



# Sledovanie technického stavu valivých ložísk metódami vibračnej a termovíznej diagnostiky (3)

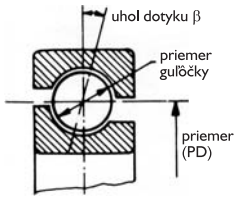
V úvodnej časti seriálu boli okrem iného uvedené štyri typy prostriedkov na monitorovanie technického stavu strojov a vibračnú diagnostiku. Rozoberali sa aj možnosti predikcie ako metódy predchádzania opotrebovaniu alebo poškodeniu valivých ložísk. V druhej časti sme sa venovali monitorovaniu technického stavu valivých ložísk.

## Predikcia a lokalizácia problémov prostriedkami vibračnej diagnostiky

Okrem zistenia aktuálneho celkového stavu ložiska je záujem aj o identifikáciu zdrojov vibrácií, o tzv. vibrodiagnostiku valivých ložísk. Vhodnými a správne aplikovanými metódami a prístrojmi určenými na tzv. pochôdzkovú diagnostiku možno bližšie určiť, čo je príčinou zvýšeného mechanického kmitania. Najviac rozšírenou metódou je úzkopásmová frekvenčná analýza prostriedkami rýchlej Fourierovej transformácie (FFT). Vo frekvenčnom spektre okrem iného možno objaviť aj zdrojové frekvencie, ktoré majú väzbu na konkrétny typ a rozmery ložiska a sú indikátormi technického stavu jednotlivých komponentov ložiska. Na obr. 3 sú uvedené možnosti výpočtu významných „zdrojových“ frekvenčných komponentov, ktoré spravidla súvisia s poškodením vonkajšieho a vnútorného krúžku, valivého elementu (gulôčky) a klietky.

Potrebné vstupné údaje sú u významných výrobcov ložísk spravidla k dispozícii v tlačných alebo elektronicky publikovaných údajových listoch, resp. výrobných katalógoch. Popredný výrobcovia diagnostických prostriedkov a špecializovaných softvérov zbierajú tieto vstupné informácie a vo forme bázy údajov ich vkladajú priamo do programového prostredia. Používateľ takýchto systémov zadá iba typ použitého ložiska a program automaticky vypočíta zdrojové frekvencie a špeciálnymi kurzormi ich vyznačí v reálnom frekvenčnom spektre.

Ako príklad možno uviesť systém xms od firmy Brüel&Kjaer Vibro AS, ktorý v základnej databáze má niekoľko tisíc ložísk od najvýznamnejších výrobcov valivých ložísk.

Typ poruchy	Frekvencia prevládajúcich zložiek chvenia (Hz = $\omega t / \text{min}/60$ )	Smer	Poznámky
Poškodené valivé ložiská (gulôčkové, valčekové atď.)	<p>Frekvencia rázov pre jednotlivé prvky ložiska*</p> <p>Chvenie v oblasti vysokých frekvencií (2 – 60 kHz), často v súvislosti s radiálnymi rezonanciami ložiska</p>	Radiálny a axiálny	<p>Nerovnomerné hladiny chvenia, často rázy</p> <p>* Frekvencie rázov</p>  <p>uhol dotyku <math>\beta</math></p> <p>priemer gulôčky</p> <p>priemer (PD)</p> <p><b>Frekvencie rázov f (Hz)</b></p> <p>Poškodenie vonkajšieho krúžku <math>f(\text{Hz}) = \frac{n}{2} f_r (1 - \frac{BD}{PD} \cos \beta)</math></p> <p>Poškodenie vnútorného krúžku <math>f(\text{Hz}) = \frac{n}{2} f_r (1 + \frac{BD}{PD} \cos \beta)</math></p> <p>Poškodenie gulôčky <math>f(\text{Hz}) = \frac{PD}{BD} f_r [1 - (\frac{BD}{PD} \cos \beta)^2]</math></p> <p>Poškodenie klietky <math>f(\text{Hz}) = \frac{f_r}{2} [1 - \frac{BD}{PD} \cos \beta]</math></p> <p><math>n</math> = počet gulôčok alebo valčekov  <math>f_r</math> = vzájomná relatívna rýchlosť otáčania (ot./s) vnútorného a vonkajšieho krúžku</p>

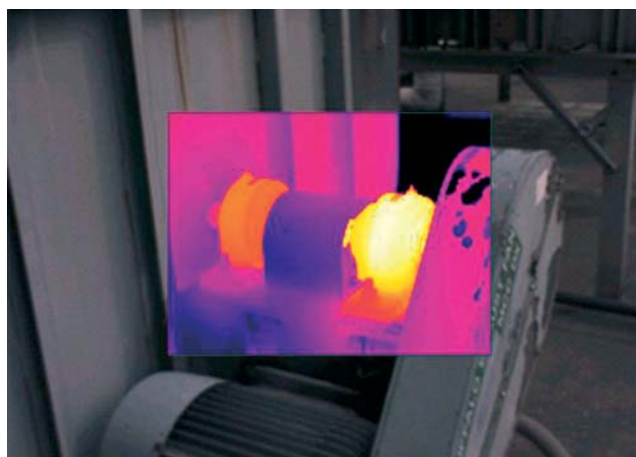
Obr.3 Možnosti výpočtu významných „zdrojových“ frekvenčných komponentov, ktoré majú väzbu na konkrétny typ a rozmery ložiska (z publikácie firmy Brüel&Kjaer A/S, č. BR0699-11)

## Termodiagnostika valivých ložísk

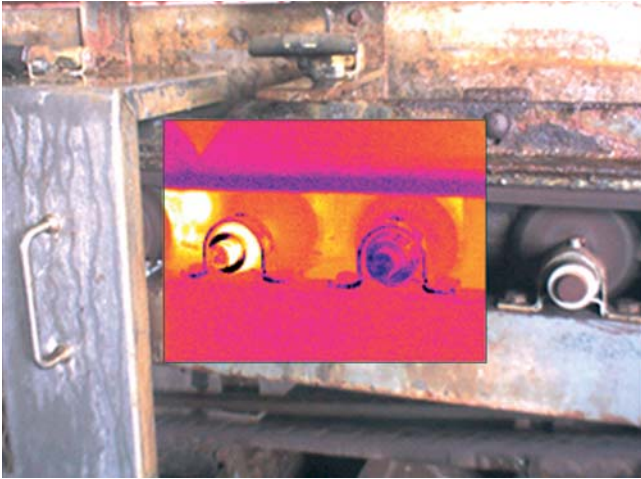
Napriek nesporným výhodám vibrodiagnostiky a monitorovania technického stavu valivých ložísk je v určitých prípadoch nevyhnutné doplniť ich možnosti prostriedkami termodiagnostiky. Sú to najmä tieto prípady:

- teleso ložiska alebo uloženie ložiska nie je prístupné na spoľahlivé a bezpečné umiestnenie snímača kmitania,
- preventívne posudzovanie technického stavu ložiska treba vykonať rýchlo a finančne veľmi úsporne.

Termodiagnostika valivých ložísk je založená na báze infračervenej termovíznej techniky, ktorá je schopná bezkontaktno zmerať povrchovú teplotu sledovaného objektu s veľmi veľkým teplotným rozlíšením (tzv. teplotná citlivosť – NETD), ktoré je spravidla menšie ako 0,1 °C. Povrchová teplota sa zobrazuje v tzv. termografoch alebo termogramoch,



Obr.4 Termograf z dvoch valivých ložísk pohonu vzduchového ventilátora. V rovnakých prevádzkových podmienkach pravé ložisko vykazuje zvýšené hodnoty povrchovej teploty, preto mu treba venovať zvýšenú pozornosť. Termograf bol nasnímaný termovíznou kamerou Ti-25 vybavenou technológiou IR FUSION od firmy FLUKE



**Obr.5 Termograf z dvoch valivých ložísk dopravného pásu. Lavé ložisko vykazuje zvýšené hodnoty povrchovej teploty, preto je vysoko pravdepodobné, že ho v krátkom čase bude treba vymeniť. Termograf bol nasnímaný termovíznou kamerou Ti-25 vybavenou technológiou IR FUSION od firmy FLUKE (zobrazenie PIP – obraz v obraze)**

do ktorých vstupné informácie poskytuje snímač (detektor) s parametrami napr. 160 x 120 (= 19 200) meracích bodov. Farebné rozlíšenie jednotlivých meraných bodov umožňuje odhaliť lokálne zmeny teploty, ktorá už pri rozdieloch cca. 3 – 4 °C môže znamenať kvalitatívne zmeny maziva alebo valivého povrchu (odporu) napr. pri tvorbe pittingu. Na obr. 4 a 5 sú uvedené príklady (získané termovíznou kamerou Ti-25 od firmy FLUKE), pričom obrázky z infračerveného žiarenia reprezentujúce informácie o povrchovej teplote sú vložené do prostredia reálne viditeľnej digitálnej fotky. Na záver možno konštatovať, že prostriedky a metódy termodiagnostiky sú úspešne možno aplikovateľné najmä na zistenie:

- kvality a vhodnosti mazania valivých ložísk,
- poškodenia povrchu, ktoré prináša zvýšenie valivého odporu.

**Ing. Peter Tirinda, CSc.**

**B & K s.r.o.**

**e-mail: bruel@chello.sk**