

(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2020 00749

(22) Data de depozit: 19/11/2020

(41) Data publicării cererii:
30/05/2022 BOPI nr. 5/2022

(71) Solicitant:
• UNIVERSITATEA TEHNICĂ DIN
CLUJ-NAPOCA, STR.MEMORANDUMULUI
NR.28, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO

(72) Inventatori:
• BRISAN CORNEL MIRCEA, 1323 W,
GILĂU, CJ, RO;

• BARA MIRCEA VIOREL,
STR.PĂSTORULUI NR.36, CLUJ NAPOCA,
CJ, RO;
• MĂRGĂRITescu MIHAI,
STR.ALEXANDRU CEL BUN NR.2, BL.T 50,
SC.1, ET.8, AP.27, SECTOR 2,
BUCUREȘTI, B, RO;
• DUMITRIU DAN, STR.GRIGORE
COBĂLCESCU NR.41, CORP B, AP.3,
SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO

(54) METODĂ DE GENERARE A MECANISMELOR REDUNDANTE
ANTROPOMORFE CU TOPOLOGIE HIBRIDĂ ȘI LANȚURI
CINEMATICE MULTIARTICULARE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă de generare a mecanismelor redundante antropomorfe cu topologie hibridă și lanțuri cinematice multiarticulare, mecanismele fiind acelea care imită structural și funcțional membrul superior uman, în consecință, având o complexitate deosebită, fiind caracterizate de o topologie de tipul mecanismelor paralele cu dispunere antropomorfă a elementelor, în cazul membrului superior uman o caracteristică importantă, care este corelată cu executarea optimă a mișcărilor, reprezentând-o faptul că elementele motoare, corespunzătoare grupelor musculare, au în cele mai multe cazuri o acțiune multiarticulată. Metoda, conform invenției, se referă exact la această caracteristică a elementelor motoare și permite, în condițiile adoptării unor ipoteze inițiale, determinarea tuturor variantelor de mecanisme antropomorfe cu lanțuri cinematice multiarticulare și se bazează pe adoptarea tipului de distribuție a gradelor de mobilitate (MA313 sau MA322) și respectiv pe rezolvarea unor ecuații în mulțimea numerelor întregi pozitive, distribuția gradelor de mobilitate și numărul de lanțuri monoarticulare fiind inputuri ale metodei iar numărul de lanțuri multi-articulare este outputul metodei propuse, metoda propusă având aplicabilitate în determinarea unor variante de mecanisme antropomorfe redundante cu lanțuri cinematice multiarticulare cu scopul opti-

mizării topologice a roboților cu aceste topologii, roboții rezultanți putând avea aplicații în industrie și sau în domeniul medical, proteze active de exemplu.

Revendicări: 4
Figuri: 12

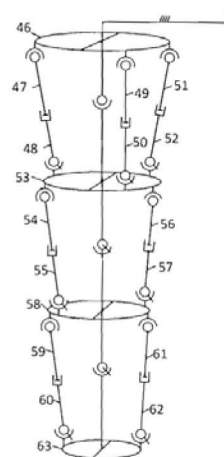


Fig. 8



OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI
Cerere de brevet de invenție
Nr. a 2020 ee 749
Data depozit 19-11-2020

DESCRIEREA INVENȚIEI**a. Titlul invenției****METODĂ DE GENERARE A MECANISMELOR REDUNDANTE ANTROPOMORFE CU TOPOLOGIE HIBRIDĂ ȘI LANTURI CINEMATICE MULTIARTICULARE****b. Precizarea domeniului de aplicare a invenției**

Invenția se referă la o metodă de obținere prin reconfigurare a unor topologii hibride de mecanisme redundante cu 7 grade de libertate și lanțuri cinematice multiarticulare și la elemente tipizate și modularizate necesare acestei reconfigurări.

c. Precizarea stadiului cunoscut al tehnicii în domeniul obiectului invenției, cu menționarea dezavantajelor soluțiilor tehnice cunoscute

Mecanismele redundante propuse sunt cele care reproduc cinematic mișcările membrului superior uman. Acestea sunt lanțuri cu topologii seriale, paralele sau hibride ce integrează în structura lor elemente ce materializează principalele articulații (articulațiile scapulohumerala, cotului, radio-ulnare, mâinii), elementele sistemului muscular și osos ce conectează aceste elemente și le pun în mișcare. Gradele de libertate (GDL) ale unui astfel de sistem sunt 7.

Deși există multe lucrări și studii în domeniul sistemelor redundante similare membrului superior uman, majoritatea prototipurilor sunt practic modele ale sistemului osos (cu topologie serială și articulații rotative ca elemente cinematice motoare).

În scopul generării de structuri reconfigurabile pentru roboți paraleli cu maxim 6 grade de libertate este cunoscută o metodă descrisă în brevetul Ro127277 B1 cu titlu "Metodă de generare a structurilor cinematice pentru roboți paraleli și structura reconfigurabilă obținută"- autor Cornel Brișan.

De asemenea brevetul BREVET EPO NR. EP2444209-B1 / 22.04.2015 (autori Cornel Brisan și Manfred Hiller), Metoda de generare a topologiei robotilor paraleli reconfigurabili cu actuatori verticali / METHOD FOR GENERATION OF KINEMATIC STRUCTURES FOR RECONFIGURABLE PARALLEL ROBOTS WITH VERTICAL ACTUATORS, INVOLVES DETERMINING NUMBER OF PRISMATIC-SPHERICAL-UNIVERSAL KINEMATIC CHAINS BASED ON DESIRED NUMBER OF DEGREES OF FREEDOM descrie o metoda de generare a topologiei unenor roboti paraleli cu 6 GDL.

Dezavantajul structurilor prezentate anterior consta în faptul că implementează doar maxim 6 GDL.

d. Problema tehnică pe care o rezolvă invenția

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția este de a dezvolta o metodă pentru generarea unor mecanisme redundante cu topologii hibride (module paralele înseriate) respectiv prin dezvoltarea schemelor cinematice ce folosesc pe de o parte elemente constructive tipizate care fac posibilă reconfigurarea structurilor propuse și pe de altă parte elemente motoare multiarticulare ce asigură un grad mare de antropomorfism. Lanțuri cinematice care conectează platformele mecanismului antropomorf sunt de tipul Sfera-Translație-Cardan –STC (Figura 1).

Invenția de față rezolvă problema tehnică menționată prin aplicarea unei metode de generare de mecanisme redundante cu topologie hibridă care sunt compuse dintr-o platformă fixă 0, și trei platforme mobile 1, 2, 3 cuplate nemijlocit prin trei cuple – doua sferice și una de rotație (distribuția GDL de tipul 313, figura 2) sau o cupla sferică și două cardanice (distribuția GDL de tipul 322, figura 3) - și respectiv un număr de 7 lanțuri cinematice de tip Sfera-Translație-Cardan – STC.

e. Prezentarea soluției tehnice a invenției, cu evidențierea elementelor de creație științifică sau tehnică originale care rezolvă problema tehnică menționată

Metoda propusă se bazează pe următoarele considerente de biomecanica a aparatului locomotor corespunzător Membrului Superior Uman (MSU).

1. Sistemul musculo-osteo-articular cuprinde elemente pasive (oase și articulații) și elemente active (muschi). Muschii sunt elementele active ale sistemului și sunt specializați pe tipuri de mișcări (extensori, flexori, abductori-aductori și rotatori interni – rotatori externi). De cele mai multe ori mușchii acționează multiarticular.
2. MSU este format structural din patru segmente: trunchi, braț, antebraț și palmă.
3. Bratul poate executa în raport cu trunchiul trei mișcări de rotație similare cu cele ale unei cuple sferice; articulația dintre braț și trunchi se numește articulația umărului, are 3 grade de libertate și anume trei rotații având axele perpendiculare două câte două și concurente în același punct – 3 GDL.
4. Descrierea mobilității dintre braț și antebraț (articulația dintre antebraț și braț se numește articulația cotului) cunoaște două abordări: în prima abordare se considera doar mișcarea de flexie-extensie – 1GDL. În a doua abordare se considera două mișcări: flexie-extensie și respectiv pronatie-supinație – 2 GDL.
5. Palma poate executa în raport cu antebrațul trei mișcări de rotație asemănătoare cu cele ale unei cuple sferice. Articulația dintre antebraț și palma se numește articulația încheieturii mâinii, are 3 grade de libertate și anume trei rotații având axele perpendiculare două câte două și concurente în același punct – 3 GDL. Această abordare presupune mișcarea de rotație int. - rotație ext. (pronație - supinație) ca executându-se la nivelul articulației încheieturii mâinii. În consecință, sunt două variante pentru a distribui GDL între segmentele MSU (Tabelul 1):

Tabelul 1

	Articulație		
	Umar [GDL]	Cot [GDL]	Incheietura mainii [GDL]
Varianta 1 (figura 2)	3	1	3
Varianta 2 (figura 3)	3	2	2

Dacă se iau în considerare atât elementele pasive (oase și articulații) cât și active (muschi), fiecare din principalele articulații ale MSU poate fi modelată cu ajutorul unor mecanisme paralele (Figura 4, 5, 6), (denumite în continuare Mecanisme Elementare – ME) formate dintr-o platformă fixă, o platformă mobilă și lanțuri cinematice „L” de tipul Sferă - Translație - Cardan după cum urmează:

Figura 4 prezintă mecanismul care modelează articulații umane cu 3 GDL (umar încheietura mainii) – ME3. Figura 5 prezintă mecanismul care modelează articulații umane cu 2 GDL (cot, a doua abordare, cu luare în considerare a mișcării de pronatie supinație)– ME2 iar figura 6 prezintă mecanismul care modelează articulații umane cu 1 GDL (cot, prima abordare, cu luare în considerare doar a mișcării de flexie extensie)– ME1.

Pentru descrierea topologiilor lanțurilor/mecanismelor cinematice paralele se poate utiliza graful asociat unui mecanism care se determină după cum urmează:

- a) Fiecare element cinematic din structura lanțului cinematic se reprezintă prin intermediul unui nod în graf.
- b) Fiecare cupla cinematică din structura lanțului cinematic se reprezintă prin intermediul unui element în graf.

Utilizând mecanismele ME3, ME2, ME1 se pot determina (prin inseriere) mecanismele antropomorfe corespunzătoare distribuțiilor gradelor de mobilitate din tabelul 1 (Varianta 1 respectiv Varianta 2).

Figura 7 reprezinta mecanismul MA313 si figura 8 mecanismul MA322. De asemenea, figura 9 reprezinta graful asociat mecanismului MA313 si figura 10 reprezinta graful asociat mecanismului MA322.

Gradul de mobilitate al mecanismelor **MA313 si respectiv MA322** se calculeaza cu relatia:

$$M = 6n - 5C_5 - 4C_4 - 3C_3 - 2C_2 - C_1, \quad (1)$$

unde n este numărul elementelor cinematice mobile și C_i $\{i=1..5\}$ este numărul cuplelor de clasa i din lanțul cinematic (au i miscari blocate).

Pentru mecanismele **MA 313**, numarul lanturilor cinematice este $L=7$ si se observa ca:

$$\begin{aligned} n &= 2xL+3, n = 17 \\ C_5 &= L+1, C_4 = L, C_3 = L+2, C_2 = C_1 = 0, \\ \text{Rezulta deci } M &= L=7 \end{aligned} \quad (2)$$

Pentru mecanismele **MA322**, numarul lanturilor cinematice este 7 si se observa ca:

$$\begin{aligned} n &= 2xL+3, n=17 \\ C_5 &= L, C_4 = L+2, C_3 = L+1, C_2=C_1=0, \\ \text{Rezulta deci } M &= L=7 \end{aligned} \quad (3)$$

Aceste mecanisme nu contin lanturi cinematice biarticulare. Mecanismele antropomorfe cu lanturi cinematice biarticulare sunt determinate in mod univoc daca se cunoaste numarul lanturilor care conecteaza platformele din structura mecanismului.

Pentru acestea se propune urmatoarea notatie:

$$MA \text{ ijklmn}, \quad (4)$$

i, j, k, l, m, n , sunt numere intregi pozitive si:

i – numarul lanturilor cinematice de tip a_1 care conecteaza platformele 0 si 1, $i \in [0,3]$

j – numarul lanturilor cinematice de tip a_2 care conecteaza platformele 1 si 2, $j \in [0,2]$

k – numarul lanturilor cinematice de tip a_3 care conecteaza platformele 2 si 3, $k \in [0,3]$

l – numarul lanturilor cinematice de tip a_4 care conecteaza platformele 0 si 2, $l \in [0,4]$

m – numarul lanturilor cinematice de tip a_5 care conecteaza platformele 0 si 3, $m \in [0,7]$

n – numarul lanturilor cinematice de tip a_6 care conecteaza platformele 1 si 3, $n \in [0,4]$

Se observa ca :

$$i + j + k + l + m + n = 7 \quad (5)$$

Se considera in continuare ca un mecanism antropomorf redundant cu 7 GDL este compus dintr o componenta fundamentala si respectiv o componenta multiarticulata. Componenta fundamentala contine doar lanturile cinematice monoarticulare in timp ce componenta multiarticulata contine doar lanturile cinematice multiarticulare. Rezulta deci ca parametrii i, j, k definesc componenta fundamentala iar parametrii l, m, n definesc componenta multiarticulata. In aceasta abordare mecanismele MA313 si MA322 nu au o componenta multiarticulata, ele continand doar lanturi cinematice monoarticulare. Rezulta deci ca un mecanism antropomorf redundant cu 7 GDL are lanturi cinematice multiarticulare daca:

$$l + m + n = 7 - (i + j + k) \neq 0 \quad (6)$$

Se observa de asemenea ca:

$$l \leq 4 - (i + j), l \geq 0 \quad (7)$$

$$m \leq 4 - (j + k), m \geq 0$$

Avand in vedere aceste consideratii se propune urmatoarea procedura de sinteza a mecanismelor antropomorfe cu lanturi cinematice multiarticulare:

1. Se cunoaste structura de baza a mecanismului MA_{ijk}, adica se considera cunoscuti parametrii i, j, k. se cunoaste de asemenea din ce varianta provine MA313 sau MA322.
2. Se calculeaza numarul lanturilor cinematice care pot fi multiarticulare, daca se respecta structura de baza si daca numarul GDL este 7, rezultă :

$$l + m + n = 7 - (i + j + k) \geq 0 \quad (8)$$

3. Se deduc inecuatiile

$$l \leq 4 - (i + j), l \geq 0 \quad (9)$$

$$m \leq 4 - (j + k), m \geq 0$$

4. se rezolva ecuatia (8) tinand cont de inecuatiile (9) :

$$n = 7 - (i + j + k + l + m), n \geq 0 \quad (10)$$

Exemple:

1. Sa se determine variantele de mecanisme antropomorfe cu lanturi cinematice multiarticulare care au varianta de baza MA203, ce provine din varianta MA313.

Solutie:

1.1 Se observa $i = 2, j = 0, k = 3$.

1.2 Numarul lanturilor cinematice care pot fi multiarticulare, daca se respecta structura de baza MA203 si daca numarul GDL este 7 este dat de relatia (11)

$$l + m + n = 2 \geq 0 \quad (11)$$

1.3 Se deduc inecuatiile

$$l \leq 2 \quad (12)$$

$$m \leq 1$$

1.4 Se rezolva ecuatia (11) in functie de inecuatiile (12)

$$n = 2 - (l + m) \quad (13)$$

rezulta

$$l = 0, m = 0 \Rightarrow n = 2$$

$$l = 1, m = 0 \Rightarrow n = 1$$

$$l = 2, m = 0 \Rightarrow n = 0 \quad (14)$$

$$l = 0, m = 1 \Rightarrow n = 1$$

$$l = 1, m = 1 \Rightarrow n = 0$$

$$l = 2, m = 1 \Rightarrow n = -1$$

Ultima solutie nu are corespondent fizic deoarece $n < 0$.

Rezulta (Tabelul 2) variantele: MA 203002, MA 203101, MA 203200, MA 203011, MA 203110

Tabelul 2

	Varianta	i lanturi intre platformele 0-1	j lanturi intre platformele 1-2	k lanturi intre platformele 2-3	l lanturi intre platformele 0-2	m lanturi intre platformele 1-3	n lanturi intre platformele 0-3
1	MA 203002	2	0	3	0	0	2
2	MA 203101	2	0	3	1	0	1
3	MA 203200	2	0	3	2	0	0
4	MA 203011	2	0	3	0	1	1
5	MA 203110	2	0	3	1	1	0

2. Sa se determine variantele de mecanisme antropomorfe cu lanturi cinematice multiarticulare care au varianta de baza MA202 ce provine din varianta 322.

Solutie:

2.1 Se observa $i = 2, j = 0, k = 2$.

2.2 Numarul lanturilor cinematice care pot fi multiarticulare, daca se respecta structura de baza MA202 si daca numarul GDL este 7 este dat de relatia (15)

$$l + m + n = 3 \geq 0 \quad (15)$$

2.3 Se deduc inecuatiile

$$l \leq 2, l \geq 0 \quad (16)$$

$$m \leq 2, m \geq 0$$

2.4 Se rezolva ecuatia (15) tinand cont de inecuatiile (16):

$$n = 3 - (l + m), n \geq 0 \quad (17)$$

$$l \leq 2$$

$$m \leq 2$$

rezulta

$$l = 0, m = 0 \Rightarrow n = 3$$

$$l = 1, m = 0 \Rightarrow n = 2$$

$$l = 2, m = 0 \Rightarrow n = 1$$

$$l = 0, m = 1 \Rightarrow n = 2$$

(18)

$$l = 1, m = 1 \Rightarrow n = 1$$

$$l = 2, m = 1 \Rightarrow n = 0$$

$$l = 0, m = 2 \Rightarrow n = 1$$

$$l = 1, m = 2 \Rightarrow n = 0$$

$$l = 2, m = 2 \Rightarrow n = -1$$

Ultima solutie nu are corespondent fizic deoarece $n < 0$.

Rezulta (Tabelul 3) variantele:

Tabelul 3

	Varianta	i lanturi intre platformele 0-1	j lanturi intre platformele 1-2	k lanturi intre platformele 2-3	l lanturi intre platformele 0-2	m lanturi intre platformele 1-3	n lanturi intre platformele 0-3
1	MA202003	2	0	2	0	0	3
2	MA202102	2	0	2	1	0	2
3	MA202201	2	0	2	2	0	1
4	MA202012	2	0	2	0	1	2
5	MA202111	2	0	2	1	1	1
6	MA202210	2	0	2	2	1	0
7	MA202021	2	0	2	0	2	1
8	MA202120	2	0	2	1	2	0

f. Prezentarea unuia sau mai multor exemple concrete de realizare a invenției, cu referire la figurile din desenele explicative ale invenției, în cazul în care sunt și desene

În figura 11 este prezentat mecanismul MA203002 iar în figura 12 este prezentat mecanismul MA202003.

g. Prezentarea avantajelor rezultate din aplicarea invenției

Prin aplicarea invenției se obțin următoarele avantaje:

- se pot genera toate variantele de mecanisme antropomorfe cu topologie hibridă care modelează sistemul oste-artro-muscular corespunzătoare membrului superior uman.

- generalitatea metodei propuse permite determinarea unui număr mare de variante de mecanisme antropomorfe hibride redundante cu 7 GDL și implicit permite dezvoltarea unor proteze performante ale membrului superior uman.

- structurile de bază pot fi conectate între ele ușor prin intermediul unor cuple cinematice tipizate

REVEDICĂRI

1. Condiția de existență a lanțurilor cinematice multiarticulare într-un mecanism antropomorf redundant cu 7 GDL este **caracterizată prin aceea că** sunt îndeplinite simultan următoarele relații:

$$l + m + n = 7 - (i + j + k) \neq 0 ;$$

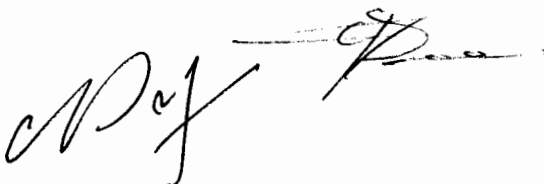
$$l \leq 4 - (i + j), l \geq 0 ;$$

$$m \leq 4 - (j + k), m \geq 0 .$$

2. Sinteza tuturor mecanismelor antropomorfe cu lanțuri cinematice multiarticulare când se cunoaște structura de bază a mecanismului MA_{ijk}, (sunt dați parametrii i, j, k) și varianta MA313 sau MA322 din care aceasta provine, **caracterizată prin aceea că** este determinat astfel numărul *n* de lanțurilor cinematice care conectează platformele 1 și 3 cu ajutorul relației: $n = 7 - (i + j + k + l + m), n \geq 0$ și ținând cont de inecuațiile $l \leq 4 - (i + j), l \geq 0$ și respectiv $m \leq 4 - (j + k), m \geq 0$.

3. Variantele de mecanisme antropomorfe cu lanțuri cinematice multiarticulare **caracterizate prin aceea că** au varianta de bază MA203, ce provine din varianta MA313.

4. Variantele de mecanisme antropomorfe cu lanțuri cinematice multiarticulare **caracterizate prin aceea că** au varianta de bază MA202 ce provine din varianta MA322.



FIGURI

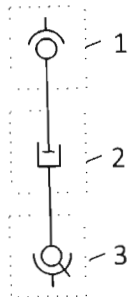


Fig. 1

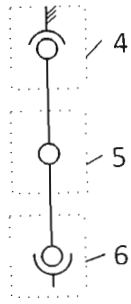


Fig. 2

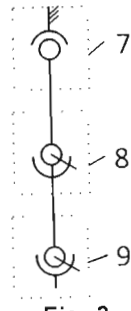


Fig. 3

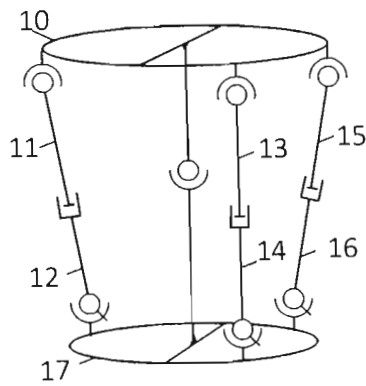


Fig. 4.

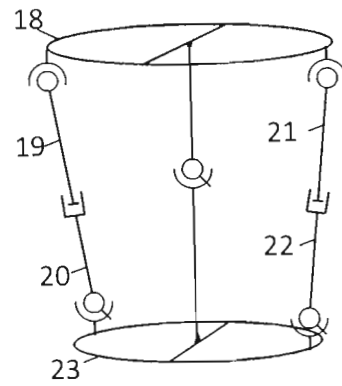


Fig. 5

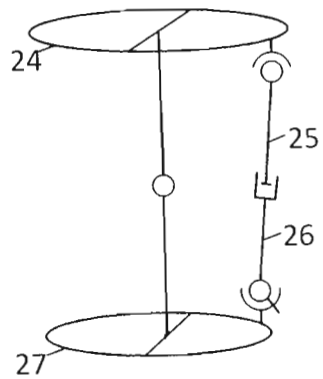


Fig. 6

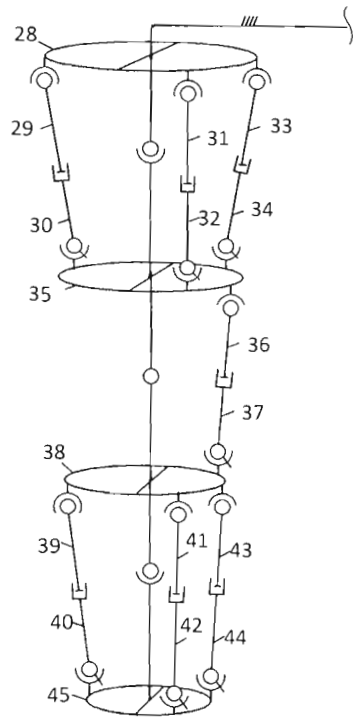


Fig. 7

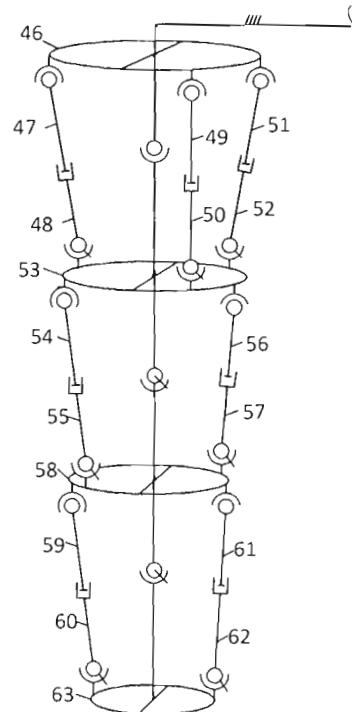


Fig. 8

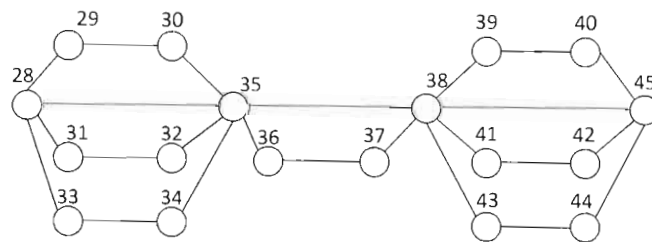


Fig 9

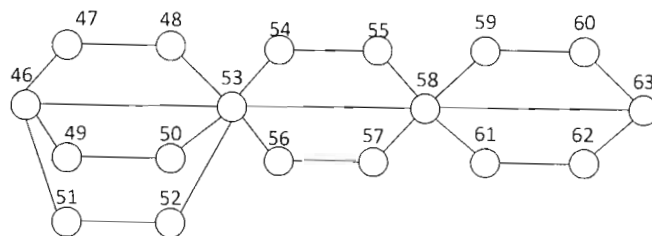


Fig. 10

Handwritten signatures and scribbles.

Handwritten signature.

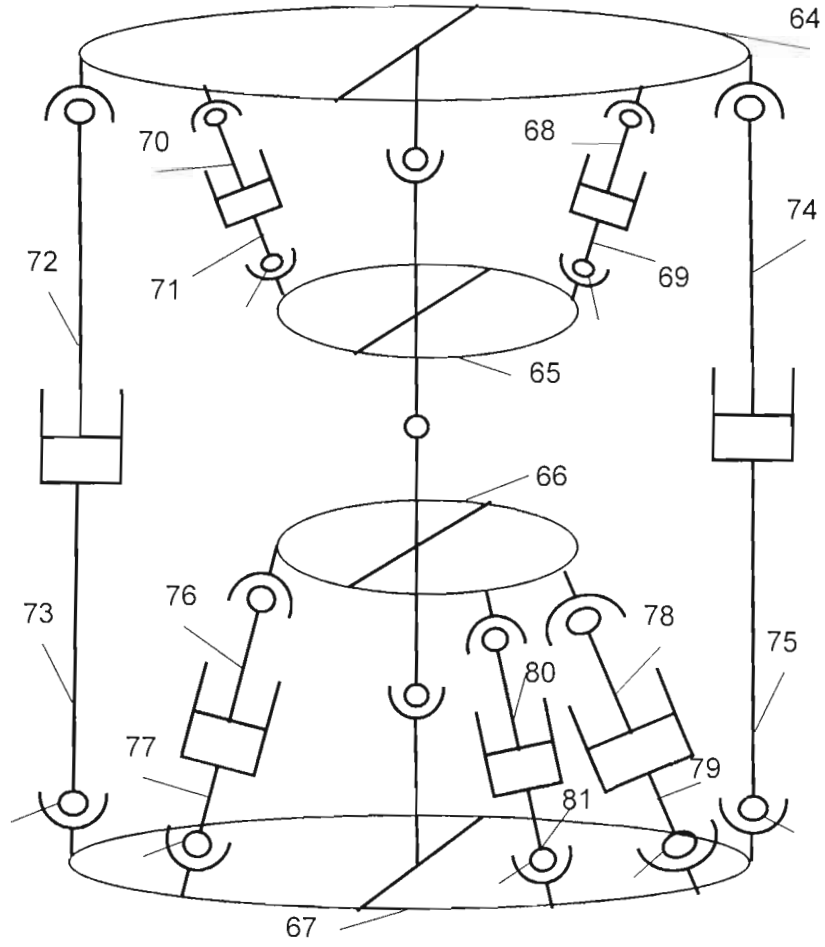


Fig. 11

Ref. P. M.

gt

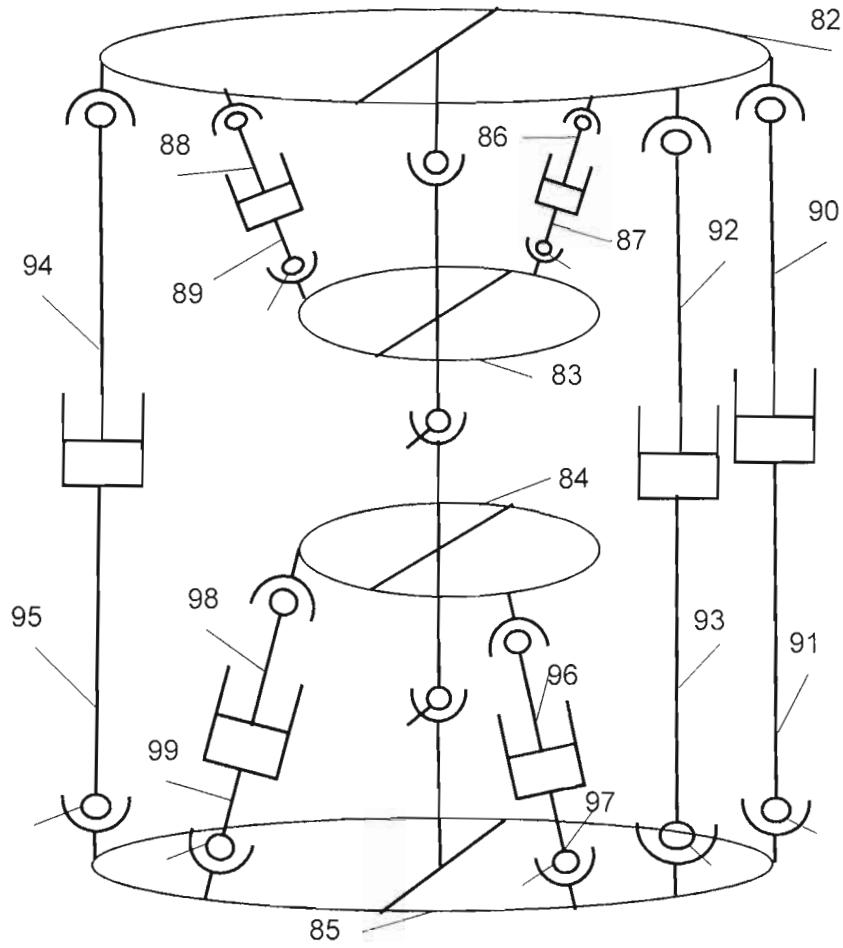


Fig. 12

Handwritten signature

Handwritten signature

Handwritten signature