



MEASUREMENT AND EVALUATION OF 3D MOTION OF WASHING UNIT OF INDUSTRIAL WASHER-EXTRACTOR

R. Halama*, M. Fusek*, F. Fojtík*

Summary: *The paper deals with 3D motion measurement of washing unit realized on the industrial washer-extractor WF11 (FS10) produced by Primus CE company in Příbor (Czech republic). The inductive standard displacement transducers were used in the measurement. With respect to number of degrees of freedom in 3D six displacement transducers were used. A new displacement transducers arrangement was suggested to minimize measuring error. Acquired results were compared with results from simple displacement measurement conducted at choice points of the industrial washer-extractor and very good correspondence was found. Recorded data was imported into the Ansys program followed by evaluation.*

1. Úvod

Na základě objednávky zadavatele (firmy Primus CE Příbor) bylo provedeno měření prostorového pohybu prací jednotky průmyslové pračky WF11 (FS10). Zadavatelem byl do bubnu pračky připevněn nevyvažek v podobě gumy o hmotnosti 2 kg. Cílem měření bylo stanovení kritických otáček bubnu, kdy dochází k největším výchylkám prací jednotky a zejména ověření zvolené metodiky měření.

Princip měření je předmětem mlčenlivosti v důsledku možného patentování navrženého způsobu měření, proto budou uvedeny pouze základní údaje z měření.

2. Popis měření

K měření byly použity indukční snímače firmy HBM. Princip měření polohy těmito snímači je založen na měření změn indukovaného napětí statické cívky v důsledku pohybu jádra, které je přitlačováno (snímač s odpruženým hrotem) nebo připevněno k měřené součásti (snímač s volným jádrem). Jeden snímač tedy měří pouze polohu tělesa v jedné ose.

Vzhledem k počtu stupňů volnosti tělesa v prostoru je nutné použít při měření polohy prací jednotky nejméně šest snímačů. S ohledem na minimalizaci počtu snímačů bylo navrženo uspořádání šesti snímačů tak, aby se nezvětšila chyba měření při vyhodnocení. Pro účely vyvedení měřených míst byly k prací jednotce přilepeny tři úhelníky z lehké hliníkové slitiny (obr.1).

* Ing. Radim Halama, Ph.D., Ing. Martin Fusek, Ing. František Fojtík: Katedra pružnosti a pevnosti, Fakulta strojní VŠB-TU Ostrava; tř. 17. listopadu 15; 708 33 Ostrava; tel.: +420.597 323 495, fax: +420.596 916 490; e-mail: radim.halama@vsb.cz

Ze zkušeností zadavatele s charakterem pohybu prací jednotky bylo zřejmé, že pro daný účel jsou vhodnější indukční snímače s odpruženým hrotem. Jelikož byly pro měření k dispozici pouze tři snímače tohoto typu s potřebným rozsahem, bylo nutné navrhnout a vyrobit přípravky pro přeměnu tří snímačů s volným jádrem na snímače s odpruženým hrotem (obr.2).



Obr.1 Fotografie z měření



Obr.2 Upravené snímače s volným jádrem

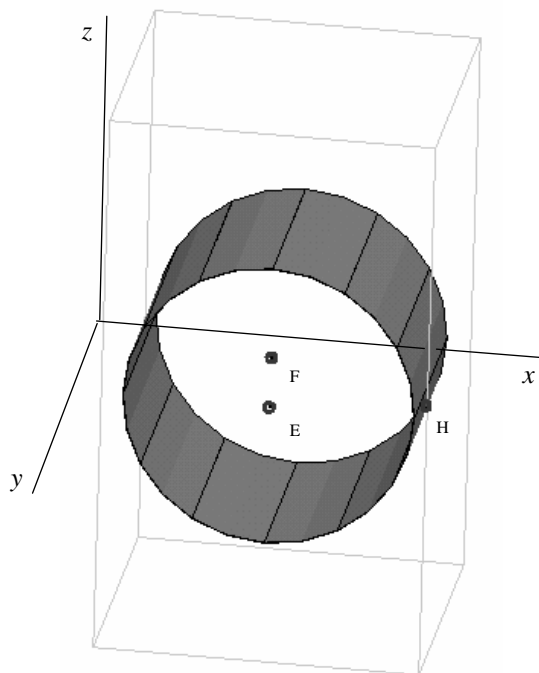
Měřicí aparatura se skládala z vlastní měřicí karty a dalších modulů National Instruments pro zajištění konektivity s indukčními snímači. Měřicí řetězec dále obsahoval šesti-kanálový zesilovač HBM, na který byly připojeny vlastní indukční snímače. Záznam z indukčních snímačů byl prováděn s frekvencí 1000 vzorků za vteřinu a ukládán pro další zpracování na harddisk přenosného počítače. Ke zpracování získaného signálu v reálném čase byl použit software Labview 8.2.

3. Vyhodnocení měření

Vyhodnocení bylo provedeno v programu Ansys 8.0, který je založen na metodě konečných prvků (MKP). K samotnému vyhodnocení MKP nebyla nutná. Pro naprogramování procedury popsané v kapitole 2.2 bylo využito interního programovacího jazyka APDL programu Ansys umožňujícího snadný import a export výsledků spolu s možností grafického zobrazení výsledků. MKP byla využita pouze pro kontrolu naprogramování vyhodnocovací procedury.

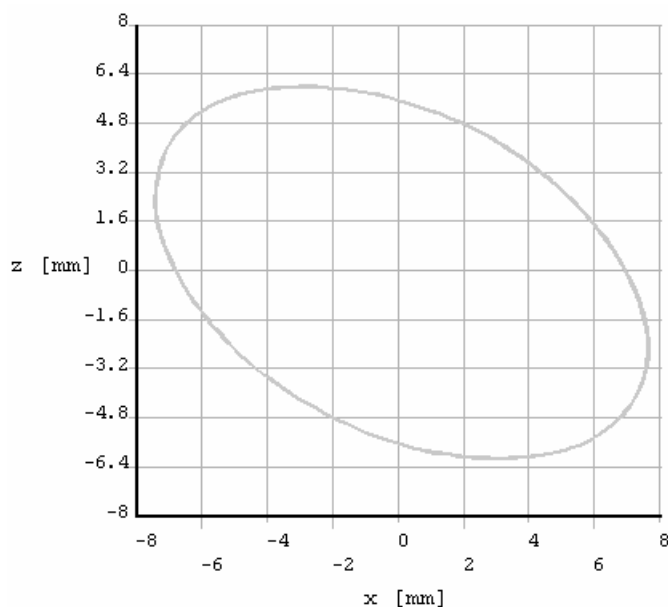
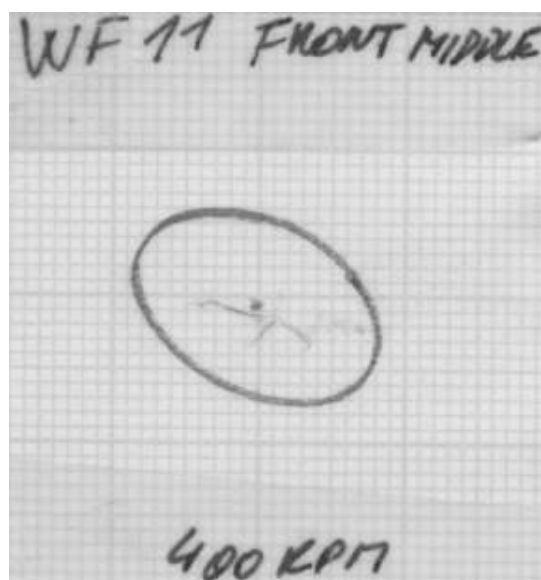
4. Ověření metodiky měření

Z důvodu validace navržené metodiky byly po vlastním měření dodány zadavatelem kontrolní obrazce na milimetrovém papíře znázorňující pohyb vybraných tří bodů prací jednotky (obr.3), při zvoleném rozsahu otáček, získané stávající metodou měření zadavatele.

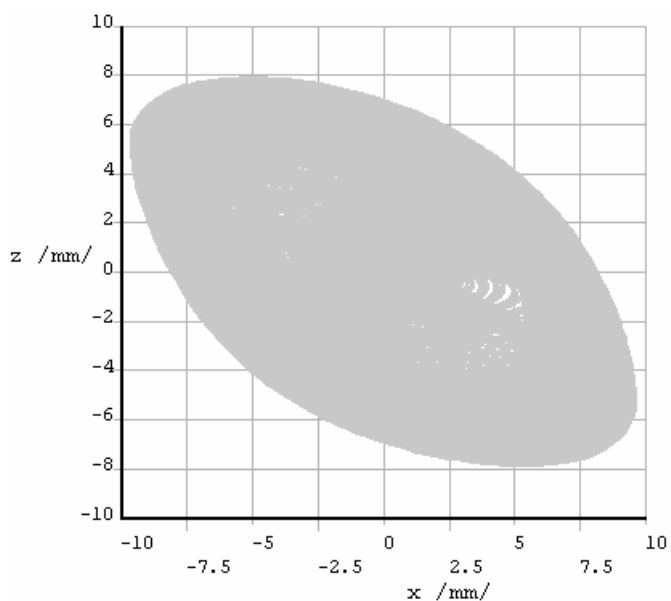
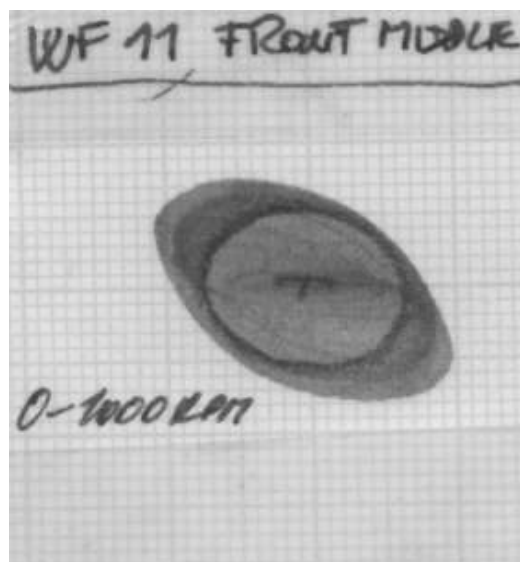


Obr.3 Poloha kontrolních bodů
(pohled na pračku zepředu)

Srovnání obrázků zaznamenaných ve třech místech prací jednotky (obr.3) stávající metodou měření (milimetrový papír) s výsledky vyhodnocení provedeného měření je možné z obr.4 až 7.

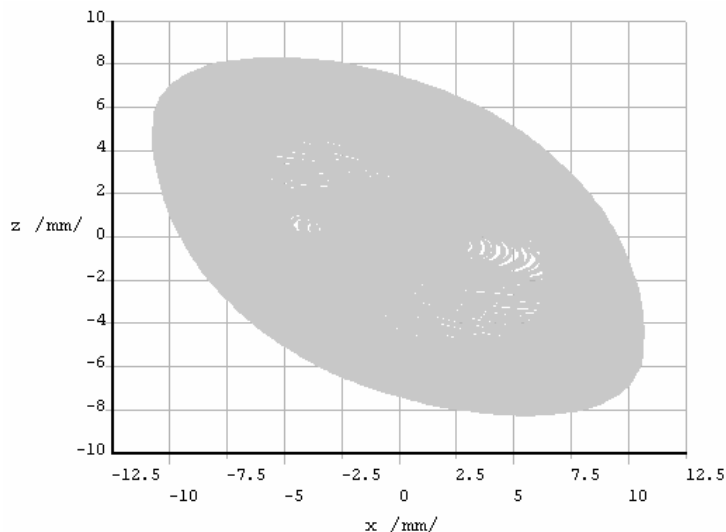
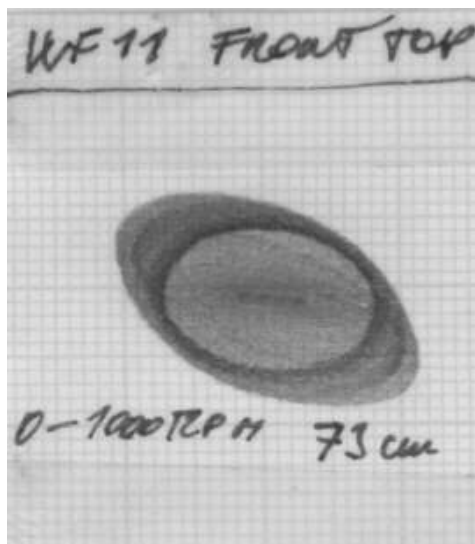


Obr.4 Srovnání obrazce udávajícího polohu bodu E při použití stávající (vlevo) a navržené metody měření (otáčky 400min^{-1} , výstup z programu Ansys)

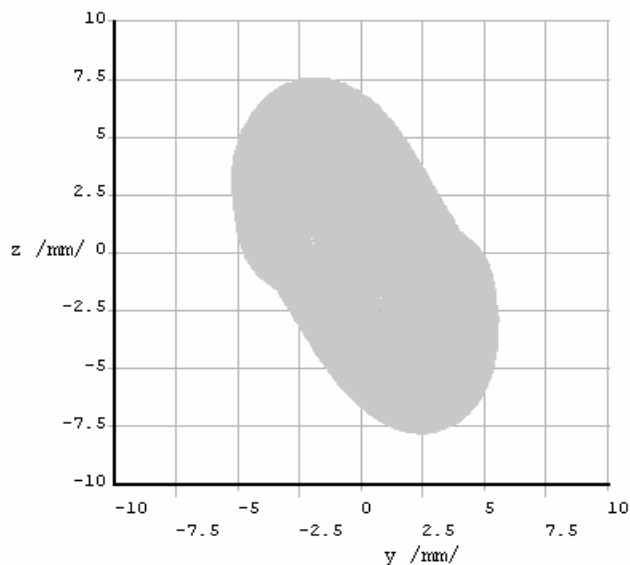
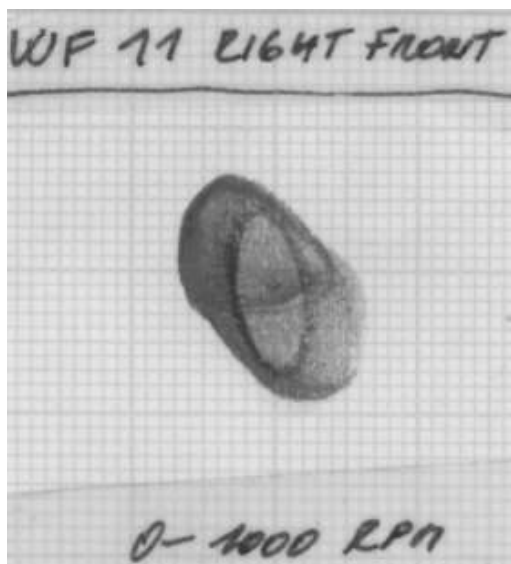


Obr.5 Srovnání obrazce udávajícího polohu bodu E při použití stávající (vlevo) a navržené metody měření (otáčky $0-1000\text{min}^{-1}$, rozběh i doběh)

Pro lepší představu polohy bodu E z obr.3 je vhodné odkázat na obr.2 z rozšířeného abstraktu tohoto článku, kde hrot sedmého (kontrolního) indukčního snímače směřuje právě do bodu E. Bod F byl umístěn taktéž na čele prací jednotky, avšak o 105 mm výše než bod E.



Obr.6 Srovnání obrazce udávajícího polohu bodu **F** při použití stávající (vlevo) a navržené metody měření (otáčky $0-1000\text{min}^{-1}$, rozběh i doběh)

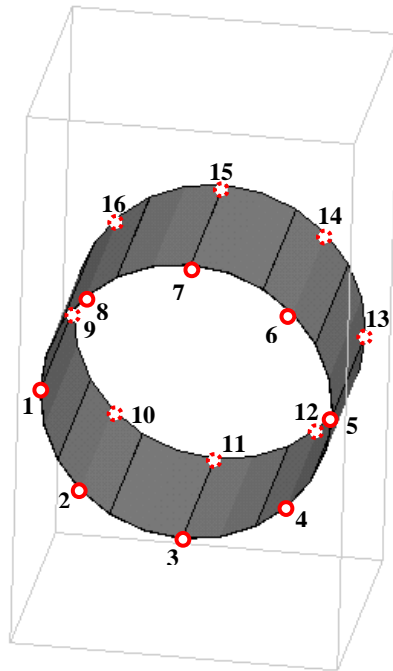


Obr.7 Srovnání obrazce udávajícího polohu bodu **H** při použití stávající (vlevo) a navržené metody měření (otáčky $0-1000\text{min}^{-1}$, rozběh i doběh)

Místo H měřené stávající metodou zadavatele bylo jako jediné na boku prací jednotky. Ze studia všech záznamů této kapitoly je zřejmá dobrá shoda výsledků stávající i navržené metody měření. Pro ověření vyhodnocovací procedury bylo realizováno také kontrolní měření se současným snímáním polohy bodu E v ose y na čele prací jednotky pomocí sedmého snímače, viz Fusek & Halama & Fojtík (2007). Výsledky získané z vyhodnocení opět vykazovaly velmi dobrou shodu s výsledky získanými sedmým indukčním snímačem.

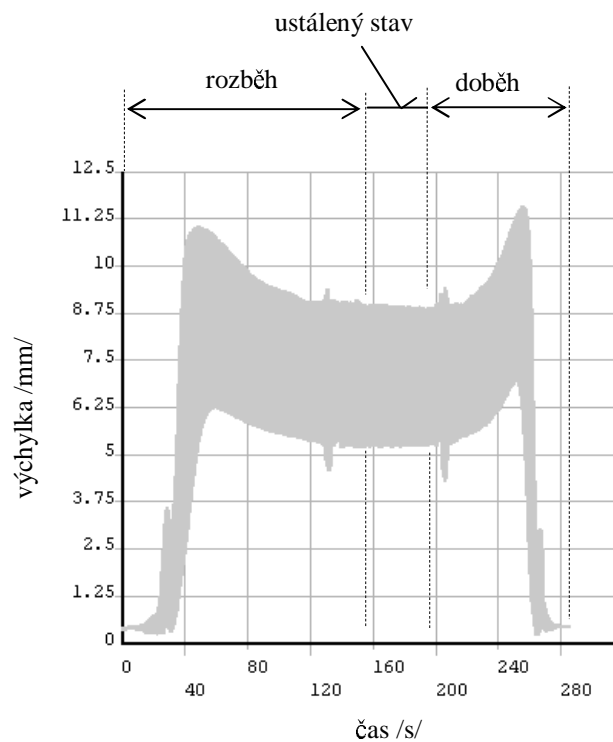
5. Další výsledky měření

Pro určení maximálních výchylek prací jednotky v celém rozsahu pracovních otáček bylo zvoleno na prací jednotce 16 bodů, ve kterých byly výchylky zkoumány (Obr.8).



Obr.8 Rozmístění zkoumaných bodů

U většiny případů nastala maximální výchylka při doběhu. Jako příklad může sloužit měření při maximálních otáčkách 1000 min^{-1} (obr.9).



Obr.9 Závislost výchylky na čase v bodě 5 (maximální otáčky 1000 min^{-1})

Celkově největší výchylka $15,78 \text{ mm}$ nastala při doběhu u měření s maximem otáček 350 min^{-1} . Při zkoumání ustáleného stavu jednotlivých měření byla zjištěna největší naměřená výchylka $10,61 \text{ mm}$ v bodě 6 při otáčkách 300 min^{-1} .

6. Závěr

V článku byly popsány nejzajímavější výsledky realizovaného měření prostorového pohybu prací jednotky průmyslové pračky WF11 (FS10) pomocí šesti snímačů. Použitá metodika měření a princip vyhodnocení byl ověřen jednak pomocí záznamů výchylek zvolených bodů získaných obvyklým způsobem zadavatele (na milimetrovém) a jednak s využitím výsledků kontrolního měření (se současným záznamem polohy zvoleného bodu sedmým indukčním snímačem). Výsledky z vyhodnocení měření vykazují velmi dobrou shodu se všemi kontrolními záznamy.

V kapitole 5 byly prezentovány možnosti vyhodnocení z hlediska maximálních výchylek v celém pracovním režimu. Kritická oblast otáček bubnu byla zjištěna mezi 300 a 350 ot./min. V dalších studiích bude cílem srovnání numerického a experimentálního řešení u této problematiky.

7. Poděkování

Tento příspěvek byl podpořen výzkumným záměrem MSM 6198910027.

8. Literatura

- Chapsky, V. & Portman, V.T. & Sandler, B.-Z. (2006) Single-mass 6-DOF isotropic accelerometer with segmented PSD sensors. *Sensors and Actuators A*, in press.
- Fusek, M. & Halama, R. & Fojtík, F. (2007) 3D Motion Measurement Realized on Industrial Washer-extractor, in: *Proc. 9th Int.Conf. Applied mechanics 2007* (K.Frydryšek et al eds), VŠB-TU, Ostrava, in press.