

# **CONTRIBUȚII LA ANALIZA ȘI SINTEZA MECANISMELOR AVÂND CUPLE CINEMATICE DE TIP CENTROIDAL**

Teza de Doctorat

Rezumat

Autor: ing. Cristian Emil Moldovan

Conducator stiintific: Prof.dr.ing. Dan PERJU

Teza de doctorat este structurată pe 7 capitole, în felul următor:

Introducere

Cap 1. Stadiul actual al cercetărilor în domeniul mecanismelor centroidale

- 1.1 Generarea mișcării plane cu ajutorul centroidelor
- 1.2 Stadiul actual al cercetării în cazul mecanismelor cu cuple de tip centroidal
- 1.3 Aprecieri generale. Contribuții

Cap 2. Structura și sistematizarea mecanismelor de tip centroidal

- 2.1 Sistematizarea mecanismelor patrulare cu bare rulante
- 2.2 Sistematizarea mecanismelor patrulare cu element flexibil și inextensibil
- 2.3 Metode de tensionare a firului flexibil și inextensibil

Cap 3. Sinteză cuplelor cinematice de tip centroidal

- 3.1 Metode analitice de sinteză a cuplelor de tip centroidal
  - 3.1.1 Curbe de profil circulare
  - 3.1.2 Curbe de profil rectilinii
- 3.2 Metode numerice de sinteză a cuplelor de tip centroidal
  - 3.2.1 Sinteză cuplelor cinematice de rostogolire cu curbe profil circulare prin metoda creșterilor finite
  - 3.2.2 Prezentarea programului care realizează sinteză cuplelor cinematice de rostogolire cu curbe profil circulare prin metoda creșterilor finite

Cap 4. Sinteza mecanismelor de tip centroidal

4.1 Sinteza mecanismelor de poziționare

4.1.1 Condițiile de poziționare relativă a două elemente. Curbe suport.

4.1.2 Sinteza mecanismelor de tip centroidal de poziționare. Cazul patrulaterului articulată de tip centroidal RRRRo(c) și RRRI(d)

4.2. Sinteza mecanismelor de tip centroidal generatoare de traiectorie. Cazul patrulaterului articulată de tip centroidal RRRRo(c) și RRRI(d) generatoare de traiectorie

4.3. Sinteza mecanismelor de tip centroidal generatoare de funcții. Cazul patrulaterului articulată de tip centroidal RRRoR(a) și RRIR(a)

Cap 5. Analiza cinematică a mecanismelor de tip centroidal

5.1 Metode de analiză cinematică a mecanismelor

5.1.1 Analiza cinematică a mecanismelor prin metoda ecuațiilor vectoriale

5.1.2 Analiza cinematică a mecanismelor prin metoda contururilor

5.2 Analiza cinematică a mecanismelor de tip centroidal

5.2.1 Metoda analitică pentru analiza mecanismelor de tip centroidal

5.2.2 Metoda de analiză a mecanismelor de tip centroidal bazată pe un mecanism patrulater instantaneu izocinetic

5.2.3 Metoda de analiza a mecanismelor de tip centroidal bazata pe un mecanism cu cama fictivă instantaneu izocinetic

5.2.3.1 Metoda geometrică

5.2.3.2 Metoda vectorială grafo-analitică

5.2.3.3 Analiza cinematică a mecanismului cu cuple de tip centroidal generator de funcțiuni cu element profilat condus

Cap 6. Aplicații ale mecanismelor de tip centroidal

6.1 Mecanism generator de traiectorii cu parametrii elementelor de intrare corelați

6.2 Mecanism coaxial generator de funcțiuni

6.3 Aplicație în agricultura a mecanismelor de tip centroidal

6.4 Aplicație din domeniul textil a mecanismelor de tip centroidal – Mecanismul de bătaie a mașinilor de țesut

6.5 Aplicație în domeniul mecanicii fine a mecanismelor de tip centroidal, Tahometru centrifugal, Balanta semiautomata cu cadran

6.6 Aplicație a mecanismelor de tip centroidal în domeniul tehnicii de calcul

6.7. Cric de mașină conținând un mecanism cu element flexibil

6.8. Transmisie de precizie

6.9. Echilibrarea forțelor

- 6.10 Oscilații pe unghi mai mare de 360 de grade cu ajutorul unui mecanism centroidal
- 6.11 Manipulator auto-echilibrat cu cuple de tip centroidal - Conco-balancer
- 6.12 Mecanism cu cuple de tip centroidal pentru compensarea efectului arhimedic

## Cap 7. Contribuții personale și concluzii

### Bibliografie

- Anexa 1. Cod program pentru generarea unei drepte
- Anexa 2. Cod program pentru generarea unei parabole
- Anexa 2a. Generarea unei parabole  $R=2$   $q=6$
- Anexa 2b. Generarea unei parabole  $R=3$   $q=5$
- Anexa 2c. Generarea unei parabole  $R=4$   $q=4$
- Anexa 2d. Generarea unei parabole  $R=5$   $q=3$
- Anexa 3. Cod program pentru generarea unei elipse
- Anexa 3a. Generarea unei elipse  $R=2$   $q=6$
- Anexa 3b. Generarea unei elipse  $R=3$   $q=5$
- Anexa 3c. Generarea unei elipse  $R=4$   $q=4$
- Anexa 4. Generarea unei ortocicloide
- Anexa 5. Metode numerice

Lucrarea se adresează tuturor celor interesați a cunoaște aspectele principale legate de analiza și sinteza mecanismelor care au în structura lor cuple cinematice altele decât cele uzuale (rotație, translație, cama sau roata dințată) anume cuple de tip centroidal (rostogolire sau înfășurare).

După o scurtă introducere în care se prezintă rolul științei mecanismelor în societatea actuală, se trece la capitolul 1. În cadrul acestui capitol se prezintă teoria generală după care se construiesc cuplele de tip centroidal. Teoria se bazează pe generarea mișcării cu ajutorul centroidelor. Centroida legată de planul mobil se numește centroida mobilă, iar centroida legată de planul fix se numește centroida fixă. Între centroida fixă și centroida mobilă există rostogolire pură. Este prezentat de asemenea un exemplu de generare a mișcării cu ajutorul centroidelor, anume mecanismul Cebîșev derivat dintr-un caz al mișcării centroidale, când centroida fixă este o dreaptă, iar centroida mobilă este un cerc.

Tot în acest capitol sunt prezentate diverse lucrări ale unor autori reprezentativi în domeniu. Dintre aceștia cei mai reprezentativi sunt Hain, Luck, Perju, Modler,

Mesaros, Lovasz, Wadewitz. Preocupări în domeniu au existat încă de la mijlocul secolului XX.

Capitolul se încheie cu obiectivele propuse ale tezei.

În Capitolul 2 se prezintă sinteza structurală a mecanismelor de tip centroidal. Prima dată se prezintă sistematizarea mecanismelor care au în componența lor cuple de rostogolire, una sau mai multe, apoi se prezintă soluțiile favorabile din punct de vedere al autorului pentru mecanisme de tip centroidal cu cuple de rostogolire. În încheierea subcapitolului 2.1 se prezintă metode prin care se poate menține contactul dintre centroida fixă și cea mobilă.

Subcapitolul 2.2 este dedicat sintezei structurale a mecanismelor de tip centroidal care au în structură cuple de înfășurare. Pe baza tabelului general rezultă unele mecanisme cu structură favorabilă. La finalul capitolului se prezintă unele metode de tensionare a firului flexibil și inextensibil.

În Capitolul 3 se prezintă sinteza cuplelor de tip centroidal. Sinteza cuplelor de tip centroidal se bazează pe teorema enunțată de PERJU:

*Orice curbă plană poate fi aproximată printr-un număr oricât de mare de puncte de o curbă ruletă a altor două curbe plane, dintre care una poate fi aleasă în mod convenabil.*

Cu alte cuvinte, se cunoaște curba de reprodus (curba ruletă a celor 2 centroide), se alege o centroidă (centroida mobilă de exemplu), iar în urma unui algoritm de calcul se determină cealaltă centroidă (centroida fixă, în acest exemplu).

Se prezintă metode analitice de sinteză a cuplelor cinematice de tip centroidal.

Rezultatul acestor metode analitice fiind o ecuație, pentru centroida fixă, de tip integro-diferențial neintegrabilă prin cuadraturi, soluțiile propuse pentru rezolvare fiind numerice.

Rezolvarea pe cale numerică a problemelor de sinteză a cuplelor de tip centroidal se face prin metoda creșterilor finite. Se pleacă de la poziția de start, se aplică un algoritm, se ajunge în poziția următoare, iar la final rezultă profilul centroidei fixe obținut prin puncte.

Algoritmul de generare al centroidei fixe s-a verificat prin două metode:

- folosind teorema lui Cardano, când curba ruletă este o dreaptă, centroida mobilă un cerc de rază  $R$ , iar rezultatul la care ne așteptăm este ca centroida fixă să fie un cerc de rază  $2R$
- folosind o ortocicloidă, curba de ruletă fiind ortocicloida, centroida mobilă fiind un cerc, iar centroida fixă pe care ne așteptăm să o obținem este o dreaptă (construcție prezentată în anexa 4 a tezei)

Pe baza acestui algoritm s-au construit trei programe de calculator, când curba de ruletă este o dreaptă, parabolă, arc de elipsă, centroida mobilă un cerc (care la care punctul trasor poate fi și excentric). Rezultă centroida fixă cu diferite forme în funcție de parametrii de configurare.

Se trece la Capitolul 4 unde se prezintă metode de sinteză a unui mecanism care are în structura sa o cuplă centroidală (rostogolire sau înfășurare). Problemele soluționate sunt cele clasice, anume poziționare, generare de traiectorie și generare de funcții.

Tot în acest capitol se propune folosirea metodei de sinteză a mecanismelor de tip centroidal folosind curbe suport, și înlocuirea mecanismelor auxiliare pentru generarea unei curbe, cu mecanisme cu cuple de tip centroidal.

Capitolul 5 este dedicat părții de analiză a acestui tip de mecanism. După ce se prezintă metodele generale de analiză a mecanismelor se trece la analiza mecanismelor de tip centroidal. Sunt prezentate metode analitice și metode bazate pe mecanisme instantaneu izocinetice. Se prezintă o metoda de analiză pe baza unui mecanism patrulater instantaneu izocinetic, după care, o metodă de analiză pe baza unui mecanism cu camă instantaneu izocinetic.

În capitolul 6 sunt prezentate unele aplicații, contribuții personale fiind manipulator auto-echilibrat sau transmisie de precizie.

În ultimul capitol sunt prezentate concluziile și contribuțiile autorului în acest domeniu de cercetare.

Timpurile în care trăim au o dinamică deosebită din punct de vedere al dezvoltării tehnicii. Aproape zilnic apar produse noi care să înlocuiască produsele existente deja pe piață. Dacă privim doar în domeniul automobilistic, realizăm că în un ritm de 2-3 ani apare o variantă nouă a aceluiași model de automobil.

Pentru a susține acest ritm de dezvoltare, proiectanții depun eforturi considerabile, de aceea au nevoie și de unelte performante. Aceste unelte, în cazul construcției de mecanisme, sunt metodele de analiză și sinteză care trebuie să fie cât mai precise și cât mai rapide.

Mecanismele cele mai folosite în construcția de mașini sunt cele de tip mecanism cu bare, mecanism cu camă sau mecanism cu roți dințate. Pentru aceste tipuri de mecanisme există deja metode consacrate de analiză și sinteză dimensională.

Pe lângă avantajele de necontestat pe care le prezintă aceste tipuri de mecanisme, apar și unele dezavantaje. De exemplu, în cazul mecanismelor cu roți dințate, precizia cu care se face transmiterea mișcării este influențată de corectitudinea profilului dinților și jocul dintre dinții roților dințate. În aceasta lucrare

se prezintă o aplicație unde transmisia cu roți dințate este înlocuită cu o cuplă de tip centroidal, care transmite mișcarea mai eficient.

În cazul mecanismelor cu camă, apare frecarea dintre camă și tachet, lucru care, în timp, produce uzură, care la rândul ei determină mecanismul să nu mai reproducă fidel legea de mișcare și automat rezultă un mecanism cu precizie scăzută. Un mecanism înlocuitor ar putea fi un mecanism cu cuple de tip centroidal. Acesta având o durată mai lungă de viață (cicluri de folosire) datorită faptului că între cele două profile, din motive constructive, există rostogolire pură.

Mecanismele cu bare sunt simplu de construit, robuste, întreținerea lor este relativ ușoară, însă dacă proiectantului i se impun mai mult de un număr finit de poziții de precizie, acesta este nevoit să recurga la aproximări, de exemplu mecanismele patruleter articulate au maxim 5 poziții de precizie. Autorul prezentei lucrări sugerează folosirea unor mecanisme cu cuple de tip centroidal în cazul acesta, acest tip de mecanisme permițând un număr teoretic infinit de poziții de precizie.

De asemenea autorul dorește să atragă atenția asupra faptului că la aceste tipuri de mecanisme poziția de inițializare (configurația de start a mecanismului) este esențială pentru ca mecanismul să îndeplinească scopul pentru care a fost construit. Cupla centroidala nu funcționează corespunzător și automat nu reproduce fidel curba de ruletă dacă nu se respectă întocmai condiția de inițializare

De obicei se folosesc mecanisme clasice, cu bare, came sau roți dințate, însă există câteva zone unde aceste tipuri de mecanisme ar putea fi înlocuite cu mecanisme de tip centroidal.

În aceasta lucrare s-au prezentat metode de sinteză structurală, metode de sinteză a cuplelor de tip centroidal, metode de sinteză dimensională a unui mecanism care să conțină și cuple de tip centroidal, metode de analiză cinematică și câteva aplicații ale mecanismelor de tip centroidal.

Contribuțiile personale ale autorului sunt:

- în capitolul de structură sunt sistematizate din punct de vedere structural mecanisme cu bare rulante, respectiv mecanisme cu cuple de înfășurare variante favorabile;

- sunt prezentate o serie de soluții constructive pentru asigurarea contactului între centroidă fixă și centroidă mobilă în cazul mecanismelor cu cuple cinematice de tip centroidal;

- este prezentat un studiu al mecanismelor cu cuple cinematice de tip centroidal folosind metode de calcul numeric iterative;

- este realizată sinteza mecanismelor de tip centroidal utilizând curbele suport;
- a fost verificat algoritmul de sinteză pentru cazul teoremei lui Cardano când curba de generat este o dreaptă sau o ortocicloidă;
- a fost elaborat un algoritm de calcul computerizat pentru determinarea centroidei fixe, când se cunoaște centroida mobilă și traiectoria de generat (curbă de ruletă).
- a fost realizat un program de calcul computerizat pentru generarea profilului centroidei fixe pentru curbe de ruletă particulare: o dreaptă, o parabolă sau o elipsă;
- a fost propusă o metodă de analiză cinematică a mecanismelor de tip centroidal folosind metoda contururilor poligonale;
- a fost dezvoltată o metodă de analiză a unui mecanism cu cuple cinematice de tip centroidal folosind un mecanism patrulater instantaneu izocinetic;
- a fost elaborată o metode de analiză cinematică a unui mecanism de tip centroidal RRIR cu profil circular montat excentric;
- au fost prezentate o serie de aplicații în care mecanismele de tip centroidal sunt utilizate în aparate și transmisii de precizie în domeniul de mecanică fină;
- dezvoltarea unor exemple de utilizarea a mecanismelor de tip centroidal în construcția unui manipulator auto-echilibrat și a compensării efectului arhimedic.

Pe lângă contribuțiile personale ale autorului, se face o prezentare a metodelor de analiza și sinteză folosite în studierea acestui tip de mecanisme.

Aparatul matematic necesar analizei și sintezei acestui tip de mecanisme este destul de dificil de abordat și necesită cunoștințe solide de matematică.

În concluzie, autorul încearcă să își aducă aportul la dezvoltarea mecanismelor cu cuple de tip centroidal în zona sintezei cuplelor cinematice centroidale și al analizei cinematice a mecanismelor de acest tip.