

## **APLIKÁCIA POČÍTAČOVÝCH ZRUČNOSTÍ PRI ŠPECIFIKÁCI POHYBU MECHANICKÉHO SYSTÉMU**

MONKOVÁ Katarína – MONKA Peter, SR

### **Resumé**

Článok sa zaoberá využitím CAD/CAM systému Pro/Engineer pri definovaní obálky pohybu robota a krivky pohybu jeho koncového efektora. Jednotlivé komponenty 3D modelu robota sú spájané pomocou kinematických väzieb tak, aby vo výslednej zostave boli zachované základné rozmery vplyvajúce na uvedené charakteristiky. Článok vznikol za priamej podpory MŠ SR v rámci projektu KEGA č.035TUKE-4/2011 and ITMS č. 26220220155.

**Kľúčové slova:** obálka pohybu, trajektória pohybu, robot.

### **THE APPLICATION OF COMPUTER SKILLS AT THE SPECIFICATION OF THE MECHANICAL SYSTEM MOTION**

#### **Abstract**

The article deals with the kinematic analysis of industrial robot supported by CAD/CAM system Pro/Engineer. Individual components were assembled by means of kinematic joints so to be observed the basic parameters, which can influence the kinematic characteristics. On the basis of virtual model it was processed the kinematic analysis, motion trajectory of the selected point and envelope of the motion, too. The results presented in the article originates with the direct supporting of Ministry of Education of Slovak republic within the project KEGA num.035TUKE-4/2011 and ITMS num. 26220220155.

**Key words:** robotic system, mechanism, kinematic analysis, simulation.

### **Úvod**

Evolúcia v oblasti počítačovej techniky je v súčasnosti medzníkom pre skvalitnenie práce návrhárov, konštruktérov i technológov. Počítačové modelovanie sa stalo veľmi silným a účinným nástrojom, ktorý umožňuje nielen kreovanie samotného modelu vo virtuálnom trojdimenzionálnom priestore, ale dovoľuje tiež vizualizovať jeho činnosť v priebehu časového intervalu s možnosťou navodenia rôznych vonkajších vplyvov. Využitie 3D modelov pri simulovaní reálnych situácií sa dnes uplatňuje vo všetkých odvetviach priemyslu. Jedným z nich je aj robotika a mechatronika.

V systémoch, v ktorých je možné aplikovať priemyselné roboty a manipulátory, je výrobný proces vo viacerých smeroch efektívnejší, presnejší, rýchlejší a má možnosť dlhšej prevádzky bez prestávok. Tieto výhody sa dosahujú vďaka dlhodobým výskumom a poznatkom o priemyselných manipulátoroch a robotoch, ale tiež vďaka kinematickým výpočtom a analýzám. V posledných rokoch tomu z veľkej časti prispieva aj počítačová podpora a špeciálne softvérové aplikácie vytvorené pre analýzu a simuláciu robotov a manipulátorov.

Priemyselné roboty sa využívajú nielen v strojárskom a elektrotechnickom priemysle, ale je vynikajúce ich nasadiť hlavne do podmienok ohrozujúcich ľudský život, pri manipulácií s nebezpečnými látkami a odpadom (atómové elektrárne), pri ťažení nerastných surovín (práca v baniach), ale i pri skúmaní našej planéty (vo veľkých oceánskych hĺbkach, vstup do

krátera sopky atď.). V dnešnej dobe sa uvažuje o nasadení robotov pre uľahčenie života obyčajných ľudí (v práci, pomoc starším ľuďom). Aby to mohlo byť realizovateľné, priemyselný robot musí dosahovať také parametre, pri ktorých by mohol manipulovať aj s človekom a nezranil ho. Tento problém je v dnešnej dobe možné považovať za vyriešený, pričom dôležitú úlohu zohráva tzv. simulácia, pri ktorej sú reálne podmienky digitalizované s využitím počítačovej podpory. Simulácia však nie je nástroj, ktorý umožňuje vytvoriť priamo optimalizované riešenie, ale predstavuje podporný nástroj, ktorý pomáha operátorovi, či projektantovi, testovať efekty jeho rozhodnutí na virtuálnom modeli.

### **Kinematická analýza priemyselného robota**

Simulácia je dnes podporovaná rôznymi programovými prostriedkami, ktoré podľa stupňa prepracovanosti softvéru môžu prezentovať výsledky na rôznej úrovni presnosti. Pri zložitých systémoch je miera priblíženia sa k reálnej situácii väčšia ako pri jednoduchých softvéroch, čo zvyšuje nároky na hardvérové požiadavky. Je preto dôležité správne zvoliť simulačný prostriedok tak, aby na jednej strane nepredražil samotnú výrobu, na druhej strane však, aby dosiahnuté výsledky adekvátne odpovedali stanoveným podmienkam (1).

K účinným prostriedkom vhodným na analýzu a racionalizáciu riadenia zložitých procesov patria aj simulačné nástroje systému Pro/Engineer. Jeho modul Mechanism Design Extension (MDX) je zameraný na kinematické simulácie chovania sa mechanizmov a prácu so zostavami. Príkladom využitia CAD/CAM systému Pro/Engineer ako simulačného prostriedku bolo aj kreovanie robotického mechanizmu s cieľom urobiť kinematickú analýzu pohybu robota, zistiť hranice pohybu robota ako sústavy tuhých telies a tiež obálku pohybu, ktorá vymedzuje jeho manipulačný priestor pri konkrétnych pracovných úkonoch a tým umožňuje vytvoriť model robotizovaného pracoviska (usporiadanie výrobných strojov a rôznych zariadení) tak, aby vyhovovali predstavám budúcej prevádzky. Zistenie tvaru obálky pohybu je súčasťou riešenia problému „plánovania trajektórií“ v oblasti kinematiky riadenia robotov. Kinematika riadenia robotov sa zaoberá vyjadrením vzťahu medzi kĺbovými súradnicami kinematického reťazca robota a polohou koncového (výkonného) člena robota v jeho referenčnom priestore. Neberie pritom zreteľ na silové pomery v kinematických dvojiciach a vonkajšie silové pôsobenie (2).

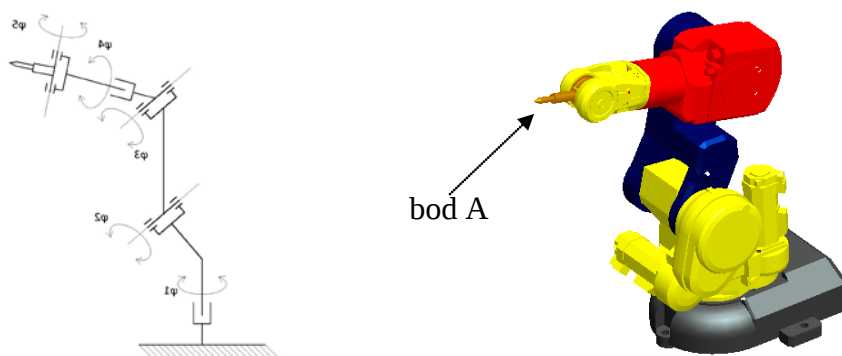
Základom pre vytvorenie 3D modelu sa stal priemyselný robot IRB 140 firmy ABB (Obr.2), ktorý patrí do vysokovýkonnej rodiny priemyselných robotov (3).



Obr. 2 Priemyselný robot IRB 140

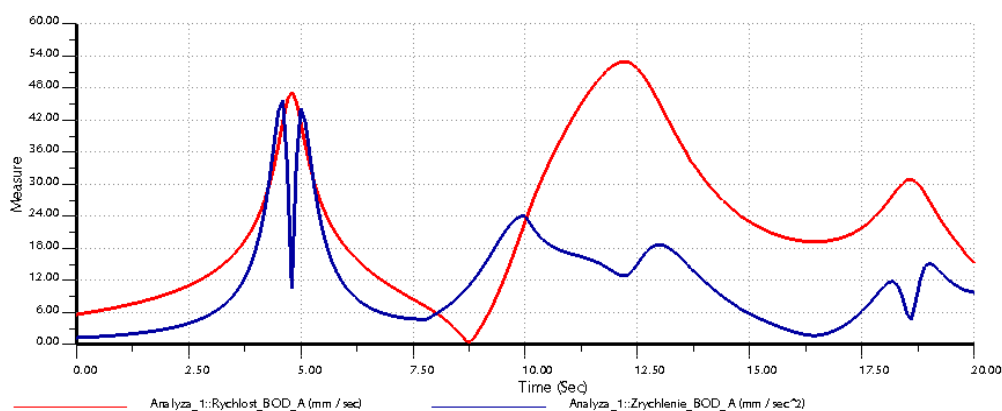
Ako softvérový prostriedok pre kreovanie 3D modelu robota bol zvolený CAD/CAM systém Pro/Engineer, v rámci ktorého boli jednotlivé komponenty (časti robotického mechanizmu) zostavené do vzájomnej polohy pomocou kinematických väzieb

ponechávajúcich komponentom potrebný počet stupňov voľnosti pohybu. Kinematická schéma robota a vytvorený 3D model sú uvedené na Obr. 3 (3). Telo robota sa pripevňuje na základnú dosku, ktorá by mala zabezpečovať pevné držanie celého robotického systému bez najmenších odchýlok. Taktiež by mala tlmiť vibrácie z okolitého prostredia (iné výrobné a montážne linky, zariadenia alebo stroje).



Obr. 3 Zobrazenie 3D modelu

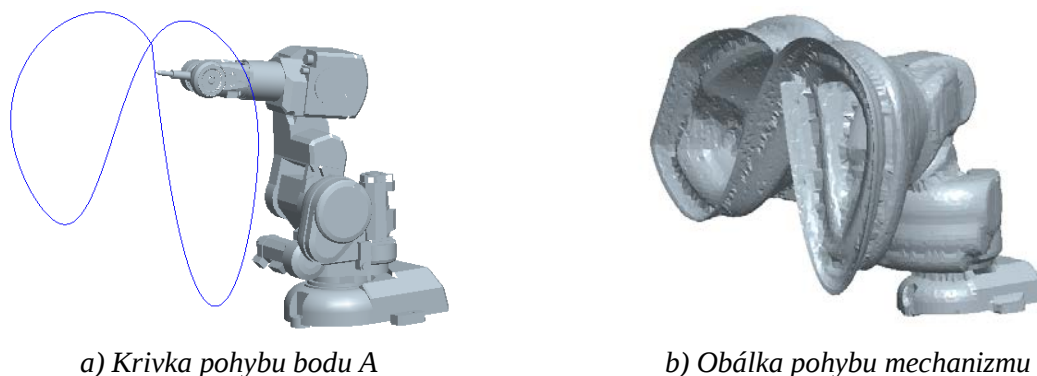
Cieľom kinematickej analýzy bolo zistiť rýchlosť a zrýchlenie bodu A vytvoreného na konci efektoru, ak boli vopred špecifikované uhlové rýchlosti v jednotlivých rotačných kinematických dvojiciach robota. Výsledkom kinematickej analýzy sú krivky časovej závislosti rýchlosti a zrýchlenia (Obr. 4), napríklad bodu A na koncovom člene robota (Obr. 3).



Obr. 4 Graf rýchlosti a zrýchlenia bodu A.

Z uvedeného grafu je možné zistiť, že maximálnu rýchlosť  $v_{Amax}$  dosahuje bod A v čase  $t=12,2$  s a maximálne zrýchlenie  $a_{maxA}$  v čase  $t=4,5$  s. Pri kinematickej analýze je možné tiež vytvoriť krivku pohybu ktoréhokoľvek bodu mechanizmu. Krivka pohybu bodu A (Obr. 5a) kopíruje presnú dráhu bodu počas celého pohybu mechanizmu. Vďaka tejto skutočnosti je možné zistiť presnú polohu bodu vo zvolenom časovom okamihu pohybu mechanizmu.

Užitočnou informáciou o pohybe celého mechanizmu pre určenie jeho pracovného priestoru je obálka pohybu (Obr. 5b). Prakticky je to priestor, do ktorého mechanizmus zasahuje svojimi komponentmi počas celého pohybu. Aj táto funkcia pomáha konštruktérom upozorniť na nedostatky zostavy alebo jej pohybu a zobrazuje prípadné kolízie.



Obr. 5 Krivka a obálka pohybu

## **Záver**

3D modely ako simulačné prostriedky predstavujú celý rad podnetov pre teoretický výskum a zároveň sú prostriedkom pre riešenie problémov mnohých vedných disciplín i praxe. Geometria vytvorená v 3D CAD systéme môže byť použitá nielen pre simuláciu, ale aj pre rôzne typy analýz, pre technologické výpočty a pre tvorbu NC programov, čím sa výroba stáva efektívnejšou z hľadiska časového i ekonomického. Na základe dosiahnutých a správne interpretovaných výsledkov je možné zlepšiť reálny výrobok i optimalizovať funkčnosť celého robotického systému. Počítačová simulácia sa tak stáva významným podporným nástrojom v oblasti vývoja a inovácií zložitých mechatronických systémov, ktorá vďaka svojim vlastnostiam umožňuje predchádzať chybám a minimalizovať riziká chybných rozhodnutí ešte v predvýrobných etapách.

Simulácia však na druhej strane nie je „všeliekom“ na všetky problémy. Existujú problémy, kedy je lepšie použiť iný, lacnejší prostriedok riešenia problému a kedy sa simulácia javí ako málo efektívna. Aj napriek tomu však prínosy z používania 3D modelov v rámci simulácie niekoľkokrát prevyšujú náklady na simulačný projekt. Preto ich možno považovať za jeden z najefektívnejších nástrojov testovania rozhodnutí.

## **Literatura**

1. HATALA, M., ORLOVSKÝ, I., MICHALIK P. *Basic principles mathematical model solution of drying kiln*, In: Annals of Faculty Engineering Hunedoara : International Journal of Engineering, Vol. 8, no. 2, 2010, p. 201-206, ISSN 1584-2665.
2. MURČINKO, J., MURČINKOVÁ, Z. *New trends in CAM system*, In: Výrobné inžinierstvo. Č. 4, 2011, s. 63-66. ISSN 1335-7972A.
3. VARZALY, R. *Simulácia pohybu a dynamická analýza robotického systému v softvéri Pro/E pri riešení inverzného kinematického problému*, FVT TU Košice, 2012.

**Lektoroval:** doc. Ing. Sergej Hloch, PhD.

## **Kontaktná adresa:**

Katarína Monková, doc. Ing. PhD.,  
Katedra navrhovania technologických  
zariadení, FVT TU Košice so sídlom v  
Prešove, Štúrova 31, 080 01 Prešov, SR,  
tel. 00421 51 77 237 96,  
fax 0042151/7733453,  
e-mail: katarina.monkova@tuke.sk

Peter Monka, doc. Ing. PhD.,  
Katedra výrobných technológií,  
FVT TU Košice so sídlom v Prešove,  
Štúrova 31, 080 01 Prešov, SR,  
tel. 00421 51 77 237 96,  
fax 0042151/7733453,  
e-mail: peter.monka@tuke.sk