



EKSPERIMENTINIAI LINIJINIO KEITIKLIO SISTEMOS TYRIMAI

Donatas GURAUSKIS¹, Artūras KILIKEVIČIUS², Antanas FURSENKO³, Mohammed SAMY⁴

^{1, 2, 3}*Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Vilnius, Lietuva*

⁴*Helwan University, Cairo, Egypt*

El. paštas: ¹donatas.gurauskis@vgtu.lt; ²arturas.kilikevicius@vgtu.lt; ³antanas.fursenko@vgtu.lt;

⁴mohammed_mohammed@h-eng.helwan.edu.eg

Santrauka. Linijinių poslinkių matavimo keitikliuose vykstančių procesų išmanymas ir naujų technologijų taikymas leidžia spręsti kylančias problemas ir prisiderinti prie vis griežtėjančių reikalavimų. Darbe išnagrinėtos linijinio keitiklio sistemos vienos pagrindinės dalies – matavimo galvutės – dinaminės charakteristikos. Šiame darbe atlikti precizinės linijinio keitiklio sistemos eksperimentiniai tyrimai. Darbe parodytas linijinio keitiklio sistemos eksperimentinis standas, kuris skirtas virpesių poveikiui tirti esant skirtingiems judėjimo greičiams.

Reikšminiai žodžiai: linijinis keitiklis, dinaminės charakteristikos, dinaminis režimas.

Įvadas

Pastaruosius du dešimtmečius precizinių ilgio keitiklių kūrimo ir taikymo srityje pastebimas vis didėjantis konkurencinis spaudimas. Kuriami nauji produktai turi dirbti vis sudėtingesnėmis eksploataavimo sąlygomis, taip pat tenkinti prieštarigus didelio tikslumo, patikimumo ir mažos kainos reikalavimus. Keitikliuose vykstančių procesų išmanymas ir naujų technologijų taikymas leidžia spręsti kylančias problemas ir prisiderinti prie vis griežtėjančių reikalavimų (Kasparaitis *et al.* 2006).

Preciziniuose keitikliuose vykstantiems procesams tirti gerai tinka ACES metodologija (angl. *analytical, computational and experimental solution methodology*), kuri numato integruotą analitinių, kompiuterinių ir eksperimentinių tyrimo priemonių / metodų taikymą hibridiniams sprendimams rasti, siekiant pagerinti turimus rezultatus arba validuoti duomenis, gautus taikant kitas metodologijas (Kilikevičius *et al.* 2010).

Kokybiniam ir kiekybiniam precizinio linijinių poslinkių dydžių matavimo proceso determinantų aprašymui reikalingas vienalaikis sudėtingų modelių ir jų tyrimo metodų taikymas (Kilikevičius *et al.* 2016b). Tiriant tokių sistemų savybes, kompleksiskai taikomi analitiniai, skaitiniai, inžineriniai, taip pat fiziniai modeliai (Šiaudinytė *et al.* 2016; Kilikevičius, Kasparaitis 2017). Tai pirmausia pasakytina apie tampriųjų ir temperatūrinių deformacijų įtakos matavimo tikslumui įvertinimą, geometrinių, optinių, dinaminių ir kt. paklaidų kompensavimą, matavimo signalų apdorojimą

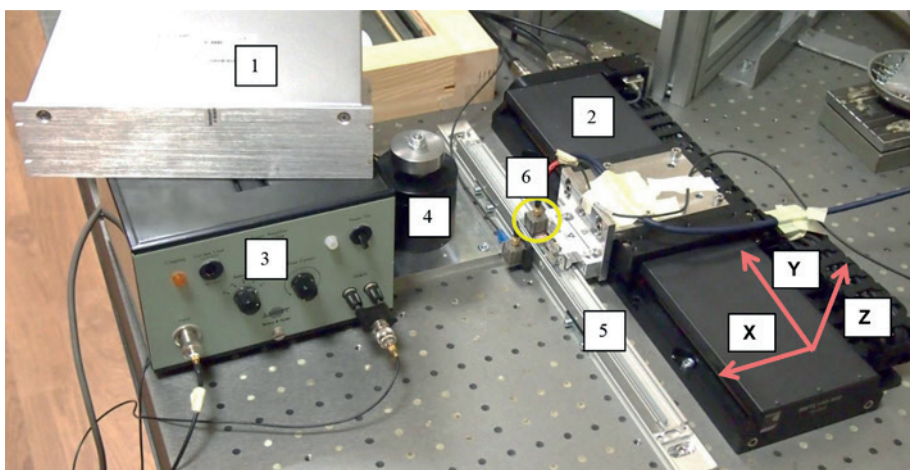
ir kt. Ypač tai svarbu sistemoms, veikiamoms plataus spektro seisminių žadinimų, nevienalyčių temperatūrinių laukų, elektromagnetinių trikdžių ir kitų poveikių. Dažnai analizuojami dinaminiai parametrai, siekiant sukurti optimalių parametru mechanines sistemas (Kilikevičius *et al.* 2016a; Jurevičius *et al.* 2017).

Šiame darbe atlikti precizinės linijinio keitiklio sistemos eksperimentiniai tyrimai. Darbe parodytas linijinio keitiklio sistemos eksperimentinis standas, skirtas virpesių poveikiui tirti esant skirtingiems judėjimo greičiams.

Tyrimo objektas

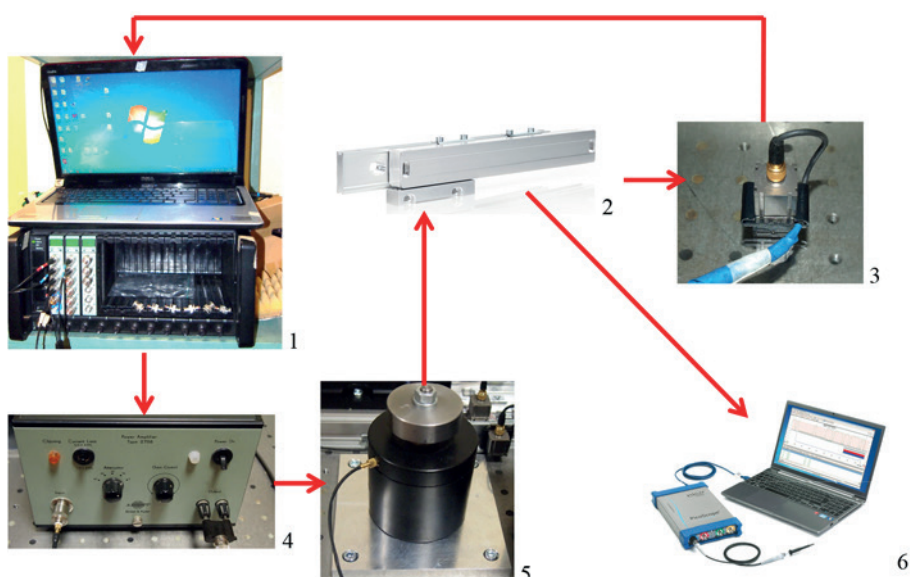
Tyrimo objektas – linijinis keitiklis L18. Linijinio keitiklio L18 techninės charakteristikos: keitiklio išvesties signalo tipas: inkrementinis; matavimo ilgiai, mm: nuo 70 iki 1240; poslinkio klaida bet kuriame ilgio metre (20 °C temperatūroje): ±10; ±5; ±3 (pasirinktinai); išėjimo signalų lygis / maitinimo įtampa: TTL / +5V < 120 mA; 1Vpp / +5V < 120 mA; 11μApp / +5V < 90 mA. Tyrimo standas pateiktas 1 pav. Standą sudaro tiesiaieigė pavara su valdikliu (1 pav. 1 ir 2 pozicijos), išorinio žadinimo įrenginys su valdymo bloku (1 pav. 3 ir 4 pozicijos), linijinis keitiklis su akcelerometrais (1 pav. 5 pozicija).

Virpesių parametrams matuoti buvo panaudotos Brüel & Kjær matavimo priemonės. 2 pav. pateikta linijinio keitiklio kartu su tvirtinimo konstrukcija sistemos dinaminių charakteristikų nustatymo blokinė schema, taip pat virpesių



1 pav. Linijinio keitiklio kartu su tvirtinimo konstrukcija sistemos dinamiųjų charakteristikų nustatymo stendas

Fig. 1. Dynamic behaviour determination equipment of the linear encoder L18



2 pav. Linijinio keitiklio kartu su tvirtinimo konstrukcija sistemos dinamiųjų charakteristikų nustatymo stendo blokinė schema

Fig. 2. Block diagram of the linear encoder dynamic behaviour determination equipment

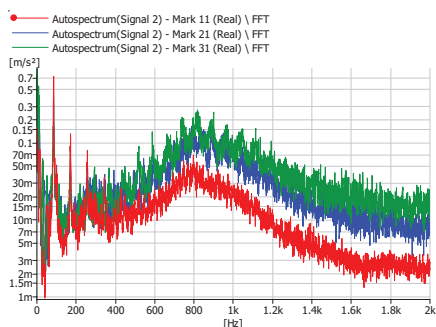
matavimo priemonės: 1) trijų ašių akcelerometras 4506 (2 pav. 3 pozicija); 2) kilnojamoji matavimo rezultatų apdorojimo įranga 3660-D su kompiuteriu DELL (2 pav. 1 pozicija); 3) elektrodinaminis vibratorius (Brüel & Kjaer 2706 stiprintuvas ir 4811 žadinimo dalis) (2 pav. 4 ir 5 pozicijos).

Linijinio keitiklio sistemos eksperimentiniai tyrimai

Akcelerometrai 4506 buvo tvirtinami ant atitinkamų linijinio keitiklio taškų, vienas akcelerometras buvo tvirtinamas prie linijinio keitiklio matavimo galvutės, kitas – prie linijinio keitiklio korpuso.

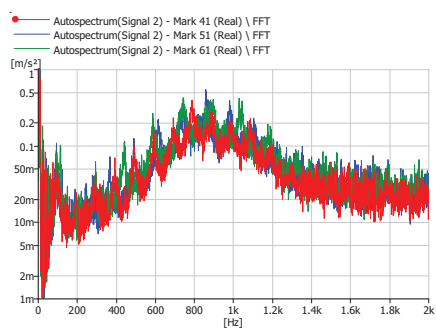
Gauti vertikalios krypties pagreičio spektrinio tankio grafikai pateikti 3–6 grafikuose. Matyti keitiklio galvutės (1 pav. 6 pozicija apvesta rutuliuku), vertikalios krypties pagreičio spektrinio tankio grafikai, esant skirtingiems tiesiaeigės pavaros kariatėlės judėjimo greičiams: 3 pav. 100, 200 ir 300 mm/s; 4 pav. 400, 500 ir 600 mm/s; 5 pav. 700, 800 ir 900 mm/s; 6 pav. 1000 ir 1100 mm/s.

Iš rezultatų (3–6 pav.) analizės matyti, kad skirtingi judėjimo greičiai generuoja skirtingus pasireiškiančius pagreičio amplitudžių dažnius. Dominuojančios pagreičio amplitudės pasireiškia esant 86, 172 ir 256 Hz dažniams (kai greičiai 100, 200 ir 300 mm/s); 26, 42 ir 86 Hz dažniams



3 pav. Keitiklio galvutės (1 pav. 6 pozicija) vertikalios krypties pagreičio spektrinio tankio grafikai, kai kariatėlės greičiai: 100 (raudona), 200 (mėlyna) ir 300 (žalia) mm/s

Fig. 3. Spectral density graphs of the linear encoder scanning-head (Fig. 1, position 6), while the head is driven at: 100 (red), 200 (blue) and 300 (green) mm/s



4 pav. Keitiklio galvutės (1 pav. 6 pozicija) vertikalios krypties pagreičio spektrinio tankio grafikai, kai kariatėlės greičiai: 400 (raudona), 500 (mėlyna) ir 600 (žalia) mm/s

Fig. 4. Spectral density graphs of the linear encoder scanning-head (Fig. 1, position 6), while the head is driven at: 400 (red), 500 (blue) and 600 (green) mm/s

(kai greičiai 400, 500 ir 600 mm/s); 20, 30 ir 136 Hz dažniams (kai greičiai 700, 800 ir 900 mm/s); 18, 30 ir 456 Hz dažniams (kai greičiai 700, 800 ir 900 mm/s)

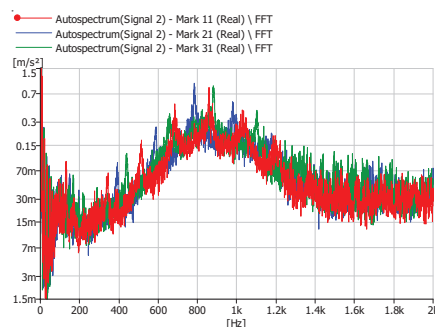
Išvados

Darbe atlikti precizinės linijinio keitiklio sistemos eksperimentiniai tyrimai ir sukurtas linijinio keitiklio sistemos eksperimentinis stendas, skirtas virpesių poveikiui linijiniam keitikliui tirti, esant skirtingiems tiesiaieigės pavaros kariatėlės judėjimo greičiams.

Darbe išnagrinėtos linijinio keitiklio sistemos vienos pagrindinės dalies – matavimo galvutės – dinaminės charakteristikos.

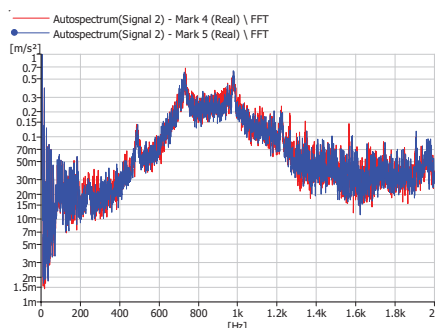
Literatūra

Jurevičius, M.; Skeivalas, J.; Kilikevičius, A.; Turla, V. 2017. Vibrational analysis of length comparator, *Measurement* 103: 10–17. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2017.02.010>



5 pav. Keitiklio galvutės (1 pav. 6 pozicija) vertikalios krypties pagreičio spektrinio tankio grafikai, kai kariatėlės greičiai: 700 (raudona), 800 (mėlyna) ir 900 (žalia) mm/s

Fig. 5. Spectral density graphs of the linear encoder scanning-head (Fig. 1, position 6), while the head is driven at: 700 (red), 800 (blue) and 900 (green) mm/s



6 pav. Keitiklio galvutės (1 pav. 6 pozicija) vertikalios krypties pagreičio spektrinio tankio grafikai, kai kariatėlės greičiai: 1000 (raudona) ir 1100 (mėlyna) mm/s

Fig. 6. Spectral density graphs of the linear encoder scanning-head (Fig. 1, position 6), while the head is driven at: 1000 (red) and 1100 (blue) mm/s

Kasparaitis, A.; Vekteris, V.; Kilikevičius, A. 2006. A vibration source in comparator, in *Seventh International Conference on Vibration Measurements by Laser Techniques: Advances and Applications*, 2006, Ancona, Italy, *Proceedings of SPIE* 6345, 6345O-1.

Kilikevičius, A.; Jurevičius, M.; Berba, M. 2010. Research of dynamics of a vibration isolation platform, *Journal of Vibroengineering* 12(3): 361–367.

Kilikevičius, A.; Jurevičius, M.; Skeivalas, J.; Kilikevičienė, K.; Turla, V. 2016a. Vibrational analysis of angle measurement comparator, *Signal, Image and Video Processing* 10(7): 1287–1294. <https://doi.org/10.1007/s11760-016-0956-8>

Kilikevičius, A.; Kasparaitis, A.; Lazdinis, R.; Kilikevičienė, K. 2016b. Kinematic and dynamic errors during the measurement of linear displacements using the angle transducers, *Mechanika* 22(3): 212–216. <https://doi.org/10.5755/j01.mech.22.3.14180>

Kilikevičius, A.; Kasparaitis, A. 2017. Dynamic research of multi-body mechanical systems of angle measurement, *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing* 18(8): 1065–1073. <https://doi.org/10.1007/s12541-017-0125-1>

Šiaudinytė, L.; Kilikevičius, A.; Sabaitis, D.; Grattan, K. T. V.
2016. Modal analysis and experimental research into improved centering – leveling devices, *Measurement* 88: 9–17.
<https://doi.org/10.1016/j.measurement.2016.01.044>

EXPERIMENTAL RESEARCH OF LINEAR ENCODER

D. Gurauskis, A. Kilikevičius, A. Fursenko, M. Samy

Abstract

Knowledge of the ongoing processes in the linear encoder and application of new technologies allows to solve problems and adapt to increasingly tightening requirements. In the paper, the dynamical characteristics of the linear encoder scanning-head are examined, and the special experimental equipment for the investigation of the mechanical vibration influence, while the head is driven at certain speeds, is presented.

Keywords: linear encoder, dynamic characteristics, dynamic mode.