

Opponensi vélemény

Csernák Gábor

„Rejtett kaotikus rezgések alkalmazott mechanikai feladatokban”

című MTA doktori értekezéséről

A dolgozat témája, időszerűsége

Csernák Gábor MTA doktori értekezése egy – a gyakorlatban igen fontos – mérnöki témakört vizsgál: rejtett kaotikus rezgések megjelenését különböző mechanikai rendszerekben. Ennek a jelenségkörnek a vizsgálata nem csak azért aktuális, mert a periodikus mozgást végző berendezésekben az egyik legnagyobb kihívást mindig is a nemkívánatos rezgések megjelenése jelentette, hanem mert a modern digitális szabályozás megjelenésével új tényezők (mintavételezés és kerekítés) jelentek meg, amik kaotikus viselkedéshez vezethetnek. Ezeknek a megértése kulcskérdés, mert a nem várt, szabálytalan rezgések a mozgó alkatrészek idő előtti kopásához, vagy – anyagmegmunkálás esetén – rossz minőségű, egyenetlen felületekhez vezetnek.

A dolgozat szerkezete, formai jellemzői

Az angol nyelven íródott dolgozat precízen megfogalmazott, igényes nyelvezetű munka, szerkesztési szempontból formailag tetszetős. Az érdemi rész terjedelme 100 oldal, sok információt tartalmazó, igen tömör olvasmány. Ezt a számos további technikai részletet tartalmazó 33 oldalnyi függelék követi, majd pedig a 174 tételből álló irodalomjegyzék, ami egyben magában foglalja a szerzőnek a doktori mű alapjául szolgáló publikációit is. A doktori értekezés gondolatmenetét a hivatkozott publikációk kiválóan alátámasztják, és egyben bizonyítják a szerző széles körű és mély ismereteit a témakörben. Az ábrák átgondolt szerkesztésűek és informatívak. Az érdemi rész 5 fejezetből áll. Az első egy rövid – alig két oldalas – bevezetés, ami leginkább a dolgozat eredményeinek rövid összefoglalója, előrevetítése. Én szívesen olvastam volna egy kicsit hosszabb általános bevezetést a tágabb témakörre vonatkozóan. A rövid bevezetést követően az eredményeket három fejezet mutatja be, rendre 32, 20 és 43 oldal terjedelemben. Mindhárom magában foglalja a fejezet témájához szükséges irodalmi áttekintést és az előzményeket. Az ezek után következő utolsó fejezet tartalmazza a tézispontokat (3 oldal).

A magyar nyelvű téziszfüzet a formai előírásoknak megfelelő, nagyban segíti a dolgozat eredményeinek áttekintését.

Az eredményeket bemutató fejezetekről:

A dolgozatban a szerző elméleti és numerikus módszerekkel elemzi a száraz súrlódású, harmonikusan gerjesztett oszcillátor aszimmetrikus és kaotikus rezgéseit, a gépi anyagmegmunkálás során megfigyelhető forgácsképződés termo-mechanikai modelljeiben megjelenő periodikus és kaotikus viselkedést, és a digitális szabályozás következtében kialakuló kaotikus viselkedést, az ún. mikro-káosz jelenségkörét. Az eredményeket bemutató három fejezet mindegyike szépen felépített, logikus gondolatmenetű.

A harmonikusan gerjesztett, Coulomb-súrlódással csillapított oszcillátor esetében kimutatta, hogy a sajátfrekvencia felével, negyedével, nyolcadával, stb. történő gerjesztés esetén aszimmetrikus, nem letapadó periodikus megoldások jelenhetnek meg, melyek esetében különbözik a pozitív és negatív irányban bekövetkező maximális kitérés. Numerikus szimulációval demonstrálta, hogy az aszimmetrikus megoldások eredetileg nullmértékű paramétertartománya véges mértékűvé válik, ha a tapadási súrlódás együtthatója nagyobb a csúszási súrlódás együtthatójánál.

A gépi anyagmegmunkálás során megfigyelhető forgácsképződés termo-mechanikai modelljeinek nemlineáris dinamikai vizsgálatával feltérképezte ezeknek a rendszereknek a dinamikai tartományait, amelyek periodikus, kvázi-periodikus, tranziens-kaotikus, vagy kaotikus viselkedéssel jellemezhetők. Ezáltal bebizonyosodott, hogy a folyóforgácsok egyensúlyi megoldásnak, a szegmentált forgácsok periodikus megoldásnak, az aperiodikus forgácsok pedig kaotikus megoldásnak felelnek meg.

A digitális hatások (mintavételezés és kerekítés) következtében kialakuló kis amplitúdójú kaotikus viselkedést elemezve kimutatta, hogy ezek a rendszerek szakaszonként affín leképezésekkel írhatók le. Eljárást dolgozott ki a tranziens kaotikus rezgések várható időtartamának meghatározására, és különféle módszerekkel vizsgálta a mikro-káoszt mutató rendszerek fázisterének a sajátosságait.

A tézispontokról:

A Jelölt az eredményeit 4 tézispontban foglalta össze, amelyekből az első kettő a harmonikusan gerjesztett, Coulomb-súrlódással csillapított, lineáris rugókarakterisztikájú oszcillátor dinamikáját, a harmadik a forgácsképződés termo-mechanikai modelljeinek nemlineáris viselkedését, a negyedik pedig a digitális szabályozású rendszerekben megfigyelhető mikro-káosz jellemzőit mutatja be. A tézispontok megfeleltethetőek a disszertáció fő fejezeteiben bemutatott eredményeknek, és számos új megállapítást tartalmaznak. A tézispontok alapjául szolgáló 12 publikáció nívós nemzetközi folyóiratban megjelent 2-3 szerzős munka, melyek döntő többségében a Jelölt az első szerző. A tézispontok állításait a Jelölt új tudományos eredményeiként elfogadom.

Kérdések, észrevételek:

1. A harmonikusan gerjesztett, Coulomb-súrlódással csillapított oszcillátor numerikus vizsgálatát leíró részben, a 2.12-es ábrán az első három panelen ($S=0.3, 0.5, 0.7$) hasonló jellegű görbéket látunk, a negyediken ($S=0.9$) viszont lényegesen eltérőt.

Vajon S milyen értékénél történik az átmenet?

2. A 2.21-es ábrán láthatjuk, hogy kaotikus megoldások akkor jelennek meg, ha a kinetikus súrlódási együttható $S < 0.2$.

Ha a kinetikus és sztatikus súrlódási együttható relatív értékét vesszük (S/S_0), akkor azt mondhatjuk, hogy a tipikus S/S_0 , ami alatt megjelennek a kaotikus megoldások, csökken. Ennek értéke rendre $S/S_0 = 0.67, 0.5, 0.4$ és 0.25 ($S_0 = 0.3, 0.4, 0.5$ és 0.8 értékeire).

Vajon van-e valami mélyebb jelentése ennek a csökkenő tendenciának?

3. A disszertáció harmadik fejezetében megismerhetjük az anyagmegmunkálás során megfigyelhető forgácsképződés termo-mechanikai modelljeit, amelyekben az anyag felületén lejátszódó bonyolult folyamatok leírására a szerzők bevezetnek néhány véges vastagságú réteget, amelyekben belül a fontos mennyiségek (hőmérséklet, nyírási ráta, és az anyagi paraméterek) állandók. Milyen előnyökkel és hátrányokkal járna, ha folytonos átmenetet feltételeznénk, és fázis-mező (phase-field) jellegű modellt alkalmaznánk a felületi jelenség leírására? Tudomása szerint történt ilyen megközelítés, és ha igen, mire jutott?

4. A forgácsképződéssel kapcsolatos másik kérdéskör, hogy a megmunkálandó anyagban lévő hibák (szemcsehatárok, stb.), amik szintén zajszerű járulékot adhatnak a dinamikai folyamatokban, milyen módon vehetők figyelembe?

5. Nem lényeges pont, de megemlítendő, hogy előfordul, hogy a dolgozatban különböző mennyiségek ugyanazzal a betűvel vannak jelölve (pl. λ : Lyapunov exponens és hővezetési együttható).

Összefoglalva:

Csernák Gábor doktori dolgozata magas színvonalú kutatómunka eredménye, mely mindegy másfél évtizednyi kutatás eredményeit foglalja össze, és számos új megállapítást fogalmaz meg. A dolgozat igényes szerkesztésű, tartalmas munka, meggyőzően tükrözi a Jelölt nagyfokú hozzáértését. Az eredmények teljesítik az MTA doktora cím elnyerésével szemben támasztott követelményeket. A téziseket a Jelölt önálló, új tudományos eredményeiként elfogadom. A doktori művet nyilvános vitára alkalmasnak találom, és sikeres védés esetén javaslom az "MTA doktora" cím odaítélését.

Budapest, 2024. május 27.



Dr. Börzsönyi Tamás
az MTA doktora
HUN-REN WIGNER Fizikai Kutatóközpont
Szilárdtest-fizikai és Optikai Intézet