

**Válasz**  
**Dr. Vörös Gábor bírálata**

MTA doktori értekezés:  
Dr. Kollár László E.

Távvezetékek lengése szélsőséges időjárási körülmények között

Köszönöm Dr. Vörös Gábornak, az MTA doktorának, alapos bíráló munkáját, az értekezés véleményezését, és a tézisek pozitív értékelését.

**Válaszok a részletes bírálathoz megfogalmazott észrevételekre, kérdésekre**

*1.1. A mondanivaló követését nehezíti a jelölésjegyzék hiánya. Bár minden jelölést és betűszót az első előfordulásnál definiál, a későbbiekben ezek visszakeresése nehézkes.*

Bár figyelmesen ellenőriztem a jelöléseket, hogy ne forduljon elő ugyanaz a szimbólum két különböző paraméter jelölésére (néhol a cikkeimben használt jelölést is módosítani kellett ehhez), de elismerem, hogy a jelölésjegyzék segített volna a szimbólumok azonosításánál.

*1.2. Az értekezésben több helyen lényeges részek részletesebb ismertetése hiányzik, (lásd például az alábbi 2.4, 3.3, 3.4, 3.8 pontokat) és így nem felel meg maradéktalanul a doktori szabályzat előírásának: „...olyan doktori művet kell mellékelni, amely önmagában véve is alkalmas a kérelmező eredeti tudományos teljesítményének értékelésére, megítélésére, ...”, miközben a szöveg sok helyen terjengős, nem célrátörő.*

Az értekezés terjedelme (max. 100 oldal) miatt szükségszerű volt bizonyos részletek elhagyása. A felépítésnél törekedtem arra, hogy egy megközelítés, modell vagy kísérlet minden fontos eleméről essen szó, de sokszor annak részletezése nélkül. Elképzelhető, hogy ennek ellenére kimaradtak részletek, amelyeket a bíráló fontosnak ítél. Az említett pontokban igyekeztem a kérdéses részleteket megfelelően megválaszolni.

*1.3. Bár jelölt kutatásait jórészt külföldön végezte, jó lett volna röviden kitérni a hazai távvezeték tervezés-építés előírásaira, különös tekintettel a jegesedésvédelmi és lengéscsillapítási módszerekre.*

A dolgozat három nagy fejezete közül az első kettő teljes egészében külföldön végzett kutatásokon alapul, emiatt a hazai vonatkozások valóban nem kerültek be az értekezésbe. Az utóbbi években kerültem kapcsolatba néhány hazai céggel a területen. Már van is publikációm társszerzővel egy releváns hazai vállalatnál, de az szervesen nem épül az értekezés témájába, ezért erre nem hivatkoztam.

Moawad, A., Kollár, L. E., Bognár, A., Borbély, T., Lajber, K., Buckling of interphase spacers during vibration following ice shedding, *Cold Regions Science and Technology* 213 (2023) 103904. <https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2023.103904>

**2. fejezet**

*2.1. 7-8 oldal: A (2.4) egyenlet jobb oldalán lévő  $U_r$  a 2.1 ábra szerinti  $U_r$  sebesség ütközési normális irányú komponense. A 2.1. ábrából az látszik, hogy a folyadék összenyomható, mivel a belépülés nem növeli a  $d$  átmérőket.*

A gázréteg vastagságának változása közben valóban változnia kellene a vízcseppek  $d_S$  és  $d_L$  átmérőinek, mert a vizsgált körülmények között a víz összenyomhatatlannak feltételezhető. Viszont, egyrészt a gázréteg vastagsága a 7-9. oldalon leírtak alapján lett számítva, de a modell a folyamatot, ahogy a gázréteg vastagsága változik, nem írja le. A számításban használt paraméterek a  $d_S$  és  $d_L$  átmérők, amik a vízcseppek ütközés előtti átmérői. Másrészt a gázréteg vastagsága és az  $r_S$  sugár a 2.1 ábrán (ami nem a vízcsepp sugara) általában kicsi még a kisebb vízcsepp sugarához képest is, ezért a vízcsepp átmérőjének változása nem számottevő összenyomhatatlan folyadékot feltételezve sem.

2.2. 8. oldal: A (2.6) csak akkor igaz, ha a két különböző méretű cseppben a  $\sigma$  felületi feszültség azonos. A (2.8) csak akkor igaz, ha a gáz összenyomhatatlan.

A 2.1 pontra adott magyarázat alapján nincs ellentmondás a leírtakban. Bár a gáz lehetne összenyomható igen nagy  $u_{tr}$  kiáramlási sebesség esetén, de a gázréteg vastagságának számítása a gázt is összenyomhatatlannak feltételezi.

2.3. 9. oldal: A (2.12) számlálójában miért az átmérők ( $d_S + d_L$ ) összege szerepel, és nem csak a fele, a sugarak összege?

A (2.12) egyenlet azt az időt adja, ami alatt a két vízcsepp az érintkezésbe lépéstől kezdődően elhalad egymás mellett mindkét vízcsepp teljes hossza mentén, vagyis amíg a  $d_S + d_L$  távolságot megteszik (nem csak a felét).

2.4. 12. oldal: Az eddigiek szerint a jelölt által kidolgozott és a három oldal terjedelmű 2.1.1 fejezetben bemutatott ütközési modell eredménye a 2.2 ábrán a I. és II. jelű tartományok határvonala. Mivel ez az eredmény az 1. tézis része, részletesebben kellett volna bemutatni, hogy ez a kis görbe szakasz hogyan származik a (2.11) és (2.18) kritériumokból. Továbbá jó lenne látni, hogy az itt bemutatott új modell mennyivel pontosabb, jobb vagy más, mint a korábbiak. A 2.2 ábra szerint, ha  $B = 0$ , azaz centrális ütközés esetén a II. esemény (szétpattanás) nem lehetséges. Mi lehet ennek a magyarázata?

Az I. és II. jelű tartományokat elválasztó görbe a 2.2 ábrán a (2.11) és (2.18) alapján kapható, azokban az egyenlőtlenséget egyenlőséggel helyettesítve. A vízcseppek levegőben áramlanak, tehát a folyadék és gáz paraméterek állandónak tekinthetők a (2.11) és (2.18) kritériumokban,  $\delta$  és  $d_S$  értéke pedig rögzített a 2.2 ábrán. Tehát a paraméterek, amelyek értéke változik, az  $U_r$  relatív sebesség és a  $b$  (vagy  $B$ ) ütközési paraméter, a  $We$  pedig az előbbiből számítható. A 2.2 ábrán látható görbe az említett két paraméter közötti összefüggést fejezi ki (2.18)-ban egyenlőség esetén. Ez a görbe viszont folytatódna nagyobb  $We$  értékek esetén, ennek szab határt a (2.11) elégséges feltétel, valamint a II. és III. tartományokat elválasztó feltétel.

Az I. és II. tartományok határát meghatározó, fizikai folyamatokon alapuló, elméleti modell új volt annak publikálásakor. Qian & Law, 1997 ([104]-es hivatkozás az értekezésben) több ábrát is közölt különböző folyadék-gáz rendszerek és különböző nyomás értékek esetén, de azok mérési eredményeket mutatnak be. Kollár et al., 2005 ([72]-es hivatkozás az értekezésben) javasolt egy határt, de az empirikus eredmény volt, lényegében két pontot összekötő vonal, ami megfelelt [104] mérési eredményeinek. Ezért nem szerepelt az új modell összehasonlítása más modellekkel, de [104] mérési eredményei közelítőleg igazolják a modell helyességét.

A szétpattanás lehetősége [104]-ben volt részletesebben vizsgálva, és erősen függött a nyomástól, amit abban a kutatásban, amin a disszertáció 2. fejezete alapul, állandónak



tekintettünk. Kis nyomás esetén még lényegesen nagyobb  $B$  érték esetén sem figyeltek meg szétpattanást. A nyomást növelve a szétpattanás lehetségessé vált  $B = 0$  esetén is, majd lényegesen nagyobb nyomás esetén az I. tartomány eltűnt.

2.5. 19. oldal: *A 2.4 fejezet a jegesedési folyamat kísérleti vizsgálatát írja le. Van valamilyen kapcsolat az előzőekben tárgyalt vízcsepp ütközés és a jegesedési folyamat valamint a jégvastagság között?*

A kapcsolat közvetett. A vízcseppek ütközésének következtében a vízcseppek mérete változhat, mert ha az ütközés egyesüléssel ér véget, akkor két kisebb vízcseppből egy nagyobb keletkezik. Ezt is figyelembe veszi a 2.3 fejezetben bemutatott modell, ami a felhő tulajdonságainak a változását határozza meg. A jegesedést okozó felhő egyik fontos tulajdonsága pedig a vízcseppek mérete, amit a medián térfogati átmérővel (MVD) és a vízcsepp méreteloszlással (DSD) jellemezünk. A jegesedési folyamatot és annak eredményeként a jég vastagságát és alakját a felhő tulajdonságai határozzák meg.

### 3. fejezet

3.1. 29. oldal: *A 3. fejezetben explicite leírva nem találtam, hogy a dolgozat csak a vezetékek függőleges lengéseit elemzi. (Ez az egyszerűsítést csak a 4. fejezetben, a 63. oldalon említi.) Kábeleknél, főleg kábel kötegeknél a függőleges és oldalirányú mozgások, beleértve a csavarodást is, általában nem függetlenek, ezek kapcsolt mozgások. Mi indokolja ezt az egyszerűsítést?*

Egyedülálló vezetékek esetén a numerikus modell a vezeték lengését tisztán függőlegesnek feltételezi, ha nincs semmilyen hatás oldalirányban. Viszont a modell figyelembe tudja venni a vezeték oldalirányú mozgását, ahogy ez meg is történik kötegelt vezetékek esetén. A 3.3.3 fejezet több helyen is a köteg elfordulását tárgyalja (torziós tesztek „*Torsional tests on a full-scale span with a twin bundle*”; 3.7 táblázat; 3.9(b) ábra), ami csak a vezeték oldalirányú mozgása esetén lehetséges.

3.2. 29. oldal: *A 3.1.1 fejezet a szél hatását részletezi, de a továbbiakban csak a jégleválás hatását elemzi. Az oldalirányú szélnek van függőleges irányú gerjesztő hatása (pl. a dolgozatban aeolian-nak nevezett Kármán féle örvény leválás hatása) miközben az oldalirányú mozgás is jelentős.*

A távvezetékek lengésének legfőbb okai a szél és a jég lehullása, viszont numerikus modelleket csak a jégleválást követő lengések vizsgálata céljából fejlesztettünk (ahogy erre a 3. fejezet címe is utal). Ez az oka, hogy a 3. fejezet bevezető alfejezetében szó esik a szél okozta lengésekről, de a 3.2-3.4 fejezetekben már nem. Egyébként a 4. fejezetben a kis kitérésű, nagy frekvenciájú lengéseket a szél okozza, és a 4.1 valamint a 4.3 fejezet is az ilyen lengések csillapítását tárgyalja.

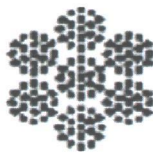
3.3. 35. oldal: *A távtartók modellezésének leírása és a (3.4) összefüggés értelmezése a vonatkozó 3.1 ábra alapján nem lehetséges. Nem érthető, hogy egy láthatóan síkbeli rácsos rúdszerkezetenél a (3.4) az milyen irányú erő és milyen irányú mozgás kapcsolata. Mi indokolja, hogy – a szöveg szerint – valaminek a valamilyen irányú forgása esetén harmadfokú polinom írja le az erő-elmozdulás kapcsolatot?*

A modell a harmadfokú polinommal a karoknak a középső (háromszög vagy négyszög alakú) kerethez képesti mozgását írja le. A kapcsolatot modellezi úgy, mintha a kar anyagát jellemezné egy nemlineáris erő-elmozdulás összefüggés, mert a kar néhány fokos elmozdulása megengedett, majd a kapcsolatnál egyre növekvő ellenállással lehetséges csak további elfordulás, végül a kapcsolat nem enged további elfordulást, hanem az csak a távtartó anyagának alakváltozásával lehetséges (ez utóbbit a (3.4) összefüggés lineáris része modellezi). Ez egy pontosított becslés volt, de egyébként mérések kimutatták, hogy két lineáris szakasszal (az egy harmadfokú és egy lineáris helyett) is elég jól közelíthető a távtartó karjának viselkedése.

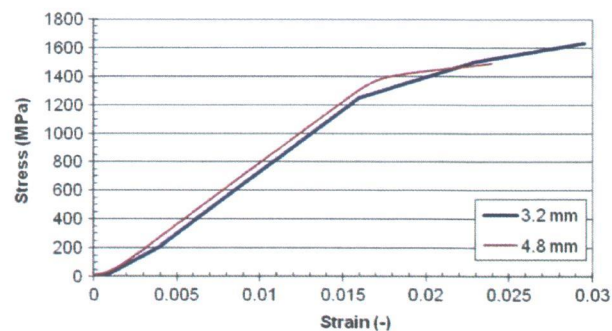
3.4. 41. oldal: „The stress-strain curves were approximated by piecewise linear relationship”. Miből adódik ez a tulajdonság? A vezeték anyagi tulajdonsága vagy valamilyen konstrukció következménye?

A vezetéket Vanguard 7x19 rozsdamentes acél kábel modellezte, ami sodronyként készül és aminek a keresztmetszete vázlatosan az 1(a) ábrán látható. Anyagvizsgálatot végeztünk két átmérővel, mindkét átmérővel néhány mintán megismételve a vizsgálatot, aminek eredményét a Kollár & Farzaneh, 2013 ([71]-es hivatkozás az értekezésben) publikációban bemutattuk, és az 1(b) ábrán is látható. A kapott görbéket közelítettük lineáris szakaszokkal.

**7 x 19**



(a)



(b)

1. ábra: Vanguard 7x19 kábel (a) keresztmetszetének vázlata; (b) feszültség-alakváltozás görbék két különböző átmérő esetén [71]

3.5. 42. oldal: A kísérleti berendezésre „scale factor”-t a „dynamic elasticity” arányokból határozta meg. Mi az a „dynamic elasticity”?

A hivatkozott irodalomban (Kempner Jr., 1997, [57]-es hivatkozás az értekezésben) javasolt paramétert használtuk az említett faktor meghatározására. Ez azt jelenti, hogy az  $AE/(\mu gL)$  aránynak kell megegyeznie a kisméretű és a teljes méretű vezeték esetén, ahol  $A$  és  $E$  a vezeték keresztmetszete, ill. rugalmassági modulusa,  $\mu$  és  $L$  a vezeték egységnyi hosszának a tömege, ill. a vezeték hossza (vagyis  $\mu L$  a vezeték tömege),  $g$  pedig a gravitációs gyorsulás. Ha az 1 és 2 index jelölik a kisméretű, ill. a teljes méretű vezeték adatait, akkor az arány a következő (ami a 42. oldal szerint 7 körül van, és ami meghatározza az  $L_1$  és  $L_2$  feszítávok arányát is)

$$\frac{L_2}{L_1} = \frac{A_2 E_2 / (\mu_2 g)}{A_1 E_1 / (\mu_1 g)}$$

Tehát a laboratóriumi modell feszítávját szorozva ezzel az aránnyal kapható az ennek megfelelő teljes méretű távvezeték feszítávja, ami a 42. oldal szerint kb. 45 m.

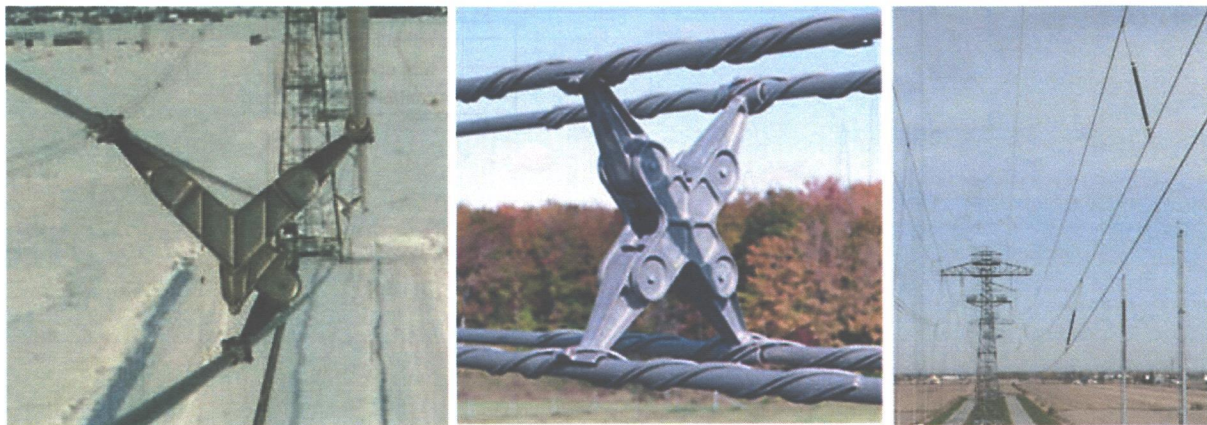


3.6. 45. oldal: Itt egy fejezet a kábelköteg csavaró vizsgálatáról szól. A csavarás fogalma előzőleg már a 31. oldalon is előfordult. Ha a kábelköteg lengés közben csavarodik, akkor biztos van oldalirányú mozgás is. Mi ennek a résznek a célja és értelme az értekezésben?

Kötegeltekt vezetékek esetén a köteg elfordulását is vizsgáltuk, amikor az egyes vezetékek valóban elmozdultak oldalirányban is, ahogy erre utal a 3.1 pontban adott válasz is. A dolgozatban a lengés közben a köteg elcsavarodását modelleztük. A 45. oldalon közölt vizsgálat lényegében a modell validálása abból a szempontból, hogy hogyan becsli a köteg elcsavarodását. Erre Nigol et al., 1977 ([93]-as hivatkozás az értekezésben) által közölt mérési eredmények álltak rendelkezésre. Bár ezek statikus csavaró vizsgálatok voltak, de az itt végzett vizsgálatokat lehetett szimulálni a numerikus modellel, és az említett rész a dolgozatban az itt kapott eredményeket veti össze.

3.7. 51. oldal: A 3.4.1 fejezet szerint a távtartók anyaga lineárisan rugalmas. Akkor mi a jelentősége a (3.4) definíciónak? Úgy tűnik, hogy a különböző vizsgálatokban különböző anyagmodellek szerepelnek, indoklás nélkül.

Egyrészt a 3.4.1 fejezetben és 3.2.2 fejezetben (ahol a (3.4) összefüggés szerepel) nem ugyanaz a távtartó a vizsgálat témája. A 3.2 fejezetben a kötegeltekt vezetékek esetén használt távtartót modelleztük (ld. 2(a) és 2(b) ábra), a 3.4 alfejezetben pedig a fázisok közötti távtartót (ld. 2(c) ábra). Ezeknek különböző a geometriájuk, anyaguk és funkciójuk. Másrészt, jogos viszont a felvetés a 3.2 és 3.3 fejezetekben vizsgált távtartókat illetően, mert ott valóban ugyanarról a kötegeltekt vezetékek esetén alkalmazott távtartókról van szó, és a 3.3 fejezet modellje lineárisan rugalmas anyagmodellt alkalmaz. A dolgozat mindössze annyit említ a 3.3.2 alfejezetben, hogy [93] csavaró tesztjeiben (amit a 3.6 pont válaszában említett validálásra használtunk) merev távtartókat alkalmaztak. Ez a fő ok, de valójában a numerikus szimulációk és mérési eredmények összehasonlítása is azt mutatta, hogy a lineárisan rugalmas anyagmodell is sok esetben elfogadható közelítéssel azt az eredményt adja, mint a harmadfokú összefüggés alkalmazása.



(a)

(b)

(c)

2. ábra: (a) Hármás köteg esetén alkalmazott távtartó; (b) négyes köteg esetén alkalmazott távtartó; (c) fázisok között alkalmazott távtartók (szigetelők)

#### 4. fejezet

3.8. 65. oldal: Hogyan határozza meg a (4.8) gerjesztés  $\omega$  frekvenciáját? Ez azért is lényeges, mert a továbbiakban ebből határozza meg a P (4.12) és közvetve a D (4.21) értékeket.

A modellben a gerjesztés frekvenciája egy adott paraméter volt, de a gyakorlatban valóban szükséges megállapítani ahhoz, hogy a szabályozás alkalmazható legyen. A gerjesztés frekvenciája gyakorlatilag a szélnek kitett, vagyis áramlásba helyezett vezeték körüli örvényleválás frekvenciája. Ha a szél sebességét mérni tudjuk, és ismerjük a vezeték átmérőjét és a Strouhal számot, akkor ez a frekvencia számítható (ld. pl. Norberg, 2003; [95]-ös hivatkozás az értekezésben). Másik lehetőség egy frekvencia becslés alkalmazása. Ilyet javasolt pl. Wang et al., 2017 ([126]-os hivatkozás az értekezésben), de az értekezés ilyen frekvencia becslő alkalmazását nem vizsgálja.

3.9. 67. oldal: A (4.13) egyenlet  $\mathbf{A}$  mátrixában szerepel a  $c_2$  csillapítási tényező, amiről az előzőekben kijelentette, hogy az értéke olyan kicsi, hogy nem kell vele számolni.

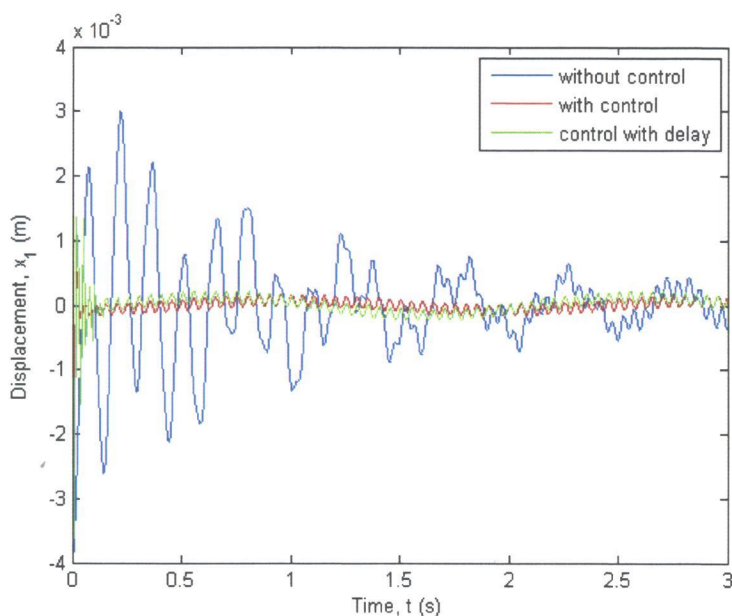
A (4.13) mozgásegyenlet a 4.1 ábrán szereplő általános modell egyenlete, ahol szerepel a  $c_2$  csillapítási tényező. A paraméterek értékeinek meghatározásánál (amit a 4.1 táblázat is mutat) kell behelyettesíteni a  $c_2 = 0$  értéket.

3.10. 69. oldal: Érdemes lett volna részletezni a (4.18) polinom együtthatóinak és a 4.1 ábra szerinti modell adatainak kapcsolatát, pl.  $a_0 = k_1 k_2 / m_1 m_2$ , ...,  $a_4 = 1$ .

A számítások részleteit Matlab program segítségével végeztük, és azokat a kapcsolódó cikkekben sem közöltük. Az viszont igaz, hogy (4.18) polinom együtthatói viszonylag egyszerű alakra hozhatók, tehát nem problémás a közlésük:

$$a_0 = \frac{k_1 k_2}{m_1 m_2}; \quad a_1 = \frac{c_1 k_2 + k_1 c_2}{m_1 m_2}; \quad a_2 = \frac{c_1 c_2}{m_1 m_2} + \frac{k_1 + k_2 - P}{m_1} + \frac{k_2}{m_2}; \quad a_3 = \frac{c_1 + c_2 - D}{m_1} + \frac{c_2}{m_2}; \quad a_4 = 1$$

3.11. 73. oldal: A 4.5 és 4.6 ábrák mutatják a „Vibration amplitude...” és az „Initial peak...” változását. A kezdeti csúcs az nem amplitúdó?



3. ábra: Kábelt a rezgéselnyelő helyén modellező  $m_1$  tömeg lengésének időfüggései [61]



Gerjesztett rezgést modelleztünk, ahol a „vibration amplitude” az állandósult állapotban kapott amplitúdót jelenti, az „initial peak” pedig a tranziens állapotban kapott kezdeti csúcs. Kollár, 2021 ([61]-es hivatkozás az értekezésben) közöl egy ábrát (Fig. 5 [61]-ben, alább pedig a 3. ábra), ami az elmozdulás időfüggvényeket mutatja. Ez valószínűleg segítette volna a megértést, de az értekezésbe helyhiány miatt nem került be.

3.12. 78. oldal: A  $P$  paramétert meghatározó  $\omega$  frekvencia eddig az örvényleválás frekvenciája volt, mostantól pedig a vezeték sajátfrekvenciája. Ennek mi a magyarázata?

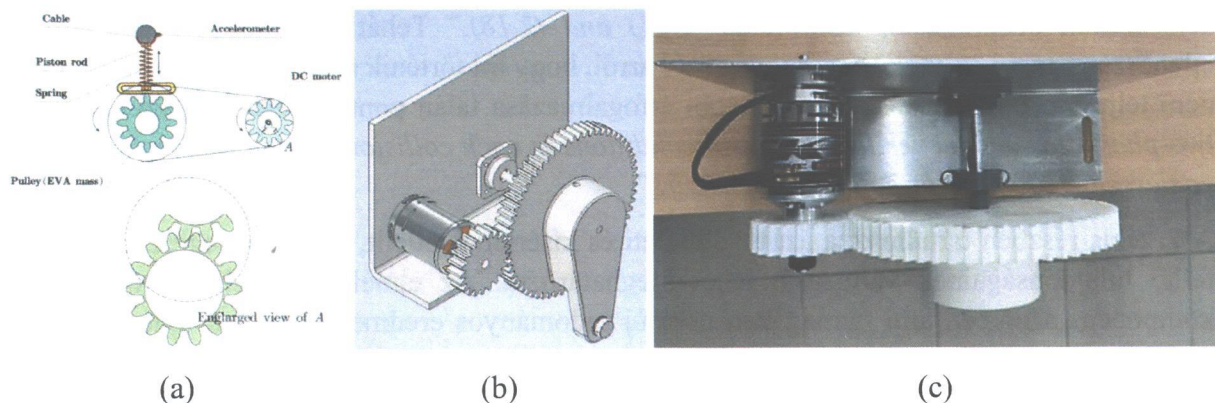
A vezeték sajátkörülfrekvenciáját  $\omega_n$  jelöli, mint pl. (4.26) összefüggésben. A 78. oldalon a szöveg azt állítja, hogy a (4.12) egyenletben szereplő  $\omega$  körfrekvenciát a vezeték egy domináns sajátkörülfrekvenciájával kell egyenlővé tenni  $P$  szabályozási paraméter meghatározásakor. A 4.2 fejezetben a szabályozást a jég lehullását követő lengésekre alkalmazzuk, nem pedig a szél hatásának csillapítására, tehát nincs gerjesztés.

3.13. 78. oldal: A (4.30) egyenletben szereplő  $z_{nl}$  polinomjában megjelenő  $k$  együtthatók ugyanazok, mint a (4.25) egyenletben. Miért hiányzik a  $k_{11}$ ?

A (4.30) egyenletben a  $z_{nl}$ -t tartalmazó második tag a nemlineáris tagokat veszi figyelembe, ahogy erre a szöveg is utal. A  $k_{11}$  a lineáris tag együtthatója, tehát azt tartalmazza az  $\mathbf{A}$  mátrix, amit a (4.13) összefüggés ad meg. Valóban pontosabb lett volna úgy fogalmazni, hogy az  $\mathbf{A}$  mátrixot és a  $\mathbf{b}$  vektort a (4.13) összefüggés adja meg  $k_1$ -be  $k_{11}$  behelyettesítése után.

3.14. 85. oldal: A 4.3 fejezetben vizsgálja a „backlash” hatását, amit az aktív csillapítóban lévő motoros hajtás okoz. Egy szerkezeti ábrán be kellett volna mutatni az aktív csillapító szerkezetét, rámutatva a „kotyogás” forrására, mértékére. Jó lenne látni egy olyan aktív lengéscsillapító konstrukciót, ami alkalmas például a 4.3 ábra szerinti  $P$  és  $D$  paraméter értékek megvalósítására.

Egy ilyen szabályozó terve Meng & Kollár, 2021 ([88]-as hivatkozás az értekezésben) publikációban merült föl először. A 4(a) ábra (Fig. 2 [88]-ban) mutatja az ötletet, de ez megépítve nem volt. Azóta egy hallgatói szakdolgozat projekt keretében készült egy laboratóriumi modellhez tervezett hajtás (ld. 4(b) és 4(c) ábra), ami teljesen új, egyelőre a tesztelésre vár.



4. ábra: Szabályozott rezgéselnyelő (a) fogasszíjhajtás DC motorral tervének vázlata [88]; (b) fogaskerék-hajtás összeállításának 3D nézete; (c) fogaskerék-hajtás felülnézetből

3.15. 88. oldal: A 4.3.2 fejezetből nem derül ki, hogy a mérések során használtak aktív szabályozót, vagy nem.

A 4.3.2 fejezetben nem használtunk aktív szabályozót. Itt csak a modell szabályozó nélküli statikus és dinamikus viselkedését vizsgáltuk. Statikus viselkedés esetén egy koncentrált erőt alkalmaztunk a vezetékek egy adott pontjában, és az ennek következtében kapható elmozdulást hasonlítottuk össze. Dinamikus viselkedés esetén pedig ezt a koncentrált erőt eltávolítottuk, és az ezt követő lengés esetén a kezdeti csúcspontot hasonlítottuk össze. További részletek a Kollár, 2023 ([63]-as hivatkozás az értekezésben) publikációban találhatóak.

3.16. 93. oldal: A numerikus számításokban (pl. 4.16, 4.17 ábrák) konkrét  $P$  és  $D$  értékeket használt. Ezek egy meglévő szerkezet adatai, vagy fiktív értékek? Érdemes lett volna pár sort szentelni a megvalósíthatóságnak is, milyen szerkezetet és hogyan rögzítene a távvezetékre?

A numerikus számításokban használt  $P$  és  $D$  értékek nem meglévő szerkezet adatai, hanem a dinamikus viselkedés vizsgálatához választott alkalmas értékek. Jogosan merül fel a kérdés a megvalósíthatósággal kapcsolatban, de ezek jelenleg is futó projektek feladatai. A 3.14 pontra adott válasz említ lehetséges megvalósítási ötleteket, ill. egy legyártott szerkezetet is, de egyrészt ezek kisméretű laboratóriumi modellel alkalmazhatók, másrészt a szabályozás még ott sem volt tesztelve. A kutató munka fő lépései közül az első volt az, hogy beláttuk, elméletileg működik a szabályozás, a következő lépés a megvalósítás laboratóriumi körülmények között, majd ha ez is működik, akkor következhet a megvalósítás valós méretű távvezetéken.

### Válasz a tézisek értékelésére

Bíráló megjegyzi, hogy a tézisek szokatlanul terjedelmesek. A 2. 3. és 4. fejezet mindegyikének végén 2-2 tézis szerepel, és arra figyeltem, hogy a 2 tézis együttesen ne legyen hosszabb 1,5 oldalnál. Az igaz, hogy a tézisfüzetben a tézisek hosszabbak, de ott a tézisek kibővített verziója található, esetenként ábrákkal vagy egyenletekkel.

Az 1. tézisben megfogalmazott *"The two-phase flow model verifies these two conditions in each collision case"* kifejtését bíráló hiányolja a dolgozatban. Ez a mondat a 2.1.3 fejezetre utal, ami az ütközések lehetséges kimeneteleit tartalmazó összetett modellt írja le. Ennek második paragrafusában szerepel, hogy *"Firstly, it is ascertained whether coalescence after minor deformation occurs using conditions (2.11) and (2.18)."* Tehát itt történik a két feltétel ellenőrzése, majd az ezt követő szöveg szól arról, hogy mi történik a feltételek teljesülése vagy nem teljesülése esetén. A mondat alábbi átfogalmazása talán pontosabban kifejezi ezt. *"The two-phase flow model verifies these two conditions in each collision case to ascertain whether coalescence after minor deformation occurs"*.

A 2. tézis részben tartalmazza azt az elméleti és kísérleti modellt, amivel a jegesedést okozó felhő tulajdonságainak változását lehet meghatározni. Az elméleti modellben több olyan komponens szerepel, ami önmagában nem új tudományos eredmény, viszont újdonság azok együttes alkalmazása egy új modellben, a modell kísérleti validálása, és alkalmazása gyakorlatban előforduló esetekre. Másrészt fontos eredmény a modell alkalmazása két alapvetően különböző, de a gyakorlatban gyakran előforduló jegesedési körülmény esetére, ami a vizsgált jegesedési körülmények jellemzésére alkalmas.



A 3. tézis azért említ harmadfokú feszültség-alakváltozás kapcsolatot, mert a vezeték keresztmetszetét állandónak feltételeztük, így gyakorlatilag a feszültség-alakváltozás és erő-elmozdulás kapcsolatok jellegre hasonlóak. Mivel a 3. tézisben a (3) egyenlet az erő-elmozdulás kapcsolatot mutatja, a pontosabb megfogalmazás érdekében a feszültség-alakváltozás kifejezések átírhatók. *„Egy harmadfokú erő-elmozdulás kapcsolat veszi figyelembe a távtartók karjának viselkedését, amelyek elfordulhatnak egy csukló körül egyre növekvő ellenállással szemben egy határértékig. Ezután a távtartó karja csak alakváltozás esetén mozdulhat tovább, amit egy lineáris erő-elmozdulás kapcsolat jellemez.”*

A 4. tézisben a jéglehullási folyamatok modellezésére alkalmazott módszer valóban az ADINA szoftverben van megvalósítva, és valószínű, hogy más szoftver alkalmazása esetén nem vagy másképpen lehetne modellezni ezeket a folyamatokat. Viszont az új tudományos eredmény alatt az eltérő jéglehullási folyamatoknak a különböző tehereltávolítással való modellezését értem, és nem annak a numerikus megvalósítását vagy az ADINA-ban való beállításokat. Továbbá része a tézisnek az is, hogy milyen hatása van a fázisok közötti távtartók alkalmazásának a különböző jéglehullási folyamatok során kialakuló lengések csillapításában.

Az 5. tézishez tett megjegyzéssel egyetértek, a szabályozás valóban a vezeték függőleges irányú lengéseinek csillapítására volt alkalmazva. Ezt a tézis első és nyolcadik mondatába lehet belefoglalni: *„Egy aktív szabályozási módszert dolgoztam ki, ami sikeresen csillapítja egy vezeték függőleges irányú lengését a szabályozás alkalmazásának pozíciójában. ... A fent leírt szabályozási módszer sikeresen csökkenti a függőleges irányú lengések kezdeti kitérés csúcsát és amplitúdóját nagy frekvenciájú, kis amplitúdójú lengések esetén, amelyek a szél okozta lengések egyik nagy csoportját is jellemzik.”* Továbbá a második paragrafus második mondatában: *„Ezzel a lengésszabályozás alkalmazhatóvá válik a vezeték nagy amplitúdójú függőleges irányú lengésének csillapítására is.”*

A 6. tézisre vonatkozóan köszönöm bíráló pozitív értékelését.

Szombathely, 2024. július 24.



Dr. Kollár László