

# EXPERIMENTÁLNE URČENIE NAPAŤOVÝCH POLÍ A VYBRANÝCH DYNAMICKÝCH CHARAKTERISTÍK ADAPTÍVNEHO PRIEMYSELNÉHO ROBOTA

Doc. Ing. František Trebuňa, CSc., Ing. Vladimír Ivančo, CSc.,  
 Doc. Ing. František Šimčák, CSc., Doc. Ing. Vladimír Jurica, CSc.,  
 Ing. Jozef Fílas  
 Vysoká škola technická Košice

Aplikácia výpočtových a experimentálnych metód pri vyšetrovaní tuhosti a pevnosti priemyselných robotov patrí ku kľúčovým problémom s ktorými sa stretávajú konštruktéri týchto zariadení. Pretože neexistujú normatívy pre túto činnosť, je potrebné získané skúsenosti analyzovať s cieľom ich zovšeobecnenia.

V príspevku je uvedená metodika overovania adaptívneho priemyselného robota APR-20. Dosiahnuté výsledky budú tvoriť časť referátu.

Adaptívny priemyselný robot APR-20 vyvinutý a vyrobený vo VUKOV Prešov je určený pre zložitú priestorovú manipuláciu s predmetmi resp. technologickými hlavicami do hmotnosti 10 kg. Je základným článkom pre stavbu automatizovaných zväračských pracovísk.

Kolektív riešiteľov Katedry technickej mechaniky a pružnosti SJF VŠT v Košiciach riešil v rámci štátneho výskumu A 07-124-102-02 v dvoch etapách úlohy: "Pevnostný a-tuhostný výpočet APR-20" a "Tenzometrické meranie modelu APR-20". Z druhej etapy riešenia je aj výťah pre tento referát.

Pre meranie deformácií pri statickom a dynamicom zaťažení adaptívneho priemyselného robota vo vybraných miestach boli aplikované tenzometrické snímače SM 120 a RC 120. Meranie bolo vykonané s tenzometrickými aparatúrami Hottinger - Ball & Edwin - Messtechnik KWS 3082 a DMD 20 s použitím prepínacej skrine UMK 50. Záznam bol realizovaný zariadením Honeywell - Visicorder 2208 A.

Snímače na spodných a horných ťiahkach boli použité raz v zapojení s vylúčením ohybu a potom s vylúčením ťahu. Prvé merania ukázali, že v ťiahkach sú napätia od ohybu veľmi malé, a preto sme sa v ďalšom sústredili len na meranie napätí

od ťahu.

Na horizontálnom ramene robota bolo na rúrke veľkej rotácie vykonané meranie krútiaceho momentu a ohybu s vylúčením ťahu v dvoch vzájomne kolmých rovinách - vertikálnej a horizontálnej. Na rúrke sklápacia zápästia a rúrke malej rotácie nebolo technicky možné snímače aplikovať. Pre určenie napätosti v hornej časti šikmých ramien robota boli na štyroch stenách umiestnené tenzometrické ružice. V ďalších dvoch priečných prierezoch šikmých ramien umožnili snímače registrovať deformácie od ohybových momentov a osových síl. Hodnoty napätí určené z nameraných pomerných deformácií v týchto miestach nezohľadňujú pomerné deformácie v priečnom smere.

Statické meranie bolo vykonané v najnepriaznivejšej polohe koncového bodu robota.

Zaťaženie koncového člena bolo realizované napínacou skrútkou. Hodnoty zaťažovacích síl boli namerané dynamometrami. Nositeľky zaťažujúcich síl boli postupne stotožňované s osami pravouhlého systému ktorého os  $x$  bola totožná s osou horizontálneho ramena.

Okrem uvedených spôsobov zaťaženia bol vyvodený ohyb a krútenie koncového člena, pričom zaťažujúca sila bola rovnobežná s osou  $z$ . Zaťaženie vo všetkých smeroch sa zvyšovalo postupne po 50, resp. 100 N do hodnoty 500 N. Pri zaťažení v smere osi  $y$  (vertikálna rovina) dochádzalo pri prekročení hodnoty 300 N k pretáčeniu elektromotorov, takže meranie pri vyššom zaťažení nebolo možné. Analogická situácia vznikla pri zaťažení silou 450 N v smere osi  $z$ .

Účelom dynamického merania bolo určenie deformácií, napätosti kmitania, doby útlmu a tlmiaceho faktora nosných prvkov adaptívneho priemyselného robota pri jednotlivých pracovných režimoch a posúdenie presnosti polohovania.

Pracovné režimy boli simulované postupnosťou pohybov robota, pričom vplyv bremena uchyteneho v chápadle, resp. technologickej hlavice bol nahradený závažím umiestneným na konci horizontálneho ramena.

Pohyby, z ktorých sa skladal príslušný zaťažovací režim boli volené tak, aby bolo možné sledovať podiel jednotlivých pohonov robota na dynamickej odozve nosného systému. Voľba krajných polôh umožňovala dosiahnuť maximálne dynamické účinky.

Jednotlivé merania boli vykonané celkove pri 11 rôznych pohyboch robota s rôznym zastúpením funkcií jednotlivých pohonov. Pretože počas experimentu bolo nutné prispôbiť sa možnostiam riadiaceho systému zvolil sa pre popis pohybov systém definovania krajných polôh v príslušnom pohybe a zapnutie jednotlivých motorov. Krajné polohy boli volené tak, aby v nich boli najnepriaznivejšie statické účinky a aby bolo možné pri prechode z jednej krajnej polohy do druhej dosiahnuť maximálnu uhlovú rýchlosť a predovšetkým maximálne uhlové zrýchlenie na hriadeľ príslušného elektromotora.

Na základe analýzy nameraných hodnôt napätí pri statickom zaťažení možno konštatovať niektoré zaujímavé skutočnosti. Ak porovnávame výsledky pri hladine zaťaženia 300 N (pri väčšej sile pôsobiacej v smere osi y, dochádzalo k pretáčaniu elektromotora) je zrejmé, že najmenší vplyv na napätie v tiahlach a ramenách robota má zaťaženie v smeroch osí x a y. Závislosť napätia na veľkosti zaťaženia v jednotlivých smeroch má v intervale zaťažujúcich síl  $50 \text{ N} \leq F_{x,y,z} \leq 300 \text{ N}$  takmer lineárny charakter. Pri hodnotách zaťaženia mimo uvedeného intervalu dochádza k odklonu od lineárnej závislosti. Charaktery zmien napätí v odpovedajúcich miestach na ľavej a pravej strane robota pomerne dobre korešpondujú. Zmeny pomerých deformácií pri dynamickom zaťažení v miestach meraní boli pri jednotlivých pohyboch registrované oscilografom. Pri meraní kinematických a dynamických veličín bol hlavný dôraz kladený na určenie výchyliek kmitania pri zabrzdení v niektorej krajnej polohe, konštante útlmu po zabrzdení, časovú konštantu, dobu doznievania. Všetky spomínané veličiny boli vyhodnocované v zmysle ich definície podľa normy ČSN 01 1312. Počítárske riešenie problému presnosti polohovania vyžaduje jednoznačnú matematickú formuláciu, t.j. vytvorenie matematického modelu. Matematický model má umožniť prechod od skutočnej fyzikálnej povahy problému k abstraktným matematickým pojmom. Model musí čo najviac odpovedať skutočnosti, pretože matematické metódy sú doslovné, t.j. riešia problémy tak, ako sú formulované, bez toho aby brali zreteľ na vzťah medzi modelom a riešeným problémom. Tieto ťažkosti umožňuje preklenúť experimentálne riešenie a v rámci presnosti ktorú na tej ktorej úrovni možno dosiahnuť dáva táto metóda obraz o reálnych závislostiach.