

TRIAŠIO STALO VALDIKLIO TYRIMAS

Paulius Gustaitis

Vilniaus Gedimino technikos universitetas
El. paštas pauliusgustaitis@gmail.com

Santrauka. Nagrinėjamas triašio stalo su trimis sukamosiomis sąnaromis, skirtu sudėtingų trajektorijų judesiui imituoti, valdiklis. Šis triašio stalo matematinis modelis, sudarytas taikant Denavito ir Hartenbergo parametrus, skirtas kinematikos uždaviniams spręsti, taip pat sudarytas eksperimentinis modelis. Atliktas kompiuterinis grafinis triašio stalo taško trajektorijos modeliavimas ir eksperimentinis realaus modelio tyrimas. Eksperimentiniai modeliavimo rezultatai palyginti su matematinio modeliavimo metu gautais rezultatais.

Reikšminiai žodžiai: judesio imitatorius, sukamoji sąnara, Denavito ir Hartenbergo parametrai, inversinė kinematika, triašis stalas, valdiklis.

Įvadas

Atliekant šį tyrimą buvo išanalizuoti šaltiniai apie mechanizmų, kuriuose yra sukamosios sąnaros, mechaniką, kinematiką, kelių laisvės laipsnių mechanizmų valdymą, manipuliatorių, darbo įrankio judėjimo trajektorijos planavimą bei modeliavimą ir tokių mechanizmų panaudojimo sritis ir galimybes.

Mechanizmai, kuriuose yra sukamosios sąnaros, plačiai naudojami pramoninėje, buitinėje, karinėje, laboratorinėje ir kitokioje technikoje (Mendez *et al.* 2010). Dviejų ir trijų laisvės laipsnių mechanizmai su sukamosiomis sąnaromis naudojami nutaikymo, sekimo, stabilizavimo, imitavimo ir kitose sistemose. Dažniausiai tokiose sistemose visiškai pakanka dviejų laisvės laipsnių, o trečiasis posūkio kampas neturi įtakos arba yra fiksuotas, pavyzdžiui, saulės sekimo sistemos (saulės kolektoriai), optiniai ir radiolokaciniai teleskopai, parabolinių antenų nukreipimo sistemos, vaizdo stebėjimo sistemos (vaizdo kamerų valdymo įrenginiai), raketų ir pabūklų nutaikymo sistemos. Dviejų laisvės laipsnių sistemą galima tyrinėti kaip supaprastintą trijų laisvės laipsnių sistemą, kurioje viena iš sąnarų yra fiksuota. Tačiau yra sistemų, kurioms tyrinėti būtinas judesys visomis posūkio ašimis. Tai triašiai judesio imitatoriai, kai kurios vaizdo stebėjimo sistemos, robotai humanoidai, pavyzdžiui, imituojant žmogaus akių arba galvos judesius reikia trijų laisvės laipsnių mechanizmų.

Trijų ašių sukamasis stalas skirtas laboratoriniams tyrimams atlikti, inerciniams jutikliams ir sistemoms su tokiais jutikliais testuoti ir tirti (Xie Yue *et al.* 2001).

Tiriamąo darbo tikslas

Šio darbo tikslas yra sukurti ir ištirti realaus triašio sukamojo stalo valdiklį, kuris leistų valdyti visų ašių judesius taip, kad kietai su mechanizmu sujungtas taškas judėtų pagal iš anksto nustatytą trajektoriją.

Darbe nagrinėjamas triašis stalas su sukamosiomis sąnaromis mechaniniu požiūriu yra sudėtingas kelių laisvės laipsnių valdomas mechanizmas, sudarytas iš kinematinų porų. Kiekviena stalo grandis turi atskirą pavarą (žingsninį variklį), kurios suteikia mechanizmui judesį. Pavaros tvirtinamos prie pagrindo arba prie judamųjų mechanizmo grandžių. Pavarų yra tiek, kiek mechanizmas turi laisvės (judrumo) laipsnių. Variklių sukamasis judesys keičiamas kitų tipų judesiais ir perdavimo mechanizmais perduodamas stalo judamosioms grandims. Norint gauti reikiamą nustatyto stalo taško judėjimo trajektoriją, variklius reikia valdyti pagal tam tikrą algoritmą. Algoritmas sudaromas atsižvelgiant į sistemai keliamus reikalavimus. Sudarant algoritmą ir valdymo programą reikia atsižvelgti į maksimalius leistinus stalo grandžių poslinkius, didžiausius grandžių judėjimo greičius ir pagreičius.

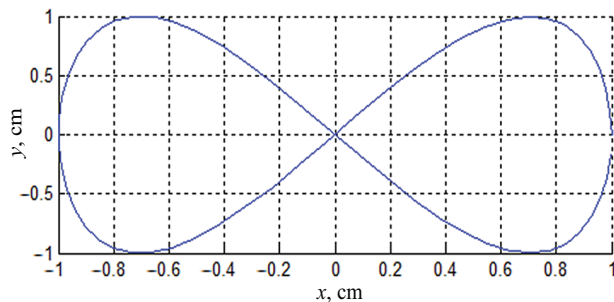
Triašio stalo kinematinis modelis

Visos tiriamojo mechanizmo sukamosios ašys susikerta viename erdvės taške. Triašio stalo grafinis matematinis modelis sudaromas pagal kinematinę schemą (1 pav.). Jis aprašo visų mechanizmo grandžių savitarpio ryšius, nurodo kinematinų porų tipus ir kitus grandžių parametrus.

Triašio stalo judėjimo trajektorijos sudarymas

Judėjimo trajektorija sudaroma *Matlab* programa, aprašius norimą trajektoriją lygčių sistema. Įvykdžius komandas gautas grafikas parodytas 4 pav.

Aprašius trajektoriją galima gauti bendrą erdvinę trajektorijos vaizdą. Pagal gautą grafiką apskaičiuojamos taškų, kuriuos turės kirsti triašio stalo darbo taškas, koordinatės, kurios vėliau bus perskaičiuojamos į ašių posūkių kampus.

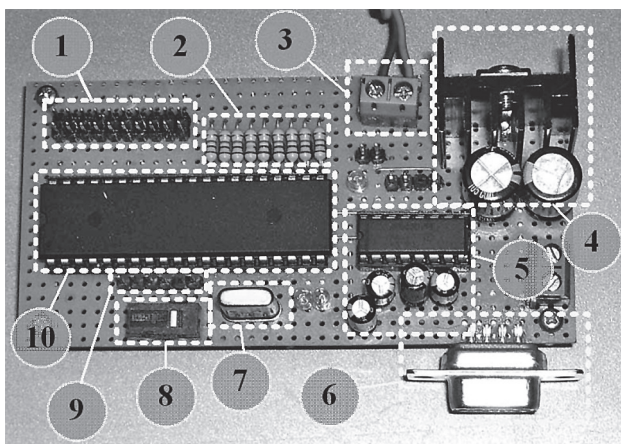


4 pav. Judėjimo trajektorijos grafikas

Fig. 4. Trajectory of movement

Triašio stalo valdiklis

Triašio stalo pavaras valdo atskiras valdymo blokas, kuris per sąsają RS232 gauna duomenis iš kompiuterio, juos apdoroja ir generuoja pavarų valdymo signalus. Šis blokas taip pat nuolat kontroliuoja jutiklių būseną. Šie jutikliai sumontuoti ant mechanizmo grandžių ir suveikia, kai mechanizmo grandys pasiekia kraštines padėtis. Pagrindinis valdymo bloko elementas yra vienkristalis programuojamasis valdiklis „ATmega16“. Valdymo programa šiam valdikliui kuriama programiniu paketu *CodeVisionAVR*, programos kodas parašytas C++ programavimo kalba. Valdymo bloko išorinis vaizdas ir elementų išdėstymas pateiktas 5 pav.



5 pav. Triašio stalo valdiklio bendras vaizdas

Fig. 5. Driver of the 3 axis rotation table

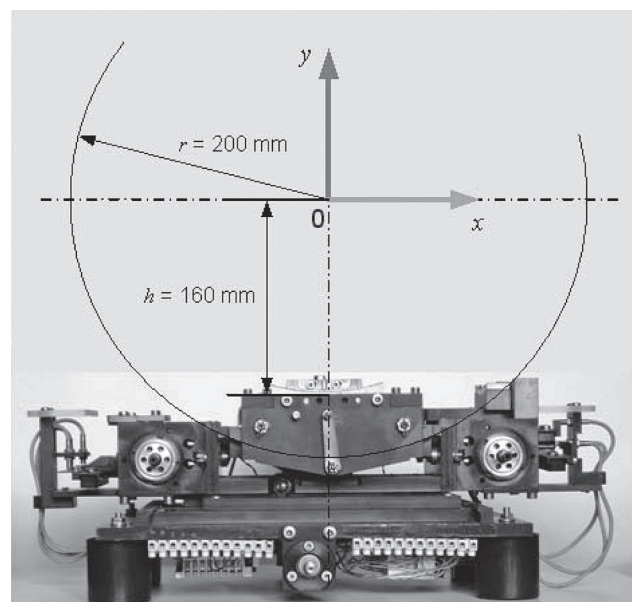
5 pav. nurodyti tokie elementai: 1 – valdymo linijos jungtis; 2 – įtampos ribotuvas; 3 – maitinimo gnybtai; 4 – įtampos reguliatorius LM7805 su kondensatoriais; 5 – RS232-TTL lygių keitiklis MAX232N; 6 – DE-9 jungtis RS232 sąsajai; 7 – kvarcinis rezonatorius 11,059 MHz; 8 – pradinio nustatymo mygtukas; 9 – ISP programavimo jungtis; 10 – valdiklis „ATmega16“.

Valdiklis gauna komandas per RS232 sąsają, todėl jį galima valdyti iš bet kurio kompiuterio, turinčio šios sąsajos jungtį. Komandoms reikalinga speciali kompiuterinė programa, kuri galėtų jas siųsti tiesiai į kompiuterio COM prievadą. Tam gali būti naudojamos tokios programos kaip *Microsoft HyperTerminal*, *Terminal* ir panašios. Duomenų apdorojimo, priėmimo, siuntimo protokolą, mainų spartą ir kitus parametrus nustatome pačioje mikroprocesorinio valdiklio programoje ir esant reikalui juos galime keisti.

Eksperimentinis tyrimas

Triašio stalo eksperimentiniams tyrimams atlikti yra sudarytas sistemos modelis (6 pav.).

Atlikus eksperimentus, gautus duomenis galima palyginti su matematinio modeliavimo metu gautais duomenimis ir padaryti išvadas apie modelių tikslumą. Pagal gautus rezultatus galima spėsti, ar sudarytas matematinis modelis atitinka realų mechanizmą, įvertinti modeliavimo paklaidas. Prie stalo platformos pritvirtinta lazerinė rodyklė, kurios spindulys fokusuojamas į virš stalo esančią plokštumą – ekraną. Ekranu aukštį virš ašių susikirtimo taško, atitinkančio koordinatinių sistemos pradžią, galima laisvai keisti.



6 pav. Triašio stalo bendras vaizdas

Fig. 6. The 3 axis rotation table

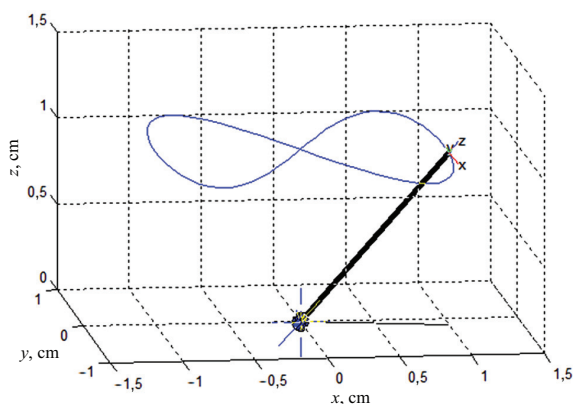
Modeliavimo rezultatai

Darbe atliktas matematinis ir eksperimentinis triašio stalo modeliavimas turint tikslą palyginti gautus rezultatus. Matematinio modeliavimo metu pirmiausia buvo sudaryta norimos formos taško judėjimo trajektorija, kuri *Matlab* programoje buvo aprašyta matematinėmis formulėmis ir nubrėžtas jos grafikas (4 pav.). Visoje trajektorijoje buvo išskirtas baigtinis skaičius taškų ir kiekvienam iš jų išspręstas atvirkštinis padėčių uždavinys. *Robotics Toolbox* programa leidžia naudoti specialią komandą *ikine* inversinės kinematikos uždaviniams spręsti. Ši komanda užrašoma taip:

$$Q = \text{ikine}(\text{robot}, T, q, M),$$

čia *robot* – modeliuojamas objektas; *T* – išėjimo grandies homogeninė matrica arba trajektoriją aprašanti matrica; *q* – pradinės apibendrintosios koordinatės; *M* – kaukė (1×6); *Q* – sprendinys (apibendrintosios koordinatės).

Apskaičiuavus apibendrintas koordinates, t. y. ašių posūkių kampus ir poslinkius, šie parametrai surašomi į programą. Į anksčiau minėtą grafiką įterpus triašio stalo modelį atlikta simuliacija. Sumodeliuotas triašio stalo taškas tiksliai seka anksčiau aprašytą trajektoriją (7 pav.).



7 pav. Triašio stalo taško judėjimo trajektorija
Fig. 7. The 3 axis rotation table

Išvados

Atlikta triašių platformų, stalų ir judesio imitatorių tyrimų analizė parodė, kad tokie mechanizmai dažniausiai naudojami sudėtingos trajektorijos judesių imitacijai atlikti. Jų kinematika aprašoma taip pat kaip ir manipuliatorių su sukamosiomis grandimis.

Sudarius straipsnyje aprašyto objekto kinematinį modelį buvo išspręstas atvirkštinės kinematikos uždavinys ir atliktas kompiuterinis objekto modeliavimas. Remiantis tyrimo duomenimis galima teigti, kad matematinis modelis atitiko realų modelį, nes eksperimentų metu lazerio spindulys numatytą judesio trajektoriją sekė esant nedidelei paklaidai.

Literatūra

- Corke, P. 1995. *A Computer Tool for Simulation and Analysis: the Robotics Toolbox for MATLAB* [interaktyvus]. CSIRO Division of Manufacturing Technology [žiūrėta 2011 m. gegužės 5 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.petercorke.com/RTB/ARA95.pdf>
- Falconi, R.; Melchiorri, C. 2008. RobotiCad: an educational tool for Robotics, in *Proceedings of the 17th World Congress The International Federation of Automatic Control, Seoul, Korea, 2008*. Oxford: Pergamon Press, 17(1).
- Mendez, W.; Rodriguez, Y.; Brady, L.; Tosunoglu, S. 2010. *Design of a Three-Axis Rotary Platform* [interaktyvus]. Mechanics and Materials Engineering, Florida International University, Miami [žiūrėta 2011 m. gegužės 7 d.]. Prieiga per internetą: http://www.eng.fiu.edu/mme/robotics/elib/FCRAR2010_ThreeAxisRotaryPlatform-WM-YR-LBST.pdf
- Xie Yue; Vilathgamuwa, M.; Tseng, K. J.; Nagarajan, N. 2001. Modeling and robust adaptive control of a 3-axis motion simulator, in *Industry Applications Conference, 2001. Thirty-Sixth IAS Annual Meeting. Conference Record of the 2001 IEEE*, vol. 1. Chicago, IL, USA, 553–560.

RESEARCH ON THE CONTROLLER OF A TESTBENCH

P. Gustaitis

Abstract

The article describes investigation into the controller of the 3 axis rotation table used for simulating complex trajectory motion. The mathematical model of the 3 axis rotation table is developed applying Denavit and Hartenberg's (D-H) parameters. Graphical modelling, simulation and experimental results are presented to verify the validity of the mathematical model of the 3 axis rotation table.

Keywords: motion simulator, rotational joint, Denavit-Hartenberg parameters, inverse kinematics, 3 axis rotation table, controller.