

Saša Živanović¹

METODOLOGIJA ZA SISTEMATIZACIJU MAŠINA SA PARALELNO KINEMATIKOM ²

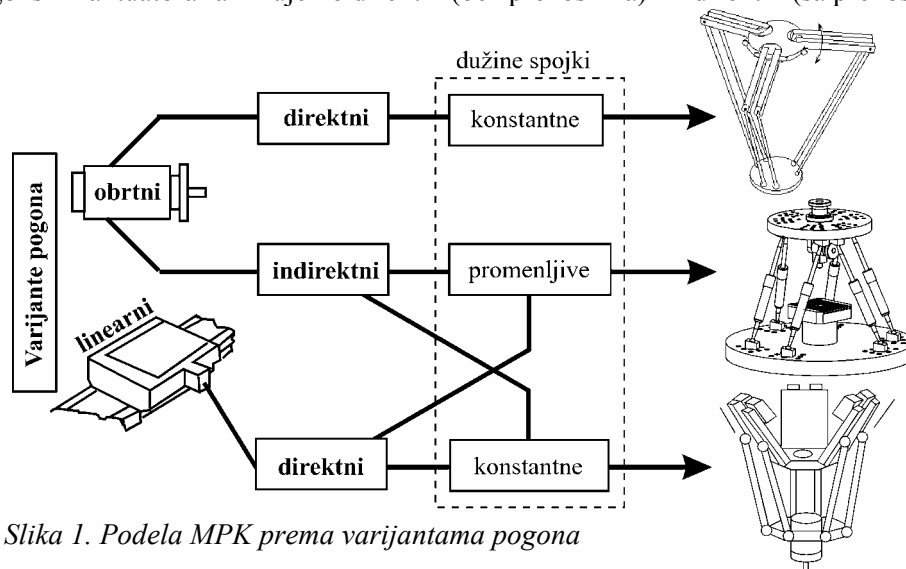
Rezime

U radu se razmatra moguća varijantnost koncipiranja mašina sa paralelnom kinematikom, na osnovu dosadašnjih istraživanja i ostvarenih koncepcija. Ovaj pristup je prikazan metodologijom za moguću sistematizaciju paralelnih mehanizama na kojima se zasnivaju ove mašine. Ideja je da se dobrim poznavanjem postojećih rešenja, dođe do novih ideja koje oplemenjuju neku staru, ili da se razmatra potpuno originalno rešenje.

1. UVOD

Da bi se lakše razumelo neko rešenje mašine potrebno ga je dobro opisati. U tom slučaju pogodno je izvršiti raščlanjivanje ne elementarne celine, od kojih se jedna mašina sastoji, a te celine su istovremeno delovi i drugih mašina. Ove celine bi trebalo da baziraju na modularnom principu. Na taj način bi se njihovim kombinovanjem ostvarila gradnja tehnoloških modula sa paralelnim mehanizmom. Ovaj rad se na bazi ideje iz [1], koja je detaljno razrađena u [4], bavi problematikom opisa paralelnih mehanizama, u cilju postavljanja nekakve metodologije za njihovu sistematizaciju.

Paralelni mehanizmi se već široko koriste u različitim varijantama. O prednostima i manama realizacija paralelnih mehanizama moguće je diskutovati. U nastavku će biti razmotrene varijante paralelnih mehanizama u zavisnosti od upotrebljenih pogona, slika 1. Ovde su dati i prikazi modela pojedinih koncepcija i to: model sa obrtnim pogonom i model sa linearnim pogonom. U zavisnosti kakav je prenos kretanja do pogonskih aktuatora razlikujemo direktni (bez prenosnika) i indirektni (sa prenosnikom).



Slika 1. Podela MPK prema varijantama pogona

Ključna razlika u konfiguracijama paralelnih mehanizama, nastaje u zavisnosti od toga da li noge mehanizma menjaju svoju dužinu u toku rada ili su konstantnih dužina (spojke). Ovde postoji mogućnost kombinovanja izvedenih rešenja, što je ilustrovano sa tri modela na slici 1 i to: delta sa 6ss, opšti model mašine sa paralelnom kinematikom sa 6ss i Hexa M Toyoda sa linearnim aktuatorima i 6ss.

Uvažavajući varijabilnost mogućih planova gradnji mašina sa paralelnom mogli bismo doći do sledećeg spiska promenljivih karakteristika ovih mašina:

- broj stepeni slobode (2,3,4,5,6),
- vrsta pogona (obrtni, linearni),

¹ Mr Saša T. Živanović, dipl.maš.inž., asistent, Katedra za Proizvodno mašinstvo, Mašinski Fakultet, Beograd, 27.marta 80, zivanos@alfa.mas.bg.ac.yu

² Troosne paralelne mašine, Razvojni projekat prijavljen za učešće MNTR u finansiranju

- tip noge mehanizma (konstantne ili promenljive dužine),
- međusobni odnos baze i pokretne platforme,
- tipovi zglobova,
- položaj oslonaca mehanizma (fiksni, pokretni po nekoj putanji),
- putanja pokretnih oslonaca mehanizma (linearna, kružna,...).

Variranjem pomenutih osobina paralelnih mehanizama dobija se mnogo različitih koncepcija. U nastavku se pokušava opisivanje strukture paralelnih mehanizama, radi efikasnije sistematizacije postojećih rešenja. U tom pogledu će biti analizirane i moguće varijante tehnoloških modula sa paralelnim mehanizmom (TeMoPaM) [4], sa osvrtom na već izvedena rešenja.

Mašine sa paralelnom kinematikom, možemo podeliti po nekoliko osnova. U zavisnosti od načina izvođenja nogu (spojki) mehanizma na: MPK sa promenljivim dužinama nogu mehanizma i sa konstantnim dužinama spojki mehanizma. Paralelni mehanizmi sa konstantnim dužinama spojki, promenu pozicije i orijentacije ostvaruju zahvaljujući pokretnim zglobovima koji se kreću po nekakvim putanjama. Ove putanje mogu biti pravolinijske i krivolinijske (kružne).

Mašine sa paralelnom kinematikom razlikujemo i prema broju osa koje se ostvaruju primenom paralelnog mehanizma pre svega na troosne i šestoosne. Kod ovakvih mašina moguće su i hibridne kinematičke strukture, gde su prva tri kretanja ostvarena paralelnim mehanizmom, a orijentacija dodatnim serijskim mehanizmom, najčešće primenom dvoosne glave na platformi mehanizma.

2. METODOLOGIJA ZA SISTEMATIZACIJU

Ovde se razmatra moguća postavka metodologije za sistematizaciju koncepcija mogućih paralelnih mehanizama. Ovo treba da predstavlja svojevrstni opis koncepcija, koje treba da omoguće umešnom inženjeru projektantu, da procenjuje izvodljivost i praktičnost pojedinih paralelnih mehanizama. Sistematizacijom je izvršeno raščlanjivanje ukupne strukture paralelnog mehanizma na osnovne module, pri čemu se na bazi pojedinih celina formira ukupna struktura.

Sistematski opis pojedinih celina bitnih za projektovanje i koncipiranje mogućih rešenja dat je na slici 1 i obuhvata sedam celina: (1) bazni zglobovi, (2) broj pogonjenih osa na zglobovima, (3) konfiguracija rasporeda baznih tačaka oslonaca, (4) tip noge mehanizma, (5) završni zglobovi, (6) raspored oslonaca na pokretanoj platformi i njen oblik, (7) položaj glavnog vretena.

Paralelni mehanizam u opštem slučaju može imati 6 stepeni slobode, pokretne platforme (end-efektora), i to tri translacije za željenu poziciju i tri rotacije za orijentaciju. Noge (spojke) mehanizma koje zgلوبno povezuju dve platforme, baznu i pokretnu, imaju veliki značaj u ostvarivanju pokretljivosti platforme. Naime, od realizacije i pokretljivosti zgلوبnih veza zavisi kakvo će pomeranje uslediti na pokretanoj platformi. Zgلوبne veze na nogama mehanizma mogu biti realizovane tako da postoje sledeće mogućnosti: (i) promenljive dužine nogu, (ii) obrtanje nogu oko baznih oslonaca, (iii) pokretni bazni oslonci po pravolinijskim ili krivolinijskim putanjama.

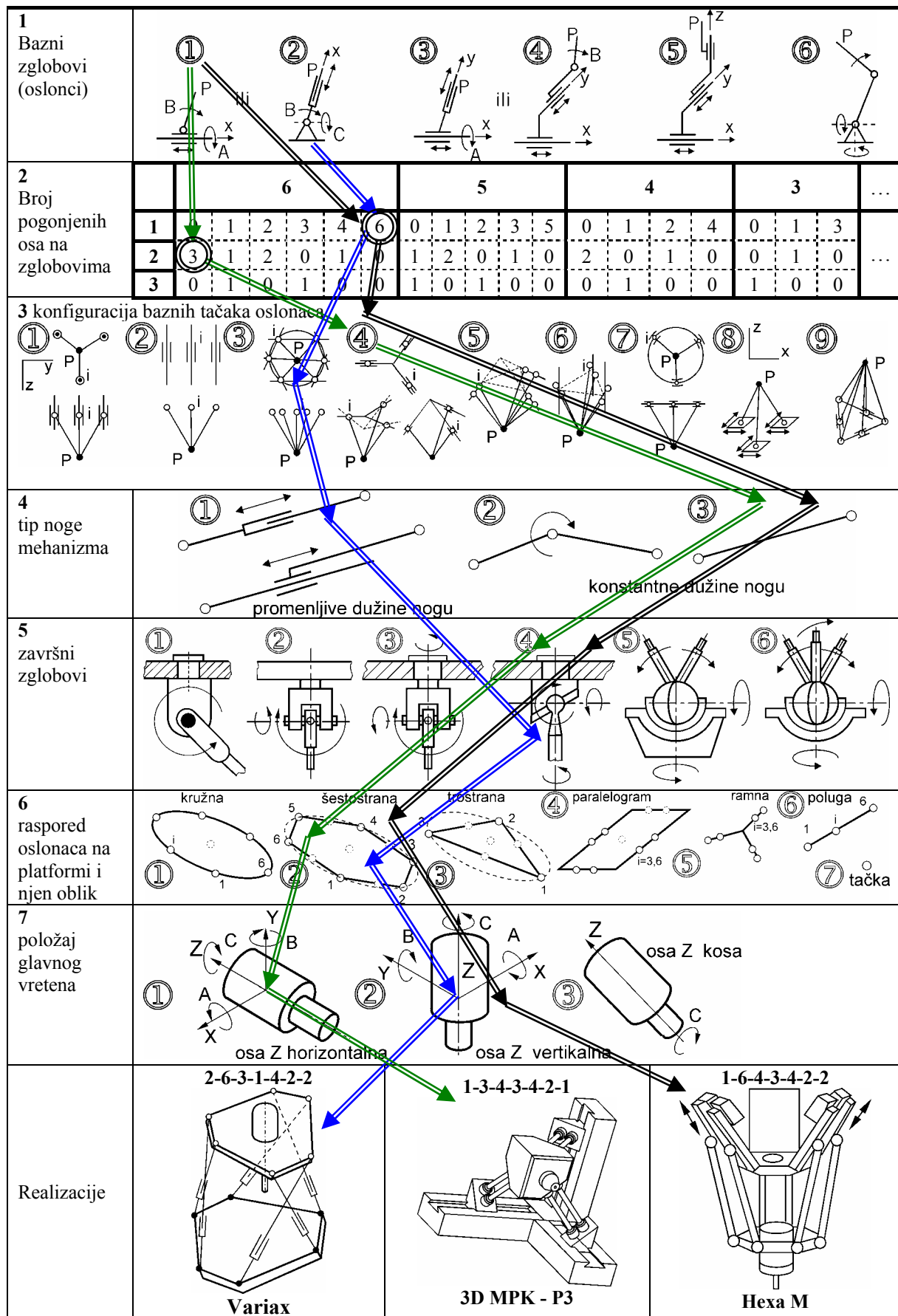
Ove tri vrste kretanja kao rezultat daju šest mogućih rešenja za kinematiku baznih zgلوبova paralelnih mehanizama prikazanih na slici 2-1. Osaženi stepeni slobode u zgلوبovima, čini takve zgلوبove aktivnim, dok se preostali neosaženi mogu opisati kao pasivni zgلوبovi. Sve tri zgلوبne veze na nekoj nozi paralelnog mehanizma, mogu biti osnažene, ali je takođe moguće osnažiti dva ili samo jedan zgلوب.

Ako razmatramo položaj oslonih tačaka na bazi, one mogu biti fiksno raspoređene ili pokretane po nekoj putanji. Broj mogućih varijanti je vrlo veliki. Na osnovu analize vrlo velikog broja paralelnih mehanizama ustanovljene su najčešće realizacije rasporeda fiksnih ili kliznih zgلوبova, koje su date na slici 2-3.

Mogućće koncepcije nogu (spojki) mehanizma, sa promenljivom ili konstantnom dužinom šematski su prikazane su slici 2-4. Noge promenljivih dužina se realizuju primenom translatornih osa, dok su spojke konstantnih dužina obični štapovi, ili dva štapa sa obrtnim zgلوبom u sredini.

Zgلوبovi na završnom kraju noge, prema pokretnoj platformi, mogu se opisati u zavisnosti od broja stepeni slobode (slika 2-5) prema konkretnim potrebama koncepcije mehanizma, kao i u zavisnosti od tehničke realizacije. Ovde su prikazane realizacije obrtnog, univerzalnih i sfernih zgلوبova. Tako na primer postoje sferni zgلوبovi koji omogućavaju zajedničko povezivanje po dve noge, što je u praksi relativno čest slučaj (Geodetics, Hexel, Sandia - heksapodi), ili ređe za povezivanje i po tri noge. Ovakve realizacije se mogu koristiti i za zgلوبove na baznim osloncima, u zavisnosti od koncepcije mehanizma.

Raspored oslonaca na pokretnoj platformi diktira i sam oblik platforme. Najčešće su ovi oslonci raspoređeni po kružnici pod određenim uglovima, pri čemu je oblik platforme upisan u pomenutu kružnicu.



Slika 2. Sistematski opis koncipiranja tehnoloških modula sa paralelnim mehanizmom

Ovo važi na primer za šestostrane i trostrane platforme. Zatim platforma može biti u obliku paralelograma, ili prizme, pri čemu su oslonci raspoređeni duž njegovih stranica. Platforma može biti i na

jednoj poluzi, na kojoj su linijski raspoređeni zglobovi, zatim na tri ramno povezane grede pod određenim uglovima. Može se posmatrati i deo mehanizma kod koga se susstiče više štapova u jednoj tački (slika 2-6).

U stvarnosti pravac dejstvujuće sile u nogama mehanizma, može imati mnoštvo pravaca, a pošto i z osa glavnog vretena može biti bilo vertikalna, horizontalna ili čak kosa, to takođe doprinosi povećanju broja mogućih konfiguracija mašina alatki sa paralelnim mehanizmom.

Na slici 2. je prikazana i sinteza za tri ugledna primera koncepcija paralelnih mehanizama kao što su poznati Variax firme Giding&Lewis, 3D MPK poznatija kao P3, koja se nalazi instalisana u Zavodu za mašine alatke, Mašinskog fakulteta u Beogradu i Hexa M firme Toyoda. Kao rezultat ovog propuštanja kroz aparat opisivanja, koncepcija razmatranog paralelnog mehanizma može biti pretvorena u sistem brojeva, koji označavaju izabrano rešenje na svakom od ukupno 7 nivoa. Tako se jedna strukturna formula paralelnog mehanizma može napisati kao niz od sedam brojeva. Primer opisa, odnosno strukturnih formula, za tri pomenute koncepcije date na slici 2, izgleda ovako:

Variax → 2-6-3-1-4-2-2 P3 → 1-3-4-3-4-2-1 Hexa M → 1-6-4-3-4-2-2

Ako želimo da opišemo samo kinematiku paralelnog mehanizma, bez detaljisanja strukture i realizacije, onda se opis može svesti na opis kretanja koja se ostvaruju u kinematičkom lancu, upisivanjem slovne oznake za određeni tip kretanja, po redosledu odvijanja ovih kretanja. Slovne oznake koje se koriste u označavanju su T - translatorno (1 stepen slobode) i R - rotaciono (1 stepen slobode), S - sferno (3 stepena slobode). Primer opisa kinematike, pomoću slovnih oznaka za gore navedene tri mašine izgleda ovako:

Variax → RRTS P3 → TRRS Hexa M → TRRS

3. ZAKLJUČAK

Primenom pomenutog sistematskog opisa moguće je predstaviti veliki broj različitih koncepcija, s težnjom za uspostavljanje univerzalnog načina opisivanja paralelnih mehanizama. Ovakvim razmatranjima i prikazom moguće metodologije za sistematizaciju koncepcija paralelnih mehanizama učinjen je korak ka objedinjavanju informacija o istraživanjima na temu paralelnih mehanizama. Razmatrani su do sada postavljeni ili realizovani paralelni mehanizmi na bazi sakupljanja informacija u svetu putem Interneta, časopisa, patenata, publikacija, a sve to u cilju:

- dolaska do novih saznanja o paralelnim mehanizmima, odnosno razumevanja postojećih dostignuća u ovoj oblasti,
- uopštenog opisa na bazi predstavljene metodologije za sistematizaciju paralelnih mehanizama,
- analiziranja varijantnosti koncepcija primenljivih paralelnih mehanizama,
- prepoznavanje do sada realizovanih rešenja za pojedine koncepcije, čime će jasno biti naznačen pokriven i slobodan prostor za projektovanje mogućih novih koncepcija paralelnih mehanizama, a takođe i za fizičku realizaciju postojećih, a nerealizovanih koncepcija, i
- dobijanja brze i pregledne informacije o svetskim istraživanjima i dostignućima, radi izgradnje sopstvenog pristupa kao ideje koja obogaćuje neku postojeću koncepciju ili je potpuno zamenjuje nekom atraktivnijom.

4. LITERATURA

- [1] Gunter Pritschow (1), Karl Heinz Wurst, Systematic Design of Hexapods and other Parallel Link Systems, Annals of the CIRP Vol. 46/1/1997, pp 291-295
- [2] Hans Jurgen Warnecke (1), Reimund Neugebauer, Frank Wieland, Development of Hexapod Based Machine Tool, Annals of the CIRP Vol. 47/1/1998, pp 337-340
- [3] Čović N., Razvoj koncepcijskog projektovanja jedne klase fleksibilnih tehnoloških sistema, doktorska disertacija, Mašinski fakultet, Beograd, 2000.
- [4] Živanović S., Tehnološki modul sa paralelnim mehanizmom, magistarska teza, Mašinski fakultet Beograd, 2000.

AN METHODOLOGY FOR PARALLEL KINEMATICS MACHINE SYSTEMATIZATION

Summary

The paper considers possible variability of parallel kinematic machine concepts, based on up to date development and developed concepts. This approach is shown using methodology for possible systematization of parallel mechanisms on which this machinery based. The idea is to, based on good knowledge of existing designs, come to new concepts which dignified an old, or to take totally new original concept in consideration.