

Co sledovat při provozu

Význam sledování stavu stroje za provozu a plánování nutných oprav neustále roste. Obzvláštní pozornost se věnuje především ložiskům, neboť představují životně důležitou součást všech strojů s otáčivými díly. Sledování provozního stavu (provozní diagnostika) se stále více využívá v oboru preventivní údržby. Včasné zjištění příznaků poškození umožňuje vyměnit ložisko při plánované údržbě zařízení, takže se předejde neplánované odstávce vynucené havárií ložiska.

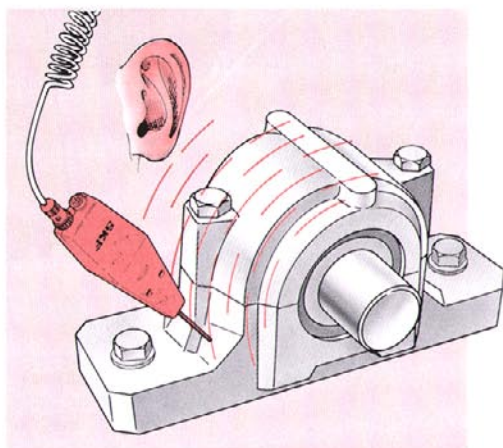
Ložiska ve velmi důležitých zařízeních nebo pracující v náročných provozních podmínkách, by se měla kontrolovat často. V současné době se nabízí mnoho systémů a zařízení pro sledování stavu ložisek. Většina z nich je založena na měření vibrací – viz kapitola o sledování provozního stavu ložisek na str. 48.

Avšak v praxi nelze vždy všechny stroje a jejich funkce sledovat složitými moderními přístroji. V takovém případě obsluha stroje nebo inženýr údržby musí stále sledovat všechny „známky potíží“ s ložiskem, jako např. hluk, vzrůstající teplotu a vibrace. „Poslech“, „dotyk“ a „pohled“ jsou přitom důležité. K této problematice může být cenných ještě několik poznámek.

Poslech

Obvykle se nepravidelný chod ložiska zjišťuje poslechem. Např. pomocí elektronického stetoskopu lze zjistit neobvyklé zvuky a zkušený pracovník dokáže dokonce určit příslušnou část stroje. Ložiska v dobrém provozním stavu vydávají jemné bzučení. Zvuky připomínající mletí, skřípání či jiné neobvyklé zvuky obvykle napovídají, že ložisko je ve špatném provozním stavu.

Skřípání nebo pískání může být způsobeno nedostatečným mazáním. Malá ložisková vůle se může projevovat kovovým zvukem. Vtisky v oběžné dráze vnějšího kroužku ložiska mohou vyvolávat vibrace, které se projevují jemným čistým tónem. Poškození kroužku způsobené údery při montáži, nebo vtisky a drážkami na oběžných drahách vyvolává zvuk, který se mění v závislosti na otáčkách ložiska. Přerušované zvuky mohou ukazovat na poškození valivého tělesa. Zvuk vzniká při převalování přes poškozený povrch. Pro



nečistotu v ložisku je charakteristický zvuk připomínající mletí. Velmi poškozená ložiska vydávají nepravidelné a hlasité zvuky.

Poslechem lze samozřejmě poškození ložiska zjistit, ale to je často již takového rozsahu, že je nutno ložisko okamžitě vyměnit. Z toho důvodu je lepší použít např. některá elektronická zařízení SKF pro sledování stavu ložisek (Condition Monitoring).

U těchto moderních zařízení bylo prokázáno, že odhad provozního stavu ložiska je mnohem bezpečnější a přesnější než u dříve používaných postupů, kdy se např. jeden konec dřevěné tyčky či šroubováku přitiskl k ložiskovému tělesu a k druhému konci se přiložilo ucho.

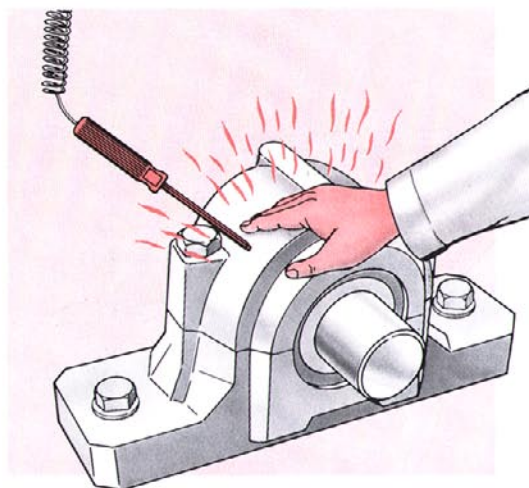
Dotyk

Vysoké teploty často ukazují na neobvyklý stav ložiska. Mohou mít negativní vliv na mazivo v ložisku. Přehřátí může někdy souviset i s mazivem v ložisku. Pokud ložisko pracuje delší dobu při teplotách vyšších než 125 °C, může se zkrátit trvanlivost ložiska. Příčinou vysoké teploty může být nedostatečné nebo naopak příliš velké množství maziva, nečistoty v mazivu, přetížení, poškození ložiska, malá vůle, sevření a nadměrné tření těsnění.

Je tedy nutné průběžně kontrolovat teplotu jak ložiska samotného, tak jiných důležitých součástí. Jakákoli změna teploty může být projevem závady v případě, že se provozní podmínky nezměnily.

Teplotu ložiska lze pravidelně a spolehlivě kontrolovat dotykovým teploměrem. Např. digitální teploměry SKF se dodávají pro měření ve °C nebo °F. Ložiska v kritických uloženíh, jejichž havárie by mohla způsobit odstávku zařízení, by měla být opatřena teplotním snímačem.

Je třeba zdůraznit, že po namazání nebo domazání se normální teplota na jeden až dva dny obvykle zvýší.

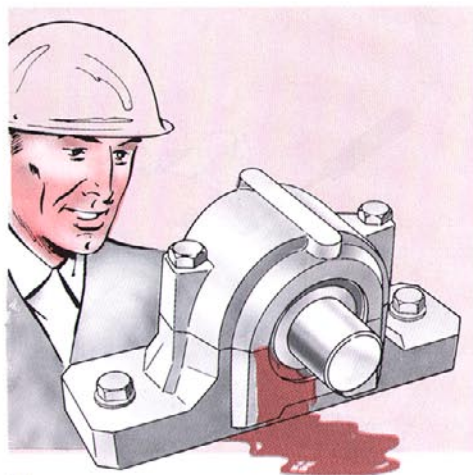


Pohled

U správně namazaných ložisek, která jsou odpovídajícím způsobem chráněna proti nečistotám a vlhkosti, by nemělo docházet k opotřebení oděrem. Je však vhodné vizuálně kontrolovat ložisko po sejmutí víka a také pravidelně kontrolovat těsnění. Kontrolujeme zvláště stav těsnění v blízkosti ložiska, aby nemohly podél hřídele do ložiska vnikat horké nebo agresivní kapaliny a plyny. Předřazené kroužky a labyrintová těsnění udržujeme naplněná plastickým mazivem, aby zajišťovala maximální ochranu. Opotřebovaná plstěná a pryžová těsnění vyměníme co nejdříve.

Těsnění nejen brání proniknutí nečistot do ložiska, ale současně zabraňuje úniku maziva z uložení. Pokud mazivo uniká kolem těsnění, je třeba ihned zkontrolovat, zda těsnění není opotřebované, vadné nebo zda nejsou uvolněny zátky. Únik maziva může být také způsoben netěsností nedostatečně stažených stykových ploch v dělicí rovině ložiskového tělesa nebo únikem uvolněného oleje při destrukci plastického maziva následkem jeho nadměrného mechanického namáhání, tedy přemazáním.

Kontrolujeme automatická mazací zařízení, aby byla zajištěna správná funkce; doplňujeme řádně olej nebo plastické mazivo a zabezpečíme, že zařízení dodává správné množství maziva. Také vlastní mazivo pozorně sledujeme. Odlišné nebo tmavé zbarvení je obvykle známkou toho, že mazivo obsahuje nečistoty.

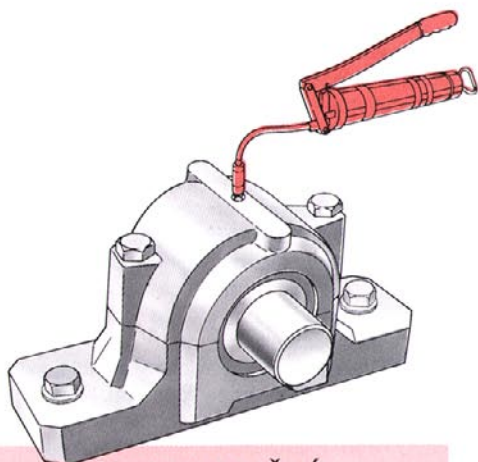


Mazání... ... plastickým mazivem

Uložení domazáváme podle pokynů výrobce zařízení nebo podle zásad uvedených na str. 204–247.

Nejvhodnější je domazávat ložiska při plánované odstávce zařízení. Při domazávání můžeme doplňovat malá množství maziva podle plánu. Pravidelně odstraňujeme staré plastické mazivo, nebo jej vytlačíme odpadními zátkami. Před vtláčením čerstvého maziva vždy očistíme mazací hlavice. Pokud ložiskové těleso není opatřeno mazacími hlavicemi, je třeba sejmout horní část nebo koncové víko, aby bylo možné odstranit staré mazivo. Pro domazání použijeme plastické mazivo stejného typu.

SKF dodává mazací zařízení a plastická maziva pro téměř všechny způsoby použití. Automatické zařízení SKF pro domazávání plastickým mazivem šetří náklady na údržbu díky zjednodušení celého mazacího procesu.



UPOZORNĚNÍ!

Ochranné rukavice použijeme vždy, když je to možné. Pravidelný kontakt pokožky s ropnými produkty může způsobit alergické reakce.

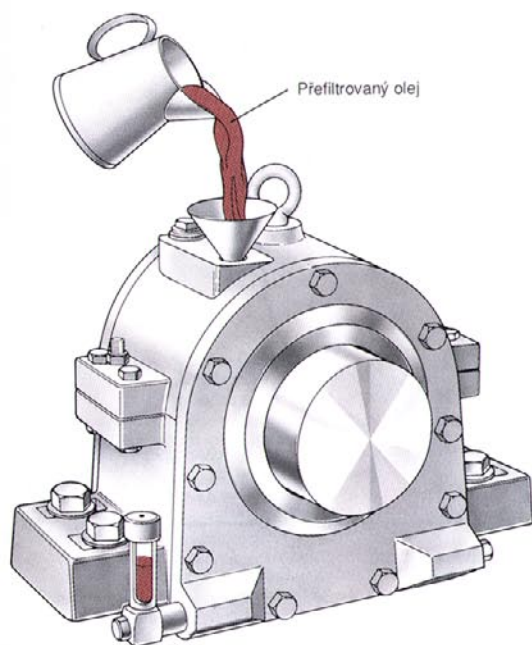
... nebo olejem

Při kontrole množství oleje v uložení je vhodné se přesvědčit, zda je použit vhodný olej a zda není ucpané odvětrání olejovodu.

Odebereme malý vzorek oleje a srovnáme jej s čerstvým olejem. Pokud je vzorek poněkud zakalený, obsahuje vodu, a olej by měl být vyměněn. Tmavý nebo hustý olej ukazuje na znečištění nebo počátek karbonizace. Olej vyměníme; pokud je to možné, propláchneme předtím ložisko čerstvým olejem. Při výměně se ujistíme, že je použit stejný druh oleje a doplníme správné množství.

Spolehlivější způsob zjištění stavu oleje představuje analýza vzorku. Pokud je olej znečištěný, může být zapotřebí vyměnit těsnění nebo zvážít, zda by nebylo vhodné použít filtraci.

Při mazání olejovou lázní je třeba měnit olej jednou ročně, za předpokladu, že provozní teplota nepřesáhne 50 až 60 °C a nedojde k znečištění olejové náplně. Při provozních teplotách vyšších než 100 °C je třeba měnit olej čtyřikrát ročně, při teplotách kolem 120 °C se olej mění každý měsíc a při provozních teplotách kolem 130 °C je nutno olej měnit každý týden.



Sledování provozního stavu – technická diagnostika

Existuje celá řada různých způsobů sledování provozního stavu ložisek, které mohou pomoci stanovit, kdy ložisko pravděpodobně havaruje, a tím se vyhnout nákladným odstávkám stroje. SKF nabízí nejen úplný sortiment vysoce spolehlivých měřicích zařízení, nýbrž i programové vybavení pro rychlejší a přesnější zpracování výsledků.

Úspory nákladů

Údaje poskytované diagnostickými zařízeními mohou uživateli pomoci při předcházení neplánovaným odstávkám. Zařízení pravidelně poskytují okamžitá hlášení o provozním stavu ložisek, a na základě vývojového trendu je tedy možné ložiska vyměnit při plánované odstávce. Tím se uspoří čas i náklady a je také možné včas opatřit náhradní ložiska.

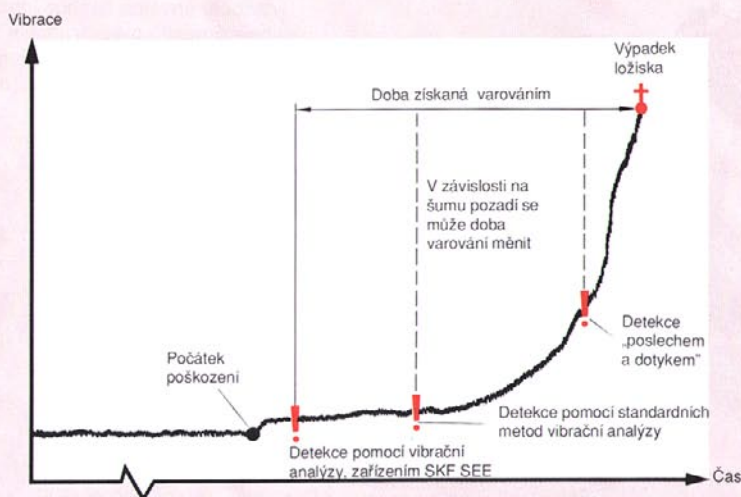
Způsoby sledování provozního stavu

„Sledování provozního stavu“ je souhrnný termín označující sledování stavu zařízení pomocí přístrojů. Sledování provozního stavu lze provádět nepřetržitě nebo v pravidelných intervalech.

Víceparametrické sledování provozního stavu, které zahrnuje tradiční měření vibrací v nízkofrekvenční oblasti (zrychlení, rychlost, výchylku), obálková analýza časového signálu s detekcí efektivní hodnoty i špiček a technika nazvaná SEE (Spectral Emitted Energy), představují nejčastěji užívané diagnostické metody.

Volba nejvhodnějšího postupu závisí na dané aplikaci ložiska. Na přání doporučí SKF vhodnou metodu sledování provozního stavu.

Výhoda technické diagnostiky



Tento diagram dokladuje přednosti sledování provozního stavu ložisek pomocí vibrační analýzy. Včasné varování jako výsledek technické diagnostiky dává k dispozici dlouhou dobu pro nápravná opatření, takže výměnu lze dobře naplánovat.

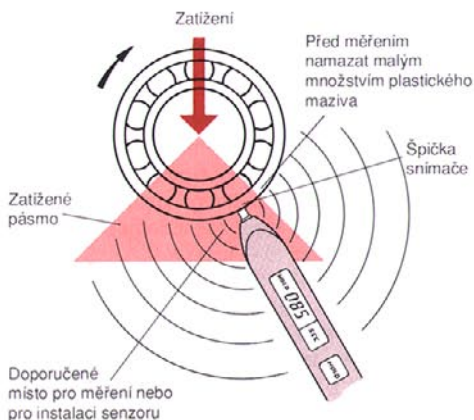
Metoda SEE pro sledování provozního stavu ložisek

Metoda SEE se odlišuje od tradičních přístupů ke zjišťování různých závad ložisek tím, že kombinuje vysokofrekvenční akustiku s obálkovou analýzou. Vysokofrekvenční obálkovaný signál může být měřen a analyzován s použitím přístrojů a zařízení navržených pro spojení se snímači SEE.

Příklady výrobků navržených k takovým měřením jsou SKF SEE Pen, CMVL10 PICOLOG, CMVA10 MICROLOG a SKF MULTILOG stejně jako programové vybavení PRISM² a PRISM²JR.

Snímač SEE je v porovnání s jinými metodami méně citlivý na umístění při měření, nicméně optimální měřicí poloha je v zatížené oblasti ložiska. Senzor SEE, stejně jako SEE Pen jsou kalibrovány s použitím akustického emisního signálu.

Měřicí zařízení vyžaduje dostatečně stálé spojení mezi povrchem stroje a snímacím hrotem. Je tedy nutné před měřením vždy nanést na snímací hrot malé množství plastického maziva, např. SKF LGMT2 nebo lehkého strojního oleje, jako pojiva.

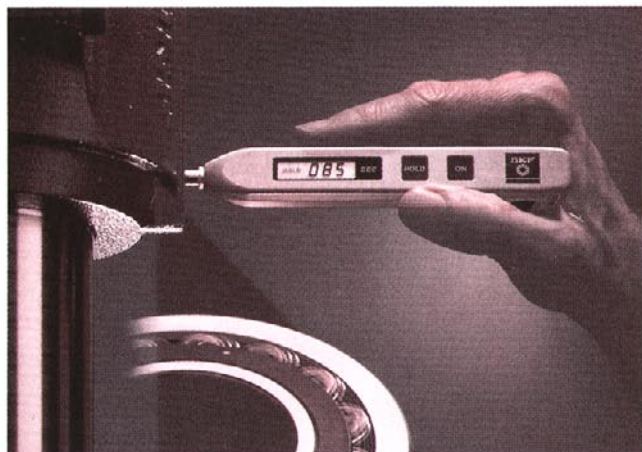


Špičku snímače přístroje SEE Pen umístit do zatíženého pásma ložiska kolmo k povrchu tělesa. Přitlačná síla by měla být mezi 5 až 20 N.

Pro zajištění srovnatelných výsledků měření je vhodné sejmout vždy více hodnot ze stejného místa na tělese.

Únava materiálu není jediná možná příčina zhoršení technického stavu ložiska, jež vede ke vzniku akustických emisí. Stav ložiska a životnost jsou z velké části ovlivněny také uložením (styková koroze), zatížením, mazáním a jinými vnějšími vlivy, které mohou ovlivnit měření technikou SEE.

Spolehlivé sledování provozního stavu ložisek při chodu stroje může být zajištěno pomocí přístroje SKF SEE Pen, který pracuje na principu patentované SEE techniky (Spectral Emitted Energy Technology) pro sledování stavu ložisek. Přístroj měří v oblasti velmi vysoké frekvence, kde se již neprojevují běžné vibrace stroje. Výstupní údaj indikuje takové problémy jako je nízká kvalita nebo nedostatek maziva, přetížení anebo již poškozené ložisko.



Vibrační analýza

Úvod

Při sledování vibrací se pomocí převodníků převádí mechanický pohyb na elektrický signál.

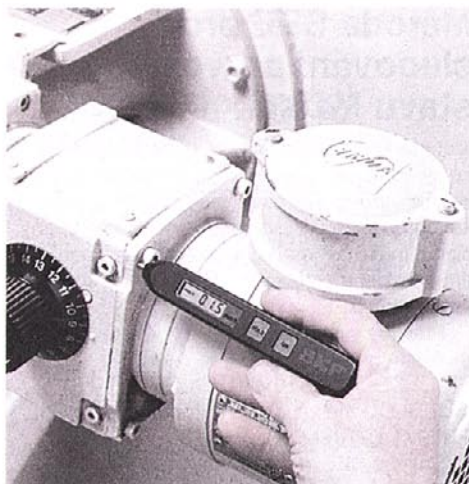
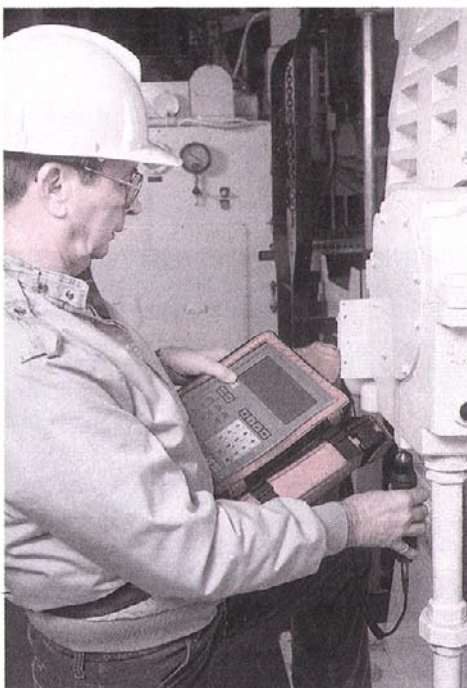
Snímač na stroji zachytí signál, který obsahuje široké spektrum frekvencí od nízkých až po vysoké. Signály lze rozdělit do tří skupin:

- nízkofrekvenční (0–2 kHz),
- vysokofrekvenční (2–50 kHz)
- velmi vysoké frekvence (přes 50 kHz).

Většina lidí slyší zvuky ve frekvenčním rozsahu od 20 Hz do 18 kHz. Horní mez slyšitelnosti klesá s rostoucím věkem.

Nízkofrekvenční vibrace (0–2 kHz) jsou způsobeny vibrací rámu a nesprávnou montáží, jako např. neusouosostí, nevyvážeností, uvolněnými díly, stejně jako převalováním valivých těles přes poškozená místa.

Vysokofrekvenční vibrace (2–50 kHz) jsou vyvolány při každém převalení valivých těles přes poškozené místo. Přitom vznikají malé impulsy předávající energii ložiskovému tělesu, které reaguje kmitáním ve vlastní frekvenci a postupným tlumením v mechanické konstrukci.



Přístroj SKF pro měření vibrací by měl být při měření umístěn kolmo k povrchu.

ci. Srovnáním frekvenčních spekter zaznamenaných v průběhu určitého časového intervalu lze zjistit zvýšení amplitudy při špičce vlastní frekvence, které může odpovídat poškození ložiska.

Velmi vysoké frekvence se nacházejí v oblasti akustické emise, tj. nad 50 kHz, a jsou způsobeny výhradně převalováním valivých těles přes poškozená místa a stykem kov na kov. Tyto signály mohou být zachyceny velmi citlivými zařízeními, jako např. snímačem SKF SEE.

Pravidelné sledování vibrací stroje zařízením SKF pro měření vibrací umožňuje zaznamenávat vývojový trend vibrací, a tedy snadněji zjistit první příznaky vad.

Počítačový program zpracovávající trendy na PC je k dispozici.

Frekvenční analýza vady ložiska

Další způsob zjišťování vad ložiska na základě vibrací vychází ze stanovení typických frekvencí závad ložiska. Každé převalení valivých těles přes poškozené místo se projeví špičkou signálu. Opakování špiček závisí na poloze poškozeného místa v ložisku (na vnitřním nebo vnějším kroužku, na valivém tělese atd.), na geometrii ložiska a na otáčkách.

SKF vyvinulo programové vybavení ATLAS, které tuto analýzu usnadní. Po vložení označení ložiska SKF a otáček vypočte program automaticky frekvence závad ložiska.

$$1/\text{min} < 6000$$

$$f_{\text{ord}} = \frac{z}{2} \times \frac{n}{60} \left(1 - \frac{D_w}{d_m} \times \cos \alpha \right)$$

$$f_{\text{ird}} = \frac{z}{2} \times \frac{n}{60} \left(1 + \frac{D_w}{d_m} \times \cos \alpha \right)$$

$$f_{\text{bd}} = 2 \frac{D_w}{d_m} \times \frac{n}{60} \left(1 - \frac{D_w}{d_m} \right)^2 \times \cos \alpha$$

Pracovníci údržby se snaží sledovat stav valivých ložisek od doby, kdy začala být dostupná první zařízení pro sledování vibrací. Používají se různé metody, ale společným jmenovatelem je frekvence vady na vnějším kroužku a frekvence vady na vnitřním kroužku a frekvence vady na valivém tělese. Tyto frekvence lze vypočítat podle uvedených vztahů, avšak vyžadují znalost: počtu valivých těles, otáček, průměru valivých těles, roztečného (středního) průměru a konečně i stykového úhlu.

Tyto údaje uvádí programové vybavení SKF Atlas pro většinu ložisek SKF.

Frekvence opakování lze vypočítat pomocí vztahů uvedených na obrázku vedle, kde

f_{ord} = frekvence vady vnějšího kroužku v Hz

f_{ird} = frekvence vady vnitřního kroužku v Hz

f_{bd} = frekvence vady valivého tělesa v Hz

z = počet valivých těles v jedné řadě

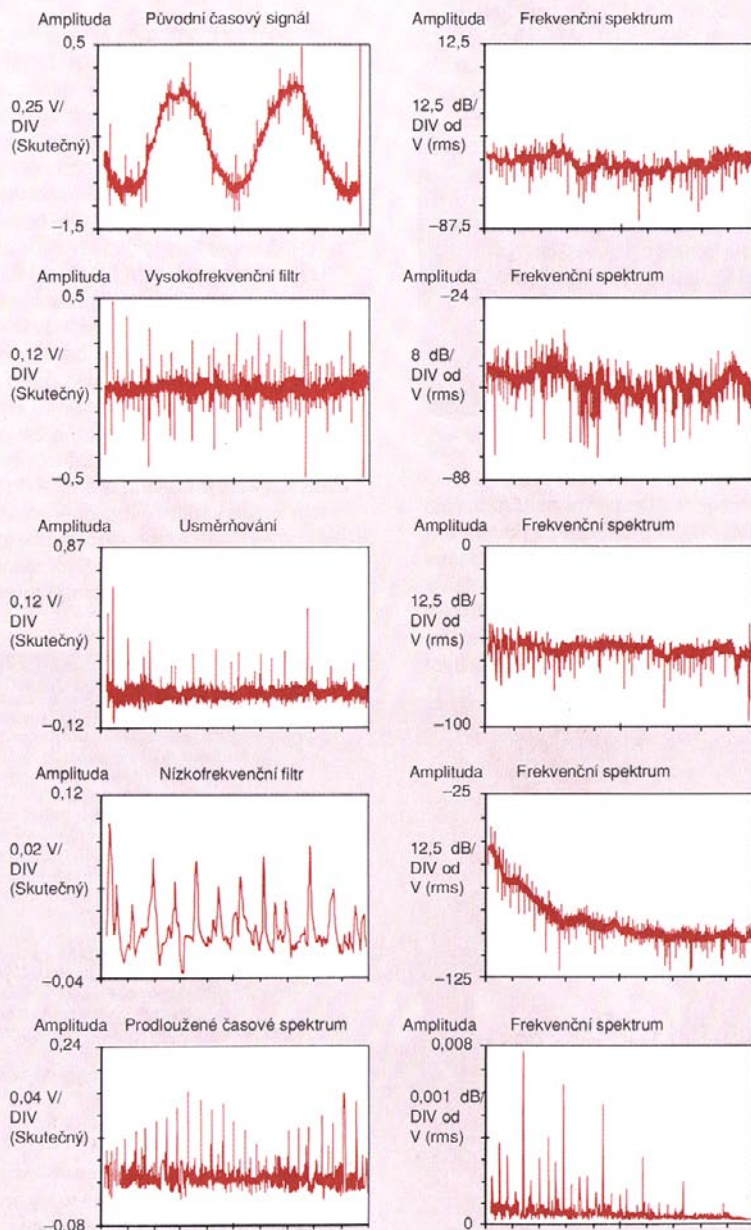
n = otáčky vnitřního kroužku v min^{-1}

D_w = průměr valivého tělesa v mm

d_m = roztečný průměr v mm

α = stykový úhel ve stupních

Zobrazování obálkové analýzy



Výše uvedené obrázky představují zobrazení na displeji přístroje v různých stupních zpracování signálu pro kuličkové ložisko 6202 s vadou na vnitřním kroužku.

Levý sloupec zobrazuje amplitudu jako funkci času a pravý sloupec amplitudu jako funkci frekvence.

Obálková analýza

Tato metoda využívá jak velmi vysoké frekvence, tak opakování signálu vyvolaného vadou ložiska v oblasti nízkých frekvencí. Při obálkové analýze je signál nejprve přiveden do filtru, který propustí pouze vysoké frekvence a odstraní většinu „šumu“ způsobeného vibracemi konstrukce, nesouosostí atd. Energie se sice sníží, avšak impulsy se opakují ve stejných intervalech, protože frekvence opakování signálu vyvolaného vadou ložiska se filtrováním nezmění.

Princip obálkové analýzy

Obálková analýza je použitelná pro všechny frekvence, avšak používá se zpravidla v nízkofrekvenčním pásmu. Naproti tomu metoda SEE je založena na principu snímání vysokofrekvenčního signálu získaného s použitím speciálně vyvinutého senzoru SKF. Obálka zobrazující stav ložiska je analyzována ve frekvenčním spektru, kde se vyskytuje minimum interferencí.

Sledování provozního stavu stroje

Sledování provozního stavu představuje účinný způsob předvídání poruchy stroje nebo jeho součásti, což znamená, že lze předejít náhlým haváriím, které s sebou přinášejí nákladné opravy a neplánovaná přerušení výroby. V závislosti na typu stroje by se měly volit odpovídající metody a zařízení.

Provozní stav je možno pravidelně snímat za využití přenosných přístrojů a informace okamžitě nebo později vyhodnocovat.

Stroje pracující nepřetržitě, jako např. papírenské stroje, jsou však nejlépe chráněny zařízením pro průběžné sledování provozního stavu, doplněným automatickou varovnou signalizací při dosažení předem nastaveného stavu. Důležitější stroje, jako např. vysoko-otáčkové turbíny, mohou být vybaveny zařízením pro nepřetržité sledování provozního stavu, které zastaví stroj při překročení určité úrovně vibrací.

SKF nabízí kompletní sortiment zařízení pro sledování provozního stavu, a to jak přenosných, tak i stacionárních pro trvalé sledování a automatické odstavení strojního zařízení.

