



OPTIMALIZÁCIA MECHANICKEJ ŠTRUKTÚRY LASEROVEJ MERACEJ STANICE PRE VIBRAČNÉ ANALÝZY V RÁMCI MONTÁŽNEHO DOPRAVNÍKA

SKELETON OPTIMIZATION OF LASER INSPECTION STATION FOR VIBRATION ANALYSES IN ASSEMBLY LINE CONVEYOR

Jozef Zajac, Peter Monka, Katarína Monková¹

¹ Silesian University of Technology, Faculty of Mining and Geology, Mining Mechanization Institute, Gliwice, Poland, e-mail: marijan.dolipski@polsl.pl, eryk.remiorz@polsl.pl

Abstrakt: V článku sú uvedené základné problémy vyskytujúce sa na stanovisku laserového merania tvoriaceho súčasť veľkosériovej montážnej linky a postup ich riešenia. Stanovisko je určené pre vibračné analýzy niekoľkých typov elektromotorov. V počiatokom štádiu riešenia bolo toto stanovisko charakteristické pomerne častou chybovosťou spôsobenou nedostatočne istým upnutím motora pri meraní a rozdielmi nameraných charakteristik motora na stanovisku a na nezávisлом meracom mieste mimo dopravníka.

Ďalej sa v článku popisujú metódy testovania modálnych vlastností stanoviska a navrhnuté riešenia pre zlepšenie jeho operačných schopností.

Kľúčové slová: montážny pásový dopravník, vibračné analýzy, návrh mechanickej štruktúry

Abstract: They are described basic problems occurred at laser inspection station build in large-lot production assembly line and consecution of solving in this paper. The station is assigned for vibration analyses of a few types of electro motors. Initial status of station design was characterized relatively frequent mistakes of operating by reason of indeterminate fixing of motors and disclosure of vibration variances compared to inspections outside of assembly line.

Next parts of paper are used method to testing of station modal properties and proposed solutions for improvement of operating mode of station.

Key words: assembly line conveyor, vibration analyses, skeleton design

1 ÚVOD

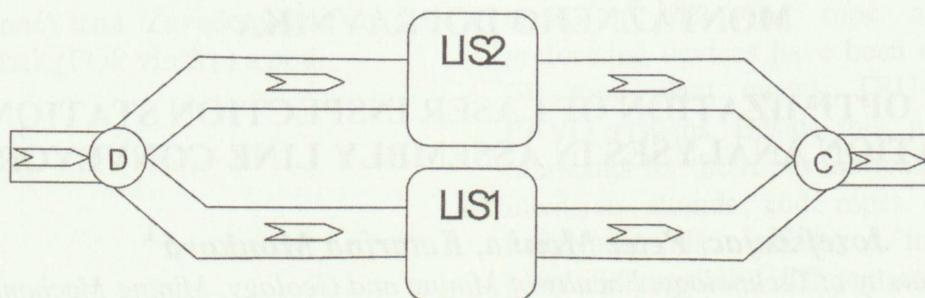
Montážna linka elektromotorov zahŕňa vo svojich záverečných operáciách laserovú

1 INTRODUCTION

Assembly line of electro motors implies in your final phase laser inspection stations

meraciu stanicu (LMS). Pretože cyklový čas laserového merania je zhruba dvojnásobný oproti montážnemu kroku na dopravníku je v mieste pred meraním tok dopravníka rozdelený na dve meracie stanoviská. Každé z týchto pracovísk je určené pre modálnu analýzu zmontovaných produktov. Základná schéma je uvedená na **Obr. 1**.

(LIS). Because cycle time of laser inspection is approximately 2x longer like cycle time of assembly step is line divided to 2 inspection stations. Every of these stations are intended for modal analyses of completed products. The basic scheme of line and stations composition is present in **Fig. 1**.

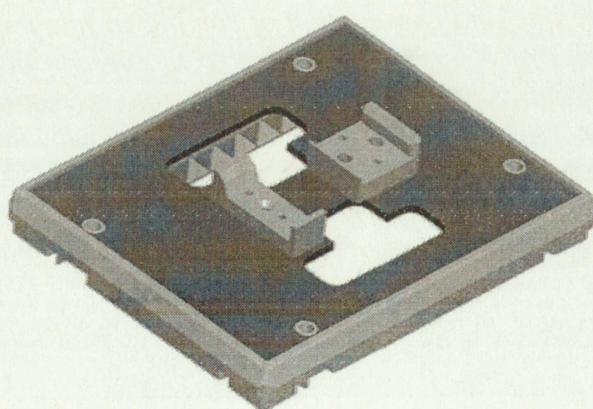


Obr. 1 Schéma montážneho toku a pozicie laserových meracích stanic v rámci montážnej linky

Fig. 1 Scheme of product flow and position of Laser Inspection Stations in Assembly Line

Výrobok – elektromotor – je umiestnený na technologickej palete zobrazenej na **Obr. 2**, ktorá sa využíva na celej dĺžke montážnej linky. Dopravník a aj tieto palety sú navrhnuté pre univerzálne ustavovanie celej škály vyrábaných typov elektromotorov. Základný rozdiel medzi týmito typmi výrobkov je výška zväzku statora H (**Obr. 3**). Linka slúži pre montáž 12 typov elektromotorov rozdielnych hlavne prostredníctvo parametra H.

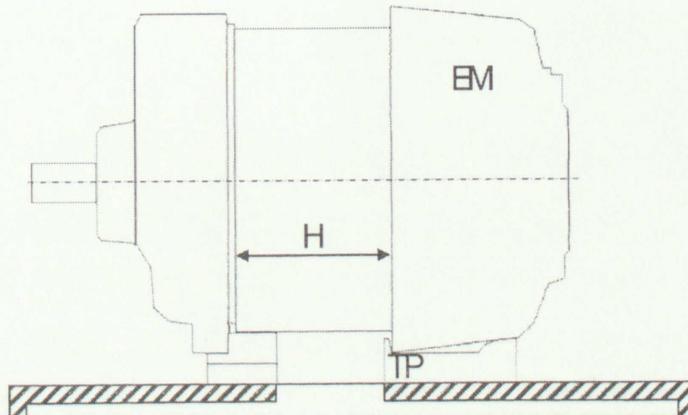
Products – electro motors - are placed at technological pallet viewed in **Fig. 2** which are used in whole length of assembly line. The line and also pallets are designed for universal positioning of whole range of production types. Basic differences of final products – electro motors – are in height of stator packet H (**Fig. 3**). At assembly line are putting on at need 12 types motors according to parameter H.



Obr. 2 Technologická paleta pre dopravovanie elektromotora prostredníctvom dopravníka
Fig. 2 Technological pallet for carrier of electro motors at conveyor

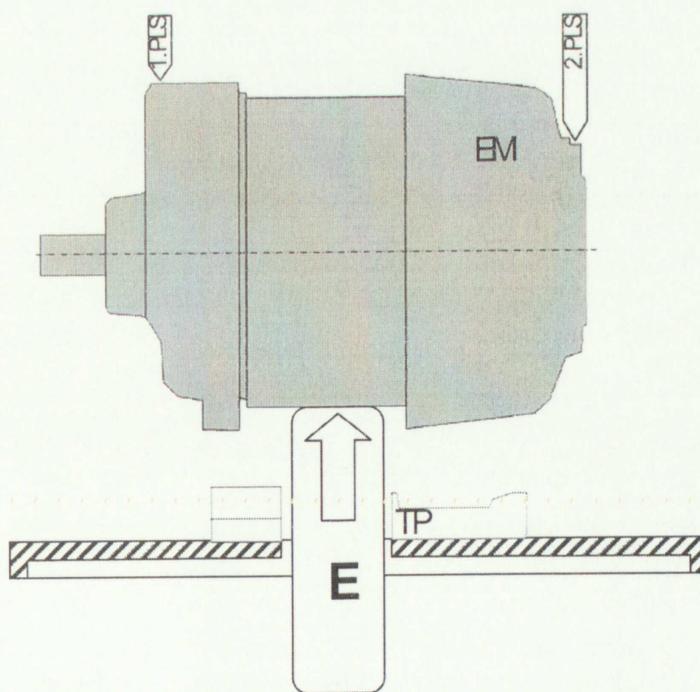
Všetky typy výrobkov sú testované prostredníctvom LMS v zdvihnej skenovacej polohe zaostreného laserového lúča prostredníctvom zdvíhača (**Obr. 4**). V tejto polohe motor beží v jeho pracovných otáčkach a skenovacie zariadenie s laserovým lúčom vyhodnocuje chyby prostredníctvom frekvenčnej analýzy.

All types of products must be tested in LIS in raised scanning position of focused laser beam by help elevator (**Fig. 4**). In this position is motor running in his working idle engine speed and laser beam scanning equipment is appreciating mistakes by help of frequency analysis.



Legenda: EM – elektromotor, H – výška statorového zväzku, TP – technologická paleta
Legend: EM – electro motor, H - height of stator packet, TP – technological pallet

Obr. 3 Schéma elektromotora umiestneného na technologickej palete
Fig. 3 Scheme of electro motor at technological pallet

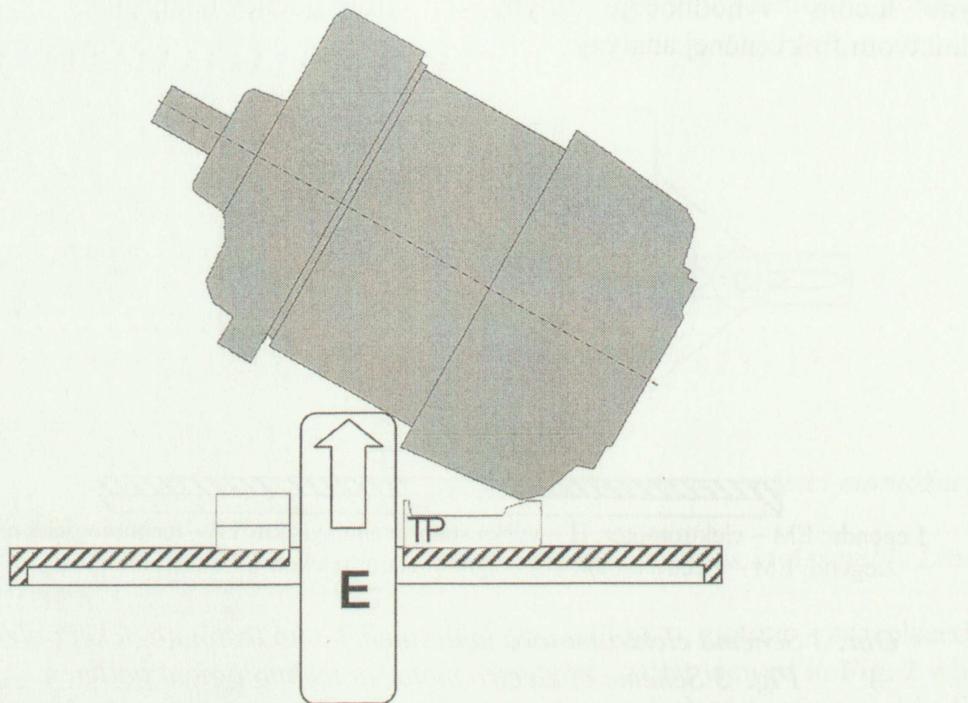


Legenda: EM – elektromotor, H – výška statorového zväzku, TP – technologická paleta, E – zdvíhač do skenovacej polohy, 1.PLS – prvý bod laserového skenovania, 2.PLS – druhý bod laserového skenovania
Legend: EM – electro motor, H - height of stator packet, TP – technological pallet, E – elevator to scanning position, 1.PLS – first point of laser scanning, 2.PLS – second point of laser scanning

Obr. 4 Zdvihnutá poloha elektromotora počas laserového skenovania
Fig. 4 Raised position of electro motor in time of laser scanning

Základný občasne sa vyskytujúci problém pri zdvihaní do polohy laserového skenovania je preklopenie motora a zablokovanie funkcií LMS. Táto situácia vyžaduje zákrok personálu (**Obr. 5**).

Ground problem scarce at time of elevation for laser inspection position is overturning of electro motor and blocking functions of LIS. This event required intervention of service personnel (**Fig. 5**).



Legenda: TP – technologická paleta, E – zdvíhač do skenovacej polohy
Legend: TP – technological pallet, E – elevator to scanning position

Obr. 5 Preklopenie elektromotora počas zdvívania do inšpekčnej polohy
Fig. 5 Overturning of electro motor occurred at time elevation to inspection position

Ďalším problémom je rozdiel v dosiahnutých výsledkov dosiahnutých prostredníctvom LMS a zariadením mimo linku.

2 ANALÝZY PROBLÉMOV

Oba problémy vykazované v LMS sú spojené s konštrukčnými charakteristikami stanoviska – prvý vo vzťahu k upínaniu motora a druhý vo vzťahu k mechanickej štruktúre stanoviska.

Ďalší navrhnutý krok bola vibračná analýza dopravníka a stanoviska. Základným cieľom analýz bolo posúdiť úroveň vibrácií a určiť dominantné frekvenčné zložky.

Additional problem is difference of vibration analyses performed in LIS and outside of assembly line.

2 ANALYSES OF PROBLEMS

It turned out both problems indicated in LIS are joined with design of stations – first one in relation to fixing motors and second one in relation to frame of stations. Next suggested step was vibration analysis of conveyor and stations. The basic target of analysis were examination vibration level and locate dominate spectral peaks.

Meranie bolo vykonané v súlade s normou ISO 10816. Vibrácie nosného rámu boli zisťované v dvoch smeroch:

- Horizontálnom (kolmo k smeru pohybu dopravníka))
- Vertikálnom (v smere osi laserového lúča)

Merania sa vykonávali v dvoch režimoch:

- Počas behu motora LMS
- Počas odstavenia linky (bez behu motora a pohybu dopravníka)

Pre testovanie vibrácií boli použité zariadenia:

- Frekvenčný analyzátor Microlog CMVA55
- Softvér Prism2
- Snímač – akcelerometer typu WR 797 (frekvenčný rozsah 1,6-16 000 Hz, citlivosť 100 mV/g)

Použité meracie metódy:

- Rýchlosť mm/s RMS, 2 – 800 Hz
- Zrýchlenieg PtP, 2 – 800 Hz
- Zrýchlenieg PtP, 2 – 16 000 Hz
- ObálkaZrýchle Eg Pt,2 – 1 600 Hz, frekvenčné pásmo 0,5 – 10 kHz

Výsledky vibračných analýz sú

uvedené v **Tab. 1.**

Measurement of the vibration was carried out according to ISO 10816. Vibrations of station frames were detected in two directions:

- Horizontally (perpendicular to conveyor movement)
- Vertically (in direction of laser beam axis)

Two modes of measurement were used:

- In time of running of tested motor in LIS
- In time of rest phase in LIS (no running motor, no movements of components of LIS)

For vibration testing were used:

- Frequency analyser Microlog CMVA55
- Software Prism2
- Sensor – accelerometer WR 797 (transmission bandwith 1,6-16 000 Hz, sensitivity 100 mV/g)

Applied measurement methods:

- Velocitymm/s RMS, 2 – 800 Hz
- Accelerationg PtP, 2 – 800 Hz
- Accelerationg PtP, 2 – 16 000 Hz
- EnvAccEg Pt,2 – 1 600 Hz, frequency band 0,5 – 10 kHz

Results of vibration analyses are displayed in **Tab. 1.**

Tab. 1 Výsledky počiatocných vibračných analýz**Tab. 1** Results of start vibration analyses

	Horizontálne Horizontally		Vertikálne Vertically	
	Bežiaci motor Running motor	Odstavená LMS Rest of LIS	Bežiaci motor Running motor	Odstavená LMS Rest of LIS
Rýchlosť Velocity Up 0,8 kHz	2,630	0,080	0,310	0,026
Zrýchlenie Acceleration Up 0,8 kHz	0,220	0,002	0,050	0,001
Zrýchlenie Acceleration Up 16 kHz	0,270	0,001	0,040	0,001
Obálka Zrýchl EnvAcc Up 1,6 kHz	0,013	0,004	0,021	0,004
Komentár Comment	Dominantná vibrácia na frekvencii 100Hz Dominant vibration at frequency 100Hz	Vibrácia cca 100x nižšia ako pri bežiacom motore Vibration cca 100x lower like at running motor	Dominantná vibrácia na frekvencii 100Hz, 8x menšia amplitúda ako pri horizontálnom smere Dominant vibration at frequency 100Hz, 8x lower amplitude like at horizontally direction	Veľmi nízka úroveň amplitúd Very low layer of amplitudes

Na základe výsledkov je možné uviesť [1]:

- Zvýšené hodnoty vibrácií na nosnom ráme LMS počas behu motora
- Najvyššie hodnoty amplitúdy na frekvencii 100Hz v horizontálnom smere
- Čiastočný prenos otáčkovej frekvencie elektromotora na nosný rám
- Frekvencie nad 1000 Hz sú výrazne utlmené

Odporučenia na základe výsledkov analýz:

- Dominantná vibrácia 100Hz s harmonickými násobkami s

From results is possible say [1]:

- Increasing values of vibration at station frame measuring at motor during motor running
- Highest amplitude values at frequency 100 Hz in horizontally direction
- Particularly transmission of frequency of motor rotational speed
- Frequencies up 1000 Hz are markedly damped

Recommendation according to results:

- Dominant vibration 100Hz has harmonics multiples with low amplitudes show to steps:

nízkymi amplitúdami poukazujú na potrebu vykonania jedného z krokov:

- Vystuženie rámu LMS
- Preladenie vlastnej frekvencie rámu

Požadovaná úroveň zníženia úrovne amplitúd pod hodnotu 1 mm / s.

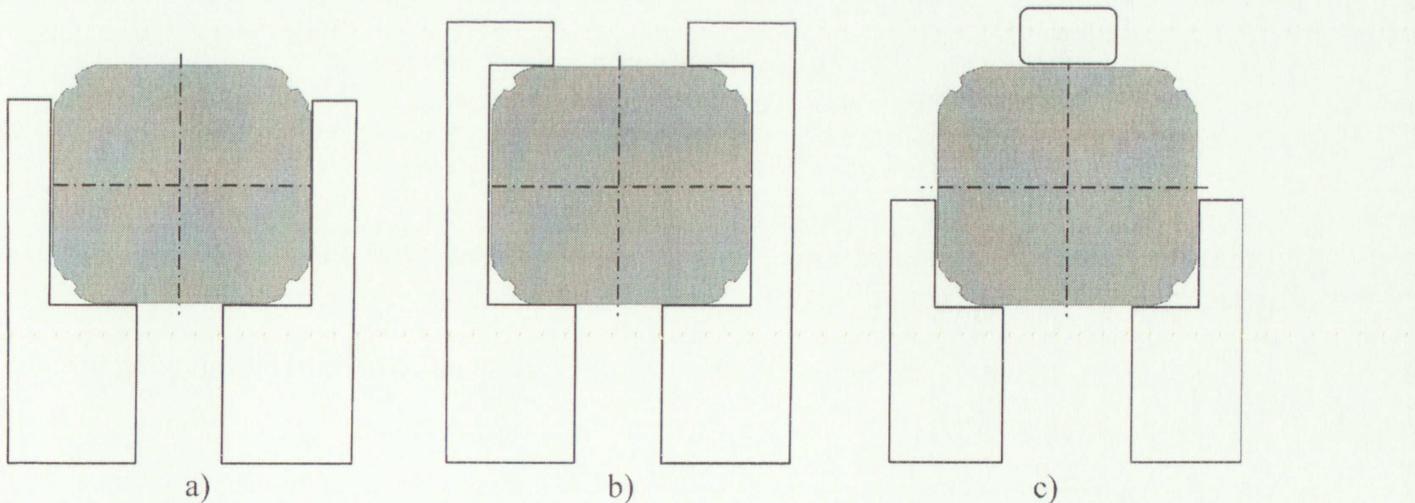
3 NÁVRHY ZNÍŽENIA POPÍSANÝCH PROBLÉMOV

Na základe odporúčaní z výsledkov vibračných analýz bola zvolená metóda vystuženia rámu LMS. Pretože pôvodný rám bol zhotovený z modulárnych častí, pre rekonštrukciu s použili nové originálne rebrá a výstuže výrobcu

Zmena konštrukcie bola tiež orientovaná pre najdenie lepších výsledkov zdvihu 12 typov motorov bez nebezpečenstva preklopenia a generovania núdzových zastavení LMS.

V počiatočnom kroku tejto úlohy boli vytvorené 3 varianty lepšieho upnutia počas zdvihu a laserového skenovania

(Obr. 6).



Obr. 6 Návrhy variovania vhodnejšieho upnutia počas zdvihu a laserového skenovania

Fig. 6 Proposals of variations of better motor positioning at time elevation and laser scanning

○ Strengthening of station frame

○ Retune of station frame

natural frequency

Required layer of amplitude depression is under value 1 mm per sec.

3 PROPOSITIONS OF REDUCTION DESCRIBE PROBLEMS

According to vibration analyses recommendation was selected method of station frame strengthening. Because the original frame was build from module part, for redesign was use new ribs and beams from the same producer.

Redesign was also oriented to finding out better results of elevation of 12 types motors without overturning and generating emergency stops at LIS.

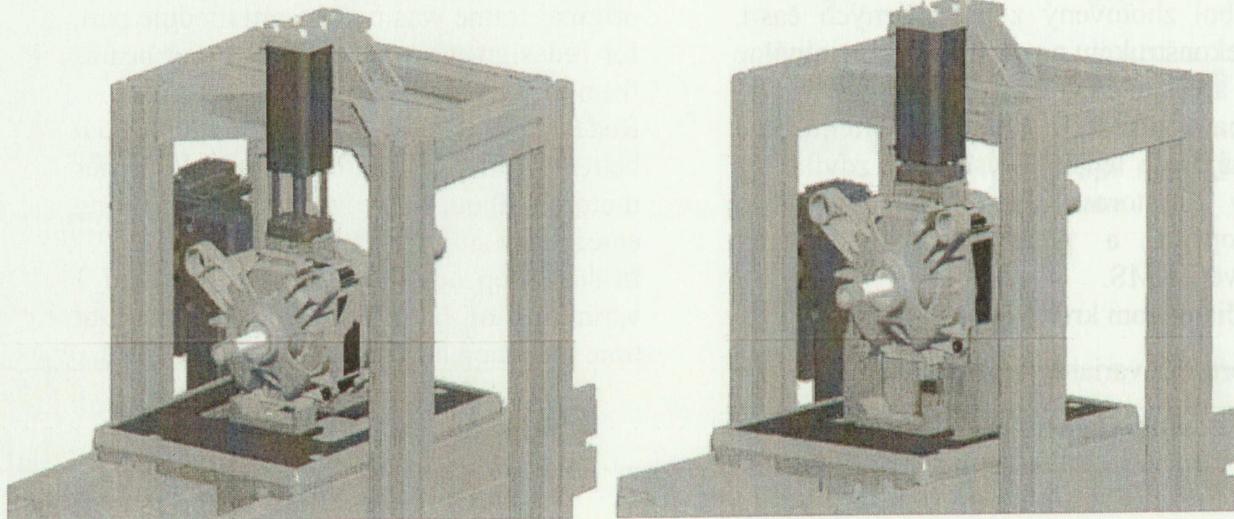
In start step of this task were prepared 3 variations of better motor positioning at time elevation and laser scanning (**Fig. 6**).

Z týchto variácií bola ako prvá vylúčená alternatíva b) pretože vyžaduje výrazný pohyb v smere kolmom na os motora, ale technologická paleta nemôže byť upravená na takýto stav. Pre alternatívu a) je potrebné použiť pohony pracujúce pod technologickou paletou v nevyhovujúcich smeroch. Ako najvhodnejšia alternatíva bola zvolená c), pretože horný pridržiavač môže pracovať za pomoci veľmi jednoduchého pohonu a jeho riadenia.

Konečná podoba zdvívacieho mechanizmu v oboch krajných polohách je uvedená na *Obr. 7*.

From these variations was like first eliminate alternative b) because is required stream perpendicular to axis of motor, but technological pallet cannot be modified to this stay. For alternative a) is necessary spending drives working under technological pallet in disadvantageous directions. Like best alternative was chosen c), because upper blankholder can work by help very simple drive and his control.

Final status of elevation mechanism, by both marginal positions is in *Fig. 7*.



Obr. 7 Modifikovaná laserová meracia stanica

Fig. 7 Modified Laser Inspection Station

4 ZÁVER

Po prepracovaní konštrukcie a fyzickom prepracovaní LMS boli vykonané testy:

- Spoľahlivosť polohovania motora pre laserové skenovanie
- Meranie vibračných charakteristík rámu LMS

Počas testovania polohovania motora pre laserové skenovanie bola preukázaná 100% spoľahlivosť tejto operácie počas plného zaťaženia dopravníka.

4 CONCLUSION

After redesign and reworking LIS were carried out tests:

- Reliability of motor positioning for laser scanning
- Measurement of frame vibration characteristics

During testing of motor positioning for laser scanning has shown 100% reliability of this operation in full activity of line.

Tiež bola vykonaná vibračná analýza prostredníctvom tej istej metodiky akou sa vykonávali úvodné analýzy a porovnanie výsledkov vstupných a výstupných výsledkov počas behu motora je uvedené v **Tab. 2**.

Tab. 2 Výsledky výstupných meraní vibračných charakteristik a porovnanie so vstupnými výsledkami počas behu motora

Tab. 2 Results of final vibration analyses and comparison with results of start analyses for running motor

	Horizontálne Horizontally		Vertikálne Vertically	
	Vstupná anal. Start Anal.	Výstupná anal. Final Anal.	Vstupná anal. Start Anal.	Výstupná anal. Final Anal.
Rýchlosť Velocity Up 0,8 kHz	2,630	1,600	0,310	0,220
Zrýchlenie Acceleration Up 0,8 kHz	0,220	0,024	0,050	0,060
Zrýchlenie Acceleration Up 16 kHz	0,270	0,150	0,040	0,020
Obálka Zrých EnvAcc Up 1,6 kHz	0,013	0,060	0,021	0,040

Počas odstavenia linky sa vykonala rázová skúška nosného rámu za účelom zistenia frekvenčnej odozvy mechanickej sústavy rámu. Vlastná frekvencia rámu sa určia v okolí dvoch dominantných frekvencií – 25 Hz and 85 Hz.

Z výsledkov všetkých testov vykonaných ne rekonštruovanej LMS je možné uviesť [2]:

- Vibrácie na ráme výrazne poklesli
- Vlastná frekvencia rámu je v okolí frekvencií – 25 Hz a 85 Hz
- Dynamické budenie na frekvencii 100 Hz je mimo rezonančnej oblasti
- Nad frekvenciou 200 Hz sa nevyskytujú vysoké vibrácie zodpovedajúce rámu LMS.
- Vibrations are markedly lower
- Natural frequency of frame is at frequencies – 25 Hz and 85 Hz
- Dynamic driving at frequency 100 Hz is out of resonance range
- Above frequency 200 Hz are not occurs a high vibration corresponding to frame.

Also were done vibration analysis by help methodics like in start analysis. Result of final vibration analysis and comparison with results of start analyses for running motor are shown in **Tab. 2**.

In time of stopped line was performed impact test of LIS frame. Goal of this test was find out frequency response of mechanical constitution of frame. Natural frequency was founded in area of two dominant frequencies – 25 Hz and 85 Hz. From results of all testes on redesigned LIS in comparison with his initial status is possible say [2]:

Rekonštrukcia laserového meracieho stanoviska bola úspešná a vysšou spoľahlivosťou sa jeho produkcia zvýšila.

Redesign of Laser Inspection Station in assembly line was successful and productivity of stations was increasing.

Literatúra / References

- [1] Adamčík, P. et al.: Protocol 106/2005 - Testing laser inspection stations, working place No. 10, Technická diagnostika, s.r.o., Prešov, 2005
- [2] Adamčík, P. et al.: Protocol 122/2005 - Testing laser inspection stations, working place No. 10, Technická diagnostika, s.r.o., Prešov, 2006

Recenzia/Review: doc. Ing. Vieroslav Molnár, PhD.