



MAŠINSKI FAKULTET BANJALUKA  
ASOCIJACIJA ZA DIZAJN, ELEMENTE I KONSTRUKCIJE  
NAUČNO-STRUČNI SKUP

# IRMES '06

ISTRAŽIVANJE I RAZVOJ MAŠINSKIH ELEMENATA I SISTEMA  
Banjaluka, 21. i 22. septembar 2006. godine

## KONFIGURISANJE FUNKCIONALNIH SIMULATORA TROOSNIH MAŠINA SA PARALELNO KINEMATIKOM

Saša Živanović<sup>1</sup>

**Rezime:** U radu su predstavljeni simulatori troosnih mašina sa paralelnom kinematikom. Tokom njihovog konfigurisanja korišćeno je CAD okruženje za potrebe dobijanja digitalnog virtuelnog modela sa kojim je vršena provera ideja i verifikacija usvojenih konačnih rešenja. Postavljena je osnova za konfigurisanje i izradu funkcionalnih simulatora mašina sa paralelnom kinematikom, koji se postavljaju kao tehnološki modul na bazne mašine sa serijskim ortogonalnim osama. Na taj način uz mala ulaganja se dobija edukacioni i istraživački sistem sa mogućnošću simulacije rada prave mašine sa paralelnom kinematikom.

**Ključne riječi:** konfigurisanje, funkcionalni simulatori, mašina sa paralelnom kinematikom (MPK)

### CONFIGURING OF FUNCTIONAL SIMULATORS FOR THREE-AXES PARALLEL KINEMATICS MACHINE TOOLS

**Abstract:** This paper presents simulators for three-axes parallel kinematics machine tools. During configuring of these machines for obtaining of virtual model for verification of ideas and adopted final designs, CAD environment was used. The basis for configuring and manufacturing of final functional simulators for parallel kinematics machines is posed. These simulators are installed as technical modules on basic serial machine tools with orthogonal axes. In this way with small investments educational and research system, which can be used for simulation of real parallel kinematics machine operation, is obtained.

**Keywords:** : configuring, functional simulators, parallel kinematics machine (PKM)

#### 1. UVOD

Mašine sa paralelnom kinematikom imaju obećavajuće performanse, koje ozbiljno konkurišu mašinama sa serijskom kinematikom, pa istraživanja u ovoj oblasti dobijaju na značaju. Sprovode se intenzivna istraživanja o funkcionalnosti, agilnosti i primeni mašina sa paralelnom kinematikom, bilo kao mašina alatki ili industrijskih robota. Ove mašine mogu biti građene i kao tehnološki moduli [2] koji mogu biti samostalni ili se kao osnovne funkcionalne jedinice ugrađuju u sisteme višeg nivoa složenosti.

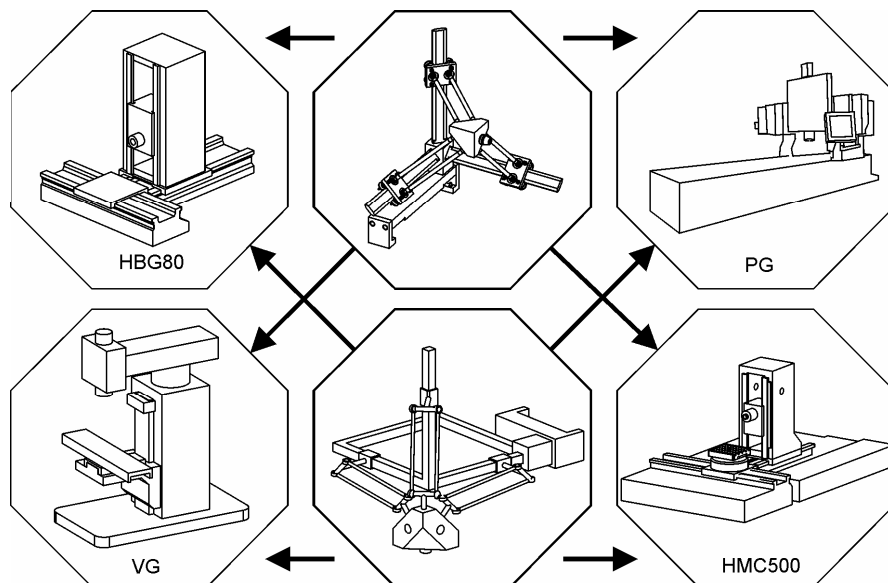
<sup>1</sup> mr Saša Živanović, Mirilovac, Mašinski fakultet Beograd, (szivanovic@mas.bg.ac.yu)

U pogledu edukacije novih inženjera koji bi radili sa novim mašinama, potrebno je oformiti edukacione centre, koji će u svom sastavu imati paralelnu mašinu. Međutim, kupiti novu mašinu sa paralelnom kinematikom, nije ni malo jeftino. Rešenje je da se pristupi konfigurisanju različitih varijanti pogodnih funkcionalnih simulatora, koji se mogu ugrađivati kao tehnološki moduli na mašine sa serijskim ortogonalnim osama. Ovi simulatori bi u potpunosti simulirali rad realnih mašina sa paralelnom kinematikom, koristeći u potpunosti pogone, merne sisteme, upravljanje od baznih mašina. Cena gradnje ovakvih funkcionalnih simulatora bi bila značajno manja u odnosu na kupovinu jedne nove mašine, a omogućila bi uspešno obučavanje za rukovanje i programiranje mašina sa paralelnom kinematikom.

Jedan takav centar je i Pokazni Centar za Mašine sa Paralelnom Kinematikom (CeMPK) [7], u okviru Katedre za proizvodno mašinstvo Mašinskog fakulteta u Beogradu. On u svom sastavu ima funkcionalne simulatore sa translatorno pokretnim aktuatorima po tri ortogonalne ose, koje se poklapaju sa osama baznih serijskih mašina.

## 2. ANALIZA KONFIGURISANJA FUNKCIONALNIH SIMULATORA

Gde je moguće ugraditi funkcionalne simulatore i sa kojim serijskim mašinama se može praviti simbioza sa simulatorom? Svaka serijska mašina sa ortogonalnim osama, može biti potencijalna bazna mašina za funkcionalni simulator (FS). Poželjno je da su hodovi translatorskih osa dovoljno veliki, posebno hod najkraće ose, da bi mogao da se izvuče dovoljno veliki i upotrebljivi radni prostor. Zatim dobro je ukoliko upravljačka jedinica ima mogućnost komunikacije sa računarom, zbog prebacivanja programa, koji su kod MPK vrlo dugački. Kod mašina sa serijskom kinematikom postoji spregnutost pojedinih osa koje se za FS trebaju raspregnuti, što će u nastavku na konkretnim modelima biti pojašnjeno.



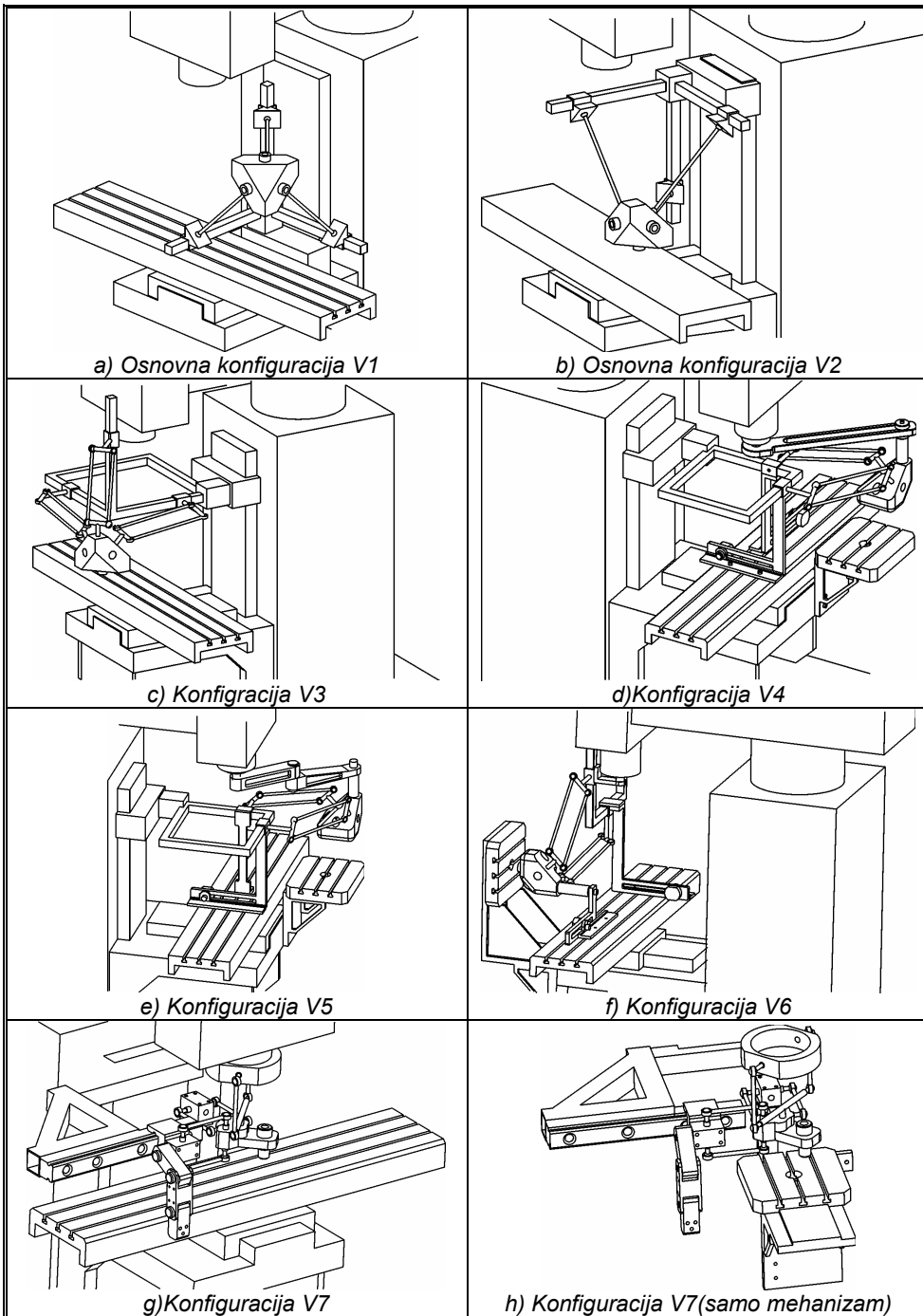
Sl.1 *Mogućnosti ugradnje osnovnih modela FS na različite koncepcije serijskih mašina*

### **3. CAD INTERPRETACIJE KONFIGURACIJA MPK**

Raznolikost mogućih baznih mašina utiče i na varijantnost mogućih rešenja funkcionalnih simulatora. U osnovi svakog paralelnog mehanizma, koji se ovde koristi, su ortogonalni translatorno pokretni aktuatori, čiji se klizači spojka konstantne dužine, povezuju sa pokretnom platformom. Mogućnost ugradnje na različite bazne mašine (obradne centre, npr. HBG80 i HMC500, VG – vertikalne glodalice, PG – portalne glodalice itd.) slika 1., obezbeđuje se specifičnim interface vezama, koje se posebno projektuju i grade u zavisnosti od konkretne bazne mašine.

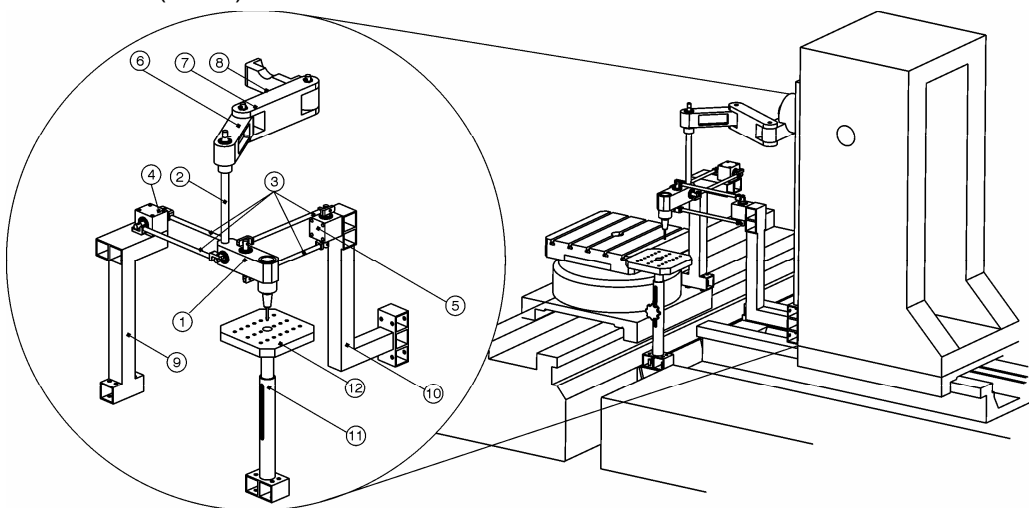
Do sada je konfigurisano 8 varijanti funkcionalnih simulatora MPK. Njihove CAD interpretacije su pokazane na slikama 2a do 2h. Redom neke osnovne karakteristike prikazanih konfiguracija mogu se ovako opisati:

- Varijanta 1, slika 2a. Osnovna koncepcija paralelnog mehanizma, koja je već testirana na obradnom centru HBG80. Ovde je postavljena na jednoj vertikalnoj glodalici (VG). Baza je postavljena na vođice za poprečno pomeranje na konzoli VG. Platforma je obuhvaćena vođicama pogonskih osa.
- Varijanta 2, slika 2b. Ista osnovna koncepcija paralelnog mehanizma, koja je već testirana na obradnom centru HBG8 i ovde je postavljena na jednoj VG. Baza je postavljena na vođice stuba za vertikalno pomeranje konzole VG. Platforma je obuhvaćena vođicama pogonskih osa.
- Varijanta 3, slika 2c. Nova koncepcija, koja nije testirana. Baza je postavljena na vođice stuba za vertikalno pomeranje konzole VG. Platforma nije obuhvaćena vođicama pogonskih osa. Prve tri varijante su idejna rešenja, samo sa postavljanjem mehanizma, bez razmatranja strukture njihovih pogonskih osa.
- Varijanta 4, slika 2d. Nova koncepcija kao podvarijanta prethodnog rešenja. Nije testirana. Baza je postavljena na vođice stuba za vertikalno pomeranje konzole VG. Platforma nije obuhvaćena vođicama pogonskih osa. Kompletirana je struktura pogonskih osa. Vertikalna pogonska osa prenosi se preko kulisnog mehanizma. I dve horizontalne ose se prenose preko kulisnih mehanizama. Radni sto je horizontalan.
- Varijanta 5, slika 2e. Nova koncepcija kao podvarijanta prethodnog rešenja. Nije testirana. Baza je postavljena na vođice stuba za vertikalno pomeranje konzole VG. Platforma nije obuhvaćena vođicama pogonskih osa. Kompletirana je struktura pogonskih osa. Vertikalna pogonska osa prenosi se preko zglobnog laktastog mehanizma (SCARA). Dve horizontalne ose se prenose preko kulisnih mehanizama. Radni sto je horizontalan.
- Varijanta 6, slika 2f. Nova koncepcija kao podvarijanta prethodnih rešenja. Nije testirana. Baza je postavljena na konzolu koja nosi glavno vreteno VG. Platforma nije obuhvaćena vođicama pogonskih osa. Kompletirana je struktura pogonskih osa. Vertikalna pogonska osa prenosi se krutom vezom sa pinole GV direktno na klizač paralelnog mehanizma. Dve horizontalne ose se prenose preko kulisnih mehanizama. Radni sto je vertikaln.



Sl.2 Različite konfiguracije funkcionalnih simulatora

- Varijanta 7, slika 2g i 2h. Konstrukciono rešenje za varijantu 3, za ugradnju na vertikalnu troosnu glodalicu tipa Lagun. Nije testirana. Baza je postavljena na vođice stuba za vertikalno pomeranje konzole VG. Platforma nije obuhvaćena vođicama pogonskih osa. Kompletirana je struktura pogonskih osa. Vertikalna pogonska osa prenosi se krutom vezom sa pinole GV direktno na klizač paralelnog mehanizma. Jedna horizontalna osa (X) prenosi se preko zglobnog laktastog mehanizma (SCARA), a druga se prenosi krutom vezom direktno na klizač paralelnog mehanizma.
- Varijanta 8, slika 3. Konstrukciono rešenje za varijantu 3, za ugradnju na horizontalni obradni centar HMC 500. Ova konfiguracija je realizovana i testirana [6]. Specifičnost ovog rešenja je da nema noseće strukture mehanizma, već se mehanizam direktno vezuje za pogonske ose bazne mašine (HMC500). Platforma nije obuhvaćena vođicama pogonskih osa. Kompletirana je struktura pogonskih osa. Vertikalna pogonska osa prenosi preko zglobnog laktastog mehanizma (SCARA). Druge dve horizontalne ose prenose se krutom vezom sa stuba HMC (Z osa) na klizač d1 i sa pokretnog radnog stola HMC (X osa) na klizač d2.



Sl.3 Konfiguracija V8, pkm\_hmc

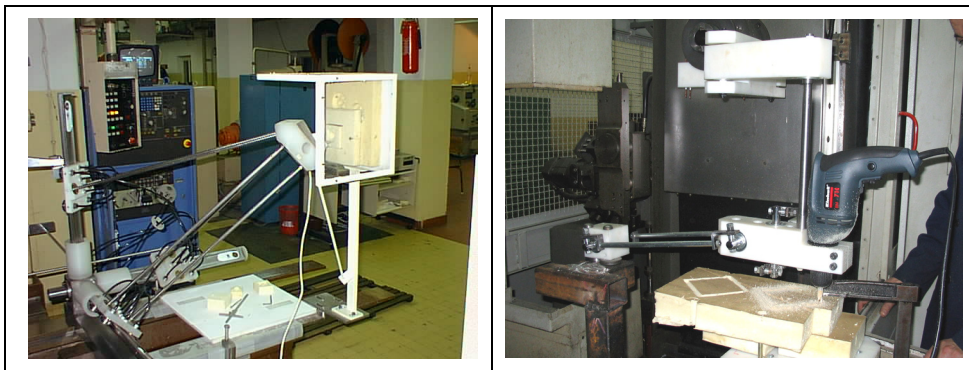
1- platforma, 2- stožer platforme, 3- spojka, 4- klizač d1, 5 – klizač d2, 6,7 – segmenti scara mehanizma, 8 - Veza za glavno vreteno hmc, 9 - d1 stožer, 10- d2 stožer, 11- stožer stola, 12- radni sto

#### 4. ZAKLJUČAK

Troosne mašine sa paralelnom kinematikom i translatorno pokretnim aktuatorima, su mašine koje se po svojim performansama ozbiljno nameću za industrijsku primenu, kao takmac postojećim mašinama. Pošto su to nove mašine, kako po koncepciji, tako i po sistemu upravljanja i programiranja, neophodno je posebnu pažnju posvetiti obuci i edukaciji budućih novih inženjera koji bi sa takvim mašinama radili. U tom pogledu, tema kojom se ovaj rad bavi, je upravo rešavanje problema edukacije, kroz pokazne centre i upotrebu funkcionalnih simulatora za troosne mašine

sa paralelnom kinematikom. Ovo može biti interesantno, kako za univerzitetske centre, tako i za naučno istraživačke institute, kao i razvojne centre vodećih proizvodnih firmi.

Dosadašnja iskustva, u konfigurisanju i gradnji funkcionalnih simulatora, nedvosmisleno su ukazali na uspešnost naših istraživanja u ovoj oblasti.



a) Simbioza HBG80 - P3

b) Simbioza HMC500 - pkm\_hmc

Sl.4 Primeri simbioza funkcionalnih simulatora sa serijskim obradnim centrima

## LITERATURA

- [1] Warnecke, H.J., Neugebauer, R., Wieland, F., Development of Hexapod based Machine Tool, Annals of the CIRP, Vol47/1/98, pp.337-340.
- [2] Živanović S., Tehnološki modul sa paralelnim mehanizmom, magistarska teza, Mašinski fakultet Beograd, 2000.
- [3] Čović, N., Živanović, S., Glavonjić, M., Osnovna koncepcija jednog prototipa troosne mašine sa paralelnom kinematikom, 28. Savetovanje proizvodnog mašinstva Jugoslavije, Zbornik radova, str. 6.7-6.13, Mašinski fakultet Kraljevo, Mataruška banja, 2000.
- [4] Glavonjić, M., Milutinović, D., Živanović, S., Funkcionalni simulator troosne glodalice sa paralelnom kinematikom. Nova namena obradnog centra ILR hbg80 sa jedinicom BOSCH SYSTEM 5Z. Edukacioni komplet tehnoloških modula sa paralelnom kinematikom, Projekat: Troosne paralelne mašine -MIS.3.02.0101.B, Elaborat 03-03-2002, Mašinski fakultet, Beograd, 2002.
- [5] Glavonjić, M., Milutinović, D., Živanović, S., Koncepcija pogonskih osa funkcionalnog simulatora troosne mašine sa paralelnom kinematikom, Projekat: Troosne paralelne mašine -MIS.3.02.0101.B, Elaborat 01-03-2002, Mašinski fakultet, Beograd, 2002.
- [6] Glavonjić, M., Milutinović, D., Živanović, S., Bouzakis, K., Mitsi, S., Misopolinos, L., Development of a Parallel Kinematic device Integrated into a 3-axis Milling centre, Proceedings of 2<sup>nd</sup> International Conference on Manufacturing Engineering ICMEN and EUREKA Brokerage Event, pp.351-361, Kassandra-Chalkidiki, Greece, October, 2005.
- [7] Glavonjić, M., Milutinović, D., Živanović, S., Pokazni centar za mašine sa paralelnom kinematikom, Naučno - stručni časopis iipp – Istraživanja i projektovanja za privredu, Broj 9, ISSN 1451-4117, str. 29-34, 2005.