

Technická diagnostika

– vibrodiagnostika ložísk

Technická diagnostika ako nástroj spoľahlivosti má veľký význam pri prevádzke a údržbe zariadení. Jeden z najzaužívaných metód technickej diagnostiky pre rotačné zariadenia je vibrodiagnostika. V týchto zariadeniach je hlavnou súčiastkou ložisko, ktoré zabezpečí rotačný pohyb a zachytí dynamické zaťaženie.

Bezporuchový chod a celková životnosť zariadenia preto v značnej miere závisí od stavu ložiska, od jeho životnosti. Pri kvalitných ložiskách by v ideálnom prípade mohla byť životnosť aj nekonečná, preto je dôležité priblížiť sa čo najviac k ideálnemu stavu. Začína sa to s odborným zabudovaním ložiska pomocou špeciálnych náradí s dodržaním požadovanej čistoty pri montáži a správnym mazacím režimom. Ak sú tieto podmienky dodržané, tak na životnosť vplývajú už len dynamické sily pri prevádzke, ktoré sú vyvolané inými súčiastkami, respektíve ich poruchami. Úlohou technickej diagnostiky, konkrétne vibrodiagnostiky je na jednej strane nájsť skryté poruchy súčiastok, ktoré majú výrazný vplyv na rýchlejšie opotrebovanie ložísk, na druhej strane sledovať samotný stav ložísk. Včasným odstránením skrytých porúch sa v značnej miere predlžuje životnosť ložísk. Nekonečná životnosť v praxi neexistuje ani v prípade, keď sú ideálne podmienky, ale pomocou vibrodiagnostiky je možné určiť „moment“, keď sa ložisko nachádza tesne pred koncom svojej životnosti. Vylúči sa takto predčasná a zbytočná

výmena ložísk vykonaná na základe odpracovaného času, pričom máte istotu, že diagnostika signalizuje kedy bude treba skutočne vymeniť ložisko. Diagnostika teda zvyšuje istotu, spoľahlivosť a životnosť, respektíve čas medzi dvoma opravami. V neposlednom rade sa znižujú náklady na údržbu.

Pri rozhodovaní o diagnostike sa kladú dve otázky. Ktoré stroje treba diagnostikovať a ako zvoliť hustotu merania?

Pri výbere strojov hlavnú úlohu hrá:

- dôležitosť a funkcia v danej prevádzke
- náklady na opravu a údržbu

Rozhodne sa odporúča diagnostikovať stroje, ktorých porucha môže mať vplyv na životné prostredie a na bezpečnosť zamestnancov alebo iných ľudí. Rovnako sa odporúča diagnostikovať stroje, ktoré sú nenahraditeľné alebo ich prípadná porucha môže spôsobiť odstavenie časti alebo celej prevádzky. Pri poruche takýchto strojov vzniká priama škoda so znehodnotením rozpracovaného materiálu alebo nepriama spôsobená výpadkom výroby, nedodržaním termínu dodávok a podobne.

Tiež sa odporúča diagnostikovať drahé zariadenia, ktorých oprava predstavuje značné finančné výdavky. Nie je totiž jedno, či sú za určitý časový interval takéto nákladné opravy vykonané tri alebo len dvakrát. Ak je dokumentovateľne a pravidelne sledovaný stav zariadenia a oprava sa vykoná na základe skutočného stavu, predlžuje sa čas medzi dvoma opravami.

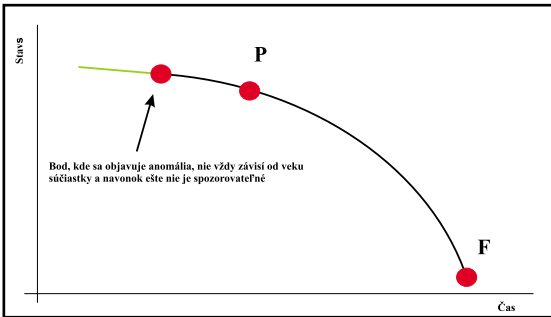
Frekvencia meraní

Frekventovanosť diagnostických meraní je tiež diskutovaná téma. Často sa stretávam s názorom zo

strany údržby, že na danom stroji sú poruchy zriedkavo, preto stačí merať raz za rok. Ďalším argumentom je, že počas posledných dvoch rokov nebola žiadna porucha, teda je zbytočné merať v troch mesačných intervaloch. Treba si však uvedomiť, že hustota merania má byť odvodená od rýchlosti priebehu konkrétnej novej poruchy a nie od štatistických údajov. Čas medzi dvoma meraniami by mal byť kratší ako polovica intervalu medzi potenciálnou a funkcionálnou chybou.

poruchy pri maximálnom využití strojov a súčiatok do konca ich životnosti. Pozrime sa na príklad elektromotora s výkonom 45 kW. Motor je spojený s ventilátorom cez remeňový prevod. Zariadenie je v prevádzke 80 – 100 hodín týždenne. Diagnostické meranie je vykonané v 90-dňových intervaloch. Pri vážnom podozrení sa čas medzi meraniami skrúti na 45 dní. Podobným spôsobom sledujeme 12 ks uvedených typov ventilátorov od začiatku roka 2006. Pred štyrmi mesiacmi sme pozorovali mierne zhoršenie stavu zadného ložiska elektromotora.

Odporučali sme venovať zvýšenú pozornosť mazaniu. Pri meraní o 90 dní neskôr sa ďalej zhoršil stav cca. o 10 %. Ložisko sa nachádzalo na začiatku fázy tzv. „rýchleho opotrebovania“. Odporučali sme skrútiť čas medzi meraniami na 45 dní. Pri ďalšom meraní sme zaregistrovali výrazné zhoršenie stavu a zvýšenie amplitúd na chybových frekvenciách daného ložiska 6219.



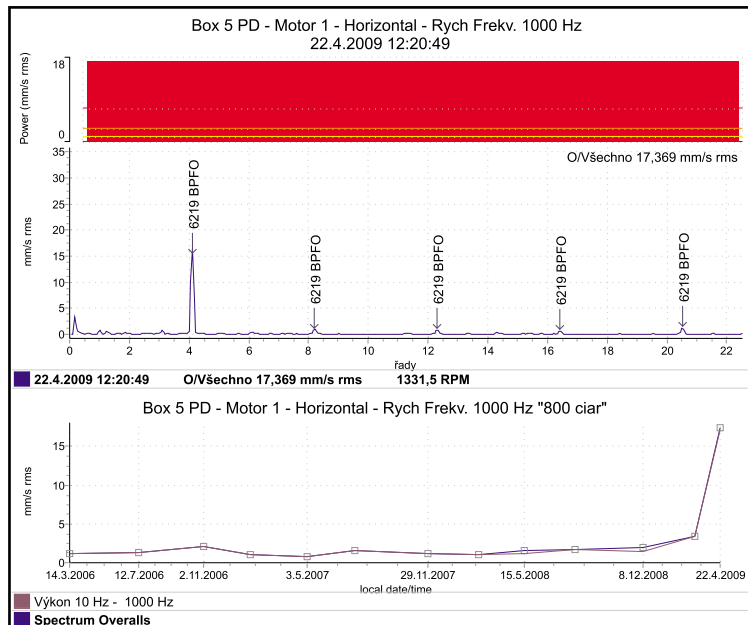
Obr. 1.

B – bod, kde sa objavuje anomália, ktorá navonok nie je pozorovateľná a nezávisí od veku súčiastky; P – potenciálna chyba, v tomto bode sme schopný prvýkrát vnímať chybu; F – funkcionálna chyba, v tomto bode už nastane porucha

Na obrázku č. 2 je vidno naposledy name-
 rané spektrum chvenia a trend zvyšovania vibrácie od 14. 3. 2006. Vidíme, že trend presne kopíruje tzv. klasický trend opotrebovania ložiska. Po tomto meraní sme odporúčali vymeniť ložisko hneď ako to prevádzkové podmienky dovoľia. Údržba

Ak v bode P nezasahujeme, pokračuje zhoršenie stavu, väčšinou v zrýchlenom tempe, pokiaľ sa nedostane k bodu F. Aby porucha nenastala bez nášho vedomia, treba v intervale P-F vykonať aspoň dva diagnostické merania. Hustota merania závisí od dĺžky úseku PF a nie od toho, kedy sa vyskytla naposledy porucha alebo kedy bola vykonaná oprava.

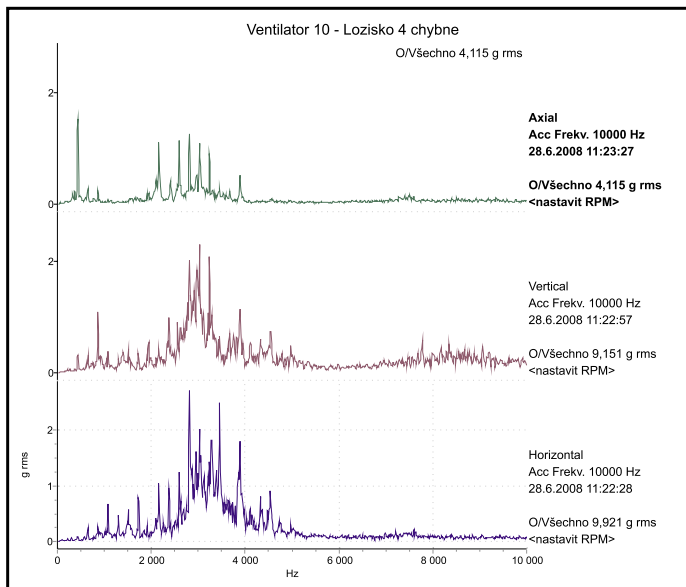
Pri správne zvolenej hustote merania je vibrodiagnostika úplne spoľahlivá metóda na zníženie rizík nečakanej



Obr. 2.

už bola pripravená, pretože sme ich upozornili pri prechádzajúcom meraní na možnú potrebu výmeny ložiska. Dopredu sa zabezpečili ložiská a v okamihu, keď to výrobný proces umožnil, rýchlo a profesionálne prebehla oprava bez ďalších nečakaných komplikácií.

Aj keď platí fakt, že vibrodiagnostika prináša najlepšie výsledky pri pravidelných meraniach, keď sledujeme trend a okrem mohutnosti vibrácií je možné porovnať jednotlivé spektrá podľa amplitúd na konkrétnych frekvenciách, často sa používa aj na identifikovanie neznámej skrytej poruchy na základe jedného merania. V nasledovnom prípade bola požiadavka na dynamické vyvažovanie ventilátora na mieste pri prevádzke. Samotné vyvažovanie sa vždy začína kontrolným diagnostickým meraním. Meranie potvrdilo, že obežné koleso je nevyvážené a už z jediného merania bolo jednoznačné, že aj ložisko pri obežnom kolese je opotrebované. Nemá

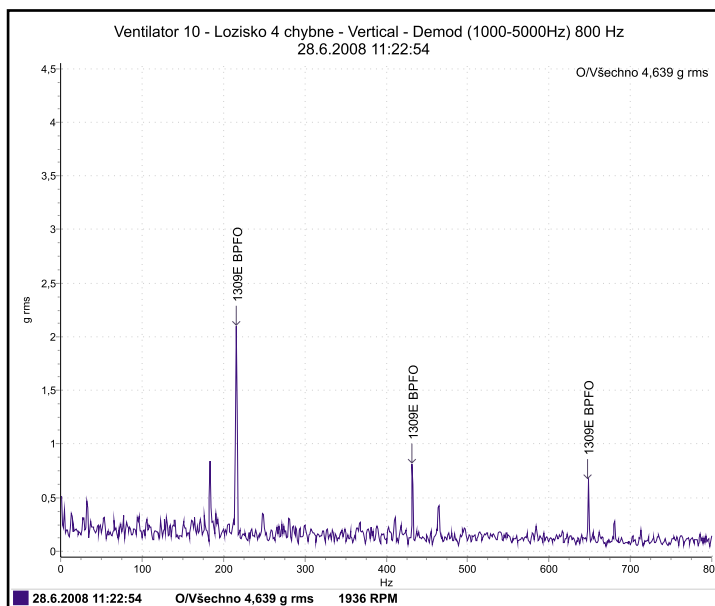


Obr. 4.

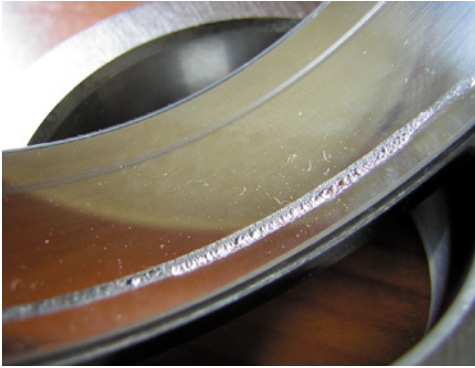
zmysel vyvažovať, ak je ložisko opotrebované, pretože za krátky čas ho bude treba vymeniť. Vhodnejšie je vyvažovanie vykonať až po výmene. Na obrázku č. 3 je namerané spektrum chvenia vo vertikálnom smere. Z obálkovej analýzy je zjavné, že na chybovej frekvencii „BPFO“, ložiska SKF 1309 E/C3, je výrazná amplitúda poukazujúca na opotrebovanie vonkajšieho krúžku. BPFO: Ball pass frequency outer – frekvencia obiehania valivého

telesá – vonkajšia. Udáva počet, koľkokrát prechádzajú valivé telesá cez chybu nachádzajúcu sa na vonkajšej obehovej dráhe ložiska za jednu otáčku.

Obrázok číslo č.4 znázorňuje spektrá namerané v troch smeroch H/V/A na rozsahu do 10 kHz. Už na prvý pohľad je jednoznačné, že ložisko sa blíži ku konci svojej životnosti aj keď stav ešte nie je kritický. Nakoľko nás čakala ďalšia operácia, rozhodli sme sa okamžite vymeniť ložisko a potom vykonať dynamické vyvažovanie.



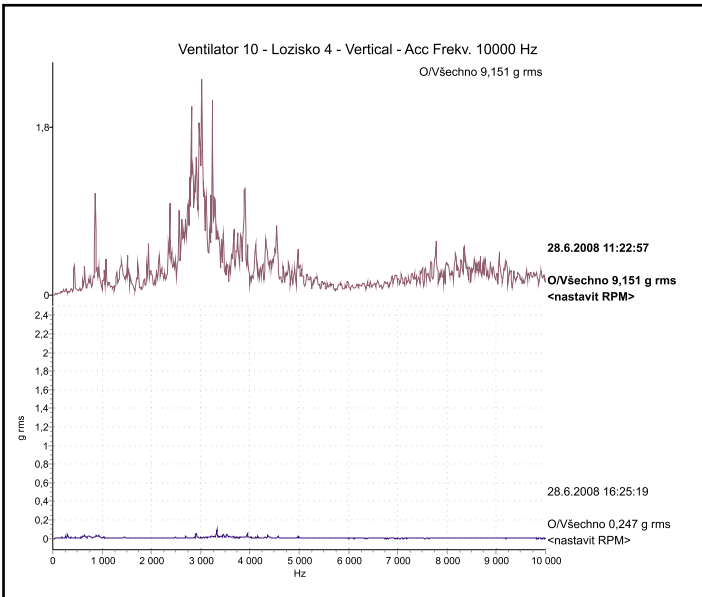
Obr. 3.



Obr. 5.

mazacieho režimu a pravidelného čistenia obežného kolesa, ventilátor je pripravený na dlhodobú bezporuchovú prevádzku. V budúcnosti jediná úloha týkajúca tohto ventilátora je vykonanie pravidelného diagnostického merania.

V uvedených príkladoch som sa sústredil hlavne na diagnostikovanie ložísk. Rovnakým úspechom sa dajú diagnostikovať aj ďalšie elementy rotačných strojov, nájsť ich chyby a nedostatky. Sú to napríklad ozubené kolesá prevodoviek, ohnutie rotorov a hriadeľov, nevyváženosť rotorov a obežných kolies, nesprávne nastavenie súosovosti



Obr. 6.

Po rozobraní ložiska sme sa presvedčili aj vizuálne o správnosti našej analýzy vykonanej na základe nameraných spektier. Ložisko 1309 E/C3 je dvojradové a už voľným okom bolo vidno opotrebovanie obidvoch obežných dráh na vonkajšom krúžku ako to potvrdzuje aj obrázok č.5.

Po výmene ložiska sme vykonali dynamické vyvažovanie obežného kolesa na mieste pri prevádzke. Vyvažovanie sme ukončili záverečným kontrolným meraním. Na obrázku č.6 v hornej časti je vibračné spektrum namerané pred výmenou ložiska o 11:22, a v dolnej časti spektrum namerané po výmene a po vyvažovaní o 16:25. Rozdiel je jednoznačný. Pri dodržaní správneho

dvoch hriadeľov, spojok, chyby remeňového prevodu, chyby s upevnením zariadenia a nedostatočná pevnosť základu, problémy s rezonanciou a podobne. Pri pravidelných meraniach tieto tzv. skryté chyby zvyčajne sa nájdu už pri prvých meraniach a postupne sa odstraňujú, čím sa vlastne zlepšuje stav zariadenia. Aby však diagnostika bola úspešná, je veľmi dôležitá pri jej zavádzaní správne sa rozhodnúť, ktoré stroje treba merať, akým spôsobom diagnostikovať, aké parametre merania používať. Prípravu odporúčam

radšej zveriť odborníkovi, ktorý má overené skúsenosti o zavádzaní diagnostiky.

Môžeme konštatovať, že vibrodiagnostika, ktorá je dobre „dimenzovaná“, parametre sú správne nastavené, je pre údržbu veľmi užitočný nástroj, ktorý umožňuje zvýšiť spoľahlivosť výrobných a obslužných prevádzok a znížiť poruchovosť diagnostikovaných zariadení. Pomáha v rozhodovaní o oprave a údržbe, šetrí náklady na údržbu a takto ušetrené prostriedky z ročného rozpočtu sa môžu využívať na plnenie iných dôležitých úloh údržby.

Ing. František Molnár