

## **SISTEM MECANIC UTILIZAT PENTRU RECUPERAREA MOBILITĂȚII MEMBRELOR SUPERIOARE ȘI INFERIOARE**

### **THE MECHANICAL SYSTEM USED TO RECOVER THE MOBILITY OF THE SUPERIOR AND INFERIOR LIMBS**

DINU Aura, NEGESCU Ion Eusebiu, NEGULICI Eduard  
Facultatea: IMST, Specializarea: Master CPSM, Anul de studii: II, e-mail:  
auradinu20@yahoo.com

Conducător științific: Șl. dr. ing. **Ileana DUGĂEȘESCU**

*ABSTRACT: For the mechanical system designed to recover the mobility of both the superior and inferior limbs it was performed a structural and kinematic analysis, on which the movements it can perform were simulated. The modelling of the kinematic elements was realised using a specialized software followed by the assembly and the simulation of the system's movements.*

*CUVINTE CHEIE: recuperare, membre, sistem mecanic, modelare, simulare*

#### **1. Introducere**

Sistemul mecanic utilizat pentru recuperarea mobilității membrelor superioare și inferioare este gândit pentru a veni în întâmpinarea nevoilor persoanelor greu transportabile și a facilita accesul acestora la un echipament destinat recuperării mobilității membrelor superioare și inferioare afectate în urma unor traume sau boli de natură ortopedică și nu numai. Acest echipament poate fi utilizat și de către pacienții cărora le este indicat să practice exerciții fizice ușoare la membrele inferioare și superioare. El este construit pentru a fi utilizat la domiciliul persoanelor care au nevoie de un astfel de echipament.

#### **2. Stadiul actual**

Recuperarea funcțională a membrelor superioare și inferioare se aplică prin intermediul unor echipamente sau dispozitive specializate care pot fi grupate astfel:

- *echipamente clasice de mișcare continuă* pasivă capabile să permită realizarea unei game controlabile de mișcare unghiulară, în cursul căreia forțele aplicate sunt limitate;
- *echipamente dinamice* (ortoze dinamice), care permit aplicarea de forțe variabile asupra articulațiilor simulând prin aceasta terapia de întindere aplicată manual de către personalul specializat;
- *echipamente de terapie asistată*, cu control computerizat, care permit monitorizarea rezistenței de la nivelul țesuturilor asupra cărora se acționează realizând prin aceasta o adaptare continuă și o protecție permanentă a persoanelor supuse actului medical.

#### **3. Analiza structurală**

Analiza structurală a sistemului mecanic utilizat pentru recuperarea mobilității are ca scop elaborarea modelului structural. Se efectuează analiza structurală<sup>[1]</sup> a sistemului din fig. 1.

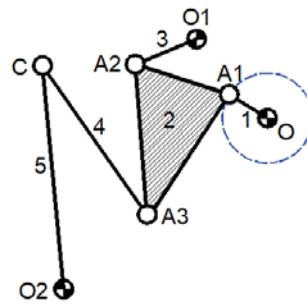


Fig. 1 Schema cinematică a sistemului mecanic utilizat la recuperarea mobilității

Sistemul mecanic este format din cinci elemente cinematice mobile: 1-manivelă, 2-bielă, 3-balansier, 4-bielă, 5-balansier ( $m = 5$ ) și un element fix. Sistemul mecanic are în componența sa șapte cuple cinematice inferioare: O, O1, A1, A2, A3, C, O2 ( $i=7$ ), cuple de rotație.

În cazul mecanismelor plane relația de calcul a gradului de mobilitate este:

$$M = 3 \cdot m - 2 \cdot i - s = 3 \cdot 5 - 2 \cdot 7 - 0 = 15 - 14 = 1 \quad (1)$$

Gradul de mobilitate al mecanismului este 1 și reprezintă numărul de elemente conducătoare. Rezultă că sistemul mecanic este desmodrom, adică, dacă se cunoaște poziția elementului motor, atunci se poate determina exact poziția celorlalte elemente din componența mecanismului.

Elementul 1 și cupla cinematică O formează grupa modulară activă inițială (GMAI).

Numărul de contururi independente ( $N$ ) se calculează cu formula:

$$N = i + s - m \quad (2)$$

$N=7+0-5=2$  (sunt puse în evidență în fig. 2: conturul I și conturul II)

Modelul structural este o reprezentare simbolică a sistemelor mecanice care ține seama de clasa elementelor cinematice și de modul de legătură al elementelor cinematice prin intermediul cuplelor cinematice.

Modelul structural asociat schemei cinematice din fig. 1 este prezentat în fig. 2.

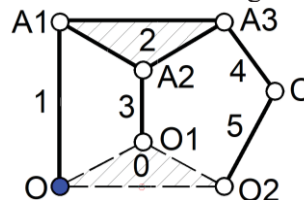


Fig. 2 Modelul structural asociat schemei cinematice din fig. 1

Pentru a se identifica grupele modulare din componența unei scheme structurale se pun în evidență cuplele cunoscute din punct de vedere cinematic. Dacă se cunosc pozițiile unor puncte aparținând unui sistem mecanic, prin derivare se pot obține vitezele, apoi accelerațiile punctelor respective. Astfel sunt cunoscute pozițiile următoarelor cuple:

- cupla O: în punctul O se consideră originea sistemului de axe ( $XO=0, YO=0$ );
- cupla A1: aparține elementului cinematic 1, respectiv grupei modulare active inițiale (GMAI);
- cupla O1: este considerată fixă (se cunosc coordonatele  $XO1$  și  $YO1$ );
- cupla O2: este considerată fixă (se cunosc coordonatele  $XO2$  și  $YO2$ ).

Se obține astfel împărțirea în grupe structurale (fig. 3) a modelului structural din fig. 2.

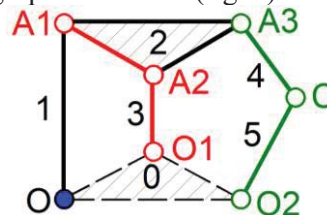


Fig. 3 - Împărțirea în grupe structurale a modelului structural

Pe baza modelului structural se elaborează schema de conexiuni (fig. 4).

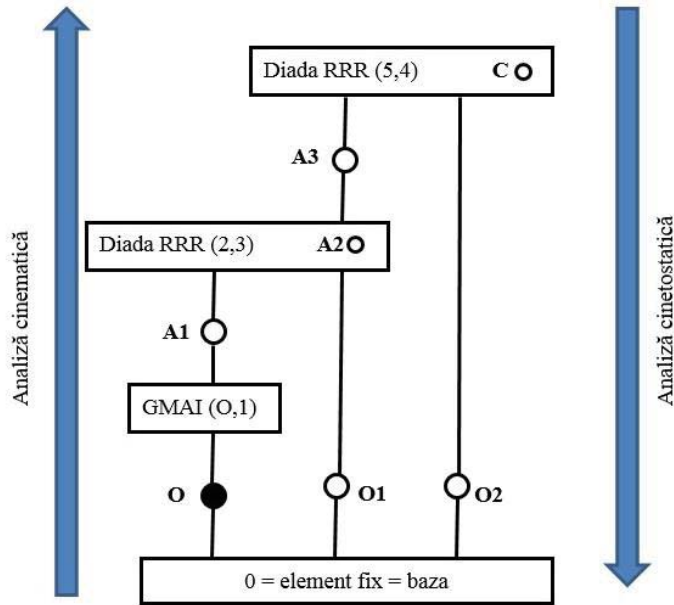


Fig. 4 Schema de conexiuni corespunzătoare modelului din fig. 2

#### 4. Analiza cinematică

Analiza cinematică<sup>[2]</sup> se efectuează parcurgând schema de conexiuni începând cu grupa modulară activă (GMAI) și terminând cu ultima grupă modulară pasivă.

În acest caz, pentru a efectua analiza cinematică a sistemului mecanic, se parcurge schema de conexiuni din fig. 4 astfel:

- |                     |                     |
|---------------------|---------------------|
| 1. GMAI (0,1);      | 5. BPT (A3);        |
| 2. BPT (A1);        | 6. Diada RRR (4,5); |
| 3. Diada RRR (2,3); | 7. BPT (C);         |
| 4. BPT (A2);        |                     |

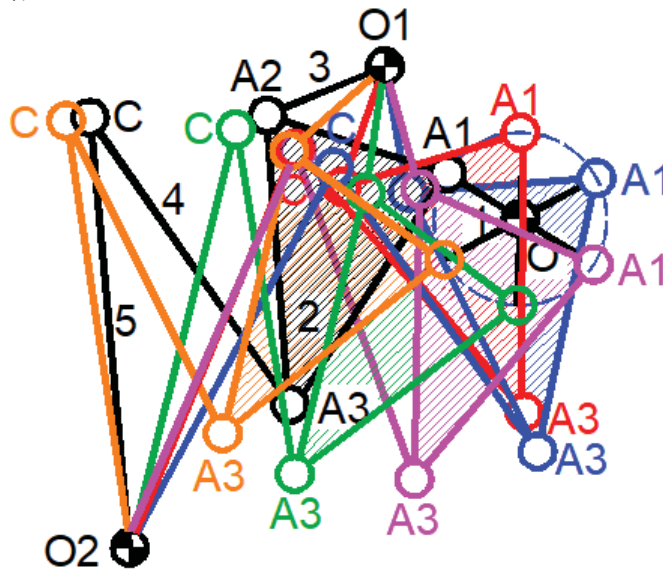


Fig. 5 Schema cinematică a sistemului mecanic în șase poziții echidistante

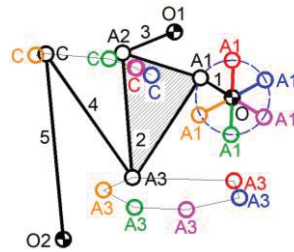


Fig. 6 Trajectoriile descrise de punctele A3 și C

În fig. 7 este prezentată schema cinematică a sistemului de recuperare a mobilității membrilor superioare și inferioare.

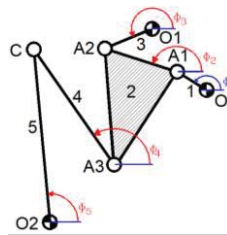


Fig. 7 Schema cinematică a sistemului mecanic

Analiza cinematica a mecanismului R-RRR-RRR presupune parcurgerea următoarelor etape<sup>[3]</sup>:

**Modelarea cinematică a grupei modulare active GMAI(O,1)**

Grupa modulară din fig. 8 este alcătuită din elementul cinematic 1 și o cuplă activă de rotație notată cu litera O. Gradul de mobilitate al GMAI este:

$$M_3 = 3 \cdot 1 - 2 = 1$$

astfel că numărul parametrilor independenți în raport cu un sistem de referință arbitrar este 1.

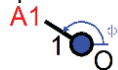


Fig. 8 Grupa modulară activă inițială GMAI(O,1)

**Bipeta de translație BPT(A1)**

În urma efectuării calculului se reprezintă grafic:

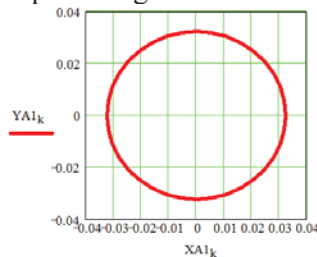


Fig. 9 Traectoria punctului A1

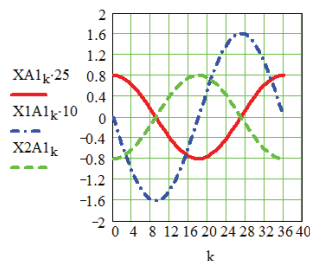


Fig. 10 Variația parametrilor dependenți de poziție, viteză și accelerație pentru punctul A1

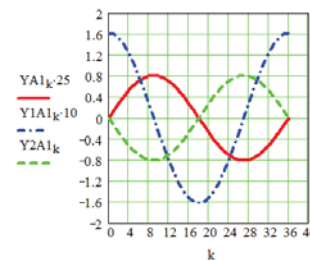


Fig. 11 Variația parametrilor dependenți de poziție, viteză și accelerație pentru punctul A1

**Grupa modulară pasivă RRR(2,3)**

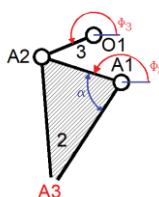


Fig. 12 Grupa modulară pasivă RRR(2,3)

Se face calculul parametrilor dependenți ai diadei RRR(2,3) cu ajutorul unui soft specializat. Pentru calculul parametrilor dependenți se utilizează noțiuni teoretice de la grupa modulară pasivă tip diadă RRR. În urma efectuării calculului se reprezintă grafic:

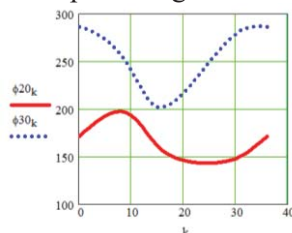


Fig. 13 Variația parametrilor dependenți de poziții ai diadei RRR(2,3)

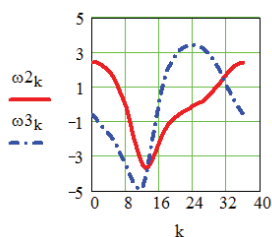


Fig. 14 Variația parametrilor dependenți de viteze ai diadei RRR(2,3)

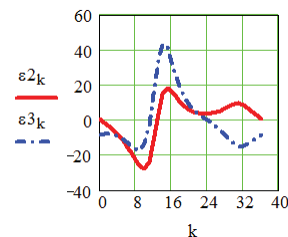


Fig. 15 Variația parametrilor dependenți de accelerații ai diadei RRR(2,3)

**Bipeta de translație BPT(A2)**

Pentru calculul parametrilor dependenți ai punctului A2 se vor utiliza noțiunile teoretice de la bipeta de translație. În urma efectuării calculului se va reprezenta traiectoria descrisă de punctul A2 și hodografele de viteze și accelerații. Hodografele obținute sunt curbe închise.

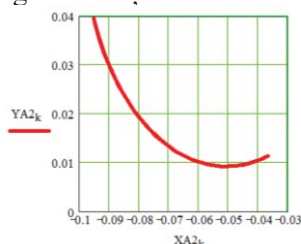


Fig. 16 Traiectoria punctului A2

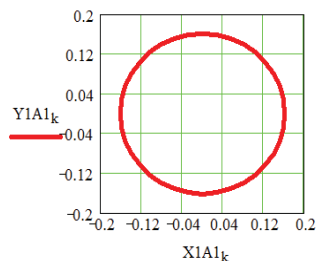


Fig. 17 Hodograful de viteze al punctului A2

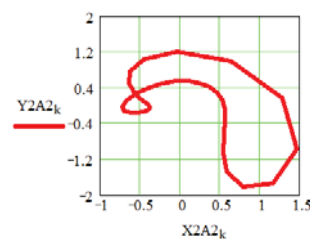


Fig. 18 Hodograful de accelerații al punctului A2

**Bipeta de translație BPT(A3)**

Pentru calculul parametrilor dependenți ai punctului A3 se vor utiliza noțiunile teoretice de la bipeta de translație. În urma efectuării calculului se reprezintă grafic traiectoria descrisă de punctul A3.

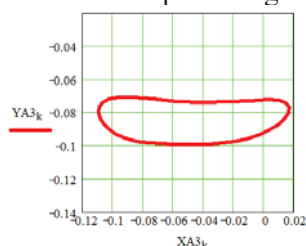


Fig. 19 Traiectoria punctului A3

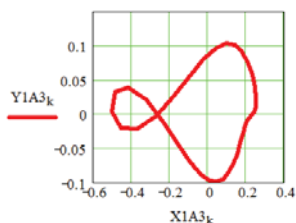


Fig. 20 Hodograful de viteze al punctului A3

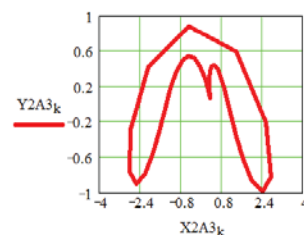


Fig. 21 Hodograful de accelerații al punctului A3

**Grupa modulară pasivă RRR(4,5)**

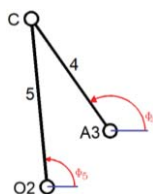


Fig. 22 Grupa modulară pasivă RRR(4,5)

Se face calculul parametrilor dependenți ai diadei RRR(4,5) cu ajutorul unui soft specializat. Pentru calculul parametrilor dependenți se utilizează noțiuni teoretice de la grupa modulară pasivă tip diadă RRR.

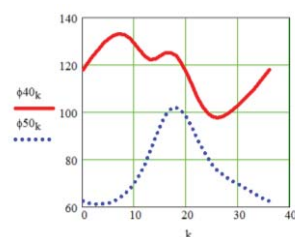


Fig. 23 Variația parametrilor dependenți de poziții ai diadei RRR(4,5)

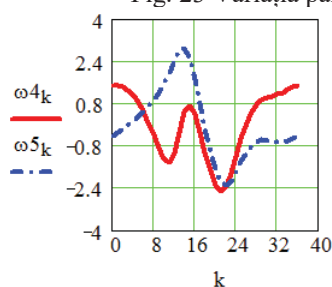


Fig. 24 Variația parametrilor dependenți de viteze ai diadei RRR(4,5)

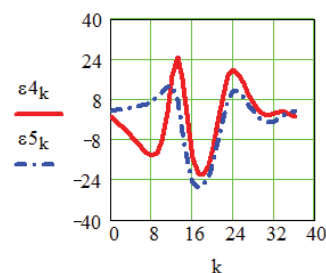


Fig. 25 Variația parametrilor dependenți de accelerații ai diadei RRR(4,5)

**Bipeta de translație BPT(C)**

Pentru calculul parametrilor dependenți ai punctului C se vor utiliza noțiunile teoretice de la bipeta de translație.

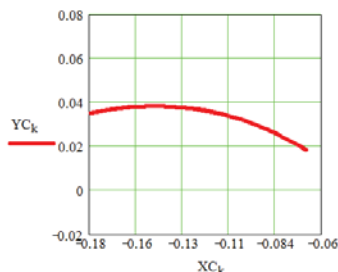


Fig. 26 Traiectoria punctului C

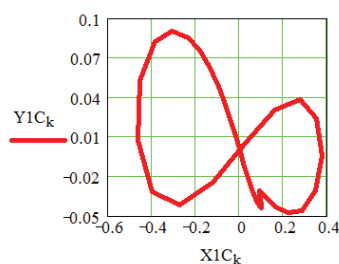


Fig. 27 Hodograful de viteze al punctului C

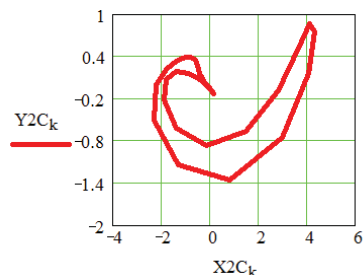


Fig. 28 Hodograful de accelerații al punctului C

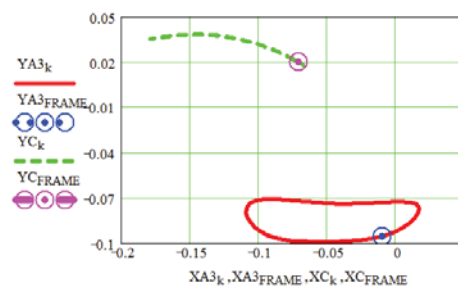


Fig. 29 Traiectoria punctelor A3 și C

**5. Modelarea**





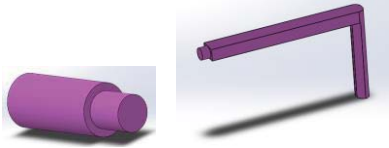

Modelarea elementelor cinematice se efectuează utilizând software specializat. Inițial se execută modelarea 2D a fiecărui element cinematic în parte. Aceasta se poate obține utilizând opțiunea *Part*. Pentru aceasta se alege planul de lucru (în acest caz s-a ales ca plan de referință planul frontal). Obținerea elementului cinematic 3D se face prin extrudare<sup>[4]</sup>.

Etapele realizării elementelor cinematice sunt:

- alegerea planului - *Front Plane*;
- alegerea formei predefinite necesare (*Line*, *StraightSlot*, *Circle* etc.) funcție de ceea ce avem de desenat;
- dimensionarea elementelor cinematice. Acest lucru este posibil utilizând opțiunea *Smart Dimension*;
- obținerea modelului 3D utilizând opțiunea *Extruded Boss/Base*.

În tabelul 1 sunt prezentate elementele cinematice conform tabelului cuplurilor realizat în cadrul analizei structurale.

Tabelul 1. Elemente cinematice modelate

Baza 0 Elementele 1, 2		Elementele 3, 4, 5	
Bucșele 5, 8		Bolțurile 6, 11, 14	
Suporți mână faza 1, 2		Element de legătură Suport picior	

Pentru a realiza sistemul mecanic se alege din fereastra *New* opțiunea *Assembly*. Un ansamblu este format din mai multe piese (elemente cinematice). Fiecare piesă componentă proiectată individual este inserată în ansamblu (*Insert Components*), apoi se creează legăturile (restricțiile) pentru a le preciza exact poziția acestora. Constrângerile sunt de concentricitate pentru cercuri, coincidențe pentru suprafețe, distanțe etc. Restricțiile sau relațiile de legătură se introduc cu ajutorul opțiunii *Mate*.

Prima piesă inserată într-un ansamblu este fixă. În acest caz Baza 0 este elementul fix. Apoi *Insert Components*. Se vor insera pe rând toate elementele cinematice până se va obține sistemul mecanic.

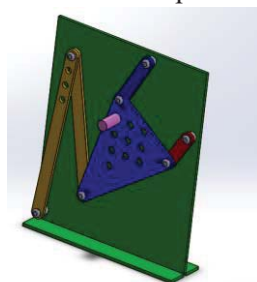


Fig. 30 Sistem recuperare mobilitate mână

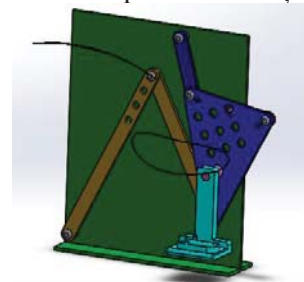


Fig. 31 Sistem recuperare mobilitate picior

## 6. Concluzii

Sistemul studiat a fost analizat din punct de vedere structural și cinematic, după care a fost modelat și s-au simulat mișcările pe care le poate efectua. Acesta se poate utiliza pentru recuperarea mobilității membrilor superioare și inferioare pentru mai multe categorii de pacienți (vârstă, înălțime etc.), deoarece are posibilitatea reglării pozițiilor elementelor effectoare.

Ca dezvoltare a acestei teme se poate supune studiului schimbarea/adaptarea fixării sistemului mecanic pentru a putea fi ușor de utilizat la domiciliul pacientului.

## 7. Bibliografie

- [1] Comănescu, A., Comănescu, D., Dugășescu I., Boureci, A. (2010), *Bazele modelării mecanismelor*, Editura Politehnica Press, București;
- [2] Pelecudi, C., Comănescu, A., s.a. (1985), *Analiza cinematica a mecanismelor - probleme*, UPB, București;
- [3] Tempea, I., Dugășescu, I., Neacșa, M. (2006), *Mecanisme*, Editura Printech, București;
- [4] Maican, E. (2006), *Solid Works modelare 3D pentru ingineri*, Editura Printech, București.