

## Precizia și randamentul modulului translației pe verticală a roboților industriali

Concepția modulară a roboților industriali are un loc bine definit în construcția acestora, deoarece oferă următoarele avantaje:

- adaptarea construcției robotului la operația de executat;
- diversificarea tipurilor constructive prin combinarea unităților modulare;
- reducerea cheltuielilor necesare realizării robotului, comparativ cu tipurile standard;
- restructurarea rapidă, comodă și ieftină a robotului pentru o altă operație, când este asigurată interschimbabilitatea unităților modulare;
- calculul și construcția roboților pot fi efectuate de colective independente, fiecare ocupându-se de un modul.

Roboții de construcție modulară sunt constituiți, în principiu, din module de translație, module de rotație, module de orientare, dispozitive de prehensiune și elemente de legătură. Prin asamblarea în diferite moduri a acestor module rezultă arhitecturi variate de roboți, în funcție de aplicația concretă în care vor fi folosiți.

Mișcarea de translație este obținută cu ajutorul sistemelor hidraulice și a mecanismelor de tip șurub-piuliță acționate, în principal, de motoare electrice de curent alternativ. La modulele de translație pe verticală și la cele de translație a dispozitivului de prehensiune ce poate fi utilizată și acționarea electrică cu motoare electrice de curent continuu. Când se folosesc mecanisme șurub-piuliță, mișcarea de rotație se transmite de la motor la șurub prin intermediul unui reductor cilindric. Pentru a asigura deplasarea unor sarcini mari cu precizie ridicată se utilizează șurub cu bile cu două piulițe, montate rigid cu ansamblul mobil al modulului. Piulițele preiau mișcarea de la șurubul cu bile și o transmit, sub formă de mișcare de translație, ansamblului mobil. Poziția acestuia este controlată de un traductor, montat la capătul șurubului cu bile prin intermediul unui cuplaj electric, care, pe lângă transmiterea mișcării traductorului, are și rolul de a proteja axul acestuia de vibrațiile sistemului.

Când precizia de poziționare este mai mică de 0,1 mm, șurubul de bile este antrenat de un motor electrohidraulic rotativ pas cu pas, care permite, totodată, legarea relativ simplă a modulului la un sistem de comandă cu microprocesor. Montarea traductorului pe elementul de ieșire al lanțului cinematic, asigură precizia poziționării ansamblului mobil.

Pentru scăderea forței de frecare, și implicit a uzurii, și creșterea rigidității ansamblului, în construcția roboților se folosesc elemente mecanice care înlocuiesc frecarea de alunecare cu cea de rostogolire.

Rigiditatea ansamblului se mărește și prin folosirea a două piulițe, micșorarea jocurilor și introducerea pretensionărilor la transmisii. Când se utilizează două piulițe crește și precizia transmiterii mișcărilor.

Jocul axial al mecanismului șurub cu bile-piuliță influențează direct asupra preciziei poziționării ansamblului mobil. El se calculează cu relația :

$$J_{ax} = \frac{d_c - d_b}{2 \cos \theta} \quad (1)$$

unde:  $d_c$  – este diametrul arcului de cerc al căii de rulare;  
 $d_b$  – diametrul bilei;  
 $\theta$  – unghiul de contact dintre bilă și calea de rulare.

Diametrul arcului de cerc al căii de rulare a bilelor este egal cu:

$$d_c = (1,03 \div 1,05) d_b \quad (2)$$

Diametrul bilei depinde de pasul filetului  $p$ , prin relația:

$$d_b = (0,55 \div 0,65) p \quad (3)$$

Introducând relațiile (2) și (3) în relația (1) se obține:

$$J_{ax} = (0,0165 \div 0,0325) \frac{p}{2 \cos \theta} \quad (4)$$

Relația (4) arată că jocurile din mecanism depind de pasul filetului șurubului și de unghiul de contact dintre bile și calea de rulare. Pe măsură ce acestea cresc, cresc și jocurile din sistem. Literatura de specialitate recomandă ca pasul filetului șurubului să aibă valoarea cuprinsă între 8 și 12 mm, iar unghiul de contact dintre bile și calea de rulare să fie între  $30^\circ$  și  $45^\circ$ .

Când pasul filetului se înscrie între valorile menționate și  $\theta = 30^\circ$ , jocul axial aparține intervalului  $[0,0763, 0,2254]$ , iar pentru  $\theta = 45^\circ$ , jocul axial aparține intervalului  $[0,0936, 0,2766]$ . Cele două intervale arată că pentru pasul de 12 mm se obține cel mai mare joc. De aceea, la proiectarea roboților industriali utilizați la operații de producție precise, cum sunt sudarea și montajul, la care se cere precizie mare de poziționare a brațului care poartă elementul de prehensiune (mai mică de 0,1 mm) este indicat ca:

- pentru calculul diametrului bilei și al arcului de cerc al căii de rulare să se aleagă limitele inferioare ale coeficienților de multiplicare;

- pasul filetelui să fie egal cu 8 mm;

- unghiul de contact dintre bile și calea de rulare  $\theta \in [30^\circ \div 45^\circ]$ .

Dacă, totuși, se alege pasul filetelui egal cu 10 mm unghiul  $\theta$  nu trebuie să fie mai mare de  $34^\circ$ ; jocul axial, în acest caz, aparține intervalului  $[0,0954, 0,0995]$ .

Pentru operații care nu necesită precizie mare de poziționare, cum sunt manipularea, vopsirea, sortarea, nu se impun restricții.

Randamentul mecanismului șurub-piuliță cu bile se calculează cu relația :

$$\eta = \frac{\operatorname{tg} \beta}{\operatorname{tg}(\beta + \varphi_r)} \quad (5)$$

unde  $\beta$  este unghiul de înclinare al elicei filetelui;

$\varphi_r$  unghiul de frecare de rostogolire.

Relația (5) arată că randamentul crește o dată cu scăderea unghiului de frecare de rostogolire, a cărui valoare este egală cu:

$$\varphi_r = \operatorname{arctg} \frac{2 \cdot f}{d_b \sin \theta} \quad (6)$$

unde  $f$  este coeficientul de frecare de rostogolire, cu valori cuprinse între 0,008 și 0,009.

Pe măsură ce diametrul bilei și unghiul  $\theta$  cresc, unghiul de frecare scade. Valoarea cea mai mică a unghiului de frecare se obține pentru pasul de 12 mm, coeficientul de multiplicare a pasului de 0,65, unghiul  $\theta = 45^\circ$  și coeficientul de frecare egal cu 0,008. Această valoare este de aproximativ  $10'$ .

La alegerea valorilor pasului filetelui și unghiului de contact dintre bile și calea de rulare, determinantă este destinația robotului.

Unghiul de frecare scade prin micșorarea coeficientului de frecare, ceea ce se realizează prin folosirea unui sistem de ungere adecvat, care conduce și la preîntâmpinarea gripării și reducerea uzurii.

Pentru creșterea randamentului întregului modul, deplasarea acestuia de-a lungul coloanelor se realizează cu ajutorul ghidajelor cu bile.

Din cele prezentate reiese faptul că precizia modulului de translație pe verticală a roboților industriali se mărește prin alegerea unor valori ale caracteristicilor constructive care micșorează jocul, utilizarea unui mecanism șurub-piuliță cu bile dotat cu două piulițe, efectuarea unei bune reglări a componentelor ansamblului și asamblarea șurubului în corpul modulului prin intermediul lagărelor de rostogolire care preiau forța axială ce acționează asupra acestuia, eliminându-se solicitarea la flambaj.

De asemenea, reiese faptul că randamentul modulului crește prin înlocuirea frecării de alunecare cu cea de rostogolire și folosirea unei ungeri eficiente, ceea ce va micșora coeficientul de frecare.

*Prof. univ. dr. ing Georgeta CUCULEANU*

## Bibliografie

1. BOIANGIU, TH., HOSSU, A. *Sisteme educaționale în robotică*, București, Editura Tehnică, 1991
2. COJOCARU, G., KOVACS, A. *Roboți în acțiune*, Timișoara, Editura Facla, 1985
3. ISPAS, V. *Aplicațiile cinematice în construcția manipuletoarelor și a roboților industriali*, București, Editura Academiei Române, 1990