

Pannon Egyetem
Zalaegerszegi Egyetemi Központ
Mechatronikai Képzési és Kutatási Intézet

8900 Zalaegerszeg, Gasparich Márk u. 18/A
+36204402493
mester.sandor@mk.uni-pannon.hu

Válasz Dr. Horváth Péter opponensi véleményére

Köszönöm opponensemnek a dolgozat alapos áttanulmányozását, pozitív észrevételeit és a konstruktív kritikát. Az alábbiakban szeretnék válaszolni az opponensi kérdésekre:

„Megjegyzendő, hogy a 3.11 képlet zárójeles tényezője vélhetően elírás következtében hibás lett, helyesen $\left(\frac{1}{1^4} + \frac{1}{2^4}\right)$.”

A képlet sajnos valóban hibásan lett leírva a disszertációban, az opponensi véleménynek megfelelően a számítások a jó egyenlettel készültek.

„A számítást elvégezte periodikusan váltakozó méretű elemekből álló bidiszperz láncra is, hasonló metodikával. A számításokból levont következtetések helytállóak. Ugyan arra nem kapunk információt, hogy a láncban ébredő erő állandó-e, vagy a lánc hossza mentén változik-e?”

A láncban ébredő erő végtelen hosszú lánc esetén nem változik a lánc hossza mentén monodiszperz vagy bidiszperz lánc esetében. Végese hosszú láncoknál a láncban ható teljes erőt vizsgáltam egyre növekvő elemszám esetén, ám ahogyan megjegyeztem, ez a számítás nem veszi figyelembe a lokális térerősség változását. A lokális erőter változását ismerttettem monodiszperz és bidiszperz lánc esetében is. Az erő értéke az indukált dipólusmomentumon keresztül függ a helyi térerősségtől, így az erő értéke is változik a véges lánc mentén.

„Az elsőként tárgyalt egytárcsás tengelykapcsoló rajzát nem közölte a szerző.”

Az egytárcsás tengelykapcsoló sematikus felépítési rajza a K3 jelölésű, „Magnetoregolóiai tengelykapcsoló nyomatékviteli időállandójának vizsgálata” című publikációban volt közzéadva. (Barabás, István (szerk.) XXVII. Nemzetközi Gépészeti Konferencia OGÉT 2019, Erdélyi Magyar Tudományos Társaság (EMT), (2019) pp. 348-351., 4 p. Nagyvárad, Románia, 2019. április 25-28.)

„Ha már áttétel alkalmazására kényszerült, akkor a nyomatékot mérhette volna egy erőmérő cellára támaszkodó merev karral is.”

Az eredeti célok szerint a tengelykapcsoló nem került volna rögzítésre, dinamikus fékezés vizsgálata is szerepelt a feladatok között. Ez utóbbi esetben az erőmérő cella nem lett volna megfelelő, így az adott nyomatékmérő cellát alkalmaztam.

„Talán kitérhetett volna arra, hogy a tengelykapcsoló fordulatszáma miért befolyásolja az időállandó értékét?”

A folyadékok bevezetésénél említettem, hogy a térerősség növekedésével a MR folyadékok struktúrája változik (pár, lánc, tömb képződés) nyírás nélküli rendszerben. A forgási sebesség növelése egyre nagyobb nyírást jelent – az időállandót (a folyadék összetételén kívül) ezen két folyamat versengése határozza meg. Adott fordulatszámnál a térerősség növekedése a láncok gyorsabb felépülését eredményezi, így az időállandó csökken.

„A tengelykapcsolók konstrukciós tervezése során a tömítések megoldása helyesen lett kivitelezve, ugyanakkor a mágneskör helyes kialakítására kevés gondot fordított. A külső felületen a mágneses erővonalak a levegőben záródnak, így a mágneskör reluktanciája indokolatlanul megnő, a gerjesztés nincs kihasználva. A fluxusvezető alkatrészek keresztmetszetei között igen nagy különbségek vannak, ezért helyi telítődés léphet fel. Egy mágneses szimuláció rámutatott volna a mágneskör gyenge pontjaira.”

A levegőben záródó mágneses erőter ellenére a többtárcsás tengelykapcsoló a kitűzött, és tervezett 10 Nm-es átviteli nyomatékot elérte, így nem tartottam szükségesnek a teljesen zárt mágneskört, mely még robosztusabbá tette volna a mágneses részt. A két fluxusbevezető keresztmetszete közötti különbség a mágneskör belső, dolgozó részén lévő légrés minimalizálása érdekében, illetve a kimeneti/bemeneti oldal összekapcsolása miatt lett így kialakítva.

„A többtárcsás tengelykapcsolón végzett első mérések ugrásfüggvény gerjesztéssel készültek, azonban a szíjjáttételes mérés következtében olyan nagy lengések mutatkoztak a mért nyomatékban, melyek nem tették lehetővé exponenciális függvény illesztését. Az 5.14 ábrán az illesztési kísérletből 100ms alatti időállandó becsülhető, ami szakirodalmi forrásokkal egybevetve reális érték. A mérési pontok mozgó átlagolásával a gyors lengések leszűrhetők lettek volna a hasznos jelről, és akkor az egytárcsás tengelykapcsolónál alkalmazott kiértékelési eljárást lehetett volna alkalmazni.”

Az exponenciális függvény illesztése valóban lehetőség lett volna egy megfelelő szűrési eljárás után a kiértékelésre, azonban a rámpafüggvény módszert ki szeretnénk próbálni dinamikai rendszerek esetén, mivel nem mechanikai rendszerben a módszert már sikeresen alkalmaztuk. [Lásd: B. Horváth, P. Decsi, I. Szalai, Measurement of the response time of magnetorheological fluids and ferrofluids based on the magnetic susceptibility response, J. Intell. Mater. Syst. Struct. (2021). <https://doi.org/10.1177/1045389X211038697>]

„A ramp gerjesztésű rendszer időkéésének elvi kiértékelésére tett megjegyzései helyesek, a válaszfüggvények alakja is helyes. Ugyanakkor a mérésekkel meghatározott másodperc nagyságú időkéések túl nagyok, nem követik a szakirodalmi adatokat, sőt az azonos körülmények között mért és az 5.14 ábrán közölt időkéésnél is sokkal nagyobbak. Jó lett volna, ha sikerül felismerni ezt az ellentmondást és magyarázatot keresni rá. Mivel az időbeli különbség a gerjesztés módjának megváltoztatása során vált nyilvánvalóvá, ezért talán itt kellene keresni a magyarázatot. Talán ha a többtárcsás tengelykapcsolónál is rendelkezésre állt volna egy beépített Hall szenzor, akkor azzal korrektül lehetett volna ellenőrizni a ramp gerjesztés időbeli lefutását.”

Az ugrásfüggvény gerjesztés alapján meghatározott időállandó és a rámpagerjesztés alapján meghatározott késleltetési idő nem feleltethető meg egymásnak közvetlenül: a gerjesztés is egyik esetben maximális mágneses térerősséggel (ugrásfüggvény), másik esetben mágneses tér időbeli változásával, meredekséggel (rámpafüggvény) van megadva. A kettő különböző időskála közötti matematikai összefüggés újabb mérésekkel lenne meghatározható, amire a disszertáció már nem terjedt ki.

A mágneses tér áramerősség-függését csak stacionárius állapotban, állandósult áramerősség mellett határoztuk meg, azonban a tér dinamikus felépülését nem tanulmányoztuk. A többtárcsás rendszerben a mágneses folyadék inhomogenitása jóval nagyobb, mint egytárcsás esetben, valamint az átmágnesezendő alkatrészek vastagsága lényegesen befolyásolhatja a válaszütemet. Az így számított késleltetési idő így sajnos lényeges eltérést mutat az egytárcsás esetben mért időállandótól. A többtárcsás tengelykapcsoló tervezésének célja az átvihető nyomaték növelése volt, a robosztus kivitel azonban az időállandót sajnos negatív irányba befolyásolta.

Zalaegerszeg, 2023. május 26.

Mester Sándor
tanársegéd
PE-MKKI