



MERANIE RELATÍVNEJ VIBRÁCIE HRIADEĽA STROJOV S KLZNÝMI LOŽISKAMI MEASUREMENT OF RELATIVE VIBRATION OF SHAFT OF MACHINES WITH SLIDING BEARINGS

Tibor Gáspár, Milan Kadnár

Abstract

This paper deals with diagnostics of sliding bearings by the help of methods based on scanning and analyse of vibrations of objects, exactly with measurement of relative vibration of shaft. Major advantages and disadvantages of this method are defined, as well as alternatives of application in fom of errors that are possible to uncover with mentioned method. Second method of application of vibrodiagnostics of sliding bearings, exactly vibrodiagnostics of housing of bearing is mentioned too.

Key words: vibrodiagnostics, sliding bearings

Úvod

Vibrodiagnostika zahŕňa metódy založené na snímaní a analýze vibrácií objektov diagnostiky. Moderné stroje agrosektora už pracujú pri vyšších otáčkach a v oblasti vyšších kmitočtov. Práve preto prejavy porúch a opotrebenia sa objavujú v oblasti vyšších frekvencií, kde pre zistenie a meranie sú už potrebné príslušné vibroakustické prístroje.

Dobrá konštrukcia sa vyznačuje nízkymi hladinami vlastného chvenia. Opotrebenie a postupné deformácie jednotlivých súčiastok sú príčinou začínajúcich zmien dynamických vlastností strojov. Postupne dochádza k porušeniu súosovosti hriadeľov, nevyváženosti rotorov a zväčšeniu vôlí.

Materiál a metódy

Pri diagnostikovaní klzných ložísk existujú dva spôsoby použitia vibrodiagnostiky. Jeden je sledovanie vibrácií stojana ložiska. Pomocou tejto metódy sa dajú odhaliť nasledovné chyby:

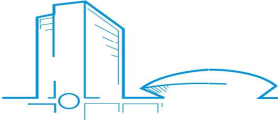
- veľká vôľa ložiska resp. jeho opotrebenie,
- zlé nastavenie,
- nedostatočné mazanie,
- rezonancia olejového filtra.

Druhá metóda je sledovanie relatívnej vibrácie hriadeľa. Táto metóda je výhodnejšia pre vykazovanie chýb strojov s klznými ložiskami, napriek tomu však v domácej praxi sa využíva zriedkavo. Je to spôsobené vysokými nákladmi na vytvorenie vyhovujúceho diagnostického systému. Meranie sa uskutočňuje pomocou dvoch (najlepšie je však viac párov) snímačov, umiestnených kolmo na seba. Snímače sa môžu umiesniť v tvare V, vzájomne zvislo alebo vodorovne. Z počtu snímačov vyplýva, že na zaznamenanie a vyhodnocovanie výsledkov merania sa vyžaduje minimálne dvojkanálový prístroj, pričom za spoľahlivé výsledky sa považujú také, ktoré boli získané pomocou 8 až 16 kanálového prístroja a ktomu prislúchajúcemu počtu snímačov.

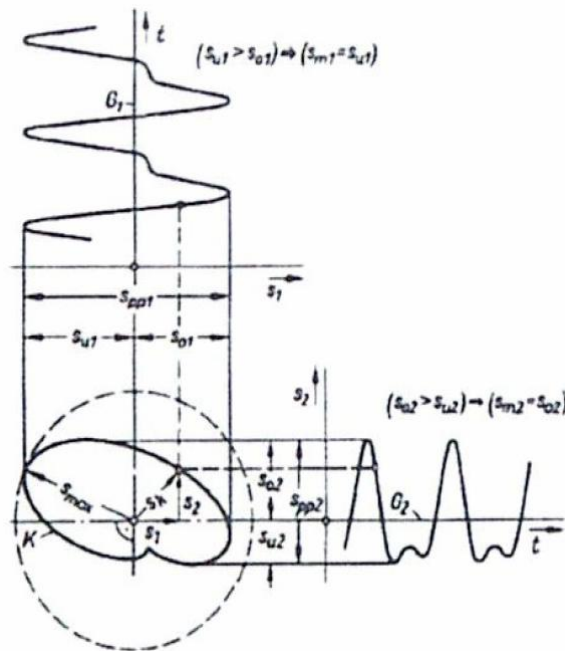
Kontaktná adresa:

Ing. Tibor Gáspár, Katedra konštruovanie strojov, Technická fakulta, SPU v Nitre, tibor.gaspar@zoznam.sk

Ing. Milan Kadnár, PhD., Katedra konštruovania strojov, SPU v Nitre, milan.kadnar@uniag.sk



Ďalšou požiadavkou je precízne a dosť pevné pripevnenie snímačov ku stroju. To sa dosahuje pomocou držiakov, ktoré sú navrhnuté a vyrábané na tento účel. Pomocou tohto diagnostického systému sa dá znázorniť pohybová dráha, orbita resp. relatívna poloha čapu hriadeľa.



Obrázok 1 Zobrazenie relatívnej vibrácie hriadeľa.
Figure 1 Representation of relative vibration of shaft.

Na obrázku 1 vidieť zobrazenie relatívnej vibrácie hriadeľa, kde s_1 a s_2 sú okamžité hodnoty; s_{01} a s_{02} sú najmenšie hodnoty; s_{u1} a s_{u2} sú najväčšie hodnoty; s_{m1} a s_{m2} sú maximálne hodnoty; s_{pp1} a s_{pp2} sú amplitúdy vibrácií; s_k je akomžitý posun osi; s_{max} je maximálny posun osi; K je pohybová dráha a t je čas.

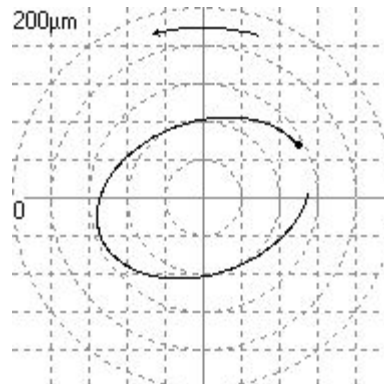
Získaný tvar orbitu nám predpovedá informácie o možných chybách uloženia, ako sú chyby rovnováhy, problémy s mazaním ložiska, príliš vysoké trenie, radiálne preťaženie hriadeľa, chyba osi hriadeľa, zväčšená vôľa ložiska a iné uvoľnenie, prasknutie hriadeľa a iné chyby.

Výsledky a diskusia

Chyby, ktoré sa dajú odhaliť pomocou sledovania relatívnej vibrácie hriadeľa sú opísané nižšie.

Nevyváženosť

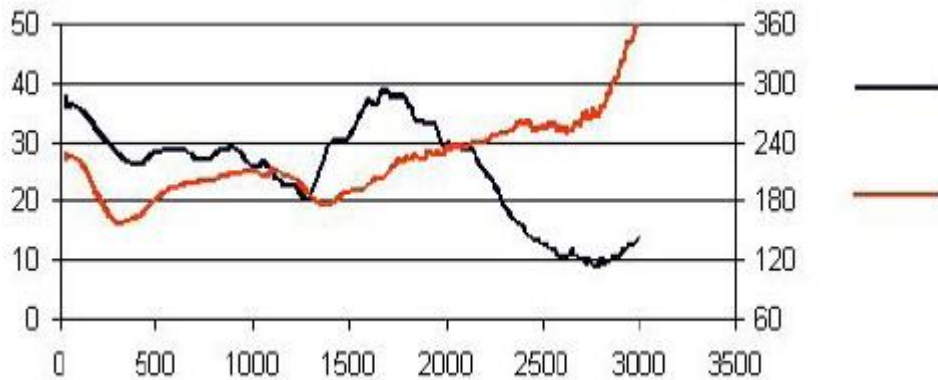
Pri nevyváženosti sa naruší rovnováha klzného uloženia. Dôsledkom je nárast vnútorných síl, lebo centrifugálna sila sa snaží posunúť rotujúcu časť uloženia (hriadeľ). Čím väčšia je nevyváženosť, tým väčšie vnútorné sily vznikajú a stred hriadeľa opisuje väčšiu pohybovú krivku v ložisku. Typickú pohybovú krivku môžeme vydiť na obrázku 2.



Obrázok 2 Pohybová krivka pri nevyváženosti hriadeľa.
Figure 2 Motion curve of unbalanced shaft.

Krivosť hriadeľa

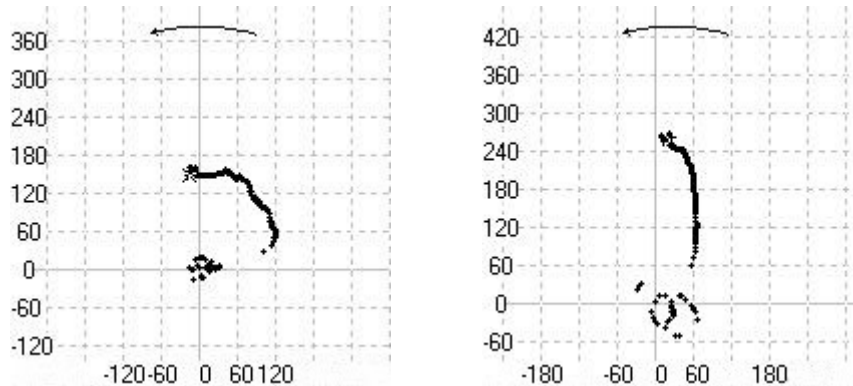
Keď v klznom uložení máme krivý hriadeľ, krivka dráhy stredu hriadeľa opisuje podobnú krivku, ako pri nevyváženosti. Krivosť hriadeľa potom môžeme identifikovať pri nízkych otáčkach, pri ktorých na rozdiel od nevyváženosti vznikajú veľké vibrácie (obrázok 3).



Obrázok 3 Zistenie krivosti hriadeľa pomocou meranie vibrácií.
Figure 3 Investigation of shaft curvature with vibration measuring.

Chyba súosovosti

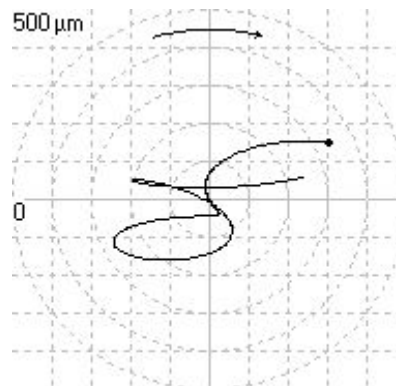
V tomto prípade hriadeľ je predpätý v ložisku. Z tohto dôvodu relatívny pohyb hriadeľa v ložisku sa líši od normálneho stavu tak ako pri robehu, tak aj pri počas prevádzky. Počas rozbehu stred hriadeľa sa pohne výrazne do jednej strany. Porovnanie relatívneho pohybu súosového hriadeľa a relatívneho pohybu nesúosového hriadeľa vidieť na obrázku 4.



Obrázok 4 Pohyb predpätého a “normálneho“ hriadeľa pri rozbehu.
Figure 4 Motion of pre-loaded and “normal” shaft at running up.

Zadieranie

Zadieranie hriadeľa v puzdre ložiska znamená priamy kontakt povrchov. Tento kontakt môže byť bodový alebo obvodový. Pri bodovom kontakte hriadeľa počas prevádzky sa dotýka puzdra vždy na inom mieste, čoho výsledkom je chaotická dráha stredu hriadeľa vyplňujúca priestor ložiskovej vôle (obrázok 5).



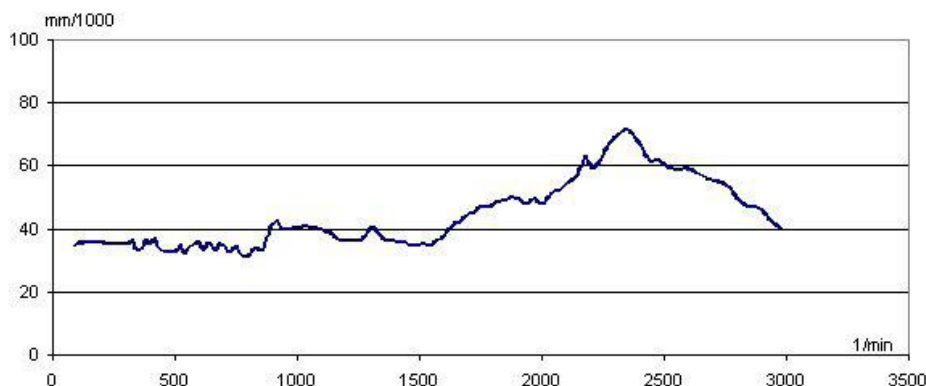
Obrázok 5 Pohybová krivka pri bodovom kontakte.
Figure 5 Motion curve under point contact.

Rezonancia

Rezonancia je sprevádzaná zmenou amplitúdy a fázy (obrázok 6). Zistení bod rezonancie sa zhoduje s bodom rezonancie získanej pri vykonaní vibrodiagnostika stojana ložiska.

Chyby základov stroja

Keď pri upravení nameraných hodnôt pomocou slow roll vektora otáčkovej frekvencie sa prejavujú zmeny rezonančnej frekvencie aj amplitúdy, najprv sa uvažuje o zoslabení základnej sústavy stroja, uvoľnení uchytenia, prípadne o prasknutí hriadeľa. V tomto prípade bezpodmienečne musíme porovnať namerané hodnoty počas spustenia a zastavenia stroja. Keď vo vnútri stroja neexistujú konštrukčné zmeny (alebo zmeny vnútorných síl), tak hodnoty rezonančných frekvencií a ich tlmenia sa nemôžu zmeniť v závislosti od otáčok.



Obrázok 6 Zmena amplitúdy vykazuje rezonanciu.
Figure 6 Change of amplitude assigns resonance.

Záver

V porovnaní s vibrodiagnostikou stojana ložiska meranie relatívnej vibrácie hriadeľa ponúka väčšiu istotu zistenia závažných porúch. Včasná diagnostika v rámci prediktívneho diagnostického systému je dnes už neoddeliteľnou časťou starostlivosti o strojové parky agrosektora. Uplatneniu spomínanej metódy však zabraňuje nedostatok financií v agrosektore. Sledovanie relatívnej vibrácie hriadeľa patrí medzi nákladnejšie diagnostické metódy. Vyplýva to zo spomínaných požiadaviek na samotný diagnostický merací reťazec. Práve preto sa táto metóda využíva najmä v prípadoch, kde by porucha spôsobila značné škody a vznik nebezpečenstva pre obsluhu, ako sú vysokootáčkové stroje, parné a plynové turbíny a čerpadlá.

Použitá literatúra

1. Čičo, P. – Balog, J.: *Spoľahlivosť strojov 1, 2*. Nitra: SPU, 2005
2. Rusnák, J.: *Konštrukčné prvky strojov*. Nitra: SPU, 2005
3. Szűcs, A.: *Siklócsapágyak diagnosztikája*. Budapest: PIM Kft, 2005
4. Dimitrov, P., Hr. Beoloev: *Technical and Technological Solutions for Diminishing Soil Packing in the Agricultural Land of Bulgaria*. Annals of the Faculty of Engineering Hunedoara – Journal of Engineering. Tome V., Fascicule 3, Hunedoara, 89-92, Romania, 2007.
5. Beoloev, Hr.: *Analyses of the Geometric Characteristics of Soil-cutting Cultivating Work Organ*. Annals of the Faculty of Engineering Hunedoara, Tome VI, Fascicule 3, ISSN 1584-2673, 100-103, Romania, 2008.
6. Beoloev, Hr.: *Operational and Power Producing Capacity Comparative Analyses of Machine Tractor Aggregates for Vertical Mulcing*. Acta technologica agriculturae – The Scientific Journal for Agricultural Engineering, Volume 11, Number 2, ISSN 1335-2555, Nitra, Slovakia, 2008.

Súhrn

V tejto práci sme sa zaoberali diagnostikou klzných uložení pomocou metódy založenej na sledovaní vibrácií objektov, presnejšie metódou merania relatívnej vibrácie hriadeľa. Sú opísané hlavné výhody, resp. nevýhody metódy, ako aj možnosti použitia vo forme chýb uloženia, ktoré sa dajú odhaliť spomínaným spôsobom. Spomína sa aj druhý spôsob využitia vibrodiagnostiky na klzné ložiská a to vibrodiagnostika stojana ložiska.

Kľúčové slová: vibrodiagnostika, klzné ložiská