměrné, která vzniká zpracováním absolutních časových hodnot náhodného ultrazvukového signálu a je tedy závislá na velikosti získávaného signálu ze snimače, a ze složky střídavé, která de facto určuje kolísání střední hodnoty emitovaného ultrazvukového signálu v závislosti na rozkmitu tohoto signálu; je tedy opět závislá na stavu ložiska.

- 1/ Stejnosměrnou složku je možné měřit libovolným stejnosměrným voltmetrem, na kterém lze nastavit měřicí rozsah 5 až 6 V /jde vlastně o jednoduchý integrační člen/.
- 2/ Střídavou složku lze měřit a registrovat samostatně střídavým zapisovačem, např. fy Brüel a Kjaer.
- 3/ Stejnosměrnou i střídavou složkou lze registrovat současně stejnosměrným zapisovačem, např. typu TZ 4100 /Laboratorní přístroje, n.p., 162 03 Praha 6/.
- 4/ Úroveň signálu lze přímo odečítat na panelovém přístroji Diagnostu v bezrozměrných jednotkách - dB.

U registrovaných signálů nás z hlediska diagnostického zajímají především následující jejich parametry.

Maximální rozkmit - označovaný též jako dvojitá amplituda, je důležitou hodnotou udávající rozkmit časového průběhu, a její použití je výhodné zejména tam, kde je pro hodnocení důležitá výchylka. Jde zejména o vyhodnocení signálů, emitovaných poruchou.

Vrcholová hodnota - popisuje amplitudy krátkodobých jevů. Indikuje pouze přítomnost, špičky, ale neformuluje poznatek o časovém průběhu ani kmitočtovém složení.

Střední hodnota - je určena vztahem

$$y_{\text{stř}} = \frac{1}{T} \int_0^T |y(t)| dt$$

a vychází z absolutně hodnocených výsledků časového průběhu signálu emitovaného jeho zdrojem /např. poruchou/. Tato střední hodnota je zpracována Diagnostem D 015 a její průběh lze zapsat střídavým nebo stejnosměrným zapisovačem.

Efektivní hodnota - pak bude

$$y_{\text{ef}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T y^2(t) dt}$$

Signály lze také charakterizovat v bezrozměrných jednotkách - dB.

Pro poměr dvou napětí U_1 a U_2 bude $L/U/ = 20 \log \frac{U_1}{U_2} /dB/$, kde U_2 je prahová hodnota napětí.

Pro poměr dvou výkonů P_1/P_2 bude $L/P/ = 10 \log \frac{P_1}{P_2} /dB/$.
Tak např. poměr napětí 3,16 odpovídá 10 dB;

100 ----- 40 dB; 1000 ----- 60 dB; 10 000 ----- 80 dB.

Pro poměr výkonů 3,16 ----- 5 dB; 100 ----- 20 dB; 1000 ----- 30 dB;
10 000 ----- 40 dB atd.

Tímto způsobem v dB vyhodnocené úrovně střední hodnoty signálů lze přímo odečíst na panelovém přístroji Diagnostu D 015. Průběh modulace střední hodnoty signálů lze rovněž odečíst v dB na vpravo umístěném panelovém přístroji.

Jak již bylo řečeno, diagnostika ložisek rozborem emitovaného ultrazvukového signálu je založena na principu systematického měření sledovaného objektu a srovnávání naměřených hodnot. Při hodnocení je nutné si všimnout především průběhu střední hodnoty signálu. Obecně lze tvrdit, že bezporuchové ložisko emituje signál, který lze registrovat zpravidla pouze při maximální citlivosti Diagnostu a průběh jeho zápisu vykazuje poměrně nízkou úroveň stejnosměrné složky signálu /zapsané zapisovačem TZ 4100/ a maximální rozkmit jeho střídavé složky není příliš velký, přičemž průběh registrované střední hodnoty lze charakterizovat jako signál harmonický s náhodným signálem /viz obr. 2b/.

Ložisko s rozvíjející se poruchou či ložisko s poruchou vykazuje úroveň signálu výrazně vyšší, proto je nutno nastavit nižší citlivost Diagnostu. Průběh zápisu vykazuje vyšší stejnosměrnou složku signálu, maximální rozkmit jeho střídavé složky je větší /než u stejného ložiska bez poruchy/ a průběh registrované střední hodnoty lze charakterizovat jako signál úzkopásmový náhodný nebo širokopásmový náhodný /viz obr. č. 2c, 2d/.

Vlastní diagnostiku realizujeme tím způsobem, že sledujeme případné změny signálů, jejich charakter ve vztahu k poruše. Naměřené hodnoty je nutné evidovat, záznamy zapisovače uschovat. Vzájemné vztahy signálů a poruch se doporučuje katalogizovat pro ten který typ strojního objektu.

2.4 Potvrzení zásad pro hodnocení ložisek ověřené experimentem

Ve VÚHU Most byla uskutečněna řada samostatných měření s přístrojem Diagnost 015, ale i srovnávacích měření, kde byl Diagnost 015 porovnáván s přístroji Diagnost 020, K - metrem, SPM pro diagnostiku ložisek. Měření bylo realizováno u série vybraných ložisek, vykazujících různý stupeň opotřebení, tedy ložisek, u nichž bylo možno definovat jejich technický stav a tímto způsobem objektivně zhodnotit výsledky měření.

K měření byla vybrána série 10 valivých ložisek typu 6308. Tento typ ložisek byl zvolen proto, že je používán ve velkém množství ve válečcích dálkové pásové dopravy. Z linky pro opravu válečků bylo možno poměrně snadno vybrat ložiska nadále použitelná, mírně opotřebená, značně opotřebená. Když k nim byla přiřazena ložiska nová, dosud nepoužitá, byl vytvořen vzorek ložisek s různým stupněm opotřebení /viz tab. č. 1/.

Vlastní experiment byl proveden v dílnách VÚHU, kde byla ložiska měřena za stejných provozních - $n = 710 \text{ 1/min}$ - i zatěžovacích podmínek při radiálním zatížení 190 kg. Ložiska byla postupně uložena v přípravku uzpůsobeném tak, že vlnovod pro snímání sondy se dotýkal vnějších kroužků ložisek. Z měření byl pořízen zápis zapisovačem TZ 4100 a odměřena střední hodnota signálu stejnosměrným voltmetrem. Výsledky a hodnocení série ložisek typu 6308 jsou uvedeny v tabulce č. 2. Záznamy provedené zapisovačem TZ 4100 nového ložiska č. 1, ložisek mírně /dále použitelných/ a více poškozených č. 6 a 5 a ložiska značně poškozeného č. 2, viz přílohy č. 1 a č. 2. Pro omezený rozsah článku jsou uvedeny pouze tyto čtyři případy.

Výsledky experimentu potvrzují pravidla hodnocení ložisek, vyslovená v následující kapitole 2.5 tohoto článku.

2.5 Obecné zásady pro hodnocení stavu ložisek přístrojem typu Diagnost

Na základě srovnávacího měření a řady dalších měření podobného druhu v laboratorních i provozních podmínkách lze vyslovit následující zásady pro hodnocení stavu valivých ložisek přístrojem Diagnost 015 FEL:

- 1/ Za definovaného mazání ložiska sledovaný emitovaný ultrazvukový signál, který při jmenovitých otáčkách ložiska a jmenovitém zatížení přípravkem vykazuje určitou úroveň emitovaného ultrazvukového signálu, u nového ložiska v průběhu záběhu poklesne proti nezaběhnutému stavu o $4 \pm 8 \text{ dB}$.

Radiální a axiální vůle ložisek typu 6308 ze serie
ložisek podrobené srovnávacímu měření ve VÚHU Most

Ložisko číslo	V ů l e (mm)									
	radiální					axiální				
1	0,04	0,04	0,04			0,04			0,16	
2	0,38	0,33	0,29			0,33			0,68	
3	0,82	0,77	0,79			0,79			1,27	
4	0,06	0,05	0,04	0,05		0,05			0,22	
5	0,06	0,05	0,05			0,05			0,25	
6	0,05	0,05	0,04			0,05			0,19	
7	0,11	0,11	0,10			0,11			0,41	
8	0,05	0,05	0,05			0,05			0,22	
9	0,04	0,05	0,035			0,04			0,15	
10	0,05	0,03	0,03			0,035			0,17	

- Ložisko č. 1) Valivé části bez poškození. Oběžné dráhy lesklé s mírnými rýhami a pittingy po celém obvodu.
- č. 2) Valivé části zmatnělé se stopami středně hlubokých jamek po korozi. Oběžné dráhy vnitřní i vnější zmatnělé se středně hlubokými jamkami po korozi.
- č. 3) Valivé části matné s hlubokými jamkami po korozi. Oběžné části - vnější kroužek matný s hlubokými jamkami po korozi, vnitřní kroužek matný se středně hlubokými jamkami po korozi.
- č. 4) Valivé části i oběžné dráhy silně zmatnělé po celé ploše - vnější kroužek se stopami hustých jemných jamek.
- č. 5) Valivé i oběžné části lesklé s velmi mírně poškozeným povrchem (drobné jamky) - vnější kroužek poškozen po celém obvodu jamkami velkých ploch a malých hloubek.
- č. 6) Valivé části i oběžné dráhy velmi málo zmatnělé u vnějšího kroužku v některých místech slabé poškození (mírné jamky) ne však po celém obvodu.
- č. 7) Valivé části matné s hlubokými jamkami po korozi. Oběžné části matné s hlubokými jamkami po korozi ve větším rozsahu než u valivých částí.
- č. 8) Valivé části bez poškození. Oběžné dráhy čisté, hladké s jemnými stopami začínající koroze.
- č. 9) Valivé části hladké, lesklé. Oběžné dráhy lesklé s velmi mírným poškozením způsobeným zřejmě nečistotou v mazivu. Poškození patrné po stranách valivé dráhy.
- č. 10) Valivé části i oběžné dráhy lesklé, hladké, beze stop poškození.

Výsledky z hodnocení serie ložisek typu 6308
z měření Diagnostem 015 FEL

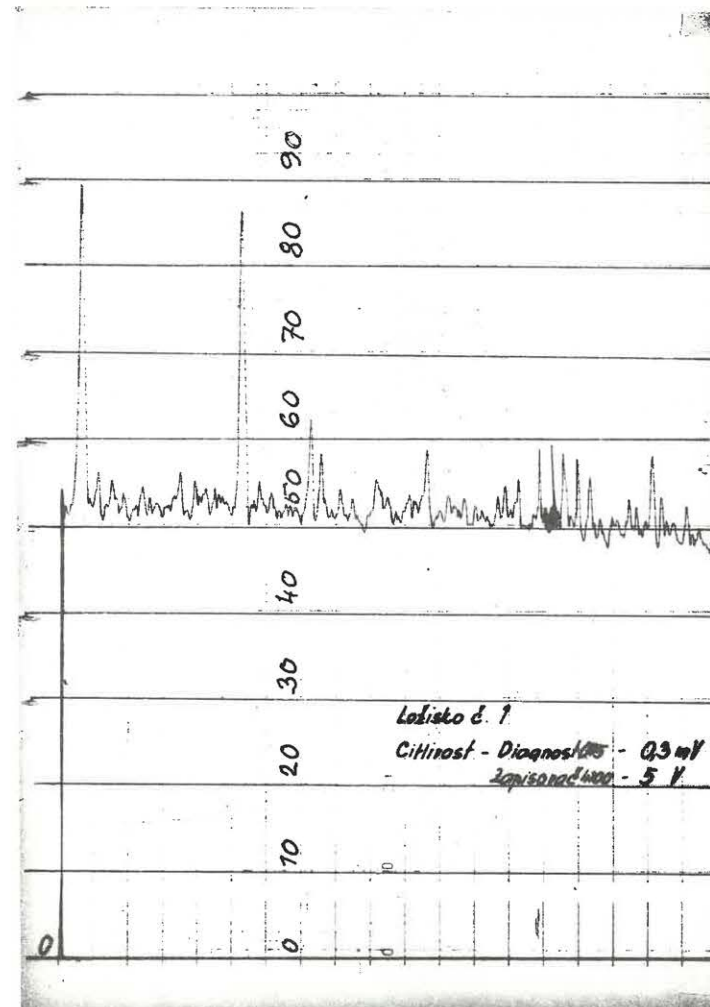
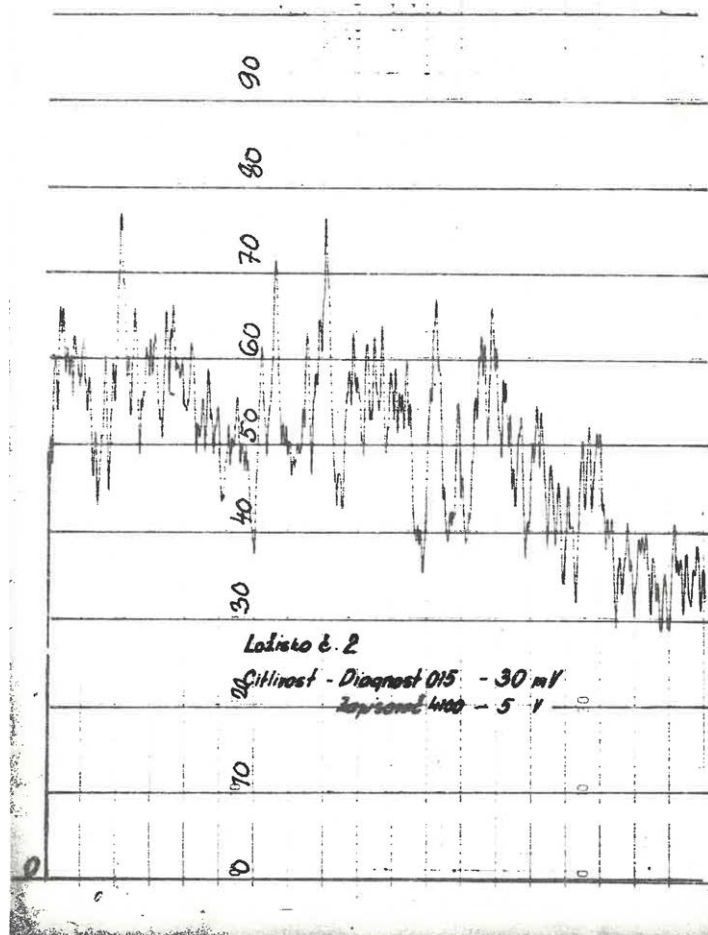
Vzorek číslo	Vůle (mm)		Diagnost 015		Zesílení v dB	Poznámka
	radiální	axiální	nastavena citlivost mV	naměřené hodnoty voltmetrem V		
1	2	3	4	5	6	7
10	0,035	0,17	0,3	1,4 - 1,6	0,87 - 1,2	nové
9	0,04	0,15	0,1	4,0 - 4,4	referenční hodnota	nové
1	0,04	0,16	0,3	2,6 - 3,0	6,25 - 6,66	viz záznam
6	0,05	0,19	1	1,4 - 2,0	10,9 - 13,15	viz záznam
8	0,05	0,22	1	0,6 - 0,8	3,52 - 5,19	
4	0,05	0,22	3	1,0 - 5,4	17,95 - 31,77	nové s pískem
5	0,05	0,25	1	2,4 - 3,2	15,56 - 17,23	viz záznam
7	0,11	0,41	30	0,6 - 1,8	33,5 - 42,23	
2	0,33	0,68	30	2,2 - 3,6	44,8 - 48,2	viz záznam
3	0,79	1,27	30	2,8 - 4,0	46,89 - 49,16	

- 2/ Stoupnutí střední hodnoty emitovaného ultrazvukového signálu o více než 10 dB proti stavu po záběhu signalizuje poruchu ložiska.
- 3/ V každém případě došlo k poruše ložiska a je nutno stroj zastavit, došlo-li:
 - a/ k stoupnutí střední hodnoty emitovaného ultrazvukového signálu v době 3 hodin o 10 dB,
 - b/ vzroste-li hodnota signálu špička - špička o 5 dB,
 - c/ projeví-li se kolísání emitovaného signálu v rozsahu 20 dB.
- 4/ Charakteristickým znakem
 - dobrého ložiska je nižší signál s malým rozkmitem,
 - poškozeného ložiska vyšší signál s vyšším rozkmitem.

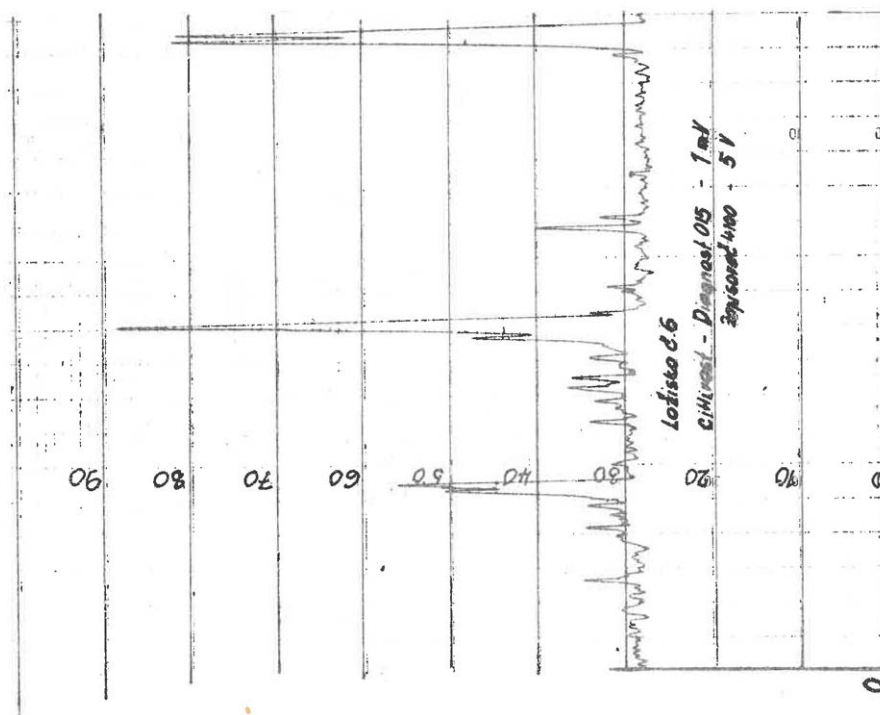
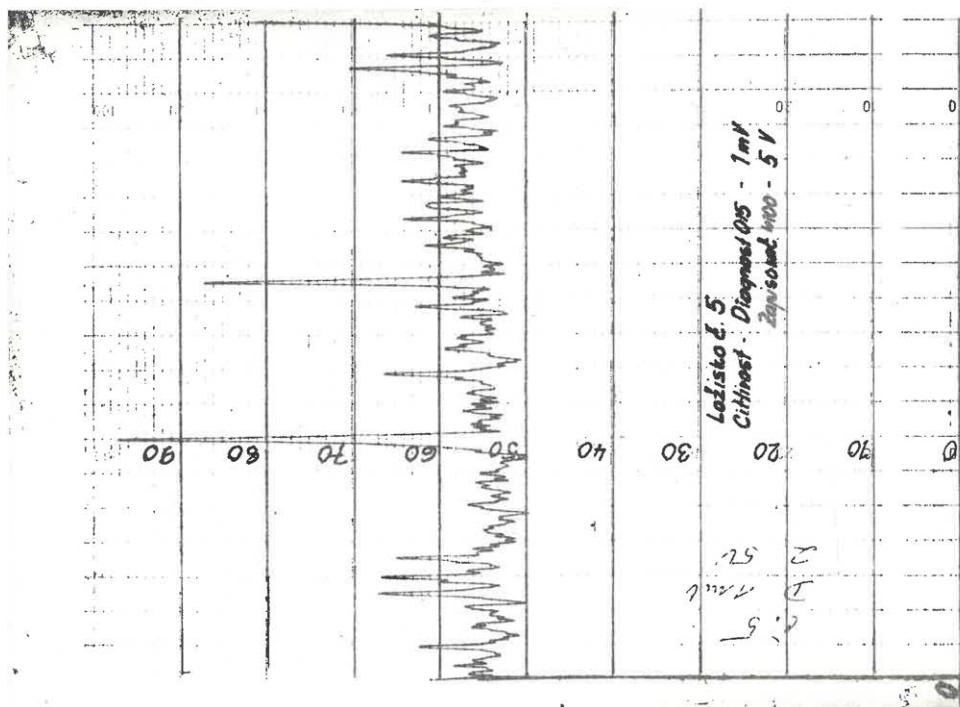
3.0 Závěr

Funkci a význam technické diagnostiky pro zajištění spolehlivosti technologických celků je třeba pokládat za permanentní a zcela nezastupitelný. Směr a možnosti tech. diagnostiky v SHR je obsažen ve zprávách VÚHU, v nichž je mimo jiné uvedeno, že prioritním úkolem v této oblasti je zaměření se na získání a ověření přístrojů pro bezdemontážní diagnostiku valivých ložisek.

Z dostupné přístrojové techniky byl mimo jiné získán přístroj Diagnost 015 - vyvinutý ve FEL ČVUT Praha, který byl ve VÚHU ověřován a pro nějž byla zpracována metodika použití. Diagnostický systém Diagnost 015 FEL je určen pro kontaktní diagnostiku a pracuje v rozsahu 40 kHz až 0,5 MHz. Kontaktní piezokeramický snímač emitovaného ultrazvukového signálu je vázán na vlnovod přes imerzní prostředí např. plastické mazivo. K dosažení spolehlivých výsledků měření je nutno snímač vázat na vlnovod, který se dotýká ložiska. Jiné případy měření, kdy nelze tuto zásadu dodržet, je třeba považovat pouze za informativní.



Záznam průběhu střední hodnoty signálu ložisek typu 6308



Příloha č. 2

Záznam průběhu střední hodnoty signálu ložisek typu 6308

Výsledkem měření je vždy stochastický ultrazvukový signál stacionární nebo nestacionární, který je závislý na fyzikálním procesu, probíhající v měřeném objektu. Charakter signálu dobrého ložiska je obdobný časovému průběhu signálu harmonického s nahodilým signálem. Charakter signálu poškozeného ložiska je obdobný časovému průběhu signálu úzkopásmového náhodného nebo širokopásmového náhodného /viz obr. č. 2/.

Detailní vyhodnocení náhodných procesů je velmi obtížné a bez počítačové techniky v podstatě nemožné. Přesto existuje reálná možnost využít Diagnostu 015 FEL k diagnostice valivých ložisek bez této techniky. V tomto případě realizujeme diagnostiku tím způsobem, že sledujeme případné změny signálů a jejich charakter ve vztahu k poruše. Pro tento druh hodnocení stavu valivých ložisek jsou definovány obecné zásady a uvedeny v kap. 2.5. Doporučuje se vzájemné vztahy signálů a poruch archivovat a katalogizovat pro sledovaný typ strojního objektu.

Lze říci, že Diagnost 015 je schopen spolehlivě diagnostikovat valivá ložiska. Kdyby se odstranily některé nevýhody, jako nutnost externího zapisovače /zabudovat jej do přístroje/ a závislost na síti /220 V/, mohl by se považovat Diagnost 015 za perspektivní přístroj pro diagnostiku valivých ložisek a dalších strojních objektů, hydraulických systémů, hledání netěsností ventilů, diagnostiku poruch dielektrika transformátorů apod. v provozech SHR.

Použitá literatura:

- 1/ Ing. T. Kratochvíl
Studie možnosti využívání metod bezdemontážní diagnostiky v SHR /1980/ - výzkumná zpráva VÚHU,
- 2/ Ing. T. Kratochvíl
Stanovení metod pro bezdemontážní diagnostiku valivých ložisek dostupnou přístrojovou technikou v SHR /1983/
- výzkumná zpráva VÚHU,