CALCULUL CINEMATIC AL UNUI MECANISM CU STRUCTURĂ VARIABILĂ

Sef lucr.univ.dr.ing. Valentina Manea – U.T.C.B.
Sef lucr.univ.dr.ing. Raluca Grasu – U.T.C.B.
Conf.univ.dr.ing. Adranel Cotescu – U.T.C.B.

Abstract: This article deals with the cinematic calculus for a mechanism with a variable structure. Gor the cinematic study of the mechanism in the general case of hexada it can be used the outlines method and the distance method.

Date iniţiale

S-a studiat un ***mecanism al unei forfece de debitat profile***, constatandu-se o structura variabila cu fazele tehnologice. S-a stabilit ca ***in structura apare o hexada si se impune calculul cinematic al acesteia.***

Studiul cinematic al mecanismului

A fost realizata schema cinematica a mecanismului respectiv in fig. 1. Pentru cazul general al hexadei se pot folosi metodele contururilor si distantelor.

Metoda contururilor

Se scriu ecuatiile obtinute prin proiectarea contururilor vectoriale pe axele sistemului, pe baza notatiilor din fig.1.

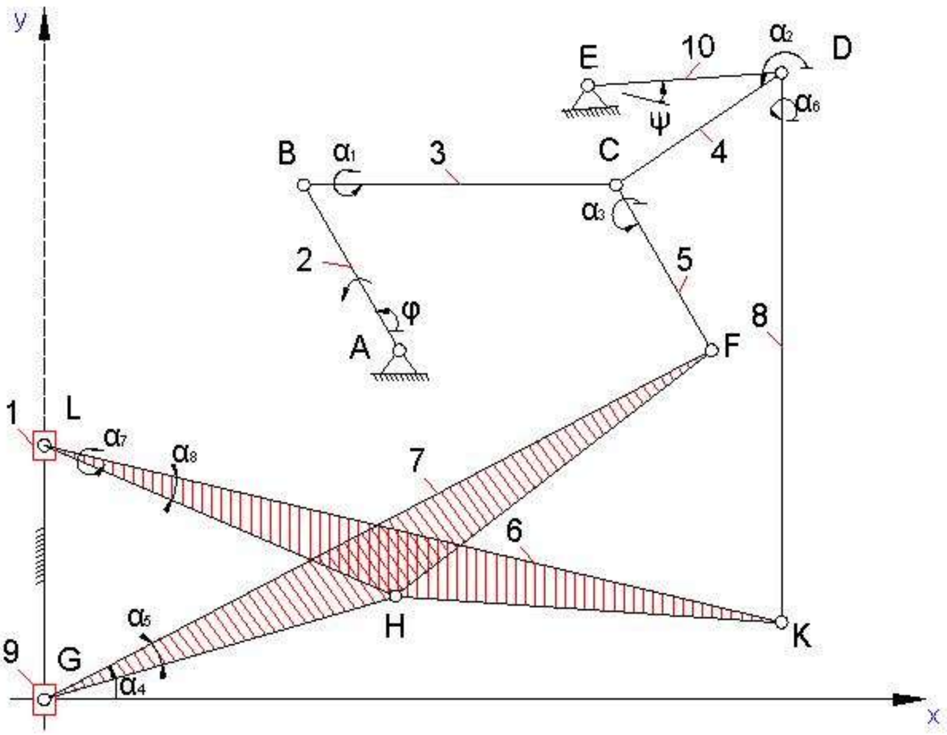

Fig. 1

$$X_C = X_A + AB\cos\varphi + BC\cos\alpha_1 = X_E + ED\cos\psi + DC\cos\alpha_2$$
$$Y_C = Y_A + AB\sin\varphi + BC\sin\alpha_1 = Y_E + ED\sin\psi + DC\sin\alpha_2$$
$$X_F = X_c + CF\cos\alpha_3 = X_G + GF\cos\alpha_4$$
$$Y_F = Y_c + CF\sin\alpha_3 = Y_G + GF\sin\alpha_4$$
$$X_K = X_E + ED\cos\psi + DK\cos\alpha_6 = X_L + LK\cos\alpha_7$$
$$Y_K = Y_E + ED\sin\psi + DK\sin\alpha_6 = Y_L + LK\sin\alpha_7$$
$$X_H = X_G + GH\cos(\alpha_4 - \alpha_5) = X_L + LH\cos(\alpha_7 - \alpha_8)$$
$$Y_H = Y_G + GH\sin(\alpha_4 - \alpha_5) = Y_L + LH\sin(\alpha_7 - \alpha_8)$$

Se cunosc lungimile elementelor, unghiurile constante şi se ciclează φ. Se determină unghiurile variabile şi apoi coordonatele cuplelor.

Metoda distanţelor

Pe baza fig. 1 se scriu relaţiile:

$$F_1 = (X_C - X_B)^2 + (Y_C - Y_B)^2 - a_3^2 = 0$$
$$F_2 = (X_C - X_D)^2 + (Y_C - Y_D)^2 - a_4^2 = 0$$
$$F_3 = (X_D - X_E)^2 + (Y_D - Y_E)^2 - a_{10}^2 = 0$$
$$F_4 = (X_F - X_C)^2 + (Y_F - Y_C)^2 - a_5^2 = 0$$
$$F_5 = (X_F - X_G)^2 + (Y_F - Y_G)^2 - a_7^2 = 0$$
$$F_6 = (X_F - X_H)^2 + (Y_F - Y_H)^2 - a_{71}^2 = 0$$
$$F_7 = (X_H - X_G)^2 + (Y_H - Y_G)^2 - a_{72}^2 = 0$$
$$F_8 = (X_K - X_D)^2 + (Y_K - Y_D)^2 - a_8^2 = 0$$
$$F_9 = (X_K - X_L)^2 + (Y_K - Y_L)^2 - a_6^2 = 0$$
$$F_{10} = (X_K - X_H)^2 + (Y_K - Y_H)^2 - a_{61}^2 = 0$$
$$F_{11} = (X_H - X_L)^2 + (Y_H - Y_L)^2 - a_{62}^2 = 0$$

Se cunosc lungimile elementelor şi se calculează coordonatele punctelor cuplelor.

Inconvenientele celor doua metode

La metoda contururilor apar inconveniente cauzate de functiile trigonometrice inverse (stabilirea cadranului la fiecare functie de tip arctg., arccos.,arcsin.) , precum si mari dificultati la rezolvarea sistemelor algebrice neliniare cu functii trigonometrice. La metoda distantelor apar inconveniente din cauza aproximarii solutiilor cerute initial, mici erori ale acestora determina divergenta procesului de calcul, datorita marelui grad de neliniaritate a sistemului.

Iata, de exemplu, solutiile dupa oferirea ca date initiale chiar a solutiilor masurate pe desen, la care intervin doar erorile de masurare:

După prima iteraţie s-au obţinut următoarele valori ale coordonatelor punctelor cerute.

XC= 252.5719 YC= 363.9298 XD= 298.4341 YD= 476.9649 XF= 376.577 YF= 271.4831 XK= 466.7828 YK= 68.90518 XH= 263.8872 YH= 94.53408 YG= 4.180652

S-au dat totodată şi erorile care apar la verificarea expresiile funcţiilor F_i . După cum se observă, aceste funcţii nu sunt egale cu zero, ci au anumite abateri, cauzate de imperfecţiunea cu care s-au măsurat cotele pe desen.

F1=-1.474774 F2= 1.369995 F3= 8.999408E-02 F4= 3.001094E-02 F5=-9.440041 F6= 3.250003 F7=-12.51998 F8= 1.000023 F9= 9.880066 F10= 5.100024 F11=-3.269959

Normal ar fi ca la iteraţiile următoare aceste erori să scadă. În realitate nu se întâmplă aşa, după cum se observă în rezultatele iteraţiei următoare:

XC= 265.5645 YC= 288.1881 XD= 251.1948 YD= 413.6756 XF= 385.1305 YF= 221.5321
XK= 422.3448 YK= 58.85666 XH= 240.3609 YH= 93.84875 YG= 2.696741

F1= 240.937 F2= 87.96267 F3= 325.486 F4= 148.9867 F5= 1171.609 F6= 271.0997 F7= 450.392 F8= 1186.78 F9= 1352.642 F10= 249.2345 F11= 450.5954

După mai multe iteraţii s-au obtinut valori foarte mari pentru laturi si in final s-a ajuns la matrici singulare.

Se pot stabili urmatoarele cocluzii :

- cu metoda Newton-Raphson se pot calcula soluţiile hexadei, dar numai dacă se dau iniţial valori foarte apropiate de cele reale, ceea ce de fapt este imposibil practic;
- chiar dacă se obţine o bună convergenţă a procesului de calcul, soluţiile nu sunt corecte decât dacă ecuaţiile iniţiale sunt verificate cu precizie convenabilă, ceea ce nu se întâmplă;
- cauzele acestor neajunsuri constau în marele grad de neliniaritate al sistemului obţinut;
- problema devine rezolvabilă dacă se consideră ca ***o problemă de optimizare***, introducându-se şi restricţii şi utilizând programe de firmă, de mare complexitate.

Rezolvarea prin metoda numerelor aleatoare

Pentru a obţine totuşi soluţii reale la problema propusă, s-a folosit metoda numerelor aleatoare. În acest scop s-au stabilit limite de variaţie a necunoscutelor problemei şi s-au generat valori între aceste limite, pe baza numerelor aleatoare, calculându-se valorile altor necunoscute pe baza ecuaţiilor de mai sus.

Astfel, s-au stabilit domenii pentru necunoscutele următoare:

x_C, x_D, x_F, x_H, x_K

adică 5 necunoscute considerate în continuare cunoscute, deoarece iau valori din domeniile date.

Din ecuaţiile obţinute prin metoda distanţelor se obţin celelalte necunoscute.

În fig. 2 se arată mecanismul calculat şi trasat cu ajutorul unui program, pentru mai multe poziţii succesive. El corespunde cu poziţia mecanismului din fig. 1, deci rezultatul este corect.

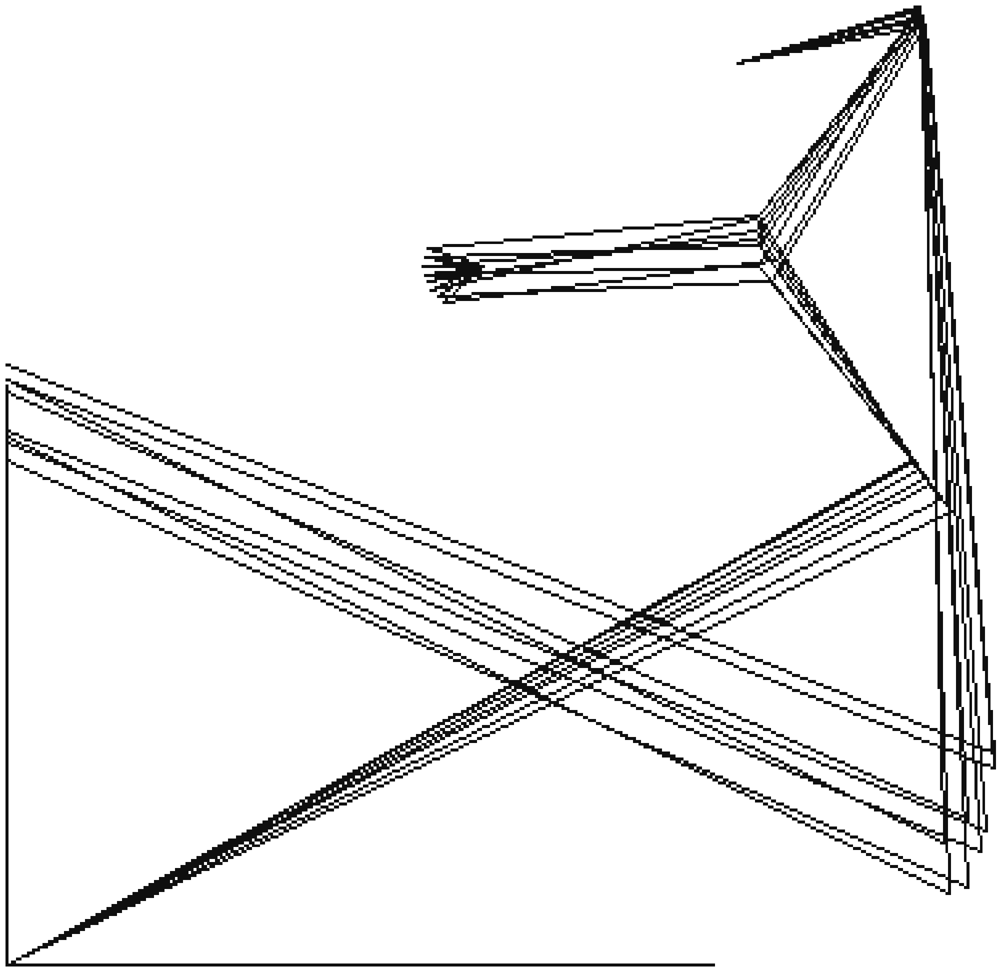

Fig. 2

Convergenta procesului de calcul, la fiecare pozitie a mecanismului se observa din exemplul numeric alaturat :

```
Numarul initial =  100
F1= 0 F3=-2.441406E-04 F4=-9.765625E-04 F5=-8.25 F6= 0 F9= 0 F2= 0 F7= 0 F8= 0
F10= 0 F11= 0
FI= 180 YL= 175.2779 XC= 212.0159 YC= 255.6385 XD= 261.1629 YD= 321.5595 XF=
 257.6716 YF= 172.3285 XK= 275.9302 YK= 33.98909 XH= 158.6326 YH= 88.11878 YG=
 0 EROAREA= 0
********************************************************************************
```

```
F11= 0
FI= 170 YL= 178.444 XC= 212.9006 YC= 253.1886 XD= 261.7239 YD= 317.5043 XF=
 259.1 YF= 170.1789 XK= 271.4729 YK= 28.76933 XH= 157.4413 YH= 89.15102 YG= 0
EROAREA= 0
****************************************************************************
F1= 0 F3= 2.441406E-04 F4=-9.765625E-04 F5= 6.34375 F6= 0 F9= 0 F2= 0 F7= 0 F8=
 0 F10= 0 F11= 0
FI= 160 YL= 184.7972 XC= 213.3335 YC= 259.2579 XD= 258.9956 YD= 329.9292 XF=
 256.2362 YF= 174.4974 XK= 277.7607 YK= 47.14189 XH= 155.5553 YH= 92.25778 YG=
 0 EROAREA= 0
****************************************************************************
F1= 0 F3= 4.882813E-04 F4= 0 F5=-8.328125 F6= 0 F9= 0 F2= 0 F7= 0 F8= 0 F10= 0
F11= 0
FI= 150 YL= 190.0566 XC= 214.9893 YC= 257.8955 XD= 260.5218 YD= 324.6658 XF=
 257.3225 YF= 172.8491 XK= 270.5856 YK= 38.78391 XH= 153.6594 YH= 94.40195 YG=
 0 EROAREA= 0
****************************************************************************
F1= 0 F3=-2.441406E-04 F4= 9.765625E-04 F5= 6.085938 F6= 0 F9= 0 F2= 0 F7= 0 F8=
 0 F10= 0 F11= 0
FI= 140 YL= 204.2828 XC= 216.7022 YC= 260.1521 XD= 258.9261 YD= 330.1295 XF=
 256.6129 YF= 173.9423 XK= 273.1987 YK= 57.78192 XH= 148.8246 YH= 101.2671 YG=
 0 EROAREA= 0
****************************************************************************
F1= 0 F3= 2.441406E-04 F4= 9.765625E-04 F5=-1.03125 F6= 0 F9= 0 F2= 0 F7= 0 F8=
 0 F10= 0 F11= 0
FI= 130 YL= 179.8352 XC= 219.0073 YC= 258.5464 XD= 260.9659 YD= 322.6153 XF=
 257.9692 YF= 171.9036 XK= 278.9738 YK= 44.6552 XH= 157.0839 YH= 89.9149 YG= 0
EROAREA= 0
****************************************************************************
```

În acest fel se confirmă algoritmul şi programul, deci această metodă oferă soluţii corecte.

Concluzii

- Mecanismul studiat, destinat debitării materialelor pe şantiere de construcţii, îndeplineşte condiţiile impuse.
- Cinematica hexadei n-a putut fi rezolvată prin metoda Newton-Raphson, din cauza erorilor mari apărute, sistemul fiind de grad mare.
- Cinematica hexadei nu a putut fi rezolvata nici prin metoda contururilor, din cauza dificultatilor de rezolvare a sistemelor cu ecuatii trigonometrice
- Rezolvarea cinematicii s-a făcut prin metoda numerelor aleatoare.

Bibliografie

1. Antonescu, P. – Mecanisme, Editura Printech, Bucureşti, 2003.
2. Popescu, I. - Mecanisme. Noi algoritmi şi programe, Repr. Univ. Craiova, 1997.
3. Mihăilescu, Şt. ş.a - Maşini de construcţii, vol. I, Editura Tehnică, Bucureşti, 1984.