



D. Milutinović, M. Glavonjić, S. Živanović¹

NOVI PARALELNI MEHANIZAM NA BAZI DELTA KONCEPTA²

Rezime

U radu se pokazuje novi paralelni mehanizam, na bazi DELTA koncepta, pogodan za brze robote manjih nosivosti i za bušačke obradne centre. Mehanizam objedinjuje dobre karakteristike DELTA mehanizma sa obrtnim aktuatorima u pogledu brzine, veličine radnog prostora i kompaktnosti konstrukcije, ali i dobre karakteristike DELTA mehanizma sa linearnim (translatorskim) aktuatorima, kao što su veće sile na end-efektoru i veća krutost.

Ključne reči: Paralelni mehanizam, roboti, mašine alatke

1. UVOD

Očigledno je da reč "brže" postaje jedna od ključnih reči u oblasti proizvodnih tehnologija [1]. Ova činjenica se lako potvrđuje na primeru razvoja robota i mašina alatki. Kod robota se i u jednostavnim manipulacionim zadacima, kao i u montaži i obradi, još uvek zahtevaju veće brzine, odnosno, kraća ciklusna vremena. Od mašina alatki takođe se još uvek zahtevaju veće brzine rezanja, pomoćnih kretanja i pozicioniranja (rapid - fast manufacturing) kako bi postigle produktivnost specijalnih mašina, ali i fleksibilnost i programabilnost.

Ova činjenica je bila osnovni motiv za aktualna istraživanja u oblasti paralelnih robota i mašina alatki, koja se sprovode na Katedri za proizvodno mašinstvo i koje finansiraju Ministarstvo za nauku, tehnologije i razvoj Republike Srbije (MNTR) i industrija.

U radu se pokazuje novi paralelni mehanizam na bazi DELTA koncepta pogodan za brze robote manjih nosivosti i za bušačke obradne centre. Mehanizam objedinjuje dobre karakteristike DELTA mehanizama sa obrtnim aktuatorima u pogledu brzine, radnog prostora i kompaktnosti konstrukcije, ali i dobre karakteristike DELTA mehanizama sa translatorskim aktuatorima u pogledu sila na end-efektoru i krutosti.

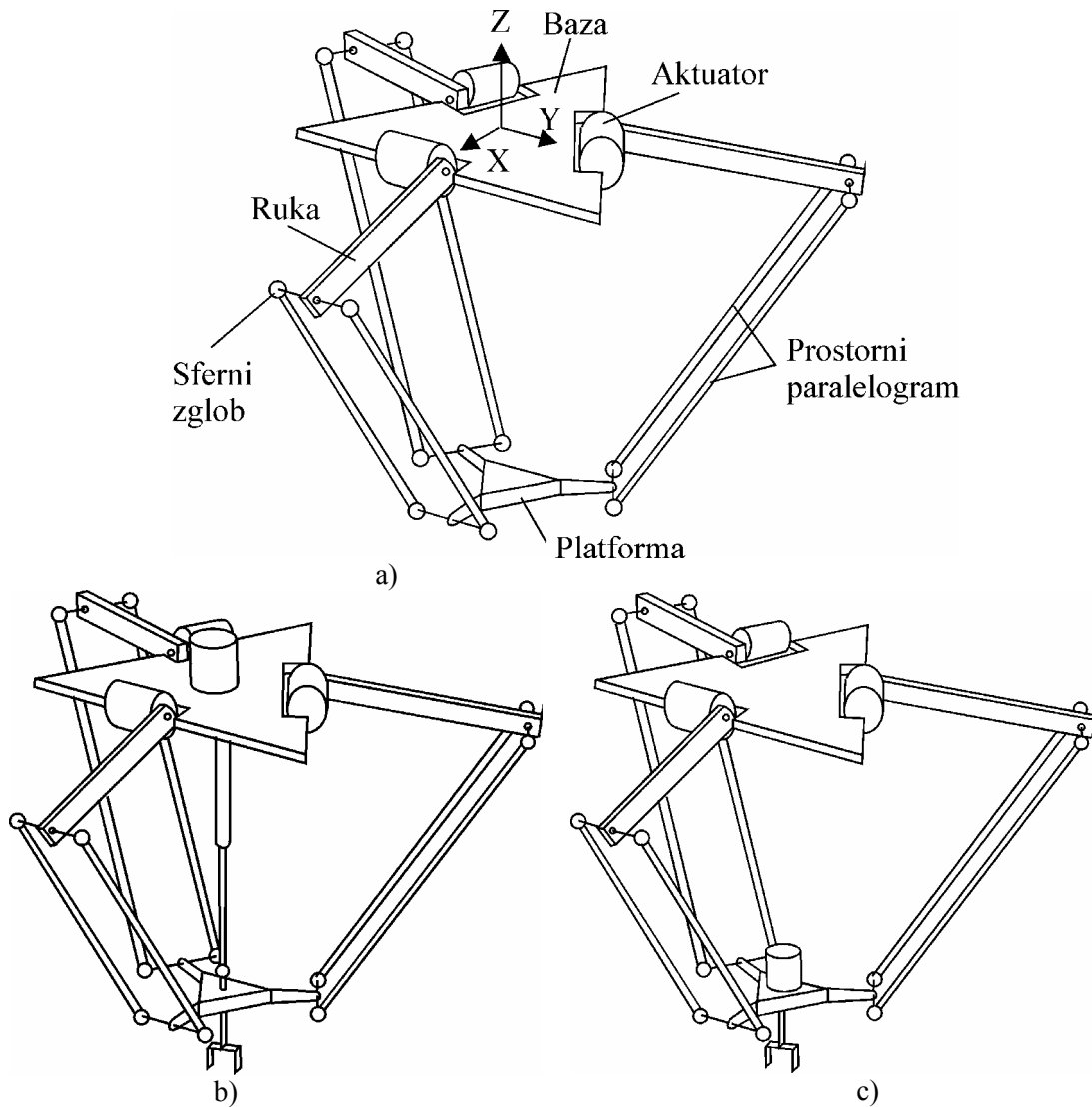
2. DELTA KONCEPT, REALIZACIJA I PRIMENE

DELTA paralelni robot [2] razvijen je sa idejom da nema potrebe koristiti robote sa motorima od po nekoliko kilovata za manipulaciju delovima mase od nekoliko grama [3]. Shematski prikaz DELTA paralelnog mehanizma, odnosno, osnovne konfiguracije manipulatora (stepeni slobode pozicioniranja) dat je na slici 1a).

Pomeranje pokretne ploče je rezultat kretanja tri zglobove ruke postavljene na bazu (nepokretnu ploču), dok su drugim krajem povezane parom paralelnih štapova sa pokretnom pločom (platformom). Tri deformabilna paralelograma obezbeđuju potpunu stabilnost (tri orijentacije su eliminisane vezom na zajedničkom kraju - pokretnoj ploči). Sami štapovi su spojeni sfernim zglobovima na svojim krajevima.

¹ dr Dragan Milutinović, vanr. prof., dr Miloš Glavonjić, vanr. prof., mr Saša Živanović, asistent., Katedra za Proizvodno mašinstvo, Mašinski Fakultet, Beograd, 27.marta 80.

² Projekat: Troosne paralelne mašine, u čijem finansiranju učestvuje MNTR Srbije i industrija.

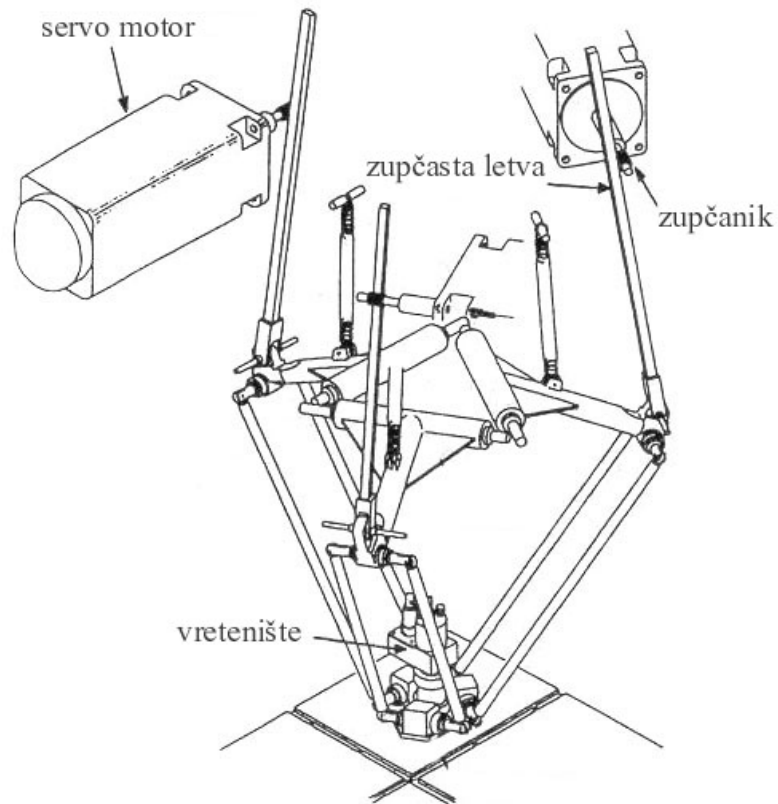


Slika 1. DELTA mehanizam sa obrtnim zglobovima

Ovakva, na prvi pogled kompleksna struktura mehanizma sa 10 segmenata, omogućava da pokretna ploča ima samo 3 stepena slobode. Ovi stepeni slobode omogućavaju pokretnoj ploči kretanja duž X, Y i Z ose, pri čemu ona uvek ostaje paralelna nepokretnoj ploči i bez rotacije oko ose normalne na nju.

U početnim fazama mehanizam je bio primenjen za razvoj nekoliko prototipova brzih robota sa 4 stepena slobode i PTP upravljanjem za primenu u prehrambenoj, konditorskoj i farmaceutskoj industriji, kao i za montažu u mikroelektronici. Četvrti stepen slobode, odnosno orijentacija, obezbeđuje se aktuatorom na nepokretnoj ploči, čiji se moment prenosi pomoću dva kardanska zgloba i teleskopskog vratila, slika 1b), ili pomoću aktuatora na unutrašnjoj strani platforme, slika 1c). Sa aspekta korisnika DELTA robot može biti posmatran kao SCARA robot.

Prvi prototipovi sa motorima na nepokretnoj ploči pokazali su uobičajene nedostatke obrtnih osa (prenosnici, dinamika i sl.), što je uslovalo razvoj novih rešenja pogona, sa snažnim stacionarnim motorima i sistemom zupčanik-letva, slika 2 [4]. Ovakvo rešenje pogona omogućilo je razvoj superbrzih robota sa CP upravljanjem, kao i bušačkih centara, slika 3 [3,4,5].



Slika 2. Rešenje pogona kod bušačkog centra PA35 Hitachi Seiki [4]

DELTA roboti sa ovakvim rešenjem pogona (slika 3a) ostvaruju velike brzine i ubrzanja tako da spadaju u danas najbrže robote na svetu.

Ovakav pogona je omogućio, pored velike brzine i ubrzanja i ostvarivanje većih sila na platformi, što je dovelo i do razvoja bušačkog centra slika 3b [4], za bušenje velikog broja malih otvora (kao i rezanje navoja).



a)



b)

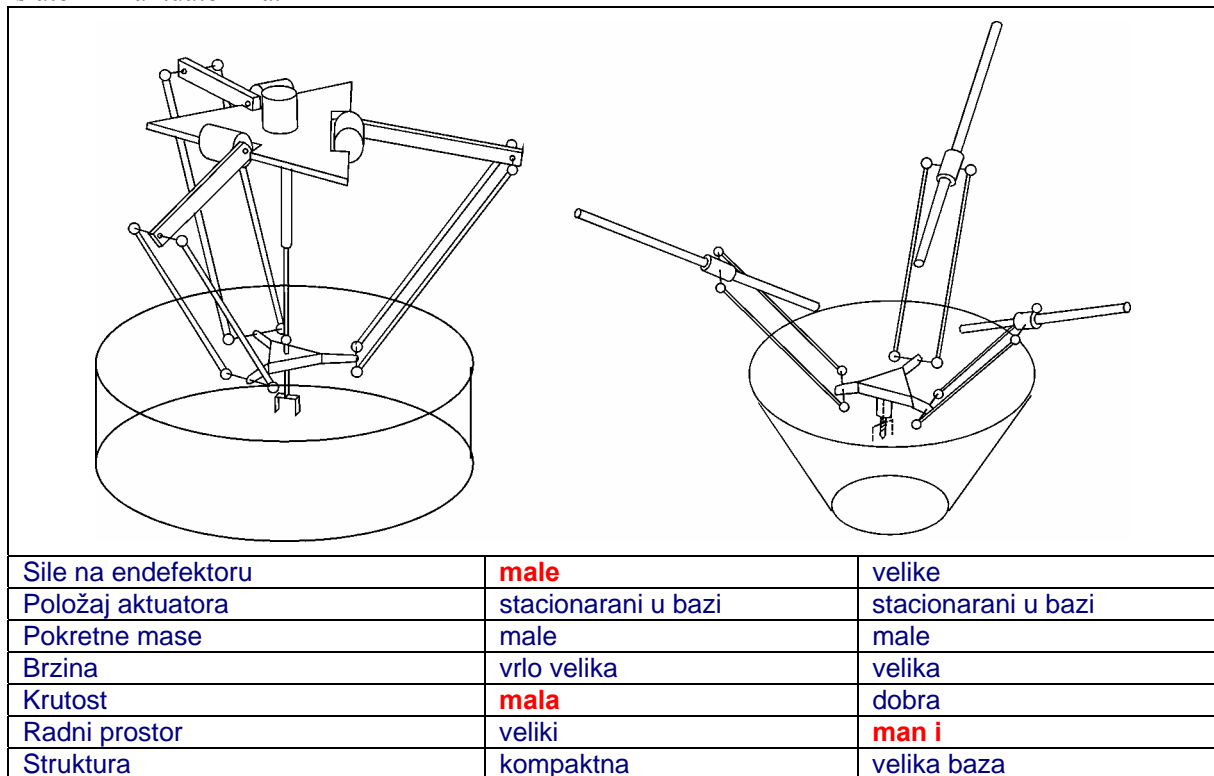


Slika 3. DELTA robot i bušački centar [3,4,5]

2.1 DELTA mehanizam sa translatornim aktuatorima

Autor DELTA mehanizma, pokazanog na slici 1. [2] je, sagledavajući njegove prednosti i nedostatke, logično došao i do njegovog kinematičkog ekvivalenta - DELTA mehanizma sa translatornim aktuatorima, slika 4. Takođe je, s pravom naglasio da su sve kasnije varijante, kao što su Triaglides, Lineapod i sl., u suštini DELTA mehanizmi.

Polazeći od komparativne analize prostornih paralelnih mehanizama sa obrtnim i translatornim aktuatorima u [6], na slici 4. su pokazane prednosti i nedostaci DELTA mehanizama sa obrtnim i translatornim aktuatorima.



Slika 4. Poređenje DELTA mehanizama sa obrtnim i translatornim aktuatorima

3. NOVI MEHANIZAM

Suštinske pogodnosti DELTA koncepta su okupile veći broj njegovih "pristalica", što je dovelo do proširenja koncepta i na više varijanti mehanizama sa linearnim aktuatorima.

Kao što je poznato, jedan od nedostataka mašina sa paralelnom kinematikom je i otežano projektovanje i izrada zbog nedostatka odgovarajućih komponenata, što je i logično s obzirom da su postojeće komponente bile orijentisane ka serijskim mašinama. Ovu činjenicu je lako uočiti i na prvim rešenjima pogona DELTA robota, slika 1., kao i na najnovijem rešenju pogona, slika 2., primenjenom na danas aktuelnim modelima robota i bušačkih centara, slika 3.

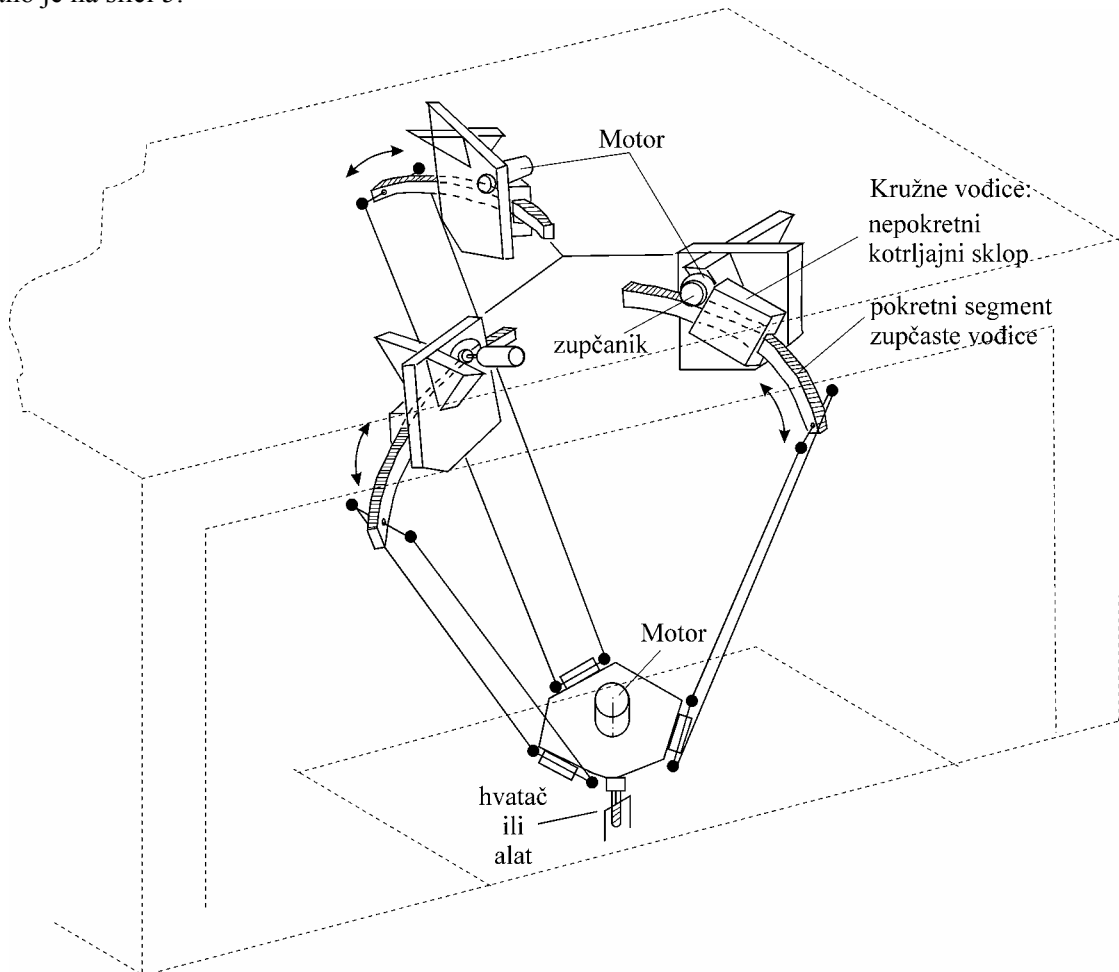
Iako je najnovije rešenje pogona dalo relativno dobre rezultate i dalje je ostao čitav niz nedostataka vezanih za složenost konstrukcije, dinamiku (prigušenje i slično), a naročito u pogledu kinematike, jer sistem zupčanik-letva uvodi dodatno usložavanje upravljanja (inverzni i direktni kinematički problem), zbog oscilovanja letve oko zupčanika.

Realizacija DELTA paralelnog robota, ili bušačkog centra sa translatornim aktuatorima, slično kao HexaM [1], sa gledišta današnje tehnologije komponentata bila bi bolja (uključujući i primenu linearnih motora, tj. direktnog pogona), ali se gube značajne prednosti u pogledu veličine radnog prostora i brzine, slika 4.

Jedno od mogućih rešenja DELTA mehanizma, koje bi:

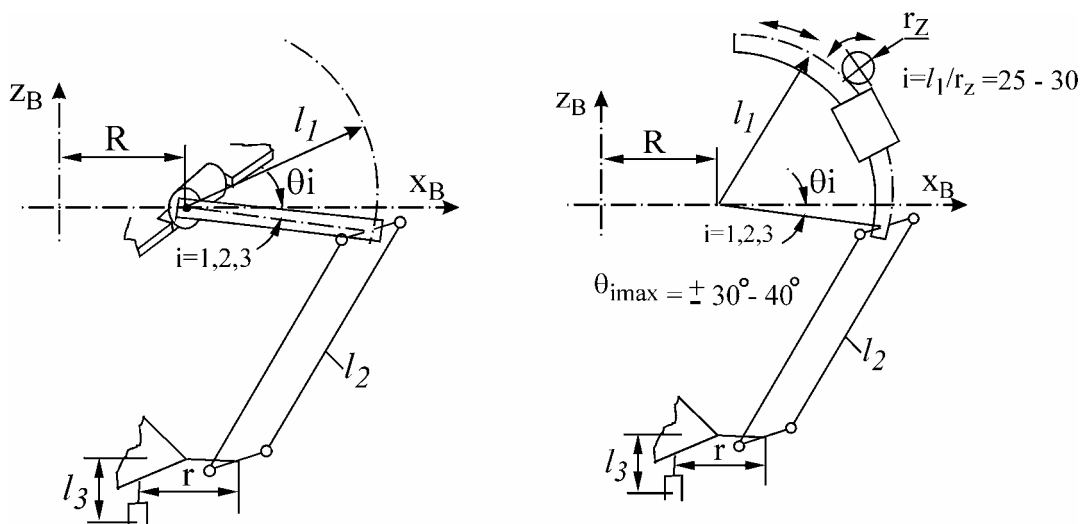
- objedinilo prednosti DELTA mehanizama i sa obrtnim i sa translatorskim aktuatorima,
- omogućilo jednostavniju konstrukciju i izradu, i
- imalo bolje dinamičke karakteristike,

pokazano je na slici 5.



Slika 5. Novi mehanizam na bazi DELTA koncepta

Potvrda ovom konceptu je i činjenica da su paralelni mehanizmi sa kružnim vođicama već u primeni (Eclipse [7]), kao i to da su i kružne vođice već osvojena tehnologija (THK, INA, ...). Pored toga, novi mehanizam ima identični nominalni kinematički model kao i DELTA mehanizam sa obrtnim aktuatorima, slika 6. koji je već detaljno razvijen i testiran [8].



Slika 6. Kinematički modeli DELTA mehanizma sa obrtnim aktuatorima i novog mehanizma

4. ZAKLJUČAK

U radu je pokazan novi paralelni mehanizam na bazi DELTA koncepta. Predloženo rešenje integriše prednosti DELTA mehanizama sa obrtnim i translatorskim aktuatorima, ali ima i čitav niz prednosti u odnosu na ove varijante u pogledu dinamike, konstrukcije, izrade, itd...

S obzirom da je rešenje detaljno prikazano i na predavanju po pozivu u THK, Tokyo [8] došlo se i do čitavog niza novih ideja u pogledu realizacije ovog rešenja primenom specijalizovanih kružnih vođica sa već integrisanim zupčastim segmentom, kao i mogućnosti realizacije ovog rešenja sa direktnim pogonom, što je predmet daljih istraživanja.

5. LITERATURA

- [1] F. Pierot, T. Shibukawa, From Hexa to HexaM, Parallel Kinematic Machines, Eds. C.R. Boer, L. Molinari-Tosatti and K.S. Smith, Springer, 1999, pp 357-364
- [2] L. Rey, R. Clavel, The Delta Parallel Robot, Parallel Kinematic Machines, Eds. C.R. Boer, L. Molinari-Tosatti and K.S. Smith, Springer, 1999, pp 401-417
- [3] M.O. Demaurex, The Delta Robot within the Industry, Parallel Kinematic Machines, Eds. C.R. Boer, L. Molinari-Tosatti and K.S. Smith, Springer, 1999, pp 395-399
- [4] T. Moriwaki, Survey of R&D Activities Related to Parallel Mechanisms in Japan, Parallel Kinematic Machines, Eds. C.R. Boer, L. Molinari-Tosatti and K.S. Smith, Springer, 1999, pp 431-440
- [5] L. Berthod, A new controller for the fastest industrial robot, Industrial robot, Vol. 23, N° 6, 1996, pp 30-35
- [6] T. Arai, K. Cleary, T. Nakamura, H. Adachi, K. Homma, Analysis and Construction of a Prototype Parallel Link Manipulator, Proceedings of the IEEE International Workshop on Intelligent Robots and Systems, IROS, 1990, pp 205-212
- [7] S. J. Ryu, J. W. Kim, J. C. Hwang, C. Park, H. Sang Cho, K. Lee, Y. Lee, U. Cornel, F. C. Park, J. Kim, Eclipse: an Overactuated Parallel Mechanism for Rapid Machining, Parallel Kinematic Machines, Eds. C.R. Boer, L. Molinari-Tosatti and K.S. Smith, Springer, 1999, pp 441-455
- [8] D. Milutinović, Newly Developed Mechanisms, Lecture Meeting at THK headquarter building, Tokyo, 2001.

NEWLY DEVELOPED MECHANISM BASED ON DELTA CONCEPT

Summary

The newly developed parallel mechanism based on DELTA concept is considered. Mechanism is suitable for fast robots as well as for drilling center. Mechanism has good characteristics of DELTA mechanism with rotary actuators as well as of DELTA mechanisms with linear actuators.

Key words: Parallel mechanisms, industrial robots, machine tools