

## CARACTERISTICI DE MIȘCARE A UNUI PEDIPULATOR MONOMOBIL INTEGRAT ÎNTR-UN BIOMECHANISM

FUGARU Cristian<sup>1</sup>, IONESCU Cristian-Iulian<sup>2</sup>, LUPU Alexandru-Daniel<sup>3</sup> și STAN Alexandra-Viorica<sup>4</sup>

Conducător științific: Prof.dr.ing. **Adriana COMĂNESCU**

**REZUMAT:** Prezenta lucrare este împărțită în 6 capitole. Primul capitol conține o scurtă introducere a lucrării științifice, unde sunt prezentate obiectivele lucrării și rezultatele obținute în urma analizei efectuate. Cel de-al doilea capitol prezintă pe scurt senzorii încorporați în mecanismul pedipulator monomobil ales. Capitolul 3 prezintă mediul de simulare al mecanismului biomorf ales în programul MathCAD, precum și schema cinematică a prototipului ales pentru analiză. De asemenea, tot în acest capitol este prezentată modalitatea de determinare a traiectoriilor extremităților picioarelor crabului în MathCAD. Capitolul 4 prezintă interpretarea rezultatelor prezentate în capitolul anterior și concluziile aferente analizei efectuate asupra mecanismului pășitor de tip crab. Capitolul 5 este dedicat mulțumirilor adresate doamnei profesor coordonator. Ultimul capitol cuprinde bibliografia și notațiile utilizate în cadrul prezentei lucrări de cercetare.

**CUVINTE CHEIE:** MathCAD, mecanism, pedipulator, monomobil, miscare

### 1 INTRODUCERE

Scopul principal al prezentei lucrări este modelarea cinematică a unui pedipulator monomobil integrat într-un biomecanism, în mediile specifice de simulare pornind de la lucrările de laborator efectuate în cadrul cursului ASSMM. Calculele introduse în programul Mathcad au ca scop principal determinarea traiectoriilor pentru punctele extreme ale picioarelor mecanismului de tip crab ales.

### 2 STADIUL ACTUAL

Programul de calcul și reprezentare grafică pe care l-am ales pentru efectuarea acestei lucrări științifice este programul MathCAD. MathCAD este un software orientat pe document, conținând un mediu de calcul extrem de puternic, care permite crearea unor documente complexe, într-un format user-friendly.

Aparut pentru prima dată în anul 1986, ca și software dezvoltat de către compania Parametric Technology Corporation, a fost primul program care a introdus posibilitatea de editarea noțiunilor matematice în coordanță cu calculele sale automate.

<sup>1</sup> Specializarea Inginerie Economică și Managementul Afacerilor, Facultatea IMST;

E-mail: [fugaru\\_cristian@yahoo.com](mailto:fugaru_cristian@yahoo.com) ;

E-mail: [ionescu.cristian@gmail.com](mailto:ionescu.cristian@gmail.com)

E-mail: [lupu.alexandru91@gmail.com](mailto:lupu.alexandru91@gmail.com);

E-mail: [alexandra.stan062092@gmail.com](mailto:alexandra.stan062092@gmail.com);

#### 2. 1. Senzorii mecanismului de tip crab

Mecanismul este un lanț cinematic închis, cu un element fix (sau presupus fix), care are proprietatea că pentru o mișcare dată unuia sau mai multor elemente în raport cu elementul fix, toate celelalte elemente au mișcări univoc determinate. Se spune astfel că mecanismul este desmodrom.

Mecanismul de tip crab are în structura lui următorii senzori: senzori de lumină, senzori de sunet, senzori de proximitate, de asemenea se mai găsește încorporat și un dispozitiv de tip microfon capacitiv. În interiorul mecanismului crab se poate de asemenea observa, că există roți dințate, care au ca scop principal acționarea și punerea în funcțiune a mecanismului crab analizat.

##### 2.1.1. Senzor de lumină

Senzorul de lumina TSL235R este o componentă care sesizează nivelul de iluminare al mediului extrem de precis (etalonat).

Mai exact, acest senzor furnizează un semnal dreptunghiular a cărui frecvență variază cu

# CARACTERISTICI DE MIȘCARE A UNUI PEDIPULATOR MONOMOBIL INTEGRAT ÎNTR-UN BIOMECHANISM

intensitatea luminoasă recepționată de senzor (măsurată în  $\mu\text{W} / \text{cm}^2$ ).

Circuitul de pe placa adaugă un condensator de filtrare care face ca senzorul de lumină să fie foarte precis, interferențele cauzate de alimentare fiind eliminate.

## 2. 2. Senzor de sunet

Descriere:

Modulul EasyVR este proiectat pentru a permite adăugarea de comenzi vocale proiectului său într-un mod simplu. Modulul oferă funcții de recunoaștere de voce pentru o serie de comenzi stocate din fabrică (care sunt independente de vorbitor - recunoscute automat), și până la 32 de comenzi definite de utilizator (care sunt dependente de vorbitor).

Modulul utilizează protocolul serial pentru comunicare (9600 8-N-1) pentru a comunica cu microcontroller-ul. EasyVR poate fi alimentat cu o tensiune între 3.3 V și 5.5 V.

Specificații:

- dispune de o serie de comenzi deja configurate, independente de vorbitor
- suportă până la 32 de comenzi configurabile de către utilizator
- interfața grafică simplă care permite programarea comenzilor vocale cu ușurință
- utilizează portul serial pentru comunicare

## 2. 3. Senzor de proximitate

Nume : Sonar XL Maxbotix EZ0

Seria XL din MaxSonar sunt versiuni de foarte mare performanță ale telemetrului sonor ușor de folosit de la Maxbotix. Seria XL a acestui senzor prezintă rezoluție mai mare, rază mai mare, putere mai mare și calibrare mai bună atunci când este comparat cu versiunea LV.

Suntem deosebit de mulțumiți cu dimensiunile, calitatea și ușurința folosirii acestui mic telemetru. Senzorul furnizează citiri de înaltă acuratețe de la 0 la 765 cm (0 până la 25,1 picioare) cu rezoluție de 1 cm. Senzorul poate fi alimentat cu orice voltaj între 3,3 și 5V CC.

Informația despre raza de acțiune poate fi culeasă prin una din trei metode - analog, serial sau PWM

## 2. 4. Microfon capacitiv

Modulul EasyVR este proiectat pentru a permite adăugarea de comenzi vocale proiectului tău într-un mod simplu. Modulul oferă funcții de recunoaștere

de voce pentru o serie de comenzi stocate din fabrică (care sunt independente de vorbitor - recunoscute automat), și până la 32 de comenzi definite de utilizator (care sunt dependente de vorbitor).

Modulul utilizează protocolul serial pentru comunicare (9600 8-N-1) pentru a comunica cu microcontroller-ul. EasyVR poate fi alimentat cu o tensiune între 3.3 V și 5.5 V

Specificații:

- dispune de o serie de comenzi deja configurate, independente de vorbitor
- suportă până la 32 de comenzi configurabile de către utilizator
- interfața grafică simplă care permite programarea comenzilor vocale cu ușurință
- utilizează portul serial pentru comunicare

## 3 PROGRAM REALIZAT ÎN MATHCAD

Pentru realizarea acestei lucrări în mediul de simulare MathCad sunt necesare parcurgerea următoarelor etape:

Stabilirea parametrilor geometrici constanți care au fost preluați din schema cinematică

Stabilirea parametrilor independenți

Calculul parametrilor punctului B

Calcularea diadei RRR(2,3)

Calcularea diadei RRR(4,5)

Calcularea diadei RRR(6,7)

Calcularea diadei RRR(8,9)

Calcularea GMAI(A,1)

Parametrii punctelor T9 și T5

Simularea traiectoriilor extremităților picioarelor crabului

### 3.1. Schema cinematică a mecanismului monomobil integrat într-un biomecanism

Calculul traiectoriilor și descrierea funcțiilor neliniare au fost realizate pornind de la schema cinematică a prototipului crab.

Schema cinematică a gandarului a fost realizată în AutoCAD versiunea 2013, în varianta 2D.

Schema cuprinde notațiile cu ajutorul cărora vom putea descrie ecuațiile matematice necesare determinării traiectoriilor extremităților picioarelor crabului.

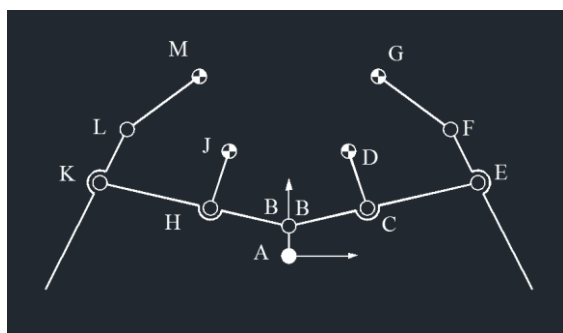


Fig. 1. Schema cinematică 2D crab

Date specifice schemei cinemate

Tabelul cuplelor:

A(0,1)-R

B(1,2)-R

B(1,6)-R

C(2,3)-R

D(0,3)-R

E(2,4)-R

F(4,5)-R

G(5,0)-R

H(6,7)-R

J(7,0)-R

K(6,8)-R

L(8,9)-R

M(9,0)-R

$$M=3*m-2*i=3*9-2*13=1$$

Cupla înseamnă a lega, a reuni două sau mai multe elemente într-un sistem pentru a face posibil un transfer de energie între acestea.

Toate cuplele prezente în schema cinematică a crabului sunt cuple de rotație. Elementele cinemate sunt piese sau grupuri de piese legate rigid între ele, prin care se transmit mișcările și forțele în mecanisme. Cuplele cinemate sunt legături mobile, permanente sau intermitente, între elementele cinemate, care limitează posibilitățile de mișcare relativă ale acestora, atâta timp cât legătura există.

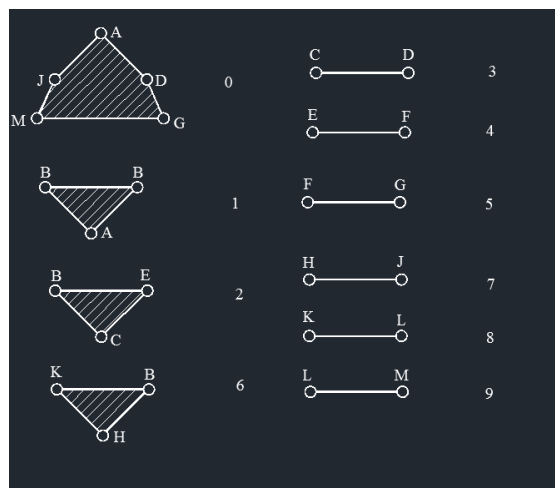


Fig. 2. Tabelul elementelor

Elementul cinemate este un corp material component al mecanismului care atunci când este mobil, are rolul de a permite transmiterea mișcării și a forței. În teoria mecanismelor noțiunile de element cinemate și organ de mașină (ex.: pistonul, biela, manivela, cama, roata dințată, cureaua etc.) sunt sinonime.

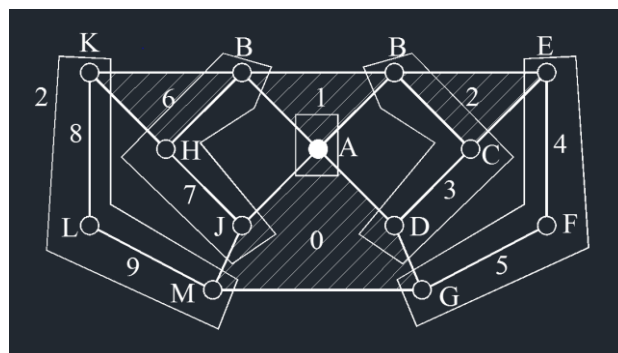


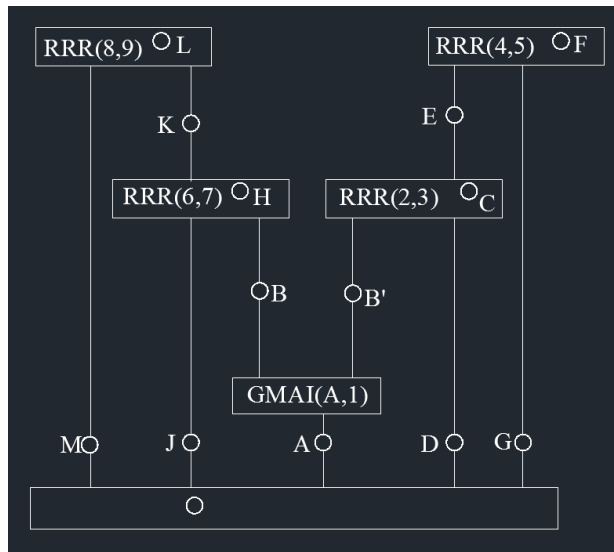
Fig. 3. Schema structurală

Analiza structurală a unui mecanism se referă la: – numărul și forma elementelor, ordinea legării lor, precizarea elementului de referință;

– numărul și tipul cuplelor cinemate (numărul mobilităților în mișcare relativă și geometria contactului);

– gradul de mobilitate al mecanismului; – schema cinematică, schema structurală și graful atașat mecanismului;

# CARACTERISTICI DE MIȘCARE A UNUI PEDIPULATOR MONOMOBIL INTEGRAT ÎNTR-UN BIOMECHANISM



$YD:=0.008$   
 $X1D:=0$   
 $Y1D:=0$   
 $X2D:=0$   
 $Y2D:=0$   
 $XG:=0.013$   
 $YG:=0.01$   
 $X1G:=0$   
 $Y1G:=0$   
 $X2G:=0$   
 $Y2G:=0$

**GMAI(A,1)**

$k := 0..36$

$$\phi_{1k} := k \cdot \frac{\pi}{18}$$

$\omega_1 := 8$

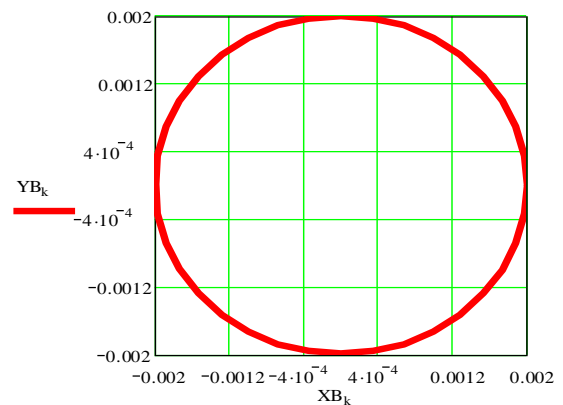
$\varepsilon_1 := 0$

**Parametrii cuplei B**

**Pozitii**

$$XB_k := XA + AB \cdot \cos(\phi_{1k})$$

$$YB_k := YA + AB \cdot \sin(\phi_{1k})$$



**Viteze**

$$X1B_k := X1A - AB \cdot \omega_1 \cdot \sin(\phi_{1k})$$

$$Y1B_k := Y1A + AB \cdot \omega_1 \cdot \cos(\phi_{1k})$$

**Fig. 4. Schema de conexiuni a grupelor modulare**

Pentru determinarea parametrilor dependenți se utilizează modulele de calcul BPT și RRR (menționate în îndrumarul de laborator) parcurgând schema de conexiune a grupelor modulare din Fig.4. În această figură se indică pe conexiunea grupelor modulare și modulele de calcul utilizate, care se găsesc în programul de calcul anexat.

## 3.2. Program MathCAD

Parametrii geometrici constanți utilizați în programul din MathCad sunt:

$AB:=0.002$   
 $BC:=0.008$   
 $CE:=0.02$   
 $DC:=0.008$   
 $EF:=0.007$   
 $GF:=0.013$   
 $BH:=BC$   
 $JH:=DC$   
 $HK:=CE$   
 $BE:=BC+CE$   
 $BK:=BH+HK$

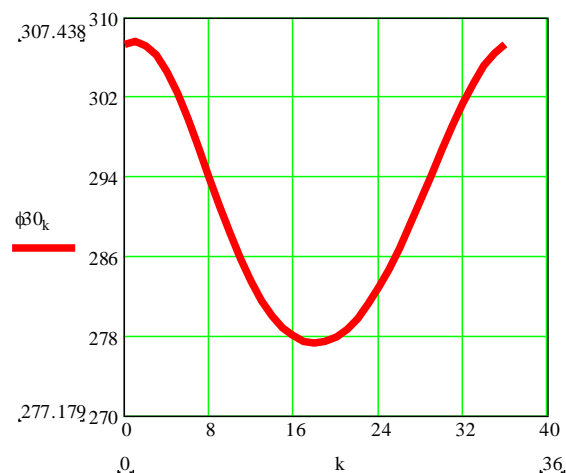
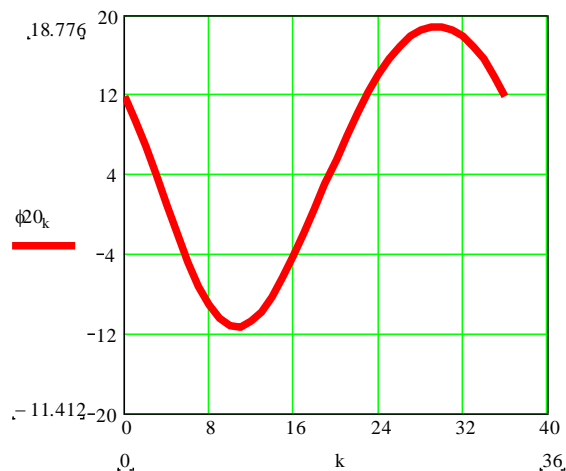
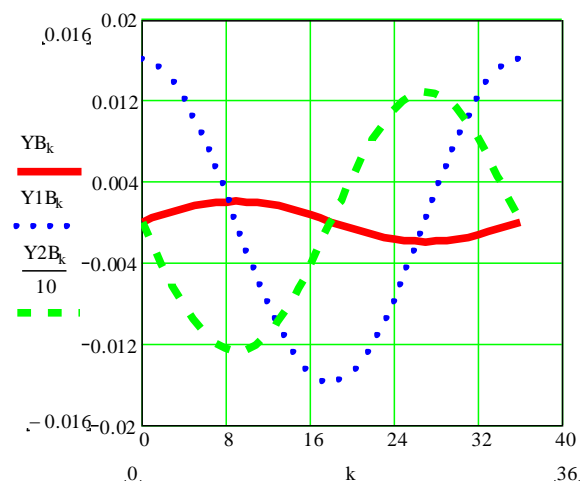
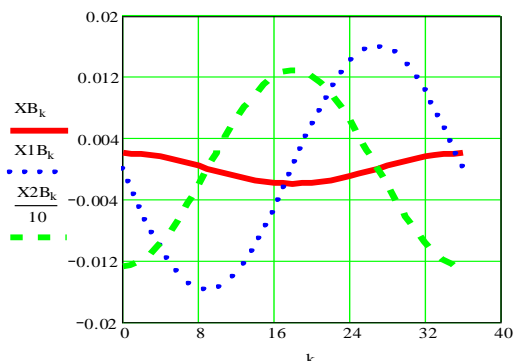
$XA:=0$   
 $YA:=0$   
 $X1A:=0$   
 $Y1A:=0$   
 $X2A:=0$   
 $Y2A:=0$

$XD:=0.005$

**Acceleratii**

$$X2B_k := X2A - AB \cdot \varepsilon_1 \cdot \sin(\phi_{1k}) - AB \cdot \omega_1^2 \cdot \cos(\phi_{1k})$$

$$Y2B_k := Y2A + AB \cdot \varepsilon_1 \cdot \cos(\phi_{1k}) - AB \cdot \omega_1^2 \cdot \sin(\phi_{1k})$$



Calculul diadei RRR(2,3) se realizează în MathCad astfel:

**Diada RRR(2,3)**

**Pozitii**

$$\phi_{20} := 20$$

$$\phi_{30} := 280$$

$$\phi_2 := \phi_{20} \cdot \frac{\pi}{180}$$

$$\phi_3 := \phi_{30} \cdot \frac{\pi}{180}$$

Given

$$XB_k - XD + BC \cdot \cos(\phi_2) - DC \cdot \cos(\phi_3) = 0$$

$$YB_k - YD + BC \cdot \sin(\phi_2) - DC \cdot \sin(\phi_3) = 0$$

$$\text{solutie}_k := \text{Find}(\phi_2, \phi_3)$$

$$\begin{pmatrix} \phi_{2k} \\ \phi_{3k} \end{pmatrix} := \text{solutie}_k$$

$$\begin{pmatrix} \phi_{20k} \\ \phi_{30k} \end{pmatrix} := \begin{pmatrix} \phi_{2k} \\ \phi_{3k} \end{pmatrix} \cdot \frac{180}{\pi}$$

**Viteze**

$$A_k := \begin{pmatrix} -BC \cdot \sin(\phi_{2k}) & DC \cdot \sin(\phi_{3k}) \\ BC \cdot \cos(\phi_{2k}) & -DC \cdot \cos(\phi_{3k}) \end{pmatrix}$$

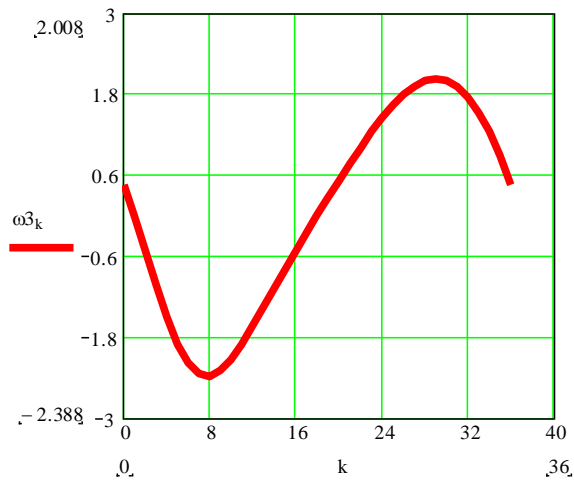
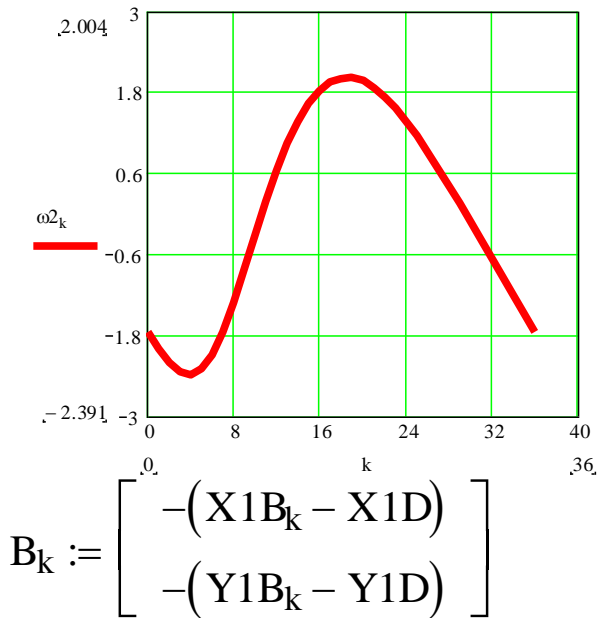
$$\text{solvk}_k := \text{Isolve}(A_k, B_k)$$

$$\begin{pmatrix} \omega_{2k} \\ \omega_{3k} \end{pmatrix} := \text{solvk}_k$$

În fizică viteza reprezintă raportul dintre distanța parcursă și durata deplasării corpului. Viteza medie a punctului material este raportul dintre vectorul deplasare  $\Delta d$  și intervalul de timp  $\Delta t$  în care s-a efectuat deplasarea:

$$\bar{v} = \frac{\Delta d}{\Delta t}$$

# CARACTERISTICI DE MIȘCARE A UNUI PEDIPULATOR MONOMOBIL INTEGRAT ÎNTR-UN BIOMECHANISM



Accelația:

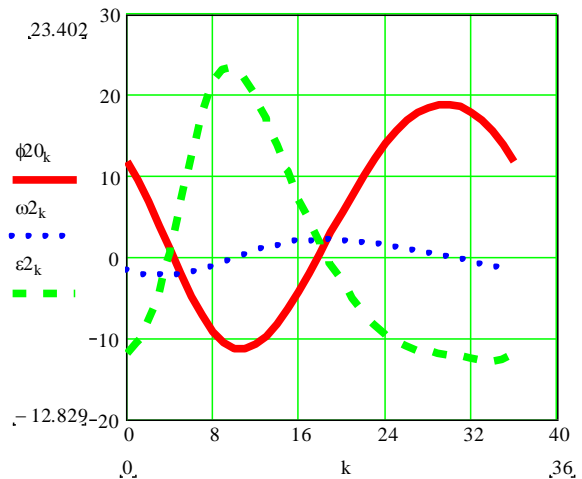
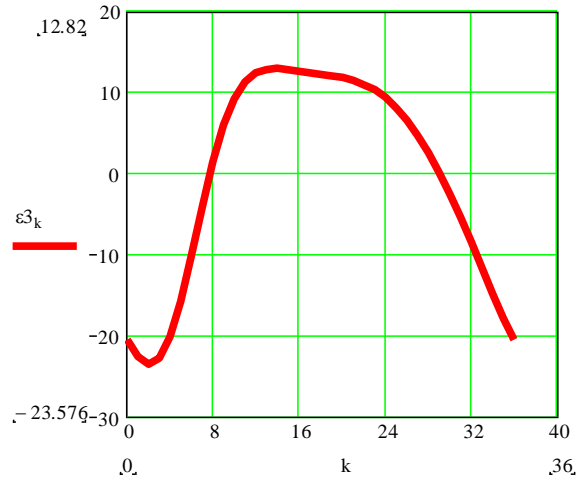
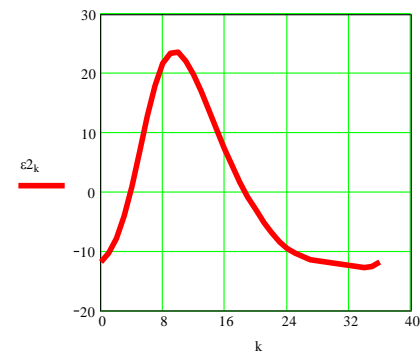
Termenul de accelerație în mod uzual, reprezintă variația vitezei unui punct material, raportată la unitatea de timp. După felul vitezei, accelerația poate fi: liniară, unghiulară sau areolară.

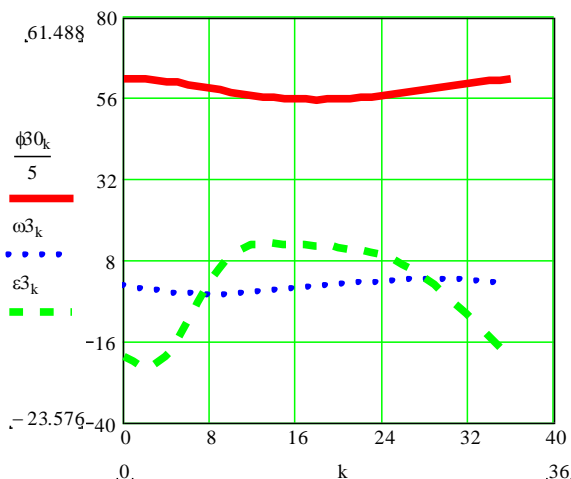
Accelerații

$$C_k := \begin{bmatrix} -[X2B_k - X2D - BC \cdot (\omega_{2k})^2 \cdot \cos(\phi_{2k}) + DC \cdot (\omega_{3k})^2 \cdot \cos(\phi_{3k})] \\ -[Y2B_k - Y2D - BC \cdot (\omega_{2k})^2 \cdot \sin(\phi_{2k}) + DC \cdot (\omega_{3k})^2 \cdot \sin(\phi_{3k})] \end{bmatrix}$$

$sol_{A_k} := \text{Isolve}(A_k, C_k)$

$$\begin{pmatrix} \varepsilon_{2k} \\ \varepsilon_{3k} \end{pmatrix} := sol_{A_k}$$





Utilizând soluțiile obținute anterior se pot scrie ecuațiile care duc la aflarea parametrilor punctului T9:

$$XT9_k := XK + KT9 * \cos(\Phi9_k + \pi)$$

$$YT9_k := YK + KT9 * \sin(\Phi9_k + \pi)$$

Utilizând soluțiile obținute anterior se pot scrie ecuațiile care duc la aflarea parametrilor punctului T5:

$$XT5_k := XE + ET5 * \cos(\Phi5_k + \pi)$$

$$YT5_k := YE + ET5 * \sin(\Phi5_k + \pi)$$

Analog se calculează diadele RRR(4,5), Diada RRR(6,7) și Diada RRR(8,9), precum și parametrii punctului T5.

#### 4 CONCLUZII

Prezenta lucrare științifică descrie modul de determinare al traiectoriilor picioarelor unui mecanism de tip crab și ilustrează de asemenea simularea mișcării acestora cu ajutorul graficelor realizate în MathCAD, oferindu-ne astfel o imagine de ansamblu asupra funcționalității mecanismului monomobil ales.

#### 5 MULȚUMIRI

Mulumirile noastre se îndreaptă către doamna Profesor dr. ing. Adriana Comănescu, care ne-a îndrumat, susținut și coordonat în scopul de a putea realiza această lucrare științifică, fără al cărei ajutor nu ar fi fost posibilă finalizarea și realizarea prezentei lucrări.

#### 6 BIBLIOGRAFIE

- [1]. Prof. univ. dr. ing. Simona-Mariana Cretu Universitatea din Craiova, Facultatea de Mecanică, anul 2011, MECANISME ANALIZĂ STRUCTURALĂ Teorie și aplicații, Editura Sitech Craiova, ISBN 978-606-11-0760-5
- [2]. Prof. ing. Viorica Constantin și Vasile Palade, anul 2004, ORGANE DE MAȘINI ȘI MECANISME Volumul I, EDITURA FUNDAȚIEI UNIVERSITARE "Dunărea de Jos" Galați, ISBN 973-627-164-1
- [3]. Prof. P. Alexandru, anul 2000, Proiectarea funcțională a mecanismelor, Editura Lux Libris, Brasov.
- [4]. Prof. P. Alexandru, anul 1984, Mecanisme, vol. II. Universitatea din Brașov,
- [5]. Prof. S.L. Butnariu, anul 2004, Cercetări teoretice și experimentale asupra curelelor sincrone. Teză de doctorat. Universitatea Transilvania din Brașov,
- [6]. Prof. A. Chisu, anul 1981 Organe de mașini. București, Editura Didactică și Pedagogică,
- [7]. Prof. E. Chisu, GH. Jula, A. Velicu, D. Velicu, anul 1992, Determinarea relațiilor pentru calculul de rezistență al angrenajelor cilindrice cu dantură înclinată, prin utilizarea angrenajului echivalent. În: Buletinul Conferinței tehnico - științifice internaționale "Transmisii cu angrenaje. Teoria angrenajului, calculul la rezistență, precizia cinematică și tehnologia fabricării", Chișinău.
- [8]. Prof. I. Draghici., E.Chisu, A. Jula., L. Preda, anul 1975. Organe de mașini. Culegere de probleme. București, Editura Tehnică.
- [9]. Prof. I. Draghici., E.Chisu, A. Jula., L. Preda, anul 1980, Organe de mașini. Probleme. București, Editura Didactică și Pedagogică,
- [10]. Prof. I. Draghici., E.Chisu, A. Jula s.a., anul 1993 Organe de mașini, vol. III. Universitatea din Brașov

#### 7 NOTAȚII

În prezenta lucrare s-au utilizat următoarele notații:

$m$  = număr de elemente mobile

$i$  = număr de cuple inferioare