



KONFIGURACIJE MEHANIZAMA ZA GRADNJU PROTOTIPA PETOOSNE PARALELNE MAŠINE

Saša T. Živanović¹

Rezime: U radu se predstavlja deo rezultata istraživanja tokom konfigurisanja idejnog rešenja petoosne mašine alatke sa paralelnom kinematikom. Razmatrana su aktuelna dostignuća u ovoj oblasti i izabrana je hibridna konfiguracija mašine koja će omogućiti petoosnu obradu. Ova konfiguracija se sastoji od paralelnog mehanizma sa 3 ose i dvoosne glave, koja se nalazi na pokretanoj platformi paralelnog mehanizma. Na bazi realizovanog industrijskog prototipa pn101_4 nastavljena su istraživanja u cilju konfigurisanja petoosne mašine alatke sa paralelnom kinematikom. U cilju provere i verifikacije realizovan je i fizički model, za potrebe baznih istraživanja.

Ključne riječi: Petoosna mašina alatka sa paralelnom kinematikom, konfigurisanje

MECHANISM CONFIGURATION FOR BUILDING PROTOTYPE FIVE AXES PARALLEL KINEMATICS MACHINE

Abstract: This paper presents a part of research results obtained during configuring of five axes parallel kinematics machine tool. This configuration consists of three axes parallel mechanism and two axes head, which is placed on parallel mechanism platform. Using realized industrial prototype pn101_4 research is continued aiming to configure five axes parallel kinematics machine tool. Current achievements in this field are considered and hybrid configuration of machine, which will enable five axes machining was chosen. For verification purposes physical model is realized.

Keywords: Five axes parallel kinematics machine, configuring

1. UVOD

Konfigurisanje, izrada, ispitivanje i eksploatacija petoosnih mašina sa paralelnom kinematikom predstavljaju jedan od velikih izazova u proizvodnom mašinstvu. Ovakve mašine podležu i restrikcijama izvoza iz zemalja koje ih proizvode. Predmet istraživanja u ovoj oblasti su: konfiguratori petoosnih paralelnih mašina, tehnologije izrade višeosnih mašina, posebno petoosnih MPK, eksploatacija i ispitivanje i kalibracija petoosnih MPK.

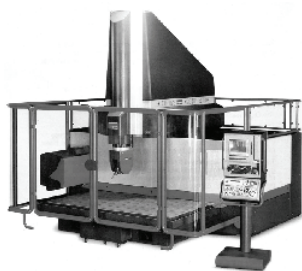
¹ Mr Saša T. Živanović, Beograd, Mašinski fakultet, (szivanovic@mas.bg.ac.yu)

U istraživanjima se razmatraju i aktuelni trendovi u pravljenju mašina alatki i robota, specijalno paralelnih mašina i to: rekonfigurabilnost, kalibracija, programiranje, ispitivanje, korišćenje netipičnih materijala, razvoj specijalnih komponenata itd. Inicijativa za razvoj ovakvih mašina opravdava se očekivanim tehničkim napretkom: razvojem novog prototipa angažovanjem domaćih resursa, izradom mašine i pripremom za osnivanje novog proizvodnog programa. Osnovni cilj je očuvanje aktuelnosti sopstvenih istraživanja radi formiranja aktuelnog proizvodnog programa mašina sa paralelnom kinematikom, konkurentnih na tržištu visokih tehnologija.

2. ANALIZA 5D I 6D KONFIGURACIJA MAŠINA

5D mašina ima pored tri translacije (X, Y, Z) i dodatnu mogućnost naginjanja ose alata po dve obrtne ose uz pristup alata površini reljefa prema zadatoj orijentaciji. Mašine alatke više nisu ograničenje za tehnologiju, bilo paralelne ili serijske konfiguracije. Nekada su mogućnosti mašine ograničavale tehnologiju, dok sada praktično mašine alatke, predstavljaju zamajac za razvoj tehnologije.

Neka od postojećih izvedenih rešenja mašina za petoosnu obradu (5D), pokazana su na Sl.1. i to: tradicionalna serijska petoosna mašina alatka, industrijski robot sa 5 stepeni slobode za izradu modela od mekog materijala i hibridna paralelno-serijska mašina alatka, poznata kao Tricept. Karakterističan primer primene industrijskih robota je u izradi modela odlivka, čime se vrši transformacija digitalnog modela u putanju alata za obradu glodanjem dobijenog reljefa. Prema procenama, smatra se da je dovoljno velika višeosna mašina alatka skupa i spora za obradu tako mekih materijala. Kao alternativa, upotreba robota ima zadovoljavajuću radnu tačnost, dovoljnu brzinu, dovoljnu krutost da savlada otpore rezanja odabranih mekih materijala (meko drvo, peščani blok i sl.) i dovoljan radni prostor, koji se po potrebi može povećati mobilnošću robota itd.



a) mašina alatka sa serijskom kinematikom



b) industrijski robot



c) hibridna paralelno-serijska konfiguracija

Sl.1 Primeri mašina za petoosnu obradu

Postoje istraživanja na temu reinženjeringa serijskih glodalica, pomoću paralelnih mehanizama. Primer za to je firma PRSCO (Parallel Robotic Systems Corporation), koja u okviru svojih istraživanja razmatra i sniženje cena projektnih rešenja na bazi paralelnog mehanizma kao jeftinije varijante za različite poslove, kao što su obrada materijala rezanjem (mašine alatke), precizno pozicioniranje (pozicioneri), simulatori itd. Na Sl.2 je prikazana nadogradnja jedne konvencionalne

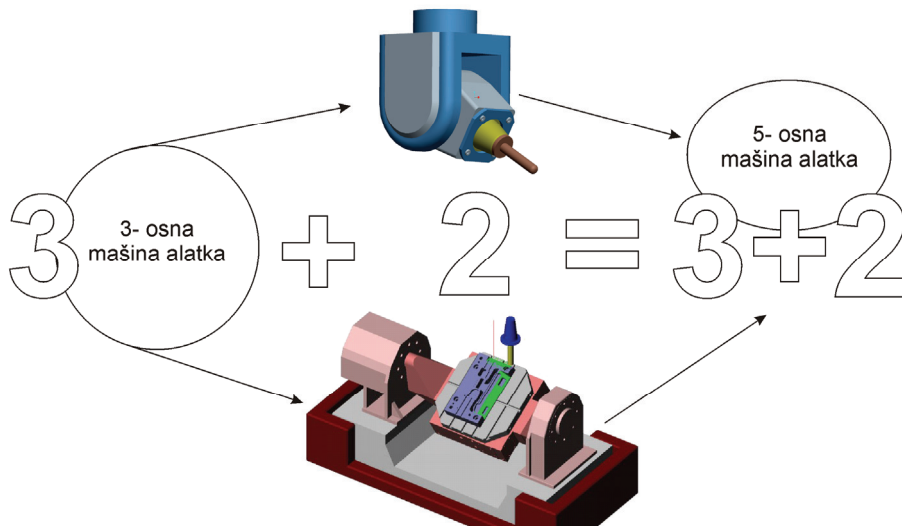
mašine alatke, tako da pomoćna kretanja ostvaruje obradak pomeranjima platforme paralelnog mehanizma. Na taj način je nadogradnjom postojeće mašine ostvarena mogućnost višeosne obrade bez velikih ulaganja. Na slici se vidi primer obrade radnog predmeta.



Sl.2 Reinženjering serijske glodalice
P2000 Hexapod (Prsco)

Nije lako napraviti odmah šestoosnu mašinu sa paralelnom kinematikom, koja se može koristiti za petoosnu obradu (5D). Trebalo bi imati i upravljačku jedinicu (UJ) za sinhronizaciju šest osa po zadatoj putanji, odnosno, upravljati sa šest servomotora. Tada bi se dobilo šest upravljanih pogonskih osa. Pogodnim programiranjem P(PU) u sistemu za programiranje (P) i upravljanje (U), PU, takva mašina može da se programira i za troosnu obradu (3D) i za petoosnu (5D) obradu. Moguće je napraviti i hibridnu mašinu: troosna paralelna sa dodatim dvoosnim serijskim mehanizmom (Sl.3). i takva mašina omogućava i 3D i 5D obradne procese.

Kod mašina alatki pravolinijska i obrtna kretanja podeljena su između alata i obratka. Za ostvarivanje 5D obrade moguće je da se na osnovnu troosnu mašinu alatku dodaju dvoosni serijski mehanizmi u obliku nagibne glave sa alatom, ili nagibnog i obrtnog stola (Sl.3).



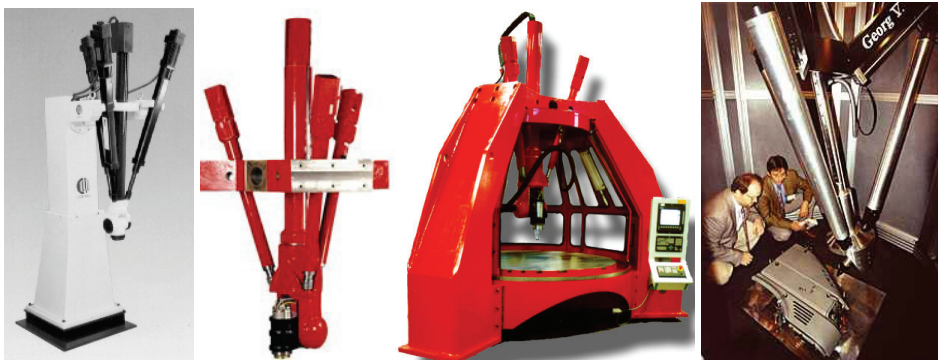
Sl.3 Konfiguracije 3+2 petoosnih paralelnih mašina

3. HIBRIDNE PARALELNO-SERIJSKE MAŠINE

Hibridne paralelno-serijske petoosne mašine predstavljaju most između mašina alatki i industrijskih robota, i obično imaju sledeću strukturu: 3 ose paralelne, 2 ose serijske (3+2). Ove konfiguracije se mogu koristiti kao tehnološki moduli za obradu, manipulaciju i kooperativni rad. Upotreba ovakvih mašina u tehnološkim sistemima može biti smatrana jednim centrom za reinženjering firmi proizvođača i firmi korisnika.

Primeri realizacija ovakvih mašina dveju firmi Comau i Neos Robotics pokazane su na Sl. 4a,b,c. Poznate su pod nazivima Tripod i Tricept. Koncept Tricept paralelne mašine je patentiran 1985. godine. Kod ovih mašina su tri bazna kretanja ostvarena paralelnim mehanizmom. S aspekta primene ovakvih mašina, pogodne su za rad u tandemu ili čak višestruki kooperativni rad. U nekim vizijama ove mašine se vide kao tehnološki moduli na kojima baziraju tehnološki sistemi viših nivoa. Pogodni su za ugradnju u sisteme, gde je potrebno obrađivati složenu i/ili veliku geometriju, raspoređivanjem osa mašina, po toj geometriji. Na primer, obrada karoserije automobila, bušenje rupa na oplati aviona i sl.

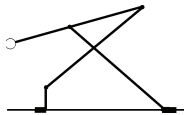
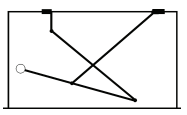
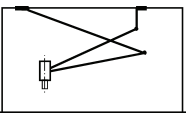

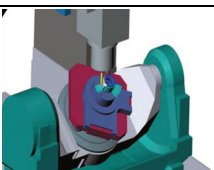
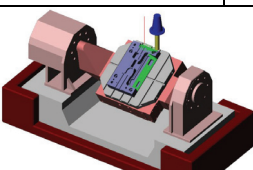
Obe konfiguracije i Tripod i Tricept su istog tipa i zasnivaju se na nogama promenljive dužine. Postoji i drugi tip konfiguracije koji se zasniva na spojkama konstantne dužine i zglobovima koji su pomerljivi duž nagnutih translatorskih klizača, kao što je pokazano na Sl.4d, na primeru konfiguracije poznate kao George V.



a) Comau Tripod b) Neos Tricept 805 c) Tricept obradni centar d) George V
Sl.4 Hibridne paralelno serijske mašine alatke

4. IZBOR KONFIGURACIJE ZA GRADNJU PETOOSNE PARALELNE MAŠINE

Imajući u vidu da se želi izvršiti nadogradnja postojeće troosne paralelne mašine na petoosnu, moguće su bile dve konfiguracije. Prva, sa dodatom dvoosnom glavom na pokretanoj plaformi i druga sa nagibno-obrtnim stolom. Osnovna mašina pn101_4 ima izduženu dominantnu X osu, i radni prostor koji je takođe izdužen u pravcu ose X. Ova konfiguracija je detaljno opisana u [1,2,3]. Generator scenarija za moguća konfigurisanja petoosnih paralelnih mašina na bazi troosne pn101 pokazan je na Sl.5.

RB	Funkcija	R1	R2	R3	...
1	Troosni paralelni mehanizam pn101-*				...
2	Dvoosni serijski mehanizam				...
3	Materijali	Metal	Metal+PB	Metal+PB+K	...
4	Pogonske ose	ZV / N	ZV / N	ZK / K	...
5	UJ	PLC	PC Linux - OA	RC	...
6	Motiv	Samo proba SI	Samo eksperimentalna mašina	Samo industrijski prototip	...
7	Obim angažovanja	Samo mašina	Mašina + Interno programiranje + Simulacija	Mašina + Sprega sa CAD/CAM (+ PP)	...
8	Razvoj softvera	PP na bazi CAM za SK	CAD/CAM okruženje za mašinu	CAD/CAM okruženje za mašinu	...
...

Legenda:

RB: Redni broj; R1,...: Realizacije; PB: Polimer beton; K: Kompoziti (armirana matrica i/ili impregnirana potka); ZV/N: Zavojno vreteno sa recirkulacionom navrtkom; ZK/K: Zupčasti kaiš sa kaišnicima; TM: Translatorni motori; UJ: Upravljačka jedinica; PLC: (Servo) PLC; RC: Robot controller; OA: Open Architecture Controller; SI: Simultano inženjerstvo; MPK: Mašina sa paralelnom kinematikom; PP: postprocesor; SF: Softver; SK: Serijska kinematika

*Sl.5 Generator scenarija za konfigurisanje petoosnih mašina sa paralelnom kinematikom na bazi pn101-**

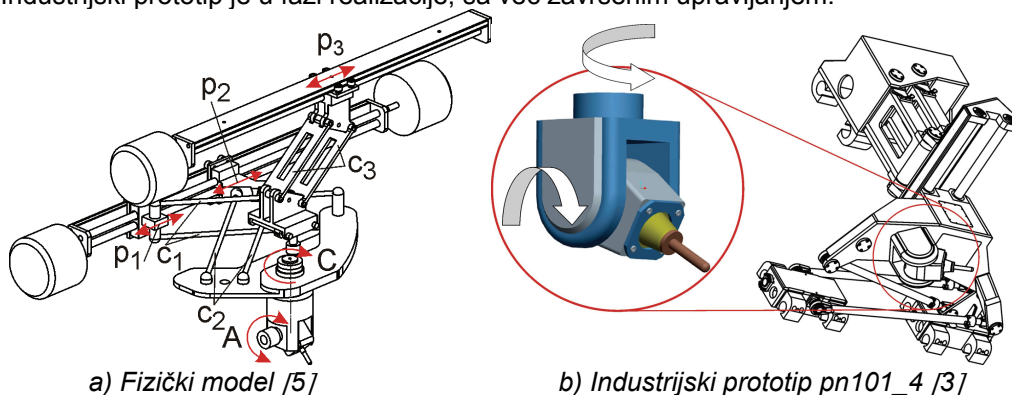
Izabrana je konfiguracija sa dvoosnom glavom na pokretanoj platformi paralelnog mehanizma pn101_4. U tom slučaju sva kretanja po svih 5 stepeni slobode izvodi alat. Ovakva konfiguracija mehanizma predstavlja obećavajući alternativni koncept u poređenju sa nekim postojećim petoosnim paralelnim mehanizmima. Razvijeni prototip vertikalne glodalice ukazuje da bi ovakva komercijalna mašina mogla biti superiorna u odnosu na slične postojeće mašine u pogledu cene, dinamike i tačnosti što opravdava dalja istraživanja u ovom pravcu.

5. ZAKLJUČAK

Osnova za istraživanja su rezultati iz završenog prethodnog trogodišnjeg projekta Troosne paralelne mašine. Projekat TR6309B Petoosne paralelne mašine je prirodni nastavak istraživanja u oblasti mašina sa paralelnom kinematikom. U tom pogledu rezultati iz prethodnog projekta su baza za konfigurisanje i izradu hibridne paralelno-serijske petoosne paralelne mašine.

Projektovanje i konstruisanje sklopova buduće petoosne mašine je uporedo rađeno na fizičkom modelu na Mašinskom fakultetu (Sl.6a) i na industrijskom prototipu

kod Participnta (Lola Sistem) (Sl.6b). Fizički model je završen sa dodatim modelom dvoosne glave i može se koristiti za proveru proračuna inverzne i direktne kinematike. Industrijski prototip je u fazi realizacije, sa već završenim upravljanjem.



Sl.6 CAD modeli konfiguracija petoosne 3+2 paralelne mašine

Mogući dalji pravci istraživanja u ovoj oblasti su: konfiguratori petoosnih paralelnih mašina, tehnologije izrade, eksploatacija, ispitivanje i kalibracija, programiranje i upravljanje petoosnih mašina sa paralelnom kinematikom.

LITERATURA

- [1] D. Milutinovic, M. Glavonjic, V. Kvirgic, S. Zivanovic, A New 3-DOF Spatial Parallel Mechanism for Milling Machines with Long X Travel, pp. 345-348, Annals of the Vol54/1, CIRP 2005.
- [2] Glavonjić, M., Živanović, S., Milutinović, D., Troosna paralelna mašina pn101, 31. JUPITER konferencija, 27. simpozijum NU - Roboti - FTS, Zbornik radova, ISBN 86-7083-508-8, str.3.1-3.5, Mašinski fakultet, Beograd, Zlatibor, april 2005.
- [3] Milutinović, D., Glavonjić, M., Kvirgić, M., Živanović, S., Novi paralelni mehanizam za glodalice sa dugačkom X osom, 31. JUPITER konferencija, 27. simpozijum NU - Roboti - FTS, Zbornik radova, ISBN 86-7083-508-8, str.3.6-3.11, Mašinski fakultet, Beograd, Zlatibor, april 2005.
- [4] Glavonjić, M., Milutinović, D., Živanović, S., Pokazni centar za mašine sa paralelnom kinematikom, Naučno - stručni časopis iipp – Istraživanja i projektovanja za privredu, str. 29-34, 2005.
- [5] Živanović, S., Fizički model petoosne mašine sa paralelnom kinematikom, IX Međunarodna konferencija Fleksibilne tehnologije mma 2006, Zbornik radova, ISBN 86-85211-96-4, str. 57-58, Novi Sad, jun 2006.