



TEZĂ DE DOCTORAT

REZUMAT

Contribuții la cercetarea mecanismelor inerțiale

Autor:

ing. Stelică TIMOFTE

2025



Contribuții la cercetarea mecanismelor inerțiale ing. Stelică TIMOFTE

Mecanismele inerțiale reprezintă o arie promițătoare de cercetare tehnologică și inginerescă, cu aplicații diverse în sisteme inovatoare de propulsie. Domeniul a atras atenția comunității științifice datorită potențialului de a oferi soluții eficiente și alternative fiabile pentru propulsia vehiculelor și aparatelor în situații în care metodele tradiționale devin insuficiente, cum ar fi deplasarea pe suprafețe alunecoase, spații reduse sau medii în care tracțiunea tradițională este limitată.

În literatura de specialitate există numeroase abordări privind mecanismele inerțiale, de la propulsia spațială și vehicule autonome până la aplicații industriale specifice. Sistemele bazate pe mecanisme inerțiale oferă avantajul generării de propulsie fără interacțiune directă cu mediul extern, ceea ce le face extrem de atractive pentru condiții speciale de operare, precum explorarea spațială, robotică avansată și medii subacvatice .

Prezenta teză continuă cercetările inițiate anterior în școala doctorală de inginerie a Universității Babeș-Bolyai și își propune să aducă contribuții semnificative în studiul mecanismelor inerțiale, explorând oportunitățile tehnologice actuale în domeniul simulării numerice avansate, fabricării aditive și dezvoltării sistemelor mecatronice integrate. Printre oportunitățile identificate se numără dezvoltarea unor mecanisme cu eficiență energetică îmbunătățită, reducerea impactului negativ al momentelor de reacție, miniaturizarea componentelor pentru aplicații în microrobotică și utilizarea materialelor avansate pentru optimizarea masei și rezistenței structurilor.

Oportunitatea cercetărilor efectuate pe parcursul studiilor doctorale a rezultat din dorința de a dezvolta sisteme de propulsie noi, ca alternativă la cele existente și de a concepe un sistem original de eliminare a momentului de reacție, cu aplicații multiple.

Obiectivele acestei teze au fost:

- O1:** Investigarea celor mai semnificative mecanisme inerțiale brevetate și dezvoltate până în prezent;
- O2:** Concepția și materializarea practică a unor mecanisme inerțiale;
- O3:** Studiul analitic al cinematicii și dinamicii acestor mecanisme;
- O4:** Studiul influenței principalelor elemente geometrice ale mecanismelor asupra dinamicii sistemelor;
- O5:** Simularea numerică a funcționării mecanismelor;
- O6:** Compararea calculelor analitice cu rezultatele simulărilor;
- O7:** Compararea rezultatelor măsurărilor experimentale cu cele ale simulărilor.



Lucrarea este structurată în cinci capitole care tratează aspecte distincte teoretice și experimentale, fiecare dezvoltând o temă specifică și complementară în cadrul general al cercetării.

Capitolul 1 „*Stadiul actual al cercetării mecanismelor inerțiale*” analizează brevete și cercetări recente relevante pentru mecanismele inerțiale, stabilind contextul științific și tehnologic al lucrării și relevând tendințele actuale din literatură.

Principalele concluzii ce s-au desprins din acest capitol sunt:

- ✚ Mecanismele inerțiale reprezintă o temă de cercetare tehnologică și inginerescă, cu aplicații diverse în sisteme inovatoare de propulsie.
- ✚ Domeniul a atras atenția comunității științifice datorită potențialului de a oferi soluții alternative și fiabile pentru propulsia vehiculelor și aparatelor în situații în care metodele tradiționale devin inefficiente.
- ✚ Cu toate că, în ultimul deceniu au fost brevetate peste 100 de mecanisme inerțiale, marea lor majoritate nu au fost implementate practic, rămânând doar la stadiul de patent sau cercetare teoretică.
- ✚ Sistemele bazate pe mecanisme inerțiale oferă avantajul generării de propulsie fără interacțiune directă cu mediul extern, ceea ce le face extrem de atractive pentru condiții speciale de operare, precum deplasarea pe suprafețe alunecoase, explorarea spațială, robotică avansată și medii subacvatice, în care tracțiunea tradițională este limitată.
- ✚ Cu toate că mecanismele inerțiale nu au reușit până în prezent să se impună ca mijloace practice de propulsie, datorită caracteristicii dinamice și a randamentului scăzut, este interesant să se noteze cursul pe care mintea umană l-a urmat până acum și a visat la un viitor mai bun.

Capitolul 2 „*Contribuții la studiul teoretic și experimental al unui mecanism inerțial de propulsie liniară*” și-a propus să aducă contribuții la studiul teoretic și experimental al unui nou mecanism inerțial de propulsie liniară și să-l materializeze practic, apelându-se la fabricația aditivă a principalelor componente.

Chiar dacă relațiile analitice dezvoltate cu acest prilej au scos în evidență faptul că mecanismul dezvoltat ar fi capabil să genereze o mișcare liniară unidirecțională, putând fi implementat ca o soluție alternativă în ceea ce privește propulsia pe terenuri alunecoase, cum ar fi gheața sau noroiul, sau pentru spații în care gravitația lipsește, relizarea lui practică a demonstrat contrariul, deoarece s-a ignorat o sugestie importantă din cursul de Organe de mașini, privitoare la funcționarea transmisiilor prin lanț, potrivit căreia „*transmisiile prin lanț funcționează corect dacă lanțul este situat în plan vertical*”.

La finalul capitolului s-au sintetizat următoarele:

- ✚ Autorul tezei propune un nou mecanism inerțial de propulsie liniară, care utilizează pentru generarea mișcării liniare energia cinetică a mai multor mase, plasate în punctele de articulare ale verigilor unui lanț de transmisie.

- ✚ Masele plasate echidistant de-a lungul semi lungimii lanțului execută o mișcare complexă, constând în deplasarea specifică a elementelor lanțului și o rotație în jurul unei axe, care este paralelă cu linia care unește centrele roților lanțului.
- ✚ După deducerea ecuațiilor analitice ale coordonatelor geometrice ale maselor, s-a calculat forța totală de propulsie, rezultatele obținute susținând posibilitatea ca mecanismul să aibă capacitatea de a genera forță de propulsie și mișcare liniară.
- ✚ Pornind de la modelarea ansamblului în mediul de lucru SOLIDWORKS, majoritatea componentelor au fost fabricate prin imprimare 3D.
- ✚ În urma acestui eșec, s-a continuat documentarea cu privire la conceptul de propulsie inerțială care utilizează mase excentrice pentru a produce mișcarea liniară a unui corp la care sunt atașate.

Rezultatele obținute s-au prezintă în **Capitolul 3** „*Contribuții la dezvoltarea unui nou sistem de propulsie inerțială care utilizează mase excentrice*”. Acest capitol propune un concept original de propulsie a unei platforme mobile. Sistemul utilizează forța inerțială generată de două mase excentrice, care se rotesc în direcții opuse. Verificarea parametrilor cinematici obținuți pe cale analitică și validarea conceptului au fost realizate în SolidWorks prin simulare de mișcare. De asemenea, pentru a demonstra capacitatea sistemului de a produce mișcare liniară, s-a construit un prototip și s-au efectuat teste experimentale.

Concluziile principale ale capitolului sunt următoarele:

- ✚ Operând sistemul pe cinci distanțe diferite, s-a observat că diferențele dintre viteza medie măsurată a SPI și rezultatele simulate sunt sub 10%.
- ✚ Viteza platformei poate fi crescută prin creșterea turației maselor motoare.
- ✚ Prin dublarea turației maselor motoare (de la 500 la 1000 rot/ min), viteza medie a platformei crește de 3,99 ori. Acest rezultat a confirmat dependența dintre acești doi parametri dedusă prin mijloace analitice.
- ✚ Prin creșterea de 2,5 ori a fiecărei mase motoare (de la 0,18 la 0,45 kg), viteza platformei crește de 2,28 ori (de la 93,72 la 214,13 mm/s). Dependența neliniară dintre acești doi parametri a fost explicată prin relațiile analitice deduse anterior.
- ✚ Sistemul dezvoltat este funcțional și capabil să genereze o mișcare liniară unidirecțională, fiind deosebit de potrivit pentru acționarea bărcilor sau submarinelor fără elice.
- ✚ Sistemul propus este singura alternativă pentru rularea vehiculelor pe suprafețe foarte alunecoase (noroi sau gheață), unde niciun pneu nu oferă aderența necesară pentru a se deplasa în astfel de condiții.

În **Capitolul 4** „*Contribuții la dezvoltarea unui mecanism inerțial inovativ pentru reducerea momentului de reacție*”, se propune un concept original al un dispozitiv pentru reducerea momentului de



reacție al motorului utilizat pentru antrenarea unui scule rotative. Principalele concluzii care au rezultat, pot fi sintetizate, după cum urmează:

- ✚ Dispozitivul propus ar putea fi încorporat în sculele susținute manual, cum ar fi dispozitivele de strângere a șuruburilor utilizate în condiții extreme de lucru (la asamblarea paletelor turbinelor eoliene, de exemplu) sau în burghiele cu motor pentru săparea găurilor.
- ✚ Punerea în aplicare a conceptului ar contribui la reducerea riscului de accidentare, deoarece sistemul este capabil să reducă momentul de reacție și să minimizeze posibilitatea ca operatorul să sufere tulburări musculo-scheletice la nivelul membrelor superioare.
- ✚ Dacă se neglijează efectul poligonal al lanțului, momentul suplimentar generat de dispozitiv poate fi considerat constant.
- ✚ Momentul suplimentar generat este independent de puterea de antrenare, sistemul arătând o eficiență mai mare pe măsură ce puterea de antrenare scade. Totuși, există o limitare inferioară a puterii, legată de necesitatea învingerii inerției sistemului în timpul procesului de pornire.
- ✚ Momentul suplimentar generat de sistem poate fi mărit prin creșterea masei greutăților adăugate la lanț, creșterea razelor roților de lanț și prin creșterea vitezei de antrenare.
- ✚ Dacă, în timpul operării, apare brusc o creștere a momentului rezistiv la unealta de lucru, momentul de reacție care apare la motor este atenuat de acest dispozitiv, făcând manevrarea întregului sistem mai ușoară.
- ✚ Dezavantaje și limitări ale sistemului propus constau în dimensiunea relativ mare, necesitatea de a lua măsuri speciale de protecție și funcționarea într-un singur sens de rotație

Capitolul 5 „*Concluzii finale și contribuții personale. Direcții viitoare de cercetare. Diseminarea rezultatelor*” sintetizează rezultatele obținute, evidențiază contribuțiile originale ale autorului și propune perspective clare pentru cercetări viitoare. Totodată, sunt prezentate detalii privind diseminarea rezultatelor cercetării în reviste academice și conferințe naționale și internaționale.