



# Stúpajúca vážnosť technickej diagnostiky



**Význam technickej diagnostiky je nesmierny, napriek tomu jej nevenujú dostatočnú pozornosť v mnohých výrobných prevádzkach. V tandeme s adekvátnou údržbou však dokáže niekoľkonásobne predĺžiť životnosť strojných zariadení a ušetriť veľký finančný balík na prípadné časté opravy porúch. Situácia sa pomaly zlepšuje a počet podnikov praktizujúcich serióznu diagnostiku narastá. Tvrdí to aspoň Pavel Adamčík z prešovskej firmy Technická diagnostika, spol. s r. o., ktorá sa zameriava predovšetkým na technickú diagnostiku točivých strojov.**

**Technická diagnostika je dôležitou súčasťou údržby strojov a strojných zariadení. Aké typy diagnostiky sa v praxi využívajú, čo majú spoločné, resp. aké sú medzi nimi rozdiely?**

Rôzne typy technickej diagnostiky majú jeden spoločný cieľ, a to bezdemontážnymi metódami posúdiť prevádzko-

vý stav stroja alebo strojného uzla. V zásade sa rozlišujú dva základné typy technickej diagnostiky, zberu údajov: off-line a on-line. Off-line diagnostika znamená asi tolko, že meranie sa vykoná na vyžiadanie klienta. Vtedy sa uskutoční zber dát – vybraných parametrov na predmetnom stroji počas jeho prevádzky, ktoré sa potom ďalej spracúvajú v príslušných softvéroch. Výsledkom je analýza, z ktorej vyplýva vyhodnotenie a odporúčanie klientovi, ako prípadný problém odstrániť. Naproti tomu on-line diagnostika prebieha nepretržite. Na stroji sú inštalované snímače zvedené ďalej do meracieho, resp. informačného systému. Technický stav stroja sa týmto spôsobom trvalo monitoruje. Technická diagnostika ako terminus technicus sa v užšom slova zmysle vzťahuje na meranie vibrácií stroja.

**Ktoré techniky technickej diagnostiky sa využívajú v praxi?**

Vo veľkej miere sa využíva vibrodiagnostika, ktorá sama o sebe narába asi so stovkou metód. Prakticky pre každý typ poškodenia stroja existuje samostatná metóda. Inými slovami svoje metódy diagnostiky má napríklad poškodenie ložiska, iné dynamická nevyváženosť obežného kolesa ventilátora a iné napríklad rezonancia rámu. Je to podobné ako v medicíne, každá choroba má prakticky svoje špeciálne metódy diagnostiky a spracovanie nameraného signálu.

**Spomínali ste vibrodiagnostiku, uvedme aspoň základné a najčastejšie používané metódy.**

Vibrodiagnostika sa rozdeľuje na dve hlavné vetvy – na vysokofrekvenčné a nízkofrekvenčné metódy. Pri nízkofrekvenčných sa spravidla spracúva vibračný signál do jedného kHz (tisíc kmitov – cyklov za sekundu). Pri vysokofrekvenčných metódach sa posudzuje signál kmitania stroja v pásme spravidla do 20 kHz. Mám na mysli rotačné stroje typu ventilátor, kompresor, čerpadlo, turbína, generátor, dúchadlo, motor, prevodovka a pod. Tie počas prevádzky vibrujú. Samotné vibrácie ani nie sú predmetom nášho hlavného záujmu. My skôr hľadáme informáciu, posudzujeme prevádzkový stav stroja, jeho kondíciu alebo prípadné zmeny, ktoré nastali počas prevádzkovania. Analyzujeme vibračný signál, ktorý túto informáciu obsahuje. Rôznymi metódami a spracovaním nameraného signálu sa táto informácia extrahuje, pričom výsledkom je posúdenie stavu stroja. Ako som spomínal, každý stroj je unikátny s osobitným prístupom.

**Prečo každý stroj vyžaduje osobitný prístup?**

Dôvodom je pracovná frekvencia stroja. Jeden má otáčky 20 za minútu, druhý 1 500 a ďalší napríklad 100-tisíc za minútu. Dynamické prejavy pri každom stroji sa tak rôznia.

**Môže stroj s otáčkami 20 za minútu generovať vibrácie na úrovni troch kilohertzov?**

Áno, môže. Závisí od poškodenia konkrétnych uzlov. Dobre popísaných je asi stovka rôznych mechanizmov poškodzovania strojov. Každý mechanizmus sa prejavuje v inej frekvenčnej oblasti. Napríklad dynamická nevyváženosť sa prejavuje vibráciami podobne ako na kolesách auta, keď vodič cíti kmitanie volantu. Pri strojných zariadeniach sa tento princíp uplatňuje pri vyvažovaní rotorov. Vibrácie od iných druhov porúch, napríklad únavové poškodenie valivých ložísk, sa generujú v oblasti 3 až 5 kHz, niekedy až do 20 kHz. Súčasne môžu byť sprevádzané nadmerným hlukom, zvýšenou teplotou alebo inými špecifickými príznakmi. Na posúdenie meraného uzla sa bežne využíva sedem až desať rôznych metód spracovania signálu. Aplikujú sa rôzne filtre, matematický aparát, periodické funkcie na zosilnenie príznaku poškodenia atď. Nasadzujú sa multiparametrické metódy na sledovanie a posudzovanie rotačných strojov. V každom prípade najpoužívanejšia je rýchlosť kmitania, ktorá sa vyhodnocuje v súlade s normou ISO 10 816. Tá predpisuje spôsob merania, meráciu jednotku aj limity na vyhodnotenie stavu stroja. Pomocou frekvenčnej analýzy sa zo signálu určujú amplitúdy, resp. určuje sa súčiastka – strojný uzol – zodpovedná za zdroj vibrácie. Napríklad pri prevodovke s niekoľkými hriadelmi, ložiskami a ozubenými kolesami sa prostredníctvom frekvenčnej analýzy zisťuje, ktorá súčiastka konkrétne generuje zvýšené vibrácie. Každá súčiastka daného zariadenia prejavuje defekt pri nejakej frekvencii. Tá sa dá vypočítať, takže k dispozícii sú potom tzv. očakávané frekvencie, ktoré sa porovnávajú so zistenými, nameranými frekvenciami vo vibračnom signáli. Norma tiež hovorí o limitách amplitúd, ktorých prekročenie signalizuje vážnejšiu technickú poruchu. Pre optimálne nastavenie limit a poplachových úrovní sa vykonávajú opakované – trendové diagnostické merania, trendy. V takomto prípade sledujeme zmeny hodnôt vibrácií, pričom nárast vibrácií je príznakom poškodenia – zmeny prevádzkového stavu. Ak vibrácia narastie o 200 % oproti pôvodnému stavu, je čas myslieť na uskutočnenie zásahu alebo opravu meraného uzla.

**Vo vašej praxi sa vyskytol prípad, že amplitúda sa držala tesne pod limitom aj niekoľko rokov, teda nešlo o kritické poškodenie?**

Samozrejme. Mal som prípad, keď sa zariadenie nachádzalo sedem rokov tesne pod limitom a za ten čas ho nikdy nepresiahlo. Obdobou je, keď vznikne malé poškodenie, o ktorom vieme. Ale s týmto poškodením je stroj schopný pracovať ďalší rok, dva a možno aj päť. Až potom, po ďalšom zhoršení je pravý čas na výmenu komponentu.

**Nebolo by rozumnejšie takéto drobné poškodenie radšej opraviť?**

To je otázka financií. Oprava totiž niekedy stojí 3 000 a inokedy 30 000 eur. Napríklad hodina prestoja papierenského stroja stojí viac



ako 30 000 eur. Môže byť chybné ložisko takéhoto stroja v hodnote 700 eur, ale nachádzajúce sa hlboko v ňom. A jeho výmena potom môže trvať osem až desať hodín, čo je strata 300 000 eur. Stroj s takýmto poškodením sa potom pravidelne sleduje buď off-line, alebo on-line a poškodenie sa monitoruje. Pri pravidelnej údržbe, keď sa napríklad raz za mesiac takýto stroj odstavi na pol dňa, možno vykonávať rôzne opravy, resp. raz za rok je odstávka v trvaní sedem až desať dní a oprava sa všetko, čo sa za ten čas stihne.

### To sú teda bežné postupy v praxi?

Áno. Ako som však povedal, je to otázka financií. My vlastne vykonávame analýzu rizík a klientovi oznamujeme mieru rizika. Stroj je nerentabilné odstavovať pri zistení každého poškodenia. Najväčším umením je preto stanovenie optimálnej miery rizika. Inými slovami odhadnúť opravu v pravý čas, aby bola čo najmenej finančne náročná.

### Čo je predpokladom správneho úsudku?

Kvalitné prístroje, softvér, vzdelanie, dlhoročné skúsenosti a chuť do práce. Nutnou podmienkou je aj dobrý partner na strane klienta.

### Ktoré metódy okrem vibrodiagnostiky ešte využívate?

Uplatňujeme metódy na princípe zvuku a ultrazvuku, ktoré sú takisto nositeľmi informácie o stave stroja. Ďalej to je tribotechnika, kde sa venujeme rozboru mazív a olejov. Túto analýzu by som porovnal s rozborom odobratej krvi človeka, pretože podobne ako krv je zrkadlom zdravotného stavu človeka, sú mazivá zrkadlom technického stavu stroja. Viac-menej sa zaoberáme analýzou oterových častíc, ktoré vznikajú priamo na kontaktnom povrchu, či už v ozubení alebo ložisku. Uskutočňujeme tiež detailný rozbor valivých ložísk, najmä v prípade často sa opakujúcich porúch. V tomto prípade ide o demontážnu diagnostiku. Poškodený uzol, napr. ložisko, sa demontuje von zo stroja a nahradí sa novým. Súčasne sa odoberú vzorky maziva. Ložisko sa následne rozreže na kusy a tie putujú na chemický a metalografický rozbor, kde sa zisťujú kvalitatívne parametre použitého materiálu. Potom sa vykonáva analýza poškodených plôch. Všetky tieto úkony môžu trvať tri dni alebo aj tri týždne. Niekedy je chyba v montáži, inokedy v ložisku, prípadne v nesprávnom výbere ložiska, alebo aj v prenikaní vody či prachu do maziva. Treba si uvedomiť, že hlavné funkčné plochy ložiska sa vyrábajú s presnosťou jeden mikrometer. Aby sme využili potenciál trvanlivosti ložiska v stroji, musíme dodržať pomerne prísne požiadavky na montáž, mazanie, vôľu, nastavenie ložiska a iné. Ak sa tieto požiadavky splnia, ložisko je schopné pracovať napríklad sedem alebo sedemnásť rokov. V opačnom prípade môže vykázať poruchu hoci aj po troch dňoch alebo po troch hodinách.

### Potom sa javí rozumné, že po inštalovaní drahého ložiska si klient zavolá fundovaných odborníkov diagnostikov, aby mu skontrolovali správnosť osadenia.

Samozrejme. V každom prípade, čo súčiastka či prvok, celý stroj, to originál. Preto keď prídem každý deň do práce, tak nemám poňatia, čo bude večer, čo sa počas dňa udeje. Ale vzhľadom na nazbierané skúsenosti z prevádzky rotačných strojov som vo veľkej miere schopný rozpoznať desiatky možných rizík, pre ktoré by mohla nastať porucha stroja. Často sme v situácii a divíme sa, že pri všetkých týchto potenciálnych chybách vznikajú hotové výrobky, ktoré sú funkčné a v mnohých prípadoch aj spoľahlivé.

### Ktoré riziká máte na mysli?

Ako som už spomínal, dynamická nevyváženosť, ktorá vie napáchať značné škody. Ďalej môže byť stroj v rezonancii, keď sa prevádzkuje v kritických otáčkach. Vtedy stačí, aby sa otáčky zdvihli o pár percent vyššie alebo nižšie a všetko je v poriadku. Podobne to je s rezonanciou nosného rámu alebo základu, keď stroj budí vibrácie, ktoré škodia rámu alebo základu. Kameňom úrazu sú často samotné mazivá. V priemysle sa používa asi 5 000 druhov mazív, pretože na každý typ stroja je potrebné iné – špeciálne vysokovýkonné mazivo. Časté sú problémy s prevádzkou valivých ložísk a prevodov. Samostatná kapitola je

priestorová geometria strojov, ich vzájomné spojenie – prepojenie do funkčného celku.

### Viete si spomenúť na nejaký zložitý problém z praxe?

Ročne riešime približne 150 projektov, čiže tri týždne. Ak sa nám aj podarí vyriešiť niečo mimoriadne, klient o tom nemusí vždy vedieť, pretože sa danou problematikou nezaobera do potrebnej hĺbky. Ťažko posúdiť, ktorý projekt je zložitý, pretože každý je osobitý. Spomínam si však na prípad, ktorý je typickým príkladom pozitívneho vplyvu diagnostiky na strojné zariadenie. V roku 1995 sa v jednej papieri ni pravidelne každý mesiac kazili dva ventilátory. Prostredníctvom meraní a analýz sa postupne stanovili poruchové faktory. Medzi ne patrili nesprávna voľba konštrukcie a montáže ložísk, dynamická nevyváženosť obežného kola, rezonancia nosného rámu a nevhodné mazivo. Po odstránení týchto nepriaznivých faktorov pracujú tieto ventilátory bez porúch už trinásť rokov, bez výmeny ložísk.

### Pomerne problematická býva diagnostika asynchrónnych motorov napájaných z meničov frekvencie. Aké ťažkosti pri nich vznikajú a ako sa dajú riešiť?

Tých problémov je hneď niekoľko. Častým javom je, že vďaka plynulej regulácii otáčok je rotor prevádzkovaný v kritických otáčkach, keď sa niekoľkonásobne stupňujú vibrácie motora a dôjde k jeho zničeniu. Ďalším problémom je, že meniče frekvencií generujú vysokofrekvenčné zložky prúdov, ktoré spôsobujú pulzáciu magnetického poľa a tá sa prejavuje ako vibrácia motora. Navyše sa tieto vibrácie javia pri diagnostike ako poškodené ložisko, nachádzajú sa totiž v rovnakej frekvenčnej oblasti. Pred príchodom meničov frekvencie boli metódy analýzy poškodenia ložiska absolútne jasné, teraz sa prostredníctvom nich javí ložisko v motore napájanom meničom frekvencie ako poškodené. Dynamika magnetického poľa je práve v tej frekvenčnej oblasti, kde sa prejavuje aj poškodenie ložiska. Tretím nepríjemným problémom je vznik kapacitných a indukčných prúdov, ktoré sa uzemňujú cez ložisko motora, čím sa vytvára elektrický oblúk ničiaci ložisko. V prvej fáze ničí mazivo, v druhej samotnú obežnú dráhu ložiska. Výrobcovia motorov to vedia a vykonávajú isté opatrenia. Medzi ne patrí elektrická izolácia ložiska nanášaním oxidu hliníka, používajú sa keramické ložiská, uzemní sa rotor atď. Tých opatrení je asi dvadsať. Sprievodným javom regulácie asynchrónnych motorov je tiež vyššia hlučnosť v oblasti frekvencie okolo 3 – 5 kHz.

### Ako sa potom zisťuje skutočný technický stav ložiska?

Vibračný signál sa analyzuje zložitým matematickým aparátom, pričom sa analyzujú vysokofrekvenčné vibrácie. Diagnostik bez kvalitných prístrojov a súčasne bez dostatočných skúseností môže nameraný signál vyhodnotiť ako poškodenie ložiska, hoci pôjde len o prejav vibrácií magnetického poľa.

### Podľa niektorých zdrojov sa v poslednom desaťročí vytratil priemerná diagnostika z veľkých podnikov. Aký trend vnímate vy?

Mne sa práveže zdá, že počet podnikov využívajúcich metódy technickej diagnostiky rastie. To isté sa týka aj počtu vykonaných meraní, aspoň tých uskutočnených našou firmou. Ja však vnímam iný extrém. Manažéri na výkonných postoch v podnikoch nie sú ochotní pristúpiť k pravidelným odstávkam strojových zariadení s cieľom preventívnej údržby, pokiaľ sa neobjaví nejaké poškodenie. Na podnikových diagnostikov sa pritom vyvíja tlak, aby merali všetko, čo sa len dá. Niektoré typy porúch sa však neprejavujú v žiadnom meraní, ani vo vibráciách, vo zvuku, v teplote, ani v oleji, alebo ich priebeh je veľmi rýchly. Metódy technickej diagnostiky sú vo všeobecnosti úspešné tak na 90 %. Niektoré stroje vieme sledovať a posudzovať s úspešnosťou aj 99 %, niektoré však s výrazne menšou. V každom prípade v drvivej väčšine prípadov náklady vynaložené na externú diagnostickú firmu tvoria 8 až 10 % úspor, ktoré sa ich pričinením následne dosiahnu.

Ďakujeme za rozhovor.

**Branislav Bložon**