

1 pav. Abdirbimo centro virpesių parametru matavimo ir analizės priemonės

Gauti matavimo signalai kompiuteriu buvo apdorojami, panaudojant programinius paketus Origin 6 ir Pulse. Buvo apskaičiuoti signalų spektrai, skirstiniai ir statistiniai parametrai:

Aritmetinis vidurkis:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i .$$

(1)

Standartinis nuokrypis:

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} . \quad (2)$$

Standartinis vidurkio nuokrypis (aritmetinio vidurkio vidutinė kvadratinė paklaida):

$$S_{\bar{x}} = \frac{S_x}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} . \quad (3)$$

Sklaida:

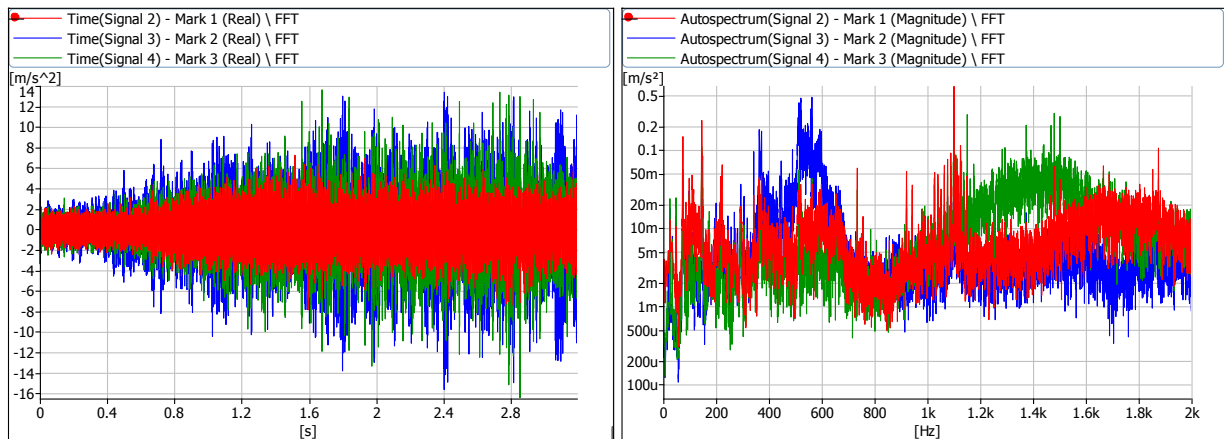
$$x_{sklaida} = x_{\max} - x_{\min} , \quad (4)$$

čia: n – matavimo rezultatų skaičius, x_i – i-asis matavimo rezultatas.

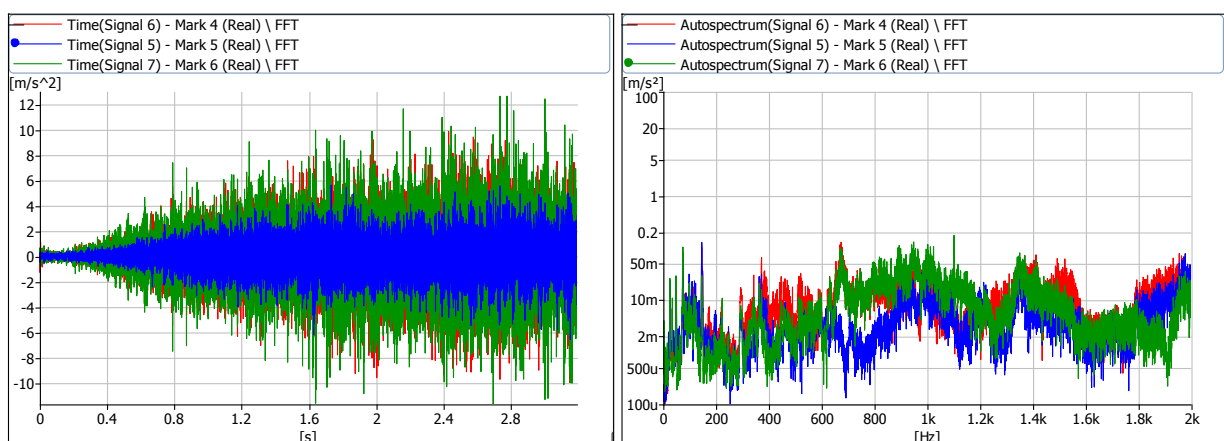
Apdirbimo staklių sūklio ir staliuko virpesiai

Virpesių matavimai buvo atlikti ant apdirbimo staklių sūklio ir staliuko (1 pav. d), kai buvo naudojami skirtingi apdirbimo būdai, t. y. grėžimas ir frezavimas. Matavimai atlikti trimis kryptimis, matavimams buvo naudojami 4506 triašiai akcelerometrai. Matavimo rezultatai pateikti 2 ir 3 paveiksluose.

2 paveiksle pateikti staklių sūklio (2 pav. a) ir staliuko (2 pav. b) atsakų rezultatai, kai staklės yra darbinėje būsenoje (atliekama grėžimo procedūra). 3 paveiksle pateikti staklių sūklio (3 pav. a) ir staliuko (3 pav. b) atsakų rezultatai, kai staklės yra darbinėje būsenoje (atliekama frezavimo procedūra).



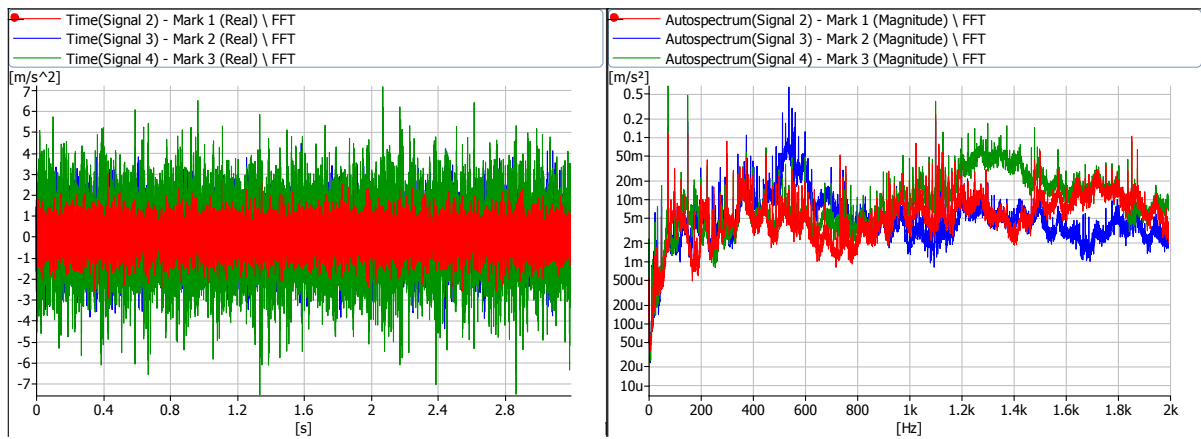
a)



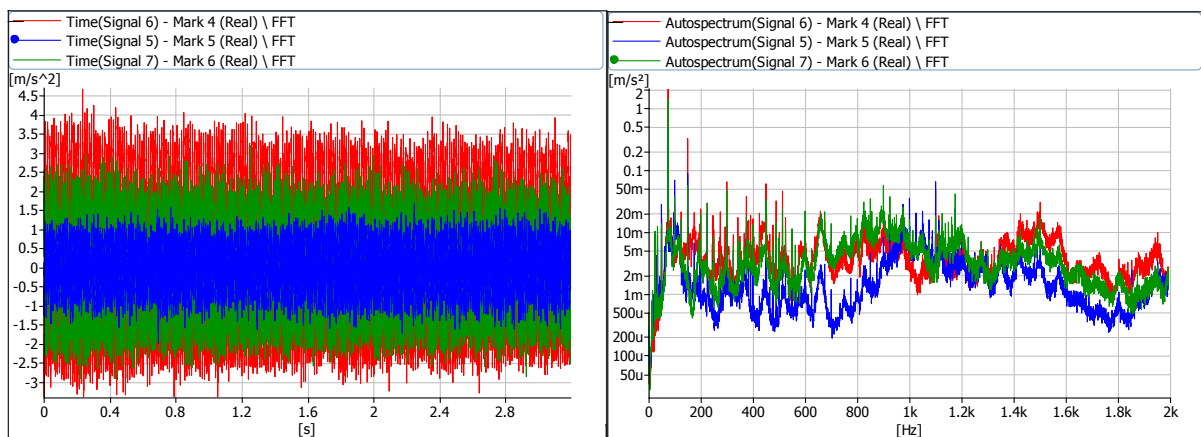
b)

2 pav. Staklių sūklio (a) ir staliuko (b), kai staklės yra darbinėje būsenoje (t.y. atliekama grėžimo procedūra), absoliučių virpesių pagreičio amplitudės laikinio signalo ir spektrinio tankio grafikai

2 paveikslo grafikai (kai staklės yra darbinėje būsenoje ir yra atliekama grėžimo procedūra) rodo, kad staklių sūklio virpesiai trimis kryptimis yra panašūs, vertinant staklių staliuko virpesius trimis kryptimis matyti, kad horizontaliomis kryptimis virpesiai yra panašūs, o vertikalia kryptimi yra mažesnės apie 30 %.



a)



b)

3 pav. Staklių sūkliaus (a) ir staliukio (b), kai staklės yra darbinėje būsenoje (t.y. atliekama frezavimo procedūra), absoliučių virpesių pagreičio amplitudės laikinio signalo ir spektrinio tankio grafikai

3 paveikslas rodo, kad staklių sūkliaus virpesiai horizontaliomis kryptimis virpesiai yra panašūs, o vertikalios krypties virpesiai yra mažesni apie 30 %, vertinant staklių staliuko virpesius trimis kryptimis matyti, kad horizontaliomis kryptimis virpesiai yra panašūs, o vertikalios krypties virpesiai yra mažesni apie 40 %.

Išvados

1. Atlikus informacijos šaltinių analizę nustatyta, jog staklių stabilumas yra labai svarbus reiškinys, siekiant didesnio gamybos našumo, staklių ilgaamžiškumo, ilgesnio įrankio tarnavimo laiko, tikslesnių pagamintų detalių matmenų ir mažesnio detalės paviršiaus šiurkštumo. Staklių stabilumui didelę įtaką taip pat turi pjovimo greitis, staklių konstrukcijos ir staklių elementų virpesiai.

2. Nustatyta, kad kai atliekamas gręžimas vertinant staklių staliuko virpesius trimis kryptimis matyti, kad horizontaliomis kryptimis virpesiai yra panašūs, o vertikalios krypties virpesiai yra mažesni apie 30 %.

3. Nustatyta, kad kai atliekamas frezavimas staklių sūkliaus virpesiai horizontaliomis kryptimis virpesiai yra panašūs, o vertikalios krypties virpesiai yra mažesni apie 30 %, vertinant staklių staliuko virpesius trimis kryptimis matyti, kad horizontaliomis kryptimis virpesiai yra panašūs, o vertikalios krypties virpesiai yra mažesni apie 40 %.

Literatūra

1. Rmili W., Ouahabi A., Serra R., Kiuos M. Tool wear monitoring in turning processes using vibratory analysis. *International Journal of Acoustics and Vibrations*. 2009, Vol. 14, p. 4 – 11.
2. Maia N. M. M. and Silva J. M. M. E. *Theoretical and Experimental Modal Analysis*, John Wiley & Sons, New York, NY, USA, 1997.
3. Anyet U. Patwari, Weleed F. Faris, A. K. M. Nurul Amin, S. K. Loh. Dynamic modal analysis of vertical machining centre components. *Advances in Acoustics and Vibration*. 2009, Vol. 2009, p. 125 – 136.
4. Eynian M. Chatter stability of turning and milling with process damping: Summary of the doctoral dissertation. The University of British Columbia. Vancouver, 39 p. 2010.

5. Patwari A. U., Faris W. F., Nurul Amin A. K. M. and Loh S. K. Dynamic modal analysis of vertical machining centre components. *Advances in acoustics and vibrations*. 2009, Vol. 2009, p. 10.
6. Merdol S. D. Virtual three-axis milling process simulation and optimization: Summary of the doctoral dissertation. The University of British Columbia. Vancouver. 2008, p. 48.
7. Lin S. Y., Chang R. W., Chung C. T., Chan C. K. Cutting stability investigation on a complicated free surface machining. *Journal of achievements in materials and manufacturing engineering*. 2008, Vol. 31. p. 531 – 539.

DYNAMICS RESEARCH OF HAAS MACHINING CENTER „MINIMILL”

Summary

The production of details there are the main challenge is to get the task dimensions, surface and macro geometric settings. While the rapidly developing technologies used in new materials, processing methods, but to date remains one of the key - machining cutting tools. The article presents the experimentally obtained HAAS machining center “MINIMILL” dynamic studies.

Key words: milling, CNC center, vibration.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Darius Vainorius.

Mokslo laipsnis ir vardas: magistras.

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Mechanikos inžinerijos fakulteto Mechanikos inžinerijos katedros asistentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Mechanika, virpesiai, guolių diagnostika.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 6861 72389, darius.vainorius@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Arturas Kilikevičius.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Mechanikos inžinerijos fakulteto Mechanikos inžinerijos katedros docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Mechanika, virpesiai, guolių diagnostika.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 677 55819, arturas.kilikevicius@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Jonas Matijošius.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Transporto inžinerijos fakulteto Automobilių transporto katedros docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Transporto ekologija, alternatyvioji energetika.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 684 04169, jonas.matijosius@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Jurijus Tretjakovas.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijos, Technikos fakulteto Mechanikos katedros docentas. VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Fundamentinių mokslų fakulteto Medžiagų atsparumo ir teorinės mechanikos katedros docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Mechanika, aplinkosauga.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 686 21859, j.tretjakovas@vtdko.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Antanas Fursenko.

Science degree and name: master of science.

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Mechanical Engineering Faculty Mechanical Engineering department assistant.

Author’s research interests: Mechanics, vibrations, diagnostic of rolling.

Telephone and e-mail address: 8 6861 72389, darius.vainorius@vgtu.lt

Author name, surname: Arturas Kilikevičius.

Science degree and name: doctor, associated professor.

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Mechanical Engineering Faculty Mechanical Engineering department associated professor.

Author’s research interests: Mechanics, vibrations, diagnostic of rolling.

Telephone and e-mail address: 8 677 55819, arturas.kilikevicius@vgtu.lt

Author name, surname: Jonas Matijošius.

Science degree and name: doctor, associated professor.

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Transport Engineering Faculty Automobile Transport department associated professor.

Author's research interests: Transport ecology, alternative energetics.

Telephone and e-mail address: 8 684 04169, jonas.matijosius@vgtu.lt

Author name, surname: Jurijus Tretjakovas.

Science degree and name: doctor, associated professor.

Workplace and position: Vilnius Technology and Design College, Technical faculty Mechanics department associated professor. Vilnius Gediminas Technical University, Fundamental Sciences Faculty Strength of Materials and Engineering Mechanics department associated professor.

Author's research interests: Mechanics, environmental.

Telephone and e-mail address: 8 686 21859, j.tretjakovas@vtdko.lt

TIESIAEIGĖS POZICIONAVIMO SISTEMOS VALDYMO METODŲ TYRIMAS

Artur Piščalov, Artūras Kilikevičius, Jonas Matijošius, Jurijus Zaranka
Vilniaus Gedimino technikos universitetas

Anotacija

Šiame darbe bus pateikiami eksperimentiniais duomenimis paremti tiesiaeigės pozicionavimo sistemos, bei sistemos reguliatoriaus dinaminio modeliavimo, bei sistemos identifikavimo dažnių srityje rezultatai. Pozicionavimo sistema, sudaro tiesiaeigis sinchroninis variklis, kreipiančiosios, padėties keitiklis, bei srovės kontūro reguliavimas. Reguliatorių sudaro pavaldaus greičio, padėties ir srovės valdymo kontūrai, bei filtrai. Remiantis literatūra, bei iteraciniais matematinės analizės metodais, buvo nustatyta, kad studijuojama pozicionavimo sistema galima aproksimuoti naudojant 6 eilės perdavimo funkcija. Remiantis literatūra, bei matematinės analizės metodais, atvirą sistemą galima aproksimuoti 6 eilės perdavimo funkcija

Reišminiai žodžiai: dinamika, dinaminis modeliavimas, identifikavimas dažnių srityje, nuolatinės srovės variklis, sub-mikro tiesiaeigė pozicionavimo sistema, skaitmeniniai reguliatoriai, PID, PIV, skaitmeniniai filtra, juostiniai filtrai, žemų dažnių filtrai.

Įvadas

Tiesiaeigės pavaros (TP) yra labai paplitusios įvairiose žmogaus veiklos srityse: gamyboje, metrologijoje, transportavime ir pan. (Jacek *et al.* 2004; Rimkevičienė *et al.* 2005; Persson 2006). Tiksliosios mechanikos, lanksčiosios gamybos, optinių komponentų gamybos, lazerių gamybos pramonėje, ypač svarbus tiesiaeigio judesio pakartojamumas, bei tikslumas.

Siekiant sumažinti kinematinų porų skaičių, bei iš to sekančius neapibrėžtumus (trintis, savieji virpesiai, dilimas ir t.t.), pramonėje vis plačiau taikomi tiesiaeigiai sinchroniniai varikliai (TSV). Remiantis TP teorija, TSV pagrindu kuriamos tiesiaeigės pozicionavimo sistemos (TPS) (Ruben 2010, Wang 2005; Kim *et al.* 2005). Šio uždavinio sprendimas, tampa aktualus tik tuo atveju, jei siekiamą pasiekti nano metrų (5...300nm) pozicionavimo pakartojamumą ir tuo pačių, mažus atstumus (50..500mm), judėti sąlyginai dideliu greičiu (300-2000 mm/s), esant mažesniems preciziškumo reikalavimams, būtina ir pakanka taikyti klasikinius sukiojimų variklių pagrindu suprojektuotas TPS .

Darbe **tikslas** – atlikti tiesiaeigės pozicionavimo sistemos valdymo metodų tyrimą.

Tikslui pasiekti išsikelti šie **uždaviniai**:

1. Sudaryti, fizinį objektą atitinkanti TPS matematinį modelį;
2. Atlikti eksperimentus taikant skirtingus reguliatorius, bei juos lydinčius signalą formuojančius filtrus.

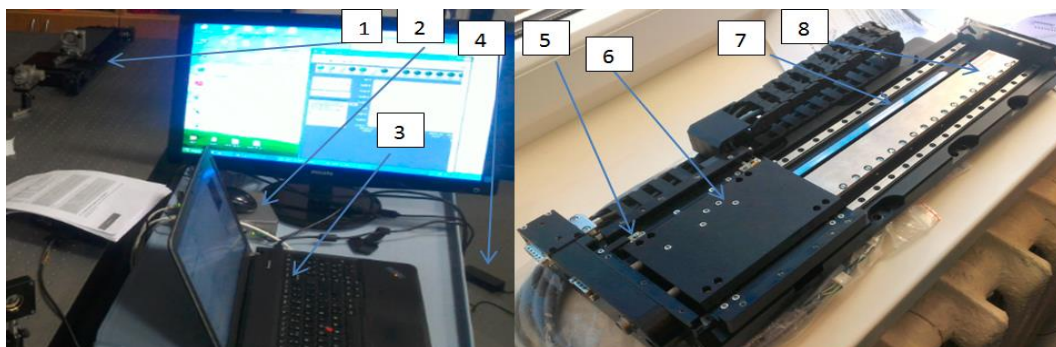
Analizuoti elektromechaninę sistemą laiko srityje yra patogiu, tačiau neefektyvu, todėl darbu su mažas dydžiais, bei skaitmeninėm valdymo sistemom (SVS), literatūroje rekomenduojama dirbti su TVS modeliais dažnių srityje (Jamaludin 2008; Yin *et al.* 2009; Saiki *et al.* 2010). Tai supaprastina analizę, bei leidžia nuspėti sistemos dinamiką, žadinant ją įvairiais dažniais. Šiame tyrime didžiausias dėmesys skirtas būtent šio uždavinio sprendimui, bei perdavimo funkcijos nustatymui.

Sudarant TPS, bei regulioiatoriaus dinaminį modelį, būtina priimti tam tikras prielaidas, elektromechaninės sistemos analizei supaprastinti (Rimkevičienė *et al.* 2005).

Taikant klasikinę, dažnyje apriboto žadinimo (DAŽ) metodiką (Pintelon ir Schoukens 2001), nustatytas TPS, bei jo regulioiatoriaus elgesys dažnių srityje, bei palyginta su analitiniu TPS modeliu.

Eksperimentinis stendas ir objektas

Darbe nagrinėjamas objektas yra precizinė tiesiaeigė, sub-mikro, pozicionavimo sistema 8MT140-300 (žr. 1 pav.).



1 pav. Eksperimentinis TPS stendas (kairėje); precizinė TPS (dešinėje): 1) MPS; 2) Keitiklis ir valdiklis; 3) PK; 4) Maitinimo šaltinis; 5) Priartėjimo jutikliai; 6) padėties keitiklis; 7) rastrinė liniuotė; 8) tiesiaeigis variklis.