

Opponensi vélemény

Mester Sándor: Elektoreológiai és magnetoreológiai fluidumok szerkezete és mechatronikai alkalmazásai

című PhD dolgozatáról

A dolgozat 102 oldal terjedelmű, 116 felhasznált irodalmat, 58 ábrát és 1 táblázatot tartalmaz.

A dolgozat aktuális, korszerű témával, intelligens anyagokkal és azok műszaki alkalmazásával foglalkozik. A dolgozat a szakirodalomban is kutatott három fő területre koncentrált: az elektoreológ (ER) folyadékban kialakuló láncokban ébredő erőre, az ER folyadék viszkozitásának hőmérséklettől, koncentrációtól és elektronos erőterétől való függőségére, valamint a magnetoreológ (MR) tengelykapcsoló szerkezeti kialakítására és nyomatékviteli időállandójának meghatározására. Bár a felsorolt területek mindegyike sok megoldandó feladatot tartogat, talán mégis célszerűbb lett volna az ER vonalon végighaladni és elektoreológ tengelykapcsolót vizsgálni. A dolgozat célkitűzései jó arányban tartalmazznak elméleti, mérési, tervezési, gyártási feladatokat. Ezek megoldása hozzájárulhat az ER és MR folyadékok szélesebb körű alkalmazásához.

A dolgozat két jól elkülönülő, arányos részre tagozódik: irodalom feldolgozásra és saját kutatási munka ismertetésére.

A dolgozat alapos irodalmi áttekintéssel kezdődik, a kutatási célokat szem előtt tartva. Ebben a részben taglalja az ER folyadékok felépítését, összetételét, tulajdonságait, alkalmazási lehetőségeit a szakirodalom kritikai elemzésével. Hasonló szempontok szerint tárgyalja az MR folyadékokat is. Rövid reológiai összefoglalást követően a folyadékok viszkozitásának hőmérsékletfüggésére kidolgozott elméleteket ismerteti, melyek kiindulópontul szolgálnak a további vizsgálataihoz.

Ezt követően kutatásainak másik területét, a tengelykapcsolók fajtáinak ismertetését végzi el. A közölt ábrán a tengelykapcsolók csoportosítása feltehetően nem a legkorrektebb irodalmi forrásból származik, mivel az oldható kapcsolók alakzáró és merev felosztása nem teljes. Ugyanakkor az ismertetett tengelykapcsolók között nem szerepelnek azok az oldható tengelykapcsolók, melyeknek hasonló az alkalmazási területük, mint a későbbiekben

vizsgálendő MR tengelykapcsolóknak. Így jó lett volna foglalkozni az Ortlinghaus (olajos lemezes, oldható) és az elektromágneses lemezes tengelykapcsolóval, melyek szerkezetileg és alkalmazási körük tekintetében is vetélytársai az MR tengelykapcsolónak. A 2.13 ábrán bemutatott Periflex tengelykapcsoló kevésbé érthető módon kapott kitüntetett szerepet. Ebben a részben mutatja be a dolgozathoz kapcsolódó ER és MR tengelykapcsolók ismert kialakításait számos irodalmi forrás alapján. Dicséretesen megtalálta Lampe alapvető munkáját, mely a nyomaték számítását foglalja össze részletesen.

A dolgozat kutatási része, - a saját munka - az ER folyadék véges hosszúságú részecskeláncaiban fellépő erők számításával kezdődik. Végtelen hosszú láncra ismertek az erő számítására vonatkozó modellek és összefüggések, melyek ismertetésre kerülnek. A jelölt nagyon szépen felépített modell alapján véges elemszámú láncban ébredő erő számítására vezetett le összefüggést, melynek helyességét határátmenettel igazolta végtelen elemszámú láncnál ismert esetre. A levezetés során a jelölt bizonyította alapos matematikai ismereteit. 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 későbbiekben már a helyes összefüggéssel számol tovább. 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 kapott eredmények gyakorlatban is alkalmazhatók ER folyadékok jobb összetételének kialakítására, illetve az ER eszközök résméretének optimális megválasztására. Hasonlóan értékelendők a bidiszperz láncban a dielektromos állandó külső erőter hatására történő változására irányuló számításai is.

A kutatási fejezet második fő része az ER folyadék viszkozitásának meghatározása fókuszál különböző hőmérsékleteken, elektromos térerősségeken, és különböző koncentrációk esetén. A hőmérséklet hatását leíró ismert összefüggést eredményesen terjesztette ki erre az esetre. A jelölt több saját készítésű, különféle koncentrációjú ER folyadékkal végzett igen kiterjedt mérésorozatot, melyek eredményeit grafikonokon ábrázolta. A mérési pontokra $\eta(E,T)$ kétváltozós függvényeket illesztett, az illesztés jóságát statisztikai módszerrel ellenőrizte. Az analitikus függvények a későbbi termikus vizsgálatban nyerne alkalmazást.

Ezt követően tér rá egy, a gyakorlat számára fontos kérdés, az ER tengelykapcsolóban alkalmazott ER folyadék melegedésének vizsgálatára. Az ER folyadékban fellépő energiavesztés számítására egy irodalmi forrás zavaros és nem logikus sorrendben felírt (4.4)-

(4.10) képleteit ismerteti, melyeket saját munkával sokkal egyszerűbben és érthetőbben is megkaphatott volna. A folyadék hőmérsékletének változását leíró differenciálegyenletet numerikusan és analitikusan is megoldotta. Az analitikus megoldás nagyon látványos, erőssége a dolgozatnak. A folyadék hőmérsékletének vizsgálata közben ugyan megemlítésre került, hogy a teljes energiaveszteség a folyadék hőmérsékletét növeli, ugyanakkor ez a feltételezés nem életszerű, mivel a tengelykapcsoló külső felületén a környezetnek hő adódik át, így beáll egy állandósult hőmérséklet. Mivel azonban nem az ER tengelykapcsoló vizsgálata volt a fő feladat, így a folyadék hőmérsékletváltozására nyert megállapításai helyesek. A feltárt összefüggések alkalmazhatók más kutatók számára is, teljes tengelykapcsoló termikus vizsgálata során.

A kutatási rész harmadik fő része a MR tengelykapcsoló kérdéseivel foglalkozik. A jelölt megvalósított egy egytárcsás és egy többtárcsás tengelykapcsolót, melyek nyomaték-átviteli tulajdonságait vizsgálta fék üzemmódban. A kis fordulatszámokon végzett vizsgálatok a feltehetően korlátozott lehetőségek miatt akceptálhatóak, bár megjegyzendő, hogy a tengelykapcsolók szokásos fordulatszáma a gyakorlatban legalább egy nagyságrenddel nagyobb.

Az elsőként tárgyalt egytárcsás tengelykapcsoló rajzát nem közölte a szerző. A nyomaték mérésére-szíjáttételt alkalmazott a tengelykapcsoló és a nyomatékmérő szenzor között, mivel nem állt rendelkezésre megfelelő méréshatárú mérőeszköz. Ez a rugalmas áttétel azonban kedvezőtlenül befolyásolta a rendszer dinamikáját és a mérési eredmények kiértékelését. Ha már áttétel alkalmazására kényszerült, akkor a nyomatékot mérhette volna egy erőmérő cellára támaszkodó merev karral is. Ennél a tengelykapcsolónál a hiba még alig jelentkezett (csupán kis túllövés látható a görbéken), ezért az ugrásfüggvény gerjesztésű rendszer átmeneti függvényére még lehetett exponenciális görbét illeszteni. A 12 mérés átlagából képzett eredmények és az azokból levont következtetések helytállóak. Talán kitérhetett volna arra, hogy a tengelykapcsoló fordulatszáma miért befolyásolja az időállandó értékét? Az egytárcsás tengelykapcsoló esetében mért nyomaték-átvitelt jellemző időállandó a szakirodalmi adatokkal összhangban van. Az automatizált mérési eljárás kidolgozása, a mérések végrehajtása és kiértékelése értékes része a dolgozatnak.

Az átvihető nyomaték növelése érdekében egy többtárcsás, működőképes tengelykapcsoló is megvalósításra került, ami jelentős műszaki kihívásnak számít. Az 5.10 ábra jól szemlélteti a szerkezet felépítését, ugyanakkor a géprajzi szabályokra jobban kellene ügyelni

(vonaltagságok, sraffozási irányok, tengelyvégek, stb.). 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. Az 5.12 ábra a teljes mérőrendszert ábrázolja. A hajtó oldalon a motor rajza hiányzik, egy felismerhetetlen alkatrész mintha rögzítené a tengely végét. A közölt fényképről azonban már kiderül a rendszer felépítése. Itt kritizálható még a hajtó és hajtott tengelyek csapágyazásainak túlhatározottsága. Ugyanakkor rá kell mutatni, hogy egy olyan összetett mechanikus, villamos rendszer, mint a magnetoreológ tengelykapcsoló prototípusának megvalósítása első lépésben sosem lehet tökéletes. A szerkezet működőképessége önmagában is elismerésre méltó. Ugyancsak említésre méltó az automatizált mérőrendszer kialakítása.

A többletárcsás tengelykapcsolón végzett első mérések ugrásfüggvény gerjesztéssel készültek, azonban a szíjjáttételes mérés következtében olyan nagy lengések mutatkoztak a mért nyomatokban, 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 jelekről, és akkor az egytárcsás tengelykapcsolónál alkalmazott kiértékelési eljárást lehetett volna alkalmazni. A szövegben helyesebb lett volna az időállandó és időkésés fogalmakat definiálni és megkülönböztetni, majd egységesen használni. Dicséret illeti viszont a ramp gerjesztés alkalmazását a zajos jelek kiértékelése érdekében. A ramp gerjesztésű rendszer időkésésének elvi kiértékelésére tett megjegyzései helyesek, a válaszfüggvények alakja is helyes. Ugyanakkor a mérésekkel meghatározott másodperc nagyságú időkésések túl nagyok, nem követik a szakirodalmi adatokat, sőt az azonos körülmények között mért és az 5.14 ábrán közölt időkésésnél 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 többletárcsás tengelykapcsolónál is rendelkezésre állt volna egy beépített Hall szenzor, akkor azzal korrektül lehetett volna ellenőrizni a ramp gerjesztés időbeli lefutását. Ugyanakkor a fordulatszám, időkésés, gerjesztés, nyomtér kapcsolatára levont kvalitatív megállapításai helyesek.

A jelölt a dolgozat eredményeit három tételben foglalt össze. Mindegyik tételhez a jelölt egy-egy konferencia cikke és egy folyóiratcikke tartozik. Az első két tétel változatlan formában új tudományos eredményként fogadható el. A harmadik tétel kvalitatív eredményei már részben ismertek az irodalomban. A harmadik tétel 2. pontja azonban új eredményként fogadható el.

A dolgozat általános jellemzőiként elmondható, hogy a jelölt becsületes, alapos munkát végzett. Aktuális témát választott, a dolgozatban bizonyította elméleti felkészültségét, valamint a kutatás gyakorlati kérdéseiben, a mérésekben való jártasságát is. A dolgozat szerkezeti felépítése világos, jól tagolt. Nyelvezete érthető, jó stílusú, olvasmányos, a szakkifejezéseket helyesen használja. A dolgozat külső megjelenése igényes munkáról tanúskodik, táblázatai, ábrái világosak. Az irodalmi hivatkozások szabályosak, számuk elegendő.

A PhD disszertációt **elfogadásra javaslom.**

Győr, 2023. 05. 15..



Dr Horváth Péter

egy. doc.

Széchenyi István Egyetem