

SOLUȚII NOI DE COMPENSARE A EFORTURILOR DE STRÂNGERE ÎNTRE DEGETELE UNEI MÂINI ROBOTICE

**Gheorghe Popescu, - Universitatea
“Constantin Brâncuși” din Târgu Jiu
ROMÂNIA**

REZUMAT: În lucrare, autorii prezintă rezultatul cercetărilor teoretice și experimentale proprii privind realizarea unei mâini articulate subacționată cu 5 degete pentru roboți industriali.

Mecanismul mâinii articulate a fost proiectat cu 15 grade de libertate și o singură acționare.

Subacționarea în degete a fost concepută pentru a permite adaptarea la forma obiectului iar gradele de libertate subacționate sunt controlate prin resorturi și opritori mecanici. Subacționarea între degete a fost realizată printr-un mecanism hidraulic de compensare a eforturilor foarte complex.

Mâna articulată este capabilă de a fi performantă prinderii, cilindrilor, sferelor și fețelor plane înglobante sau delicate.

Mâna articulată subacționată a fost concepută de autori ca efector pentru roboți industriali antropomorfi și reprezintă soluția intermediară între mâinile robotice pentru manipulare și prehensoarele simple.

CUVINTE CHEIE: Mână articulată, subacționare, falangă, deget, forță de contact normal, mecanism de compensare, plunjer, robot industrial

1. INTRODUCERE

Există sectoare de activitate industrială unde prehensarea și manipularea robotizată se execută cu restricții impuse de tipul și sensibilitatea materialelor în cauză. Aceste sectoare restricționate sunt sectoarele din industria pirotehnică unde se prelucrează explozivi de inițiere.

În aceste sectoare, manipularea produselor cu sensibilitate mare se face cu ajutorul paletelor cu locașuri multiple. Atunci când prehensarea și manipularea

NEW SOLUTIONS FOR COMPENSATION TIGHTENING EFFORTS BETWEEN YOUR FINGERS OF ONE HAND ROBOTICS

**Gheorghe Popescu, - “Constantin
Brâncuși” University of Târgu Jiu
ROMÂNIA**

ABSTRACT: In this paper work, the authors present the result of their researches, theoretical and experimental, regarding the realization of a hand underactuated with 5 fingers for industrial robots.

The mechanism of the hand was designed with 15 degrees of liberty and only one drive.

The underactuation in fingers was conceived in order to allow the adaptation to the object's shape and the liberty degrees are controlled by main springs and mechanical catches. The underactuation between fingers was realized by a hydraulic mechanism of equalizing the very complex efforts.

The articulated hand is able to be useful in catching the cylinders, the spheres and the plain surfaces including and delicate.

The articulated hand was conceived by the authors as a maker for the industrial anthropomorphic robots and it represents the intermediate solution between the robotical hand for manipulation and the simple catchers.

KEY WORDS: Articulated hand, underactuation, phalanx, finger, normal contact force, mechanism of equalizing, pump plunger, industrial robot.

1. INTRODUCTION

There are sectors of industrial activity where the catching and the robotical manipulation are done with some restrictions assessed by the type and the sensitivity of the materials. Those restricted sectors are the sectors from the pyrotechnical industry where are processed initiating explosives.

In those sectors, the manipulation of the products with high sensitivity is made using the blades with multiple slots.

When the catching and the

acestor palete se face robotizat, se utilizează prehensoare mecanice antropomorfe realizate prin similitudine cu mâna umană cu care se aseamănă.

În acest caz se folosesc numai cuple de rotație și utilizarea a două sau mai multe degete articulate, cu câte două, trei sau mai multe falange.

Pe de altă parte, aceste prehensoare se deosebesc net de structura mâinii și implicit de protezele pentru mână, prin aceea că pot avea un număr de degete diferit de cinci, dispuse într-o poziție relativă oarecare și dimensiuni diferite de mână.

Până în prezent mâna umană rămâne fără rival în ciuda numeroaselor și interesantelor prezentate mai sus.

Deoarece aceste prehensoare apucă palete cu explozivi de inițiere, parametrii structurali și geometrici ai acestora trebuie astfel adoptați încât să fie asigurată o apucare optimă.

Pentru a se preîntâmpina aceste limitări un accent deosebit s-a pus pe reducerea numărului gradelor de libertate și scăderea numărului de acționări.

Reducerea gradelor de libertate și scăderea substanțială a numărului de acționări a fost posibilă numai prin utilizarea subacționărilor. Lucrarea [1] recomandă ca mijloc de implementare a subacționărilor, elemente pasive de tipul arcurilor, resorturilor, limitatorilor mecanici. Aceștia conduc la o adaptare mecanică a degetului la forma obiectului care trebuie apucat.

2.SUBACȚIONAREA ÎNTRE DEGETE

Există situații când obiectul de apucat nu se găsește în raza de acțiune a tuturor degetelor mâinii robotice sau obiectul de apucat are forme și dimensiuni diferite, sau densitatea și rigiditatea acestuia este variabilă.

În aceste situații extreme cu toate că pozițiile degetelor vor fi diferite forțele F de contact normal ale fiecărui deget trebuie să rămână egale (figura 1).

manipulation of those blades is made by robors, are used mechanical catchers anthropomorphous made like human hand, which they seem like. In this case are used only rotation couples and two or more articulated fingers with two, three or more phalanges.

In the other hand, these gripping are very different from human hand, and also from the prosthesis for hand, by having a different number of fingers, not only five, with some position and dimensions different by the hand.

Because these gripping are grab blades with explosives, their structure parameters and the geometrical parameters must be adopted in order to assure an optimal grip.

Until now, the human hand has no rival, beside many and interesting news presented hereinbefore.

In order to prevent those limits, we gave much importance to reducing the liberty degrees and the number of operations.

The reducing the liberty degrees and the number of operations was possible only by using the underactivations. The paper [1] recommends as implementation of the underactivations, passive elements, like springs, main springs, mechanical limiter. This leads to a mechanical adaptation of the finger to the shape of the object which must be grab.

2.UNDERACTIVATION BETWEEN FINGERS

There are situations when the seized object is not in the action range of all the robotical hand's fingers or the seized object has different shapes and sizes, or its density and the rigidity are variable.

In those extreme situations, although the fingers' positions will be different, the normal contact forces F of each finger must remain equal, (figure 1).

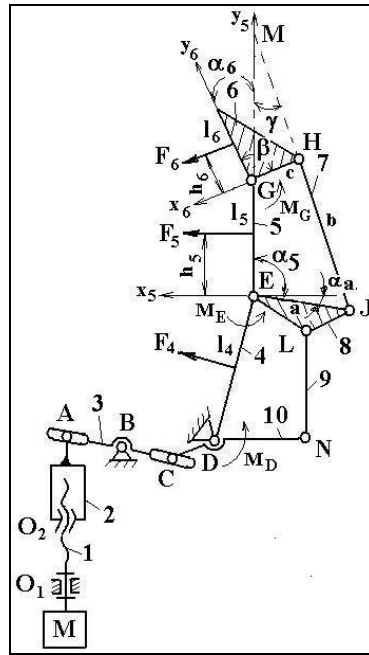


Figura 1. Schema cinematică a unui deget subacționat.
Figure 1. Underactuated Kinematic scheme of a Finger.

Aceste cerințe se pot asigura prin subacționarea între degete. Există mai multe modalități de asigurare a acestei cerințe. În lucrarea [2] se recomandă utilizarea mecanismelor planetare diferențiale.

Aceleași efecte se obțin dacă se utilizează mecanisme hidraulice de compensare a eforturilor între degete. La mecanismele de acest tip (figura 2), forța F_p pe plunjerile 4 se obține datorită presiunii create în masa hidraulică, prin rotirea șurubului 8.

Those requests are assured by underactuation between fingers. There are more ways to assure those requests. In paper [2] is recommended the use of differential planetary mechanisms.

The same effects are obtained if are used hydraulic mechanisms to equalize the efforts between fingers. On the mechanisms of this type (figure 2), the force F_p on pump plungers 4 are obtained because of the pressure created in the hydraulic mass, by rotating the screw 8.

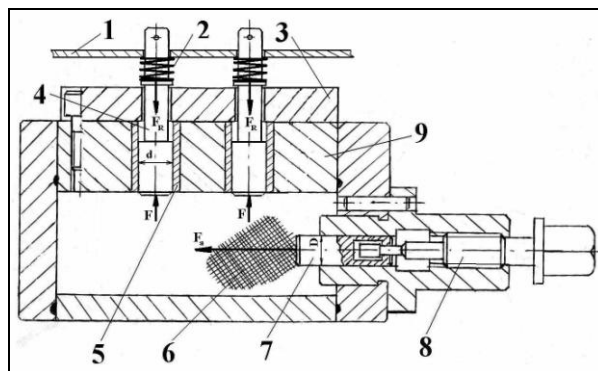


Figura 2. Mecanism hidraulic de compensare a eforturilor pe două plunjere.
Figure 2. Hydraulic mechanism compensation efforts on two plunjere.

La acțiunea forței exterioare F_a , realizată de șurubul 8, presiunea masei hidraulice, p , este:

Under the action of external force F_a , accomplished by screw 8, the pressure of hydraulic mass, p , is:

$$p = \frac{4 \cdot F_a}{\pi \cdot D^2}, \quad (1)$$

în care D este diametrul pistonului de acționare asupra căruia apasă șurubul.

Dar, în același timp,

$$p = \frac{4 \cdot F_R}{\pi \cdot d^2}, \quad (2)$$

în care F_R este tensiunea din resort, egală în acest caz cu forța realizată de un plunjer cu diametrul d , adică

$$F_R = F_p. \quad (3)$$

Se obține astfel,

$$F_R = F_p = F_a \left(\frac{d}{D} \right)^2. \quad (4)$$

Condiția ca un deget să apuce stabil un obiect se realizează numai atunci când forța izotropică de contact normal F îndeplinește egalitatea:

$$C \cdot F = F_R = F_p, \quad (5)$$

unde C este un coeficient de multiplicare care depinde de arhitectura sistemului de pârghii ale degetului articulată.

Dacă unul dintre degete nu întâlnește obiectul de apucat sau datorită formei geometrice îl întâlnește mai târziu, continuarea mișcării sale este asigurată de compensarea eforturilor F_p pe fiecare plunjer.

Compensarea eforturilor are ca efect deplasarea diferită a plunjerelor **4** în bușele **5**.

3. MODELUL EXPERIMENTAL PROPUS

Pentru prehensarea și manipularea robotizată în condiții de siguranță a paletelor port componente pirotehnice, noi am conceput un model experimental de mână articulată subacționată cu 5 degete pentru roboți industriali antropomorfi, (figura 3). Mâna a fost proiectată cu 15 grade de libertate și o singură acționare cu șurub.

Arhitectura celor 5 degete a fost aleasă în așa fel încât la strângerea mâinii, degetul **I** să ocupe o poziție echidistantă față de degetele **II** și **III**, (figura 4). Din punct de

$$p = \frac{4 \cdot F_a}{\pi \cdot D^2}, \quad (1)$$

where D is the diameter of the action ram on which presses the screw.

In the same time,

$$p = \frac{4 \cdot F_R}{\pi \cdot d^2}, \quad (2)$$

where F_R is the tension from the main spring, equal here with the force realized by one pump plunger with diameter d which means

$$F_R = F_p. \quad (3)$$

We obtain

$$F_R = F_p = F_a \left(\frac{d}{D} \right)^2. \quad (4)$$

The condition for one finger to catch stabile an object is realized only when the isotropic force of normal contact F fulfils the equation:

$$C \cdot F = F_R = F_p, \quad (5)$$

where C is a multiplication quotient which depends on the architecture of the levers system of the articulated finger.

If one of the fingers doesn't meet the object or because its geometric shape meets it later, the continuity of its movement is assured by the compensation of the efforts F_p on each pump plunger.

The compensation of the efforts has as result the different movement of pump plungers, **4** in sockets **5**.

3. THE EXPERIMENTAL MODEL THAT WE PROPOSE

For robotical grasping and manipulation in safety conditions of the blades pyrotechnical, we have conceived an experimental model of articulated underactuated hand with 5 fingers for industrial anthropomorphic robots (figure 3). The hand was designed with 15 degrees of liberty and only one controller with screw.

The architecture of the 5 fingers was chosen so when the hand is serried, finger **I** to have a equidistant position to fingers **II** and **III** (figure 4). Regarding the construction, each finger was conceived with 3 phalanxes

vedere constructiv, fiecare deget a fost conceput cu câte 3 falange diferite ca lungime, legătura dintre falange a fost realizată prin cuple de rotație monomobile între elemente, iar acționarea este de tip subacționat prin intermediul tijelor **14** ale unui mecanism cu șurub.

having different sizes, the link between the phalanges being realized by rotation couples monomobile between elements, and the action is underactuated using the canes **14** of a system with screw.



Figura 3. Modelul mecanic cu 5 degete.
Figure 3. Mechanical model with five fingers.

Subacționarea între degete a fost realizată prin intermediul unui mecanism hidraulic de compensare a eforturilor (figura 5).

Underaction between fingers was realized with a hydraulic mechanism of compensation of the efforts (figure 5).

Acest mecanism a fost conceput să acționeze 5 degete în același timp, iar strângerea să fie uniformă pe fiecare deget. Forța de strângere pe fiecare deget este asigurată de plunjerile **17**. Plunjerile sunt deplasate în bușele **16** de către forța dezvoltată în masa hidraulică **18** conform procedurii prezentat în figura 4.

This mechanism was conceived to action 5 fingers in the same time, and the constriction to be equal on each finger. The constriction force on each finger is assured by the pump plungers **17**. The pump plungers are moved into sockets **16** by the force developed into the hydraulic mass **18** according the procedure presented in figure 4.

Pentru cursa inversă a plunjerelor mecanismul a fost prevăzut cu câte un resort **15**, de revenire pe fiecare plunjer.

For the reversed course of the pump plungers, the mechanism was conceived with a main spring **15**, for each pump plungers.

Corpul portplunjeră **20** a fost echipat cu cinci bușe cu pereți subțiri și cinci plunjeri. După efectuarea tratamentului termochimic, cromare la interior și lustruire bușele au fost presate în corpul portplunjeră **20**.

The body port pump plungers **20** was equipped with five sockets with thin walls and five pump plungers. After the thermochemical treatment, chrome on the inside and polishing, the sockets were pressured in the body port pump plungers **20**.

Întrucât rectificarea plunjerelor a putut fi realizată pe mașini cu precizie înaltă după

Because the rectification of the pump plungers could be realized by machines of

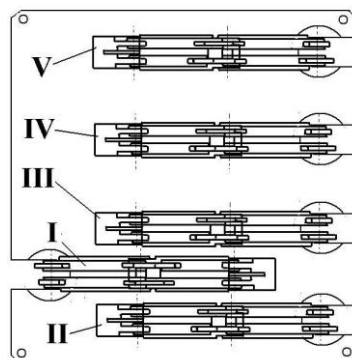


Figura 4. Arhitectura degetelor.
Figure 4. Architecture fingers.

cromare și lustruire toleranțele acestora față de cota nominală s-au încadrat în limitele (-0,005 mm la - 0,010 mm).

high precision after chrome and polishing, the tolerances to the nominal cote were between limits (-0,005 mm to -0,10 mm).

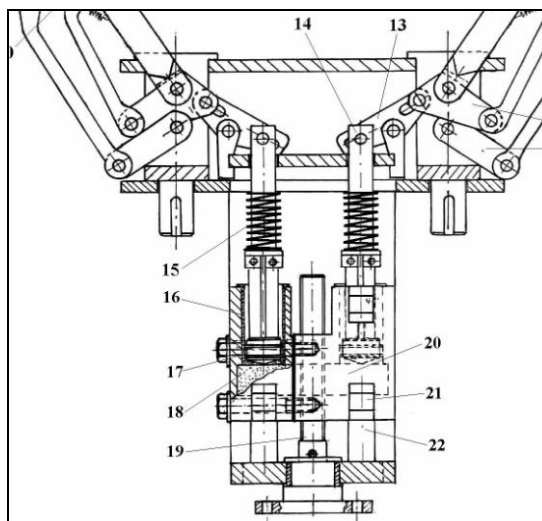


Figura 5. Mecanismul hidraulic de compensare a eforturilor între cele 5 degete.
Figure 5. Hydraulic mechanism compensation efforts between the five fingers.

Pentru experimentări s-a folosit ca masă hidraulică de compensare vaselină grafitată și ulei hidraulic.

For experimentations was used as hydraulic mass graphited vaseline and hydraulic oils.

Pentru ca deplasarea dispozitivului hidraulic de compensare în ghidajele 22 să se efectueze cu frecare mică, pe suprafețele laterale noi am asigurat câte patru puncte 21 de rezim pe fiecare suprafață.

In order to the movement of the hydraulic device into the guide 22 to be with low friction, on the lateral sides we assured four prop points 21 on each surface.

Pentru acționarea mâinii mecanice noi am utilizat un sistemul mecanic șurub-piuliță 19.

For the action of the mechanical hand we used a mechanic system screw-nut 19.

4. CONCLUZII

4. CONCLUSIONS

În urma experimentării modelului experimental propus s-au putut formula următoarele concluzii:

After experimenting the experimental model proposed, we were able to say the following conclusions:

- Mecanismul mâinii articulate a fost proiectat cu 15 grade de libertate și o singură acționare;
- Forțele izotropice de contact normal la prindere sunt egale pe fiecare falangă a unui deget ;
- Mecanismul realizează o stabilitate a prinderii fără a exista posibilități de aruncare a obiectului ;
- Subacționarea în degete permite adaptarea

- The mechanism of the hand was designed with 15 degrees of liberty and only one drive;
- The isotropic forces of normal contact on the catch are equal on each phalanx of a finger;
- The mechanism realizes a stability of the catch without the possibility of throwing the object;
- The underaction in fingers allows the accommodation to the object's shape, and the

la forma obiectului iar gradele de libertate subacționate sunt controlate prin resorturi și opritori mecanici ;

- Subacționarea între degete a fost realizată printr-un mecanism hidraulic de compensare a eforturilor foarte complex;
- Mâna articulată este capabilă de a fi performantă prinderii, cilindrilor, sferelor și fețelor plane înglobante sau delicate;
- Mâna articulată subacționată poate fi utilizată ca efector pentru roboți industriali antropomorfi din industria pirotehnică și reprezintă soluția intermediară între mâinile robotice pentru manipulare și prehensoarele simple.

liberty degrees underactuated are controlled by main springs and mechanical catchers;

- The underaction between fingers was realized by a hydraulic system of compensation of the efforts very complex;
- The articulated hand is able to have performance in catching cylinder, spheres and plane surfaces including and delicate;
- The articulated underactuated hand can be used as a maker for the industrial anthropomorphous robots in the pyrotechnical industry and it represents the intermediate solution between the robotical hand for manipulation and the simple catchers.

BIBLIOGRAFIE

- [1]. Lionel Birglen, Clément Gosselin, *Optimal Design of 2-Phalanx Underactuated Fingers*. International Conference on Intelligent Manipulation and Grasping, Gênes, Italie, pp. 110-116, Juillet 2004.
- [2]. Thierry Laliberté, Lionel Birglen, Clément Gosselin, *Underactuation in Robotic Grasping Hands*. Japanese Journal of Machine Intelligence and Robotic Control, Special Issue on Underactuated Robots, pp. 77-87, Vol. 4, No. 3, Septembre 2002.
- [3]. Popescu Gh, Popescu Henrieta Luiza. *Cercetări experimentale pentru realizarea unui mecanism de centrare și fixare cu hidroplast*. Proceedings scientific conference 9-th edition with international participation – „Constantin Brâncuși” University of Târgu Jiu, 2004, pagina 87, ISBN 973-8436-99-0.
- [4]. Popescu Gh; Popescu Henrieta Luiza. *Rezultatul cercetărilor teoretice și experimentale pentru realizarea unui dispozitiv de compensare a eforturilor în procesul de presare a materialelor pirotehnice*. Analele Univerersității "C-tin. Brâncuși"-Târgu Jiu , nr. 2, seria A, 1995, pagina 189.

REFERENCES

- [1]. Lionel Birglen, Clément Gosselin, *Optimal Design of 2-Phalanx Underactuated Fingers*. International Conference on Intelligent Manipulation and Grasping, Gênes, Italie, pp. 110-116, Juillet 2004.
- [2]. Thierry Laliberté, Lionel Birglen, Clément Gosselin, *Underactuation in Robotic Grasping Hands*. Japanese Journal of Machine Intelligence and Robotic Control, Special Issue on Underactuated Robots, pp. 77-87, Vol. 4, No. 3, Septembre 2002.
- [3]. Popescu Gh, Popescu Henrieta Luiza. *Cercetări experimentale pentru realizarea unui mecanism de centrare și fixare cu hidroplast*. Proceedings scientific conference 9-th edition with international participation – „Constantin Brâncuși” University of Târgu Jiu, 2004, pagina 87, ISBN 973-8436-99-0.
- [4]. Popescu Gh; Popescu Henrieta Luiza. *Rezultatul cercetărilor teoretice și experimentale pentru realizarea unui dispozitiv de compensare a eforturilor în procesul de presare a materialelor pirotehnice*. Analele Univerersității "C-tin. Brâncuși"-Târgu Jiu , nr. 2, seria A, 1995, pagina 189.