

MERACÍ REŤAZEC PRE MONITOROVANIE DYNAMICKÉHO ZAŤAŽENIA BUBNA PRAČKY

MEASURING DEVICE FOR MONITORING OF DYNAMIC LOADS ON DRUM OF WASHING MACHINE

Vladimír IVANČO¹, Tibor BUGÁR², Karol KUBÍN³

Abstrakt

V článku je popísaný merací reťazec pre snímanie zaťažovacieho kolektívu bubna pračky. Dynamické sily pôsobiace na bubon sa určujú prostredníctvom merania síl pôsobiacich na ložiská hriadeľa.

Kľúčové slová: merací reťazec, merací člen, meracia aparátúra, zaťažovací kolektív

Abstract

The paper deals with device for measurement of loading collective of drum of a washing machine. Dynamic forces acting on the drum are determined by means of measurement of bearing forces of the shaft.

Keywords: measuring device, transducer, measuring instrumentation, loading collective

ÚVOD

Merací reťazec pre sledovanie zaťažovacieho kolektívu uloženia bubna domácej pračky musí rešpektovať v prvom rade požadované ciele získavania informácií, t.j. dlhodobé sledovanie reálnych zaťažení uloženia bubna v rôznych prevádzkových režimoch pračky, s tým aby bolo možné identifikovať výslednice zaťažení na obe ložiská uloženia a ich časové zmeny. Kompletný merací reťazec tvorí:

- náboj letného uloženia s deformačným členom a tenzometrickými snímačmi,
- meracia aparátúra a softvér pre spracovanie nameraného signálu,
- záznamové zariadenie nameraných údajov.

NÁBOJ ULOŽENIA S DEFORMAČNÝM ČLENOM

Pre snímanie zaťažení ložísk bubna pračky bola zvolená metóda tenzometrického merania deformácií na telese uloženia – ložiskovom náboji. Vzhľadom na to, že originálny náboj svojim vyhotovením a použitým materiálom je neprispôsobiteľný pre potreby merania, bol navrhnutý a vyrobený nový náboj s deformačným členom tak, aby svojou deformačnou charakteristikou optimálne vyhovoval kritériám citlivosti tenzometrických snímačov a očakávanému rozsahu reálnych radiálnych zaťažení ložísk. Návrh nového náboja pritom musel rešpektovať základné rozmerové parametre, parametrické rozmery a rozstup ložísk ako aj miesta a rozmery skrutkového spoja príruby náboja a telesa nádrže. Z dôvodov požadovanej únosnosti uloženia bola pre deformačný člen použitá oceľ akosti DIN 1.2312.

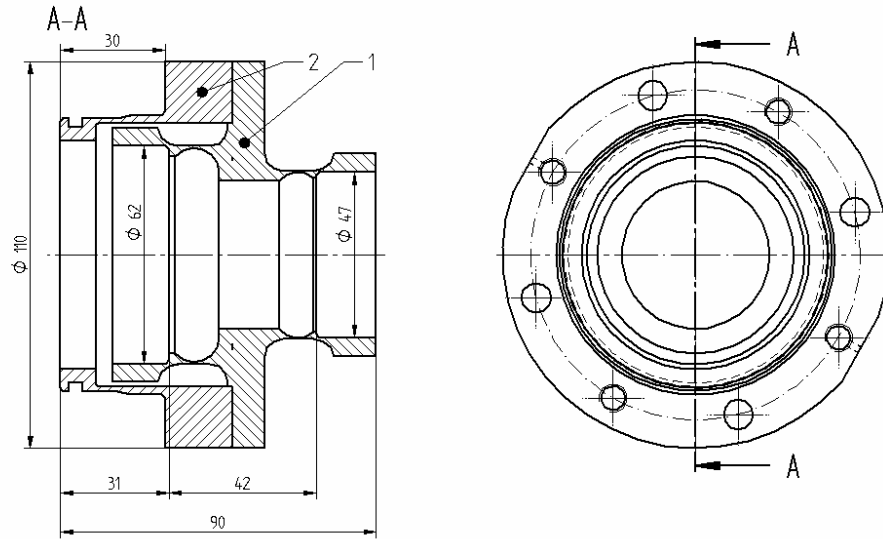
¹ doc. Ing. Vladimír IVANČO, CSc., KAMaM, Sjf TU v Košiciach, vladimir.ivanco@tuke.sk

² doc. Ing. Tibor BUGÁR, CSc., KBaKP, Sjf TU v Košiciach, tibor.bugar@tuke.sk

³ doc. Ing. Karol KUBÍN, CSc., KKDaL, Sjf TU v Košiciach, karol.kubin@tuke.sk

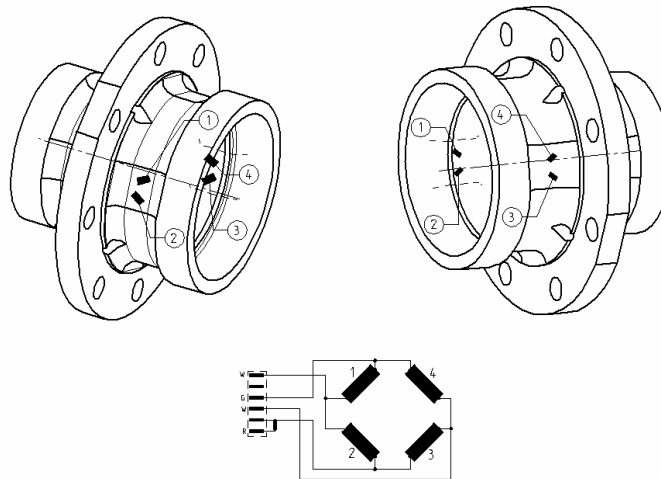
Lektoroval: Ing. Jozef FILAS, CSc., KAMaM, Sjf TU v Košiciach, jozef.filas@tuke.sk

Koncepcia návrhu deformačného člena nového náboja vyplýva z požiadaviek na dosiahnutie čo najväčších pomerných predĺžení v miestach aplikácie tenzometrov pri súčasnej eliminácii napäťových špičiek, tak aby sa zaistila dostatočná únavová pevnosť náboja. Na obr. 1 je zobrazený rez konštrukciou náboja pozostávajúceho z deformačného člena (1) a upevňovacej príruby (2).



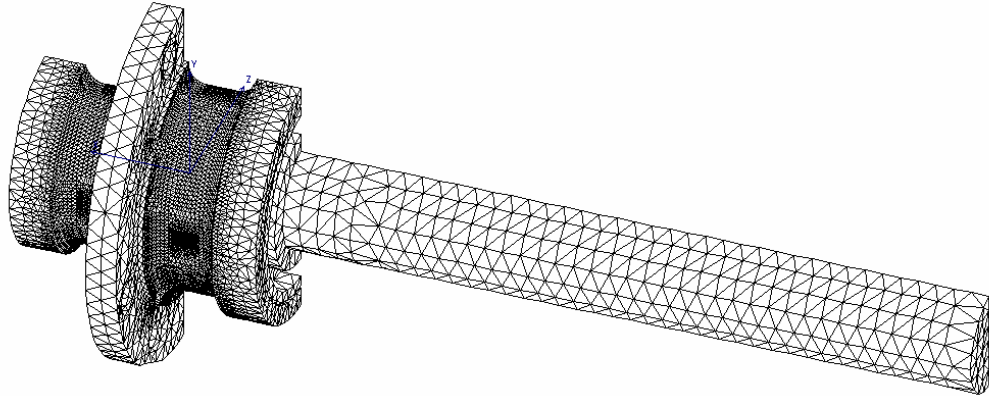
Obr.1 Náboj s deformačným členom.

Obr.2 znázorňuje umiestnenie tenzometrických snímačov na deformačnom člene a schému zapojenia úplného tenzometrického mostíka pre jeden merací kanál. Tenzometre, na obrázku označené ako 1 až 4 predstavujú jednu dvojicu krížových tenzometrických snímačov pre jednu rovinu a jedno ložisko uloženia. Na deformačnom člene sú celkovo umiestnené štyri takéto dvojice tenzometrických krížových snímačov v dvoch paralelných vertikálnych rovinách kolmých na os otáčania bubna. Jedna dvojica snímačov v elektrickom zapojení tvorí 1 merací kanál s úplným tenzometrickým mostíkom. Použité krížové fóliové tenzometre s odporom 350Ω sú tepelne kompenzované pre použitý materiál deformačného člena.

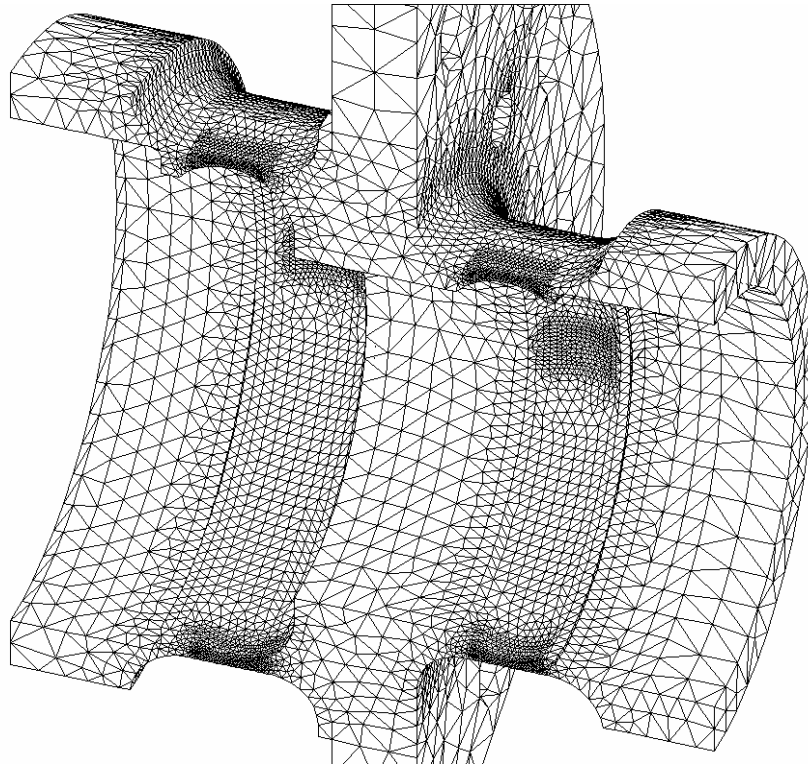


Obr.2 Umiestnenie tenzometrov na deformačnom člene pre jeden merací kanál.

Optimalizácia geometrického tvaru a rozmerov deformačného člena bola realizovaná prostredníctvom výpočtových analýz realizovaných pomocou MKP. Obrázky 3 a 4 znázorňujú sieť konečných prvkov výpočtového modelu. Obr.5 znázorňuje priebeh vypočítaných šmykových napätí na deformačnom člene. Zobrazený priebeh šmykových napätí preukazuje, že vďaka výpočtovej simulácii sa dosiahol optimálny tvar deformačného člena s koncentráciou najväčších šmykových napätí práve v miestach určených pre umiestnenie tenzometrických snímačov.



Obr.3 Sieť konečných prvkov

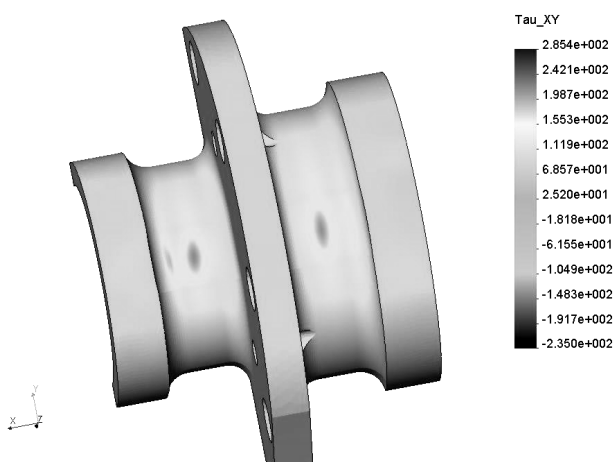


Obr.4 Detail siete konečných prvkov v mieste aplikácie tenzometrov

MERACIA APARATÚRA

Meracia aparatúra navrhnutá a vyrobená pre účely dlhodobého sledovania zaťažovacieho kolektívu uloženia bubna pračky pozostáva zo štyroch tenzometrických meracích kanálov. Používa sa zapojenie s celým mostíkom s jednosmerným napájaním. Vzorkovacia frekvencia meraní pre každý kanál je 200 Hz. Pre doplnenie informácií o prevádzkových podmienkach pračky boli do aparatúry ďalšími dvoma kanálmi privedené signály zodpovedajúce prúdu a napätiu na motore pračky synchronizované so vzorkovacou frekvenciou tenzometrických kanálov. Namerané veličiny sa „on-line“ prenášajú do záznamového zariadenia štandardným sériovým rozhraním RS 232 umožňujúcim komunikáciu s ľubovoľným počítačom a ľubovoľným operačným systémom. Takýto prenos dát umožňuje využívať pevný disk počítača pre správu a archiváciu údajov snímaných meracou aparatúrou.

Podporný softvér dodaný výrobcom meracej aparatúry slúži k transformácii prenášaných dát do tvaru numerických znakov v textovom formáte prístupnom prakticky pre všetky operačné systémy tak, že namerané dáta uložené na disku počítača možno ďalej pohodlne spracovávať v ľubovoľnom aplikačnom softvéri orientovanom na správu a operácie s číselnými dátami ako je napríklad MS Excel, alebo MATLAB.



Obr. 5 Zobrazenie rozloženia šmykových napätí na deformačnom člene.

KALIBRÁCIA SNÍMAČOV

Správna interpretácia nameraných veličín získaných tenzometrickým meraním vyžaduje určenie prenosových konštánt, ktorými je potrebné „opraviť“ veličiny získané meraním voči údajom exaktne platným. Pre kalibráciu snímačov uloženia bubna pračky bol použitý štandardný postup statického zaťažovania uloženia bubna postupne premenlivým ohybovým účinkom spôsobeným známym bremenom a známym ramenom pôsobenia. Realizáciu statickej kalibrácie snímačov pre snímanie vertikálnych a horizontálnych zaťažení znázorňuje obr.6.

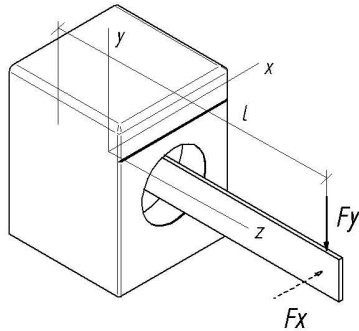
Kalibračné konštanty snímačov Tabuľka 1

Rovina	Snímač	k_m (N)	R^2
vertikálna	S1	2,0310	0,999956
	S3	2,0165	0,999997
horizontálna	S2	1,9856	0,999986
	S4	1,9826	0,999984

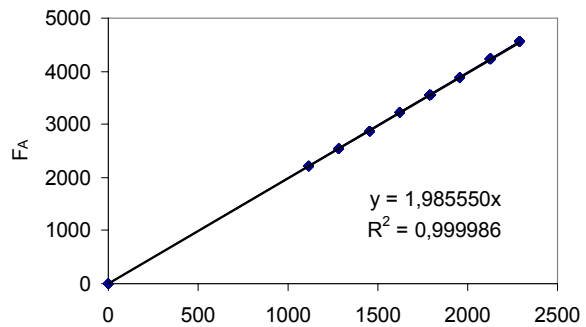
Obr.7 interpretuje grafické znázornenie spracovania výstupov statického merania pre určenie kalibračnej konštanty horizontálnej dvojice snímačov zadného ložiska. Hodnota 1,9855 je kalibračnou konštantou k_m pre monitorovaný snímač, hodnota 0,999986 je odhad intervalu spoľahlivosti R^2 ,

$$R^2 = 1 - \frac{S_E}{S_T}, \quad S_E = \sum_{i=1}^n (s_i - y_i)^2, \quad S_T = \sum_{i=1}^n y_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)^2,$$

kde s_i je nameraná, y_i je vypočítaná hodnota, $y_i = k_m s_i$ a n je počet hodnôt. Namerané hodnoty kalibračných konštant sú pre jednotlivé snímače uvedené v tabuľke 1.



Obr.6 Schéma statickej kalibrácie snímačov



Obr.7 Regresná priamka horizontálnej radiálnej sily na zadnom ložisku

DYNAMICKÉ MERANIE

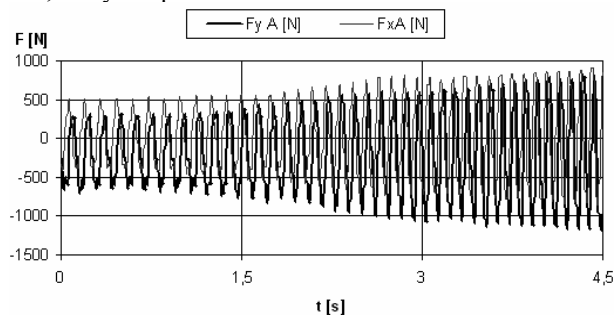
Pre overenie funkčnosti celého meracieho reťazca pri reálnych prevádzkových podmienkach boli realizované viaceré merania pri voľbe štandardných pracíh programov. Z dôvodov veľkého objemu meraných dát sa v rámci programov snímali iba režimy s maximálnymi otáčkami pračky, t.j. pri odstreďovaní. Pre merania boli použité textílie so známou, presne stanovenou hmotnosťou, ktorá reprezentovala cca 70% maximálneho zaťaženia pračky.

Meranie pri vzorkovacej frekvencii 200 Hz sa konalo s nasledujúcim režimom:

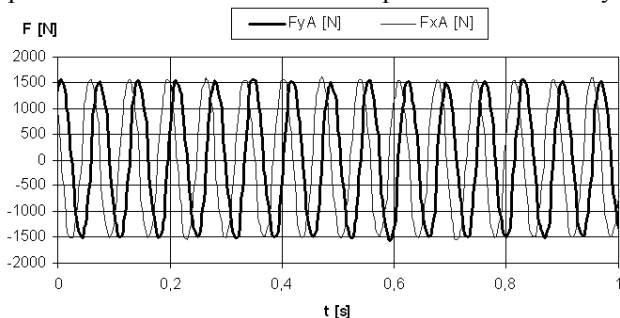
- tarovanie aparatury pri prázdnom bubne v kludovom stave,
- krátke meranie po naplnení bubna a uzavretí pračky – bubon v klude,
- meranie pri nižších otáčkach odstreďovania (tzv. medziostredovanie)
- meranie pri vyšších otáčkach odstreďovania,
- krátke meranie po odstreďovaní, bubon v klude,
- krátke meranie po vyprázdnení obsahu bubna.

Uvedené merania boli realizované za účelom overenia funkčnosti celého meracieho zariadenia vrátane testovania spoľahlivosti prenosu dát do počítača a sledovania stability meracej aparatury. Pri jednom pracovom cykle, ktorý trvá cca 60 min. bol vykonaný záznam v celkovom trvaní cca 15 min. Za tento čas, pri danej vzorkovacej frekvencii bol vytvorený súbor dát veľkosti približne 7,5 MB, z čoho vyplýva, že záznam celého pracovného programu by predstavoval súbor veľkosti asi 30 MB. Tento údaj svedčí o veľkých nárokoch na kapacitu pamäťových médií a súčasne upozorňuje na skutočnosť, že pri skutočnom zhromažďovaní dát o zaťažovacom kolektíve uloženia bubna pračky sa musí priebežne organizovať zálohovanie a bezpečná archivácia nameraných dát.

Obr.8 znázorňuje fragment fázy rozbehu bubna na režim odstred'ovania a obr.9 demonštruje priebeh radiálneho zaťaženia ložiska vo veľmi krátkom časovom úseku pri ustálených otáčkach odstred'ovania. Evidentný je fázový posun hodnôt meraných horizontálnym a vertikálnym snímačom, ktorý zodpovedá frekvencii otáčania bubna.



Obr.8 Časový priebeh zaťaženia zadného ložiska pri rozbehu na otáčky odstred'ovania.



Obr.9 Časový priebeh zaťaženia zadného ložiska pri ustálenom odstred'ovaní

ZÁVER

Navrhnutý merací reťazec pre sledovanie zaťažovacieho kolektívu uloženia bubna pračky počas dlhodobého, približne 70 hodín trvajúceho testovacieho merania preukázal svoju prevádzkovú spoľahlivosť a stabilitu nameraných údajov. Spôsob a formát nameraných dát umožňuje ich ďalšie spracovanie.

Riešená problematika súvisí z výskumom v rámci grantu VGA č. 1/1111/04.

LITERATÚRA

- [1] SINAY, J., BIGOŠ, P., BUGÁR, T.: *Experimentálne metódy a skúšanie strojov*. Bratislava : Alfa, 1989. 229 s.
- [2] BUGÁR, T.: *Experimentálne metódy a technická diagnostika*. Košice : TU - SjF, 2000. ISBN 80-7099-539-4
- [3] IVANČO, V., KOSTOLNÝ, K.: *Návrh deformačného telesa pre meranie krútiacich momentov*. In: *Experimentální analýza napětí '94 : Sborník přednášek 32. konference*, Janov u Jablonce, 30.5 - 2.6.1994. - s. 72-74. - Liberec : VŠST, 1994
- [4] IVANČO, V.: *Nelineárne analýzy v inžinierskej praxi*. In: *17. konference uživatelů systému COSMOS/M*. Praha, TechSoft Engineering, 2000
- [5] NOVOTNÝ, L., VODIČKA, R., IVANČO, V.: *Využitie MKP pri výpočte charakteristík lomu*. In: *Výpočty 2001 : Jednodenní seminář Výpočty konstrukcí metodou konečných prvků*: Praha, 15. listopad 2001. Praha : Ústav termomechaniky AV ČR, 2001. s. 147-153. ISBN 80-85918-4