

# Bírálat

Hős Csaba

*Direkt rugóterhelésű biztonsági szelepek dinamikus viselkedése és stabilitása*  
c. MTA doktori értekezéséről

## 1. Az értekezés alaki bírálata, általános megjegyzések

Az értekezés a nyomás alatti tartályok védelmére szolgáló szelepek egyik típusának, a direkt rugóterhelésű biztonsági szelepeknek a dinamikus viselkedését tárgyalja. A dolgozat nagyon érdekes elméleti szempontból, hiszen ezek a szelepek nagyon izgalmas, nemlineáris viselkedést mutatnak, a lehetséges stabilitásvesztési típusok feltérképezése ugyanakkor gyakorlati szempontból is nagyon fontos, hiszen az esetleges instabil, posztkritikus viselkedés nemkívánt jelenségekhez vezethet.

Az értekezés a formai, alaki követelményeknek megfelel. A dolgozat terjedelme 110 oldal érdemi szöveg és irodalomjegyzék, amihez 36 oldal melléklet, 3 oldal tartalomjegyzék, téziszjegyzék, 5 oldalas igen hasznos jelölésjegyzék és előszó tartozik. Talán kicsit sajátságos a 3 oldalas „Előzetes megjegyzések” c. rész, amely a szóhasználat és egyéb részletek rögzítése mellett lándzsát tör a tizedespont használata mellett.

Azonban nemcsak a tizedesvessző használatával szakít a szerző, hanem a bevett szokással is, hogy az értekezés elején áttekinti a korábbi irodalmi eredményeket, majd az ezekből levezethető nyitott kérdések alapján fogalmazza meg a mű alapjául szolgáló kutatás célkitűzését. Így az 1. fejezetben a Bevezetés csak azzal indokolja a témaválasztást, hogy a szabványokban hiányzik a részletes útmutatás a biztonsági szelepek instabilitásával kapcsolatban. Ez elfogadható ugyan, mégis fájóan hiányzik innen, a bevezetésből egy részletes irodalmi áttekintés, amelyből világossá válna, hogy milyen ismeretekre lehet építkezni és mik a nyitott kérdések. Ennek megfelelően a dolgozat célja is csak nagyon általánosan tűzhető ki ebben a bevezetésben az irodalmi előzmények ismeretének hiányában. Talán ez a dolgozat legfontosabb hiányossága. Ezen nem segít, hogy a dolgozatban több helyre elszórva szerepelnek mini irodalmi áttekintések, például a 35. oldalon 1 bekezdés, a 45. oldalon 1 mondat, az 59. oldalon 1 bekezdés, a 62. oldalon 4 sor, majd nem a teljes 69. oldal, a 83–84. oldalon másfél oldal.

Szintén az 1. fejezetben nagyon hasznos viszont a vizsgálat tárgyának, az üléses, direkt rugóterhelésű nyomáshatároló szelepeknek rövid bemutatása. Ez a fejezet nem tartalmaz tézist.

A 2. fejezet a szelep, a tartály és a cső matematikai modelljét ismerteti. Habár itt előfordulnak irodalmi hivatkozások, nem válik egyértelművé, hogy a modellek egyenleteinek levezetése a szerző munkája, és ha nem, mi a forrásuk. Elegáns azonban az egyenletek dimenziótlanítása. Ez a fejezet nem tartalmaz tézist.

A 3. fejezet sorra veszi az egyes instabilitási típusokat. Még itt sincs összefoglalva, hogy mik az egyes instabilitásokkal kapcsolatban a korábbról ismert eredmények. Az

egyres instabilitások tárgyalása jól követhető, a levezetések, numerikus és kísérleti eredmények összhangban vannak. Nagyon elegáns, ahogy az általános egyenletek felírása után sorra következnek a tárgyalásban az egyes instabilitási típusok, az eredmények sorra potyognak ki a levezetések során. Habár az alkalmazott módszerek mind ismertek, mégis új eredményeket sikerül elérni ebben a fejezetben, amelyeket két tézis foglal össze.

A 4. fejezet mutatja be részletesen a numerikus és kísérleti eredményeket. Ez a fejezet nem tartalmaz téziseket, de a többi tézist jól támasztja alá.

Az 5. fejezet a tartály–szelep modell részletes vizsgálatát tartalmazza, a rendszer bifurkációs diagramját vizsgálja meg tüzetesen, kitérve a posztkritikus viselkedésre, valamint ütközéses homoklinikus pálya létezésére. A fejezet két tézist tartalmaz.

A 6. fejezet eljárást mutat be összetettebb csővezetékek vizsgálatára a módosított impedancia módszer segítségével, néhány egyszerűbb modellre alkalmazva is az eljárást. A fejezet két tézist tartalmaz.

A 7. fejezet az eredmények lehetséges alkalmazásait, valamint a továbblépés lehetőségeit taglalja.

A dolgozat szövegét a tézisekhez tartozó publikációk listája, hivatkozásjegyzék és 7 melléklet zárja, ez utóbbiak a részletszámításokat, adatokat, illetve a mérési eljárások egyes részleteit tartalmazzák.

A dolgozat gondosan szerkesztett munka, az eredmények ismertetése jól olvasható, logikus, könnyen érthető és követhető. A dolgozatban számos, az érthetőséget nem zavaró apró nyelvtani hiba és elírás található. Nagyon elegánsak az utalások a műszakilag releváns jelenségekre, paramétertartományokra, megfigyelésekre, adatokra, ez nagy erőssége a dolgozatnak. Nagyon hasznosak és nagyon szépen szerkesztettek az ábrák is.

## 2. A tézisekkel kapcsolatos megjegyzések

- 1. tézis.** A tézis a direkt rugóterhelésű szelepek rezgéseinek osztályozását tartalmazza. A 28. oldalon, a 3.1 alfejezet utolsó bekezdésének első mondata azt sugallja, hogy az alfejezet bizonyítja, hogy a szelep nyitása és zárása során fellépő ugrást statikus instabilitás okozza. Valójában a fordított állításra láttunk példát, azaz hogy a statikus instabilitás ugrást okoz. A vonatkozó 1. tézisben már helyes megfogalmazás szerepel. A tézist elfogadom *új tudományos eredményként*.
- 2. tézis.** A tézis a negyedhullám-instabilitással kapcsolatos eredményeket rögzíti. A tézist elfogadom *új tudományos eredményként*.
- 3. tézis.** A tézis a tartály–szelep modell bifurkációs diagramjának részletes vizsgálatával nyert eredményeket tartalmazza. A tézist elfogadom *új tudományos eredményként*.
- 4. tézis.** A tézis a tartály–szelep modellben talált homoklinikus pályának a megtalálását rögzíti. A tézishez vezető 5.5 alfejezet elején a szerző utal arra, hogy tudomása szerint ütközéses Shilnikov-féle homoklinikus pályát ők írtak le először. Nemsima rendszerekben azonban nem ritkák a homoklinikus pályák, pl:
  - C.P. Silva; IEEE Transactions on circuits and systems – I Fundamental Theory and Applications 40 (1993) 675

- M. Komuro, R. Tokunaga, T. Matsumoto, L.O. Chua, A. Hotta; International Journal of Bifurcation and Chaos 1 (1991) 139
- R.O. Medrano-T, M.S. Baptista, I.L. Caldas; Physica D 186 (2003) 133

A tézis értékét ez a megjegyzés nem csorbítja, az ott szereplő állítás ennél óvatosabban került megfogalmazásra. A tézist elfogadom *új tudományos eredményként*.

**5. tézis.** A tézis az összetettebb csővezetékek lineáris stabilitásvizsgálatának céljából módosított impedanciamódszert írja le. A tézist elfogadom *új tudományos eredményként*.

**6. tézis.** A tézis a negyedhullám-instabilitás kimutatásáról szól összetett csőhálózatokban. A tézist elfogadom *új tudományos eredményként*.

### 3. Egyéb megjegyzések

Ebben a részben olyan apróbb megjegyzések és kérdések szerepelnek, amelyek a téziseket nem érintik, pusztán apróbb szerkesztési hibákra vagy pontatlanságokra mutatnak rá, illetve ezzel kapcsolatban tesznek fel kérdéseket.

Általában a rövidítések kifejtésre kerülnek, de azért van kivétel (pl. ASME, EU, HDR (csak a rövidítésjegyzékben szerepel) és FFT).

Az 1. ábrán nincs bejelölve a szövegben hivatkozott „elvételi cső”, a 14. oldalon nincs definiálva az „ellenőrző térfogat” és az  $A_{be}$  jelölés.

A 19. oldalon a 2.3.1 alfejezet első (számozatlan) képletében  $L$  és  $L_{cs}$  alighanem ugyanazt jelöli, lentebb  $v_{ref}$  nem volt definiálva, bár látható, hogy  $v_{ref} = x_{ref}\omega$  lehetett a szerző szándéka.

Nem derül ki a szövegből egyértelműen, hogy a 9a és c ábra vajon saját mérés eredményét mutatja-e, ide egy hivatkozás hasznos lett volna. Nem világos, hogy a kék, illesztett görbe milyen képletből jön, emiatt nehezen értelmezhető a 9b ábra.

Nem világos, hogy milyen jelenségekre utal a 28. oldal 1. bekezdésének utolsó mondata: az előtte levő mondatban arról van szó, hogy nem jó az alkalmazott átfolyási tényező... A következő bekezdés első mondatában sem világos, hogy milyen megfigyelések egyeznek meg Moussou [59] eredményeivel.

A 29. oldalon a (3.48–3.51) képletekben szereplő  $\mu$  és  $\sigma$  a képlet után mint „kiadódó paraméterek” szerepelnek, érdemes lett volna inkább arra visszautalni, ahol ezek definiálva voltak a (2.30) képlet környékén. Ez jobban értelmezhetővé tette volna (3.55) és (3.56) eredményeket. Az sem világos, hogy miért nem vezeti át szisztematikusan a változókat az újonnan bevezetett  $y$  jelölésekre, csak  $y_2$  került itt átvezetésre. Csak az 5. fejezetre, az (5.102–104) képletekben történik meg a teljes átvezetés.

A 30. oldalon a (3.53) feletti (5.104) hivatkozás inkább (3.51) lehetne, felesleges a sokkal hátrábbra hivatkozás.

Az 54. oldalon, a 18. ábrán a  $4x/D_{cs}$  értéke valóban ennyi? Vagy százalékban van feltüntetve?

Az 57. oldalon mutatott CFD és GDM számítások közül, ha a CFD-t pontosnak fogadjuk el, ahogy arra a szöveg utal, akkor a GDM kicsit a biztonság kárára téved.

A 61. oldal 2. bekezdésének 1. mondata azt sugallja, mintha méretezési hiba nem okozhatna stabilitásvesztést. Jó lenne, ha ez így lenne, de a következő mondat ezt szerencsére rögtön cáfolja, hiszen túl kicsi szelep miatti pumpálásról beszél.

A 4. fejezet bevezetője azt ígéri, hogy bemutatja a fejezet az instabilitási jelenségek együttes hatását. Ezt nem találtam meg, van olyan hely a fejezetben, amely egyszerre fellépő többféle instabilitást tárgyal?

A 64. oldalon szerepel Ulam mondása, kíváncsi lennék a forrására.

A 65. oldalon utal a szöveg a nemlineáris dinamikai rendszerek elméletére egyetlen hivatkozás megadásával, de nem derül ki, hogy az került-e már alkalmazásra a szelepdinamika területén.

A 69. oldalon a 27. ábrára történő hivatkozás inkább a 26. ábrára kellene mutasson.

A 71. oldalon  $z$  és  $z'$  nincs definiálva. Mi itt a „variációs probléma”? Mi köze van egymáshoz  $M_{y_p}$  monodrómiamátrixnak és  $A(y_p(x))$ -nek, és miért kell bevezetni, ha nem használjuk?

A 72. oldalon a pseudo-ívhossz módszerben  $v$  és  $v_0$  alighanem ugyanazt jelöli.

A 75. oldalon a 29. ábrán és a 76. oldalon a 30. ábrán nem látszik a perióduskettőzés, ami a 26. ábrán még látható volt, így kicsit nehéz követni ennek a résznek a magyarázatát. Talán hasznos lett volna egy nagyítás a 26. ábra  $\hat{q}_{be} \in [5, 5; 7, 5]$  tartományában az alsó „ágról”, ahol látszódnának a „grazing” bifurkációk is.

A 30. ábrán a GR2 és a PD1 pontok között egyszerre létezik és stabil a Br3 és a Br5 típusú megoldás? Ez felveti tranziens káosz jelenlétét ebben a tartományban.

A 6.3.2 alfejezetben nemcsak  $\mathcal{R} = 0$  következhet a levezetésből, hiszen fizikailag értelmes kérdés a két végén nyitott csőben való surlódásos áramlás, ha másképp nem, tranziensek biztosan lehetnek. Nem teljesen világos, hogy mire utal akkor ez a mondat.

Az M-24. oldalon az első teljes bekezdés végén mit jelent az „ezek a távolságok kiadódtak” megjegyzés? Alatta a szövegben váltakozik a „láb” és a „ft” jelölés az egyes mennyiségek esetén, később szerepel még az idézőjel is, mint mértékegység, annak bevezetése nélkül; elég lett volna megadni az SI értékeket.

## 4. Kérdések az értekezés témaköréből

1. A 9d ábrán mintha az összenyomhatatlan közegre vonatkozó (2.16) képlet lenne alkalmazva levegő munkaközeg esetén: mennyire fogadható el ez jó közelítésnek?
2. A 6. ábra szerint a  $C_d$  átfolyási tényező nem függ a nyitástól, ez mennyire tipikus? Mennyire függ ez a megfigyelés a közeg sűrűségétől vagy az alvízoldali nyomástól?
3. A 40. oldalon a  $B_k(\tau)$  és  $C_k(\tau)$  függvények szerinti sorfejtés részletesebb indoklást igényelne, hiszen végül az egyenletekben szerepel majd ezek deriváltja is, ami nem szükségszerűen kicsi még kis  $B_k(\tau)$  és  $C_k(\tau)$  esetén sem.
4. Az 58. oldal szövege szerint a kapacitás 20 %-a felett nem lehetett mérni, de a 22. ábrán mintha 100 % környékén is lennének mérési pontok, amelyek azonban jelentősen eltérnek a jósolt stabilitási határtól. Mi itt a pontos helyzet?

5. A 85–86. oldalon bemutatott kettős sorfejtés esetén mi garantálja, hogy a nyomásnak és a sebességnek az ingadozó tagja azonos nagyságrendbe esik, azaz elég egyetlen  $\varepsilon$  a leírásukhoz?
6. A 87. oldalon, a fedett orgonasíp példája esetén  $\bar{v} = 0$  adódik, de ekkor sérül a (6.119) alatti feltétel, hogy  $\varepsilon\|\hat{v}\| \ll \|\bar{v}\|$  érvényes kell legyen. Változtat ez a kapott eredményen?

## 5. Összefoglalás

A dolgozat témaválasztása időszerű, fontos problémákat dolgoz fel a jelölt, helyesen megválasztva az alkalmazott módszereket. A vizsgálatokból levont következtetések helytállóak és kellően megalapozottak az esetleges pontatlanságok ellenére is.

A dolgozatban bemutatott téziseket elfogadom új tudományos eredményekként.

Mindezek alapján az értekezést nyilvános vitára kitűzni javaslom, és az MTA doktora cím odaítélését támogatom.

Budapest, 2020. június 18.

Dr. Károlyi György  
Egyetemi tanár, az MTA levelező tagja