

Meranie a vyhodnotenie vibrácií priemyselného robota Kuka

Článok poukazuje na význam a vplyv vibrácií priemyselného robota na jeho prevádzkyschopnosť. Ďalej sa zaoberá problematikou vibrácií robota počas prevádzky, ktoré sa pri prekročení limite stávajú zdrojom poruchy a poškodenia jednak priamo robota, jednak ďalších zariadení okolo neho. Výsledky merania slúžia na plánovanie a riadenie údržby robota.

Od priemyselného robota ako jedného z najdôležitejších zariadení na nasadenie do prevádzky sa vyžaduje najmä vysoká spoľahlivosť, presnosť a opakovateľnosť činností. Roboty pracujú vo vysokých rýchlostiach, pri ktorých musia zachovať dostatočnú dynamickú tuhosť. Z tohto dôvodu je potrebná pravidelná kontrola ich funkčnosti. Jednou z nich je aj meranie vibrácií.

Vo všeobecnosti príčinami javov, ktoré majú za následok zvýšenie vibrácií, sú:

- nevyváženosť rotorových častí pohonov robota,
- nesúosovosť spojok, ložísk a prevodov robota,
- mechanické uvoľňovanie základovej dosky robota,
- opotrebenie prevodov robota,
- poškodenie elektrických častí robota,
- rezonancia a deformácia robota.

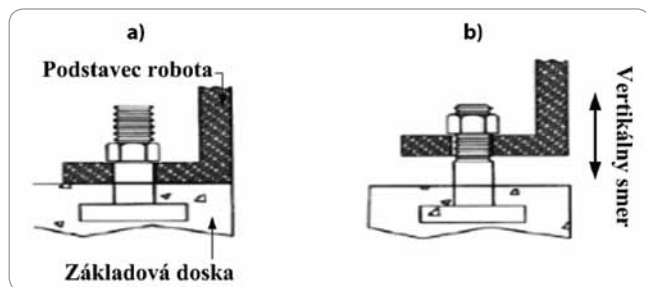
Vplyv mechanického uvoľňovania základovej dosky na prevádzkyschopnosť robota:

Jedným z vplyvov na prevádzkyschopnosť robota je základová doska. Znižovanie tuhosti nastavenia základovej dosky je ovplyvňované deformovaním kotviacich skrutiek, ktoré vznikajú pôsobením mechanickej deformácie najmä v horizontálnom a vertikálnom smere [1], čo môže vyvolať vznik harmonických vibrácií, ktoré sú potom prenášané na ostatné časti robota.

1. Metodika merania

Pre metodiku zisťovania vibrácií na robote sa ako meracie miesto volí čo najbližšie k ukotveniu základovej dosky. Dôvody zvolenia tohto miesta sú:

- Nepriaznivé vplyvy vibrácie základovej dosky sú prenášané do ostatných častí robota.
- Zvýšenie hodnôt vibrácií počas prevádzky sa prejavuje najskôr na mieste ukotvenia základovej dosky vo vertikálnom smere. Obr. 1 (a) ukazuje správny stav ukotvenia. Uvoľnený stav ukotvenia podstavca robota po čase napr. uvoľnením matice je na obr. 1 (b).



Obr. 1 (a) Správny stav ukotvenia (b) Uvoľnený stav ukotvenia po čase

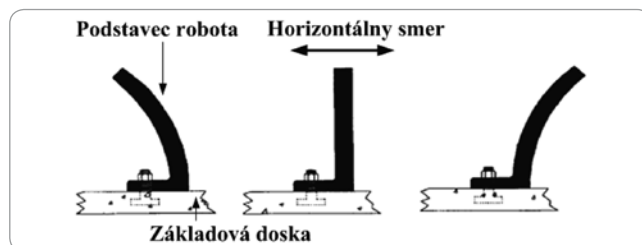
- Výber miesta priamo v skrutkovom spoji je podmienený tým, že v horizontálnom smere sa zachytáva zvýšenie hodnôt vibrácií, ktoré nezávisí od voľby konkrétnej kotviacej skrutky, podľa obr. 2.
- Voľba miesta v oblasti spojovacej časti skrutkového spoja podstavca robota odporúča aj norma ISO 2372.

Vzhľadom na základovú dosku sa meranie vibrácií uskutočňuje:

- po inštalácii robota,
- po určitých časových intervaloch jeho prevádzky.

Proces merania vibrácií sa uskutočňuje počas štandardnej prevádzky robota. Je vhodné, aby meranie bolo realizované s manipulovaným

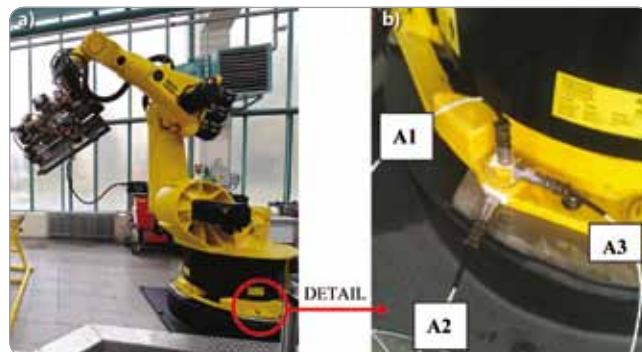
objektom, ktorého hmotnosť sa približuje nosnosti robota a pri rýchlosti približujúcej sa maximálnej hodnote.



Obr. 2 Mechanické deformácie pri ukotvení základovej dosky v horizontálnom smere

2. Spôsob realizácie merania

Konkrétne experimentálne merania vibrácií boli realizované na robote Kuka VKR 125 s objektom s hmotnosťou 110 kg (obr. 3 (a)). Meracie miesto v oblasti ukotvenia základovej dosky je na obr. 3 (b). Na meranie sa použili snímače vibrácií A1, A2, A3 typu AC 102-1A. Na zmenu diagnostických signálov sú použité prevodníky typu ADASH 3900, ktoré prevádzajú mechanickú veličinu na elektrický signál.



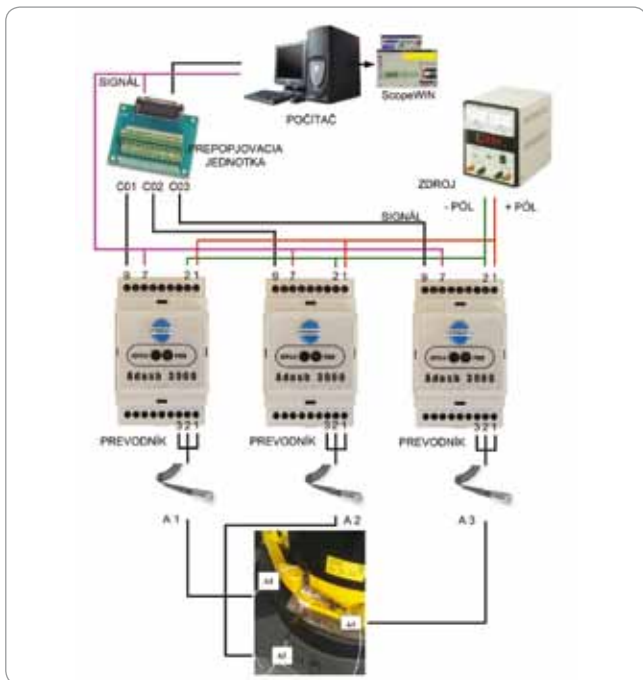
Obr. 3 (a) Kuka VKR 125 (b) Meracie miesto

Informácia o amplitúde vibrácií je získavaná zo snímačov vibrácií a spracovaná prevodníkom na napätovú úroveň signálu podľa obr. 4. Signál je vedený cez prepojovaciu jednotku a multifunkčnú meraciu kartu PCA – 7228A pre zbernicu PCI do počítača. Karta obsahuje A/D a D/A prevodníky na transformáciu vstupného signálu do digitálnej formy. Signál sa následne spracováva v programovom module ScopeWIN. Zariadenia sú napájané jednosmerným napätím s hodnotou 21 V.

3. Vyhodnotenie merania

Meranie sa uskutočňovalo vo všetkých troch osiach (axiálny, vertikálny a horizontálny smer). Program ScopeWIN zaznamenáva spektrum vibrácie (obr. 5) v prednastavenom čase zo všetkých troch snímačov vibrácií. Z dôvodu najnepriaznivejšieho stavu bol na vyhodnotenie merania vibrácií vybraný vertikálny smer, ktorý analyzujeme pomocou FFT metódy (rýchlej Fourierovej transformácie).

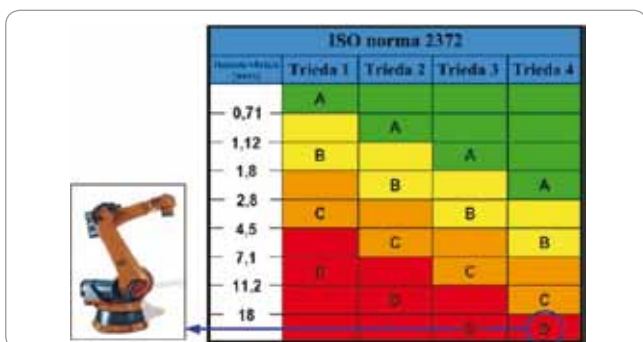
Výsledok merania sa porovnáva s dovolenou hodnotou vibrácií na základe zaradenia robota do štyroch tried podľa normy ISO 2372. Podľa tejto normy patria roboty, ktoré sú inštalované na podlahu, do triedy 4, oblasť označená červenou farbou a písmenom (D). Pre túto triedu je maximálna dovolená hodnota vibrácie 18 mm/s, obr. 6.



Obr. 4 Schéma zapojenia pri meraní vibrácií



Obr. 5 Zaznamenanie vibrácií v programovom module ScopeWIN



Obr. 6 Zadenie robota do tried podľa normy ISO 2372

Na získanú krivku sa aplikuje algoritmus FFT metódy (rýchlej Fourierovej transformácie) použitý pri digitálnom spracovaní získaného spektra. Služí na vyjadrenie časovo závislého spektra pomocou funkcie sin a cos a transformuje ho z časovej oblasti do oblasti frekvenčnej. Takto spracované spektrum je zobrazené na obr. 7. Definičiou Fourierovej transformácie je funkcia $x(t)$. V integračnom tvare je vyjadrená podľa vzorca č. 1:

$$\int_{-\infty}^{\infty} x(t) dt = M < \infty$$

[1]

Potom Fourierova transformácia signálu $x(t)$ je definovaná ako signál $X(\omega)$ podľa vzorca č. 2:

$$X(\omega) = \mathcal{F}\{x(t)\}(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \exp(-j\omega t) dt. \quad [2]$$

Pôvodný signál $x(t)$ možno zachovať s jeho transformáciou aplikovaním inverzného operátora podľa vzorca č. 3:

$$x(t) = \mathcal{F}^{-1}\{X(\omega)\}(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} X(\omega) \exp(j\omega t) d\omega. \quad [3]$$

kde $x(t)$ je energické spektrum pôvodného signálu,
 t – čas,
 $j(\omega)$ – pulzácia pohybu.

Číselné vyjadrenie protokolu s výsledkami hodnôt vibrácií v textovej forme sa pohybuje v rozmedzí od 0,002 do 1,54 mm/s. Hodnoty sú porovnané s normou ISO 2372. Protokol obsahuje informáciu o meranom kanále a počte hodnôt.

Na základe toho sa určí, či namerané hodnoty prekračujú alebo neprekračujú maximálnu dovolenú hranicu vibrácie. V prípade prekročenia dovolených hodnôt vibrácie treba vykonať ďalšie merania v rozdielnych bodoch a identifikovať zdroj vibrácie.

4. Záver

Z uskutočnenej analýzy merania vibrácií na priemyselnom robote Kuka 125 na pracovisku vyplýva, že zaznamenané hodnoty vibrácií sú v medziach normálu a nehrozí pravdepodobnosť skorého výskytu poruchy na danom robote v konkrétnych podmienkach.

Z hľadiska údržby robotov sa na základe takýchto meraní prijímajú odporúčania o zavedení pravidelnosti merania a vyhodnocovania hodnôt vibrácií v stanovených časových intervaloch počas jeho prevádzkyschopného stavu. Odporúčaným postupom je tiež vykonanie ďalšieho merania na inom vhodnom mieste podľa normy ISO 2372 a 10816.

Literatúra

- [1] Micu, A. – Popescu, C. – Macau, D.: Maintenance equipment dynamic vol. I, Mobile Industrial Ag., Pitesti 2011.
- [2] Barbu, D.: Achiziția și procesarea semnalului vibroacustic. Politehnum 2004.
- [3] Olaru, A.: Virtual LabVIEW instrumentation, Bren Publishing House. Bucharest, 2001.
- [4] Valenčík, Š. – Stejskal, T.: Základy prevádzky a údržby strojov. 1. vyd. Košice: SJF TU 2009.
- [5] Valenčík, Š.: Prevádzka a spoľahlivosť výrobného stroja. In: Bezpečnosť – Kvalita – Spoľahlivosť: Zborník 4. medzinárodnej vedeckej konferencie, Košice, 2009. TU Košice.
- [6] Hajduk, M. – Pilat, Z.: Problémy by selection, introduction and application of A-RM systéme in SME. ISAR, Warszawa, 2009.
- [7] Pilat, Z. – Páchniková, L.: Specification of A-RM systém integration in existing environment. ISAR, Warszawa, 2009.
- [8] Tolnay, M. – Bachratý, M. I.: Prevádzka a údržba výrobných systémov. 1. vyd. Bratislava: FX s. r. o. 2008.
- [9] Smrček, J.: Prevádzka a údržba automatizovaných zariadení. Skriptá. Košice: Elfa 1996.

NICULESCU Dan Florin,
 University Politehnica – Bucharest, catedra IMST

Vagaš Marek, TU Košice
 Strojnícka fakulta, Katedra výrobnéj techniky a robotiky
 marek.vagas@tuke.sk

Baláž Vladimír, TU Košice
 Strojnícka fakulta, Katedra výrobnéj techniky a robotiky
 vladimir.balaz@tuke.sk