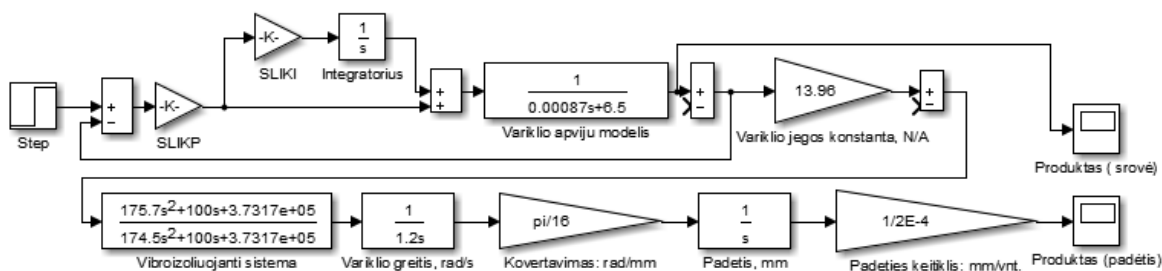


Rezultate, Matlab Simulink aplinkoje sudaromas galutinis TPS modelis (žr. 2 Pav.):



3 pav. TPS dinaminis modelis

Taip pat, užrašoma sistemos perdavimo funkcija Laplaso srityje 1, remiantis :

$$\frac{U(s)}{X_1(s)} = \left(\frac{K_{IP}s + K_{II}}{s} \right) \cdot \left(\frac{1}{Ls + R} \right) \cdot (K_M) \cdot \left(\frac{1}{m_2 s^2} \left(\frac{(m_2 + m_1)s^2 + C_1 s + K_1}{(m_1)s^2 + C_1 s + K_1} \right) \right) \cdot \frac{K_{PP}}{2\pi} \cdot K_E = \quad (1)$$

$$= \frac{3.27e06s^3 + 1.722e8s^2 + 5.595e09s + 2.938e11}{0.1822s^6 + 1377s^5 + 1209s^4 + 2.367e06s^3 + 1.404e06s^2}$$

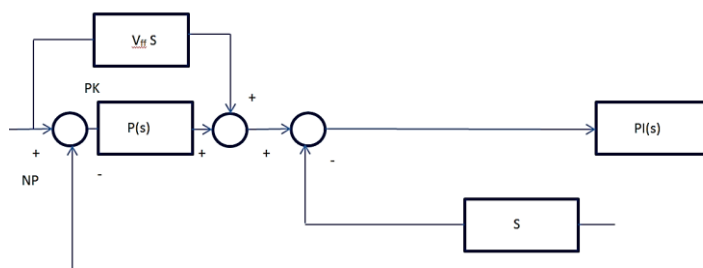
Regulatoriaus dinaminis modeliavimas

Parenkant regulatorių, būtina atkreipti dėmesį į tai, kad LADCh turi turėti kuo aukštesnį slopinimą, žemų dažnių srityje, bei turi turėti kuo mažiau rezonansų galinčių išvesti sistemą iš stabilumo būsenos aukštų dažnių srityje. Tuo pačiu kontroliuojamos sistemos fazės atsarga turi būti tarp 20 ir 30 laipsnių.

Šiame darbe, paprastumo dėlei, bus pasirinkti, klasikiniai, dviejų tipų pavaldau valdymo regulatoriai:

- Proporcinio tipo padėties regulatorius su koreguojančia greičio grandimi, bei proporcinis-integralinis greičio regulatorius (žr. 4 pav.)
- Proporcinio tipo padėties regulatorius su koreguojančia greičio grandimi, bei proporcinio-integralinio tipo greičio regulatorius su žemų dažnių filtrų greičio kontūre. (žr. 5 pav.).

Iš anksto eliminuojama diferencijuojanti grandis ir pakeičiama, koregavimo grandimi, dėl diferencialinio regulatoriaus savybių: galimybės išvesti sistemą iš stabilumo, bei regulatoriaus paprastumo.



4 pav. Proporcinio tipo padėties regulatorius su koreguojančia greičio grandimi, bei proporcinis-integralinis greičio regulatorius

Aukščiau pavaizduota regulatoriu galima aprašyti, nesudėtinga antros eilės perdavimo funkcija, su dviem realiai nuliais ir vienu nuliniu poliui, 2:

$$\frac{NP(s)}{FS(s)} = K_V \frac{(s + K_P)(s + K_I)}{s} =$$

$$= (1.1 / 2^{10}) \cdot 1.986448E + 2 \cdot \frac{(s + 4.712389E+1)(s + (1.2 / 2^2) \cdot 3.088311E + 2)}{s} =$$

$$= \frac{0.2134s^2 + 29.83s + 931.7}{s} \quad (2)$$

Taip pat, dažnai literatūroje sutinkamas, analogiškas patobulintas regulatorius su greičio kontūre įterptu žemu dažniu filtru, mechaninių disbalansu eliminavimui.

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 kinematinį 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.

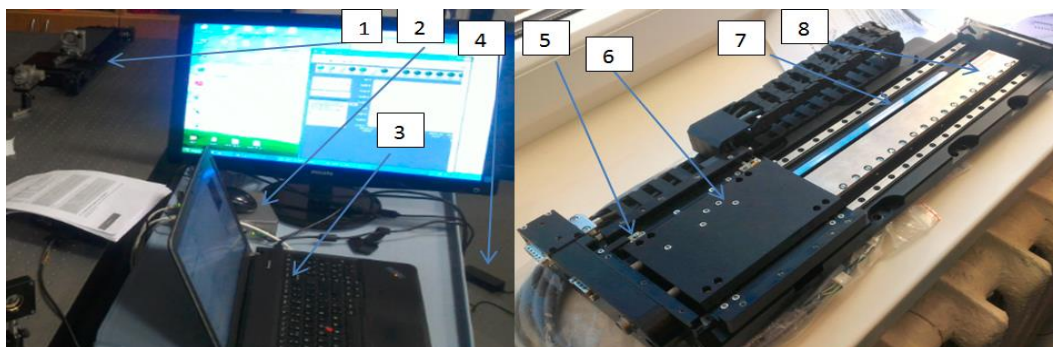
Analizuoti elektromechaninę sistemą laiko srityje yra patogiu, tačiau neefektyvu, todėl darbu su mažas dydžiais, bei skaitmeninėm valdymo sistemom (SVS), literatūroje rekomenduojama dirbti su TVS modeliais dažnių srityje (Jamaludin 2008; Yin *et al.* 2009; Saiki *et al.* 2010). Tai supaprastina analizę, 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 regulioatoriaus dinaminį modelį, būtina priimti tam tikras prielaidas, elektromechaninės sistemos analizei supaprastinti (Rimkevičienė *et al.* 2005).

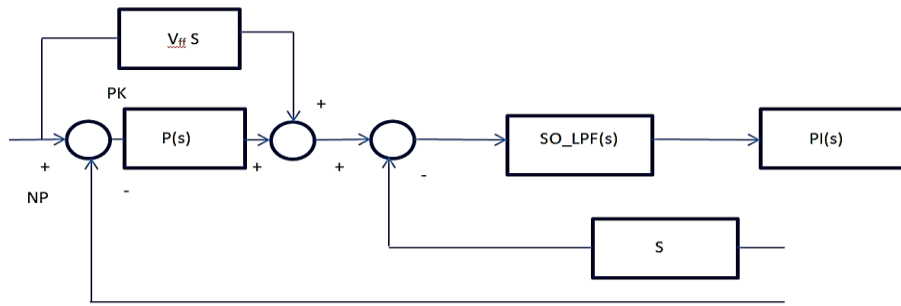
Taikant klasikinę, dažnyje apriboto žadinimo (DAŽ) metodiką (Pintelon ir Schoukens 2001), nustatytas TPS, bei jo regulioatoriaus elgesys dažnių srityje, bei palyginta su analitiniu TPS modeliu.

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.



5 pav. Proporcinio tipo padėties reguliatorius su koreguojančia greičio grandimi, bei proporcinio-integralinio tipo greičio reguliatorius su žemų dažnių filtrų greičio kontūre

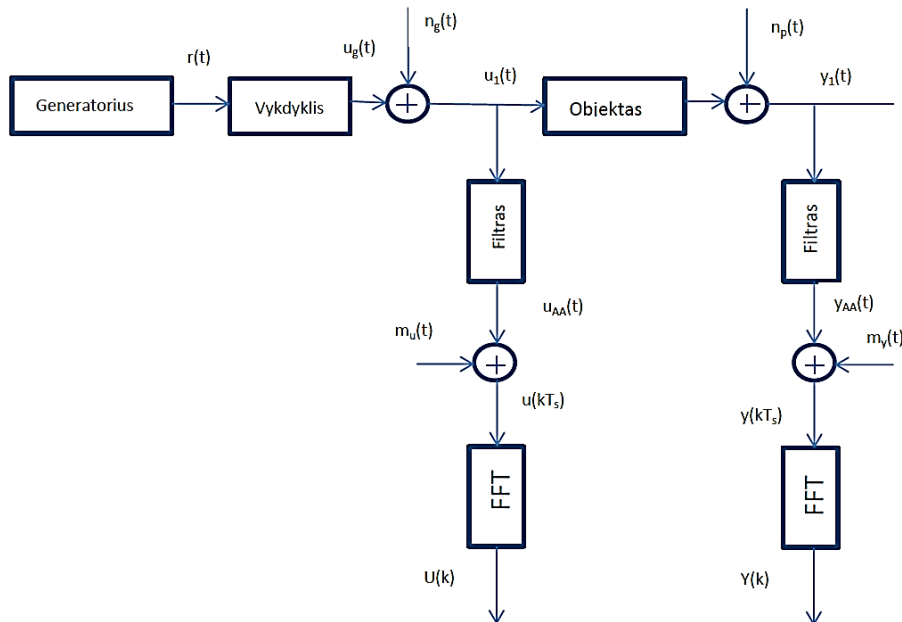
Aukščiau pavaizduota reguliatorių galima aprašyti, nesudėtinga treičios eilės perdavimo funkcija, su dviem realiai nuliais, vienu nuliniu poliui, ir dviem realiais, nelygiais nuliui poliais, 3:

$$\begin{aligned} \frac{NP(s)}{FS(s)} &= K_V \cdot \frac{(s + K_p) \cdot (s + K_I)}{s} \cdot \frac{1}{(\omega_c^{-1})^2 s^2 + 2\xi_D \omega_c^{-1} s + 1} = \\ &= (1/2^{10}) \cdot 1.986448E + 2 \cdot \frac{(s + 4.712389E+1) \cdot (s + (1.2/2^2) \cdot 3.088311E + 2)}{s} \cdot \frac{1}{2.814e-07s^2 + 0.0007502s + 1} = \\ &= \frac{0.194s^2 + 27.11s + 847}{2.814e-07s^3 + 0.0007502s^2 + s} \end{aligned} \quad (3)$$

Verta pastebėti, kad šio tipo reguliatorius, padidina fazės vėlinimą, tačiau leidžia lengviau kontroliuoti slopinimą žemų dažnių srityje, bei sumažina žemų dažnių rezonansų galimybę.

Eksperimento schema

Sistemos perdavimo funkcijai, bei LADCh ir LFDCh, eksperimentiniu kelių nustatyti taikoma anksčiau minėtas, klasikinis periodinio žadinimo DAZ metodas, šio metodo schema pateikta žemiau (žr. 4 pav.):



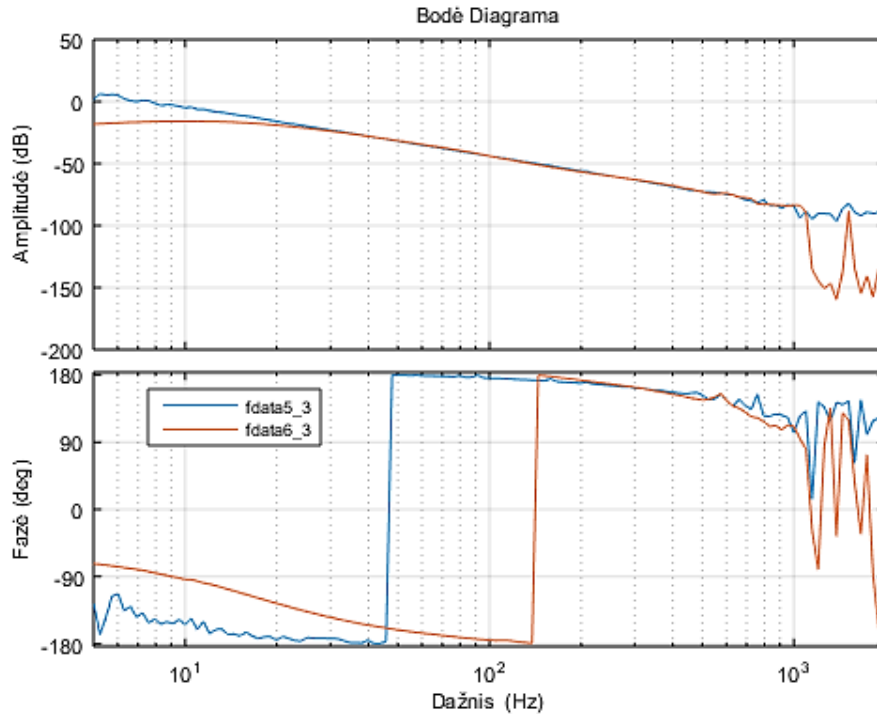
6 pav. DAZ metodinė schema

Dažnyje apriboto signalo generatorius jungiamas tiesiogiai prie nagrinėjamos sistemos. Generatorius formuoja sinuso signalą, kuris priklauso nuo eksperimentų skaičiaus taške, keičia sinuso dažnį. Vykdiklis šiuo atveju yra šaltinis, kuris žadina sistemą. Tiriame, kad sistema žadinama šaltinio signalu. Signalas įėjime $u_1(t)$ generuojama jėga, o išėjime $y_1(t)$ gaunamas padėties pokytis. Pastarieji signalai yra filtruojami (paprastumo dėlei, atliekant eksperimentą priimame, kad filtrai yra tiesiniai), vėliau, taikant greitąją Furjė transformaciją (FFT) gaunamas spektras arba sistemos LADCh ir LFDCh, kurie iliustruoja sistemos dinamiką dažnių srityje.

Šis metodas ne visada patogus (nes reikalauja daug atminties saugoti duomenis), bei finansiškai efektyvus, kai nagrinėjamos paprastos sistemos, tačiau būtinas, kai reikia nustatyti pažangių sistemų dinamines charakteristikas ir parinkti reikiamus valdymo dėsnius.

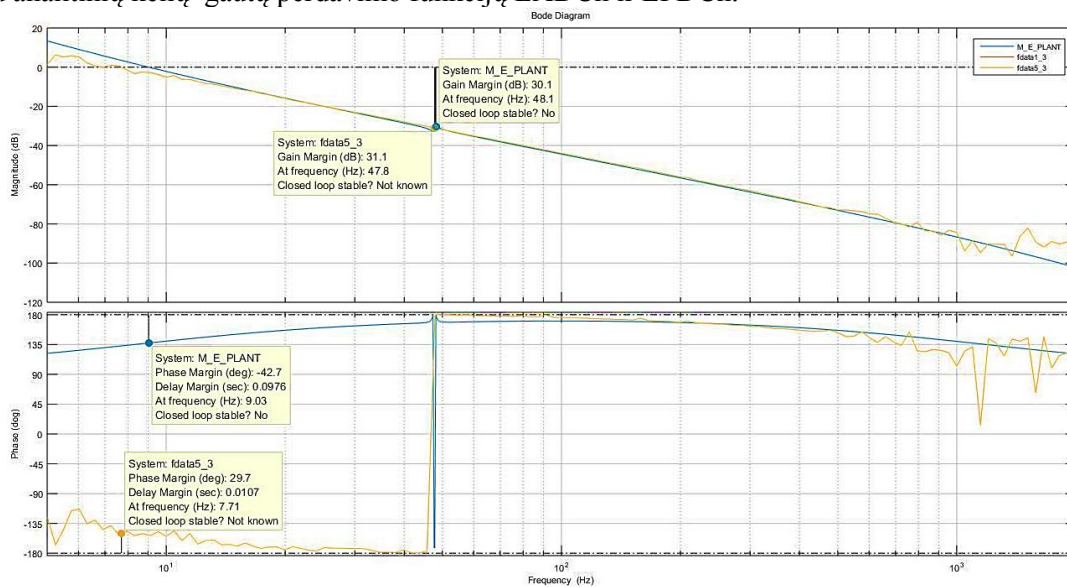
Elektromechaninės dalies identifikavimas

Taikant anksčiau aprašyta (DAZ) bandymo schemą, bei naudojant pirmajame skyriuje aprašytą bandymo stendą, buvo atlikti eksperimentai kurių rezultatai iliustruoti pavyzdyje (žr. 7 pav.):



7 pav. Eksperimentiniu būdu nustatytos TPS perdavimo funkcijos: *fdata5-3* – TPS judėjimo režime; *fdata6-3* – TPS rimties režime

Atlikus du eksperimentus, nesunku pastebėti, kad rimties būsenoje esančios TPS LADCh ir LFDCh turi esminių skirtumų. Rimties būsenoje esančios sistemos slopinimas yra pastovus, rezonansų skaičius aukštų dažnių srityje ženkliai padaugėja, taip pat sistemos fazės persisukimas pasislenka beveik per 150 Hz dažnių ašyje. Tolesniame pavyzdyje (žr. 8 Pav.) yra iliustruoti eksperimentiniu, bei trečiajame skyriuje aprašytu analitinių kelių gautų perdavimo funkcijų LADCh ir LFDCh.

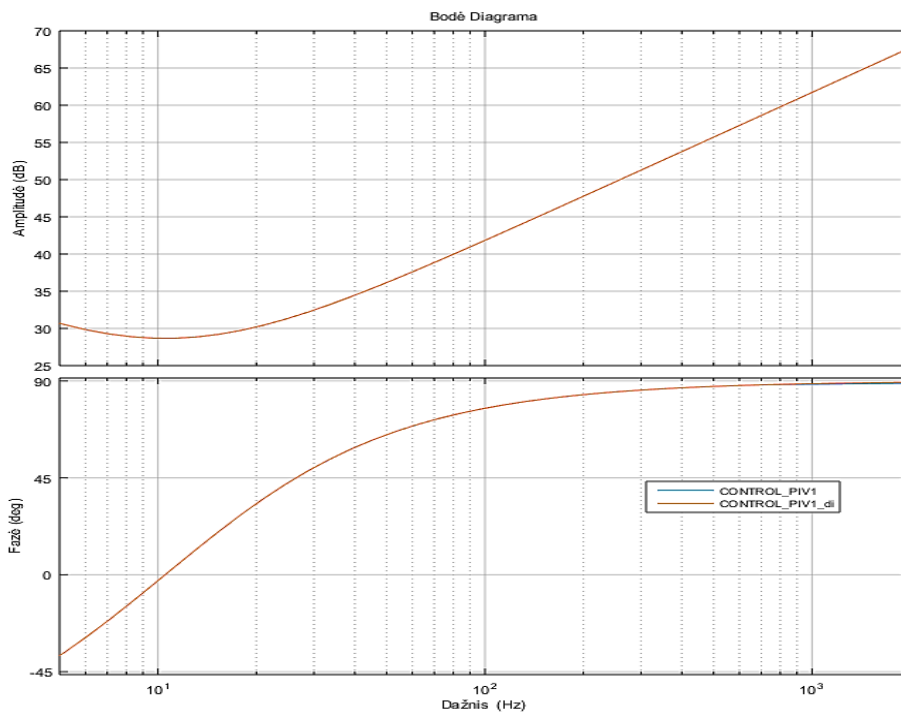


8 pav. Eksperimentiniu ir analitinių kelių gautos perdavimo funkcijų LADCh ir LFDCh

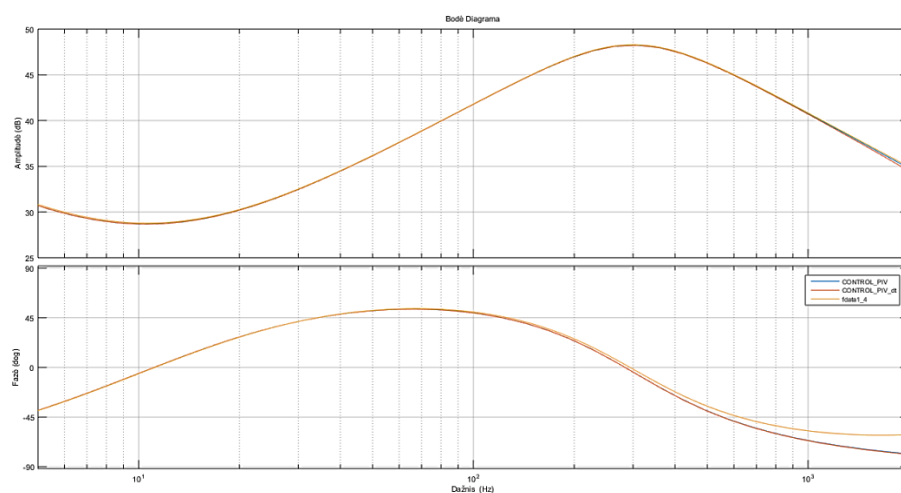
Iš aštuntame pavyzdyje iliustruoto analitinio, bei eksperimentinio modelių funkcijų LADCh ir LFDCh matyti, kad TPS modelio dinamiką yra artima realios fizinės TPS dinamika.

Reguliatorių identifikavimas

Taikant anksčiau aprašyta (DAZ) bandymo schemą, bei naudojant pirmajame skyriuje aprašytą bandymo stendą, buvo atlikti eksperimentai, reguliatorių LADCh ir LFDCh nustatyti. Eksperimentų rezultatai iliustruoti pavyzdžiai (žr.: 9 pav.: a ir b):



a



b

9 pav. Eksperimentiniu būdu nustatytos reguliatorių dažnių charakteristikų lyginimas su analitinėmis išraiškomis:

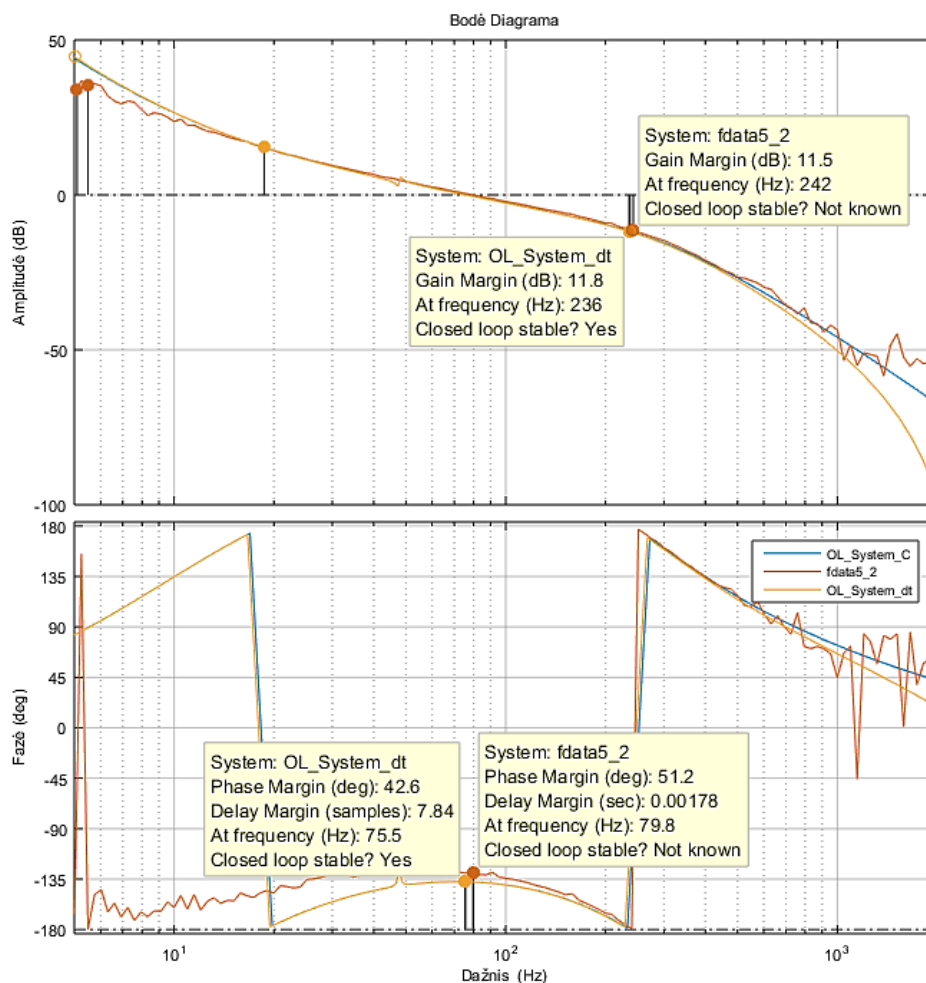
- Proporcinio tipo padėties reguliatorius su koreguojančia greičio grandimi, bei proporcinis-integralinis greičio reguliatorius;
- Proporcinio tipo padėties reguliatorius su koreguojančia greičio grandimi, bei proporcinio-integralinio tipo greičio reguliatorius su žemų dažnių filtrų greičio kontūre

Remiantis atliktais eksperimentais, bei analitiniais duomenimis, galima daryti prielaidą, kad :

- Proporcinio tipo padėties reguliatorius su koreguojančia greičio grandimi, bei proporcinis-integralinis greičio reguliatorius, iš principo veikia kaip stiprintuvas, todėl būtina atsiranda galimybė sistemai tapti ne stabilia.
- Proporcinio tipo padėties reguliatorius su koreguojančia greičio grandimi, bei proporcinio-integralinio tipo greičio reguliatorius su žemų dažnių filtrų greičio kontūre veikia kaip paprasčiausias žemų dažnių filtras, todėl gali būti taikomas valdyti TPS.

Atviros, TPS ir TPS reguliatoriaus, identifikavimas

Remiantis atliktais eksperimentais, bei TPS ir reguliatorių identifikavimo duomenimis ir padarytomis prielaidomis, buvo sudarytas suminis modelis charakterizuojantis atvira TPS sistema. Naujant periodinį DAZ metodą, buvo atliktas sistemos identifikavimas (žr. 10 pav.):



10 pav. Atviros TPS sistemos, bei proporcinio tipo padėties reguliatorius su koreguojančia greičio grandimi, bei proporcinio-integralinio tipo greičio reguliatorius su žemų dažnių filtrų greičio kontūre eksperimentiniai, bei analitiniai rezultatai

Iš dešimtame pavyzdyje iliustruoto analitinio, bei eksperimentinio modelių funkcijų LADCh ir LFDCh matyti, kad atviro TPS modelio dinamiką yra artima realios, fizinės, atviros TPS dinamikai.

Išvados

- Remiantis literatūra, bei literatūroje siūlomais supaprastinimais ir prielaidomis, buvo sudarytas TPS, bei dviejų tipų reguliatorių matematiniai, bei simuliaciniai modeliai.
- Taikant periodinį DAZ metodą, buvo atlikti penki eksperimentai: TPS esant rimties būsenoje, TPS judant, reguliatoriui su ŽDF, reguliatoriui be ŽDF, bei atvartos TPS sistemos su reguliatorium (su ŽDF). Eksperimentų metu nustatyta, kad žadinant TPS rimties būsenoje, slopinimas žemų dažnių srityje yra pastovus, fazės persisukimas pasislenka per 150Hz dažnio ašyje, o rezonansų skaičius aukštų dažnių srityje yra didelis. Iš šių rezultatų, galime daryti prielaidą, kad dėl komutavimo metų atsirandančių trikdžių, bei statinės ir dinaminės trinties, rimties būsenoje nagrinėjamos sistemos dinamiką gali būti klaidingai interpretuota. Norint gauti objektyvius rezultatus, būtina taikyti du atskirus modelius, bei papildomai aprašyti trinties įtaką.
- Nagrinėjant klasikinių reguliatorių LADCh ir LFDCh, matyti, kad reguliatoriai su ŽDF veikia efektyviau ir turi teigiama slopinimą dažnių atžvilgiu (galima traktuoti, kaip žemų dažnių filtra), reguliatoriai be ŽDF turi pastovu stiprinimą ir gali išvesti dinaminę sistemą iš stabilumo būsenos.
- Nagrinėjant atviros TPS, bei reguliatoriaus su ŽDF dažnines charakteristikas matyti, kad jos yra labai artimos analitiniu būdu nustatytoms charakteristikoms.

- Lyginant analitinių, bei eksperimentinių kelių gautas perdavimo funkcijų LADCh ir LFDCh, galima teigti, kad analitiniu keliu nustatytas TPS modelis yra artimas fizinės sistemai, todėl sudaryta modelį galima taikyti tolesniam sistemos dinamikos tyrimams.

Literatūra

1. Jacek F. Gieras, Zbigniew J. Piech, "Linear Synchronous Motors: Transportation and Automation Systems", CRC, 2004
2. R. Rinkevičienė, A. J. Poška, A. Smilgevičius, „Tiesiaeigės mechatroninės sistemos. Teorija ir taikymas“, Monografija, VGTU leidykla Technika, 2006
3. J. Persson, "Innovative standstill position detection combined with sensorless control synchronous motors", M. Sc. Thesis, 2005
4. S. D. Ruben, „Modeling, Control, and Real Time Optimization for a Nano-Precision System“, dissertation University of California, 2010
5. J. Wang, "Robust tracking controller design with application to the motion control of an x-y feed table for high-speed machining", Dissertation, Katholieke Universiteit Leuven, Belgium, 2004.
6. W-J. Kim, T. Hu, and N.D. Bhat. "Design and Control of a 6-DOF High-Precision Integrated Positioner." In Proceedings of the American Control Conference, 2004.
7. Zamberi Jamaludin, „DISSTRUBANCE COMPENSATION FOR MACHINE TOOLS WITH LINEAR MOTOR“, dissertation, Katholieke Universiteit Leuven. Belgium, 2008
8. Wensheng Yin, Yu Zhu, Yixu Song, Jianfa Wang, Kaiming Yang, „A dual-stage control system for high-speed, ultra-precise linear motion“ Springer-Verlag London Limited, 2009
9. Kazuaki Saiki, Atsushi Hara, Koichi Sakata, Hiroshi Fujimoto, „A Study on High-Speed and High-Precision Tracking Control of Large-Scale Stage Using Perfect Tracking Control Method Based on Multirate Feedforward Control“, IEEE, 2010.
10. R. Pintelon and J. Schoukens, "System identification – a frequency domain approach", IEEE Press, New Jersey, pp. 199-227, 2001.
11. A. Susperregui, G. Tapia and A. Tapia, „Application of two alternative sliding-mode control approaches to DC servomotor position tracking“ IET Electric Power Applications, 2007.
12. Mingwei Sun, Zenghui Wang, Yongkun Wang, and Zengqiang Chen, „On Low-Velocity Compensation of Brushless DC Servo in the Absence of Friction Model“, IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS, VOL. 60, NO. 9, 2013

LINEAR POSITIONING SYSTEM MANAGEMENT RESEARCH METHODS

Summary

There was presented experimental data to support the linear positioning system, and the system controller dynamic modeling and system identification in the frequency domain results at this work. The positioning system consists of synchronous linear motor, guide rails, positioner, and the current loop control. The controller has a subordinate speed, position and current control circuits, and filters. According to the literature, and the iterative mathematical analysis, it founded that the positioning system could be studied using approximate six consecutive transfer function. According to the literature, and mathematical analysis methods, an open system can approximate six consecutive transfer function.

Key words: dynamic, dynamic modeling, identification in the frequency domain, DC motor, sub-micro linear positioning system, digital controllers, PID, PIV, digital filters, band filters, low pass filters.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Artur Piščalov.

Mokslo laipsnis ir vardas: magistras.

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

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

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 654 21678, artur.pischalov@studvgtu.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 Zaranka.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, lektorius

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

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Transporto ekologija, alternatyvioji energetika.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 699 33742, jurijus.zaranka@vilniausvt.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Artur Piščalov.

Science degree and name: master student.

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

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

Telephone and e-mail address: 8 654 21678, artur.pischalov@studvgtu.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 Zaranka.

Science degree and name: doctor, lector.

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

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

Telephone and e-mail address: 8 699 33742, jurijus.zaranka@vilniausvt.lt

TIESIAEIGĖS POZICIONAVIMO SISTEMOS IDENTIFIKAVIMO TYRIMAS

Artur Piščalov, Artūras Kilikevičius, Jonas Matijošius, Kristina Čižiūnienė
Vilniaus Gedimino technikos universitetas

Anotacija

Šiame darbe bus pateikiami eksperimentiniais duomenimis paremti tiesiaeigės pozicionavimo sistemos dinaminio modeliavimo, bei sistemos identifikavimo dažnių srityje rezultatai. Pozicionavimo sistema, sudaro tiesiaeigis sinchroninis variklis, kreipiančiosios, padėties keitiklis, bei srovės kontūro reguliavimas. Remiantis literatūra, bei iteraciniais matematinės analizės būdais, buvo nustatyta, kad studijuojama pozicionavimo sistema galima aproksimuoti naudojant 6 eilės perdavimo funkcija.

Reikšminiai žodžiai: dinaminis modeliavimas, identifikavimas dažnių srityje, nuolatinės srovės variklis, tiesiaeigės pozicionavimo sistema, mechatronika.

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 kinematinį 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 nanometrų (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 klaisikinius sūkiųjų variklių pagrindų suprojektuotas TPS.

Darbe **tikslas** – atlikti tiesiaeigės pozicionavimo sistemos identifikavimo tyrimą.

Tiksliui pasiekti išsikelti šie **uždaviniai**:

1. Sudaryti, fizinį objektą atitinkanti TPS matematinį modelį;
2. Sudaryti TPS matematinį bei simuliacinį modelį;
3. Atlikti eksperimentinius TPS tyrimus sistemai esant rimties būsenoje, bei sistemai judant;
4. Palyginti analitiniu bei eksperimentiniu keliu gautas perdavimo funkcijas LADCh ir LFDCh.

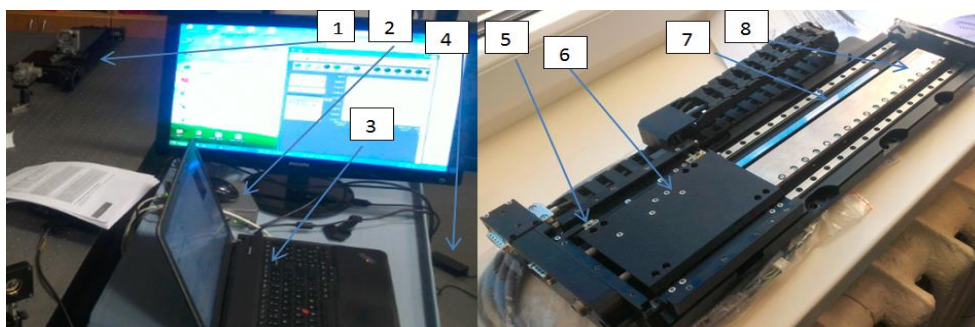
Tyrimo metodai: mokslinės literatūros analizė, periodinis DAZ metodas, eksperimentinis tyrimas.

Analizuoti elektromechaninę sistemą laiko srityje yra patogų, tačiau neefektyvu, todėl darbu su mažais 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. Didžiausias dėmesys skirtas būtent šio uždavinio sprendimui, bei perdavimo funkcijos nustatymui.

Sudarant TPS 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 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.