

Válasz Dr. Nagy Sándor opponensi véleményére

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

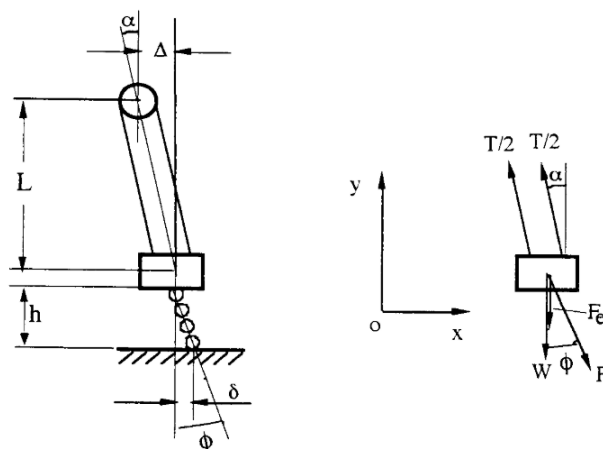
1. fejezet

1.) Mi a jelölt elképzelése arról, hogyan tudta volna mérni vagy valamilyen módon ellenőrizni a fejezetben megadott összefüggések helyességét, gondolva akár az erőkre, akár a helyi térerősségekre, akár a dielektromos állandóra?

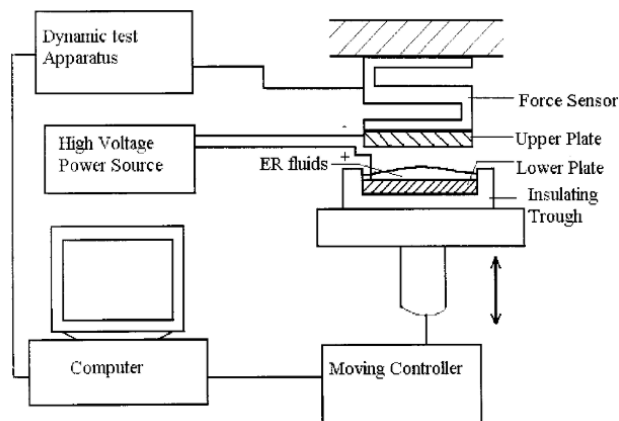
Véges lánc esetén lehetséges minimális rés kialakítása, amivel a véges láncban ható erőre vonatkozó összefüggés ellenőrizhető. Az erő mérésére Wu és munkatársai dolgoztak ki (akár egy részecskelánc tanulmányozására is alkalmas) módszert, melynek lényegét az 1. ábra mutatja [1]. Itt a láncra ható nyíróerő (F_s) számítható a

$$F_s = (W + F_e) \tan \frac{\alpha}{1 - \tan \frac{\alpha}{\gamma}}$$

egyenlettel, ahol W az inga végén lévő súly súlyereje, F_e az súlyon ható elektrosztatikus erő és $\tan \phi = \gamma = \delta/h$. Az mérés során Δ kitérést mérték, amiből $\tan \alpha = \Delta/L$. F_e elektrosztatikus erőt bronz tartóra helyezett nyúlásmérő bélyegekkel mérték.



1. ábra Wu és munkatársai által alkalmazott mérési elrendezés elve és az aktív erők [1]

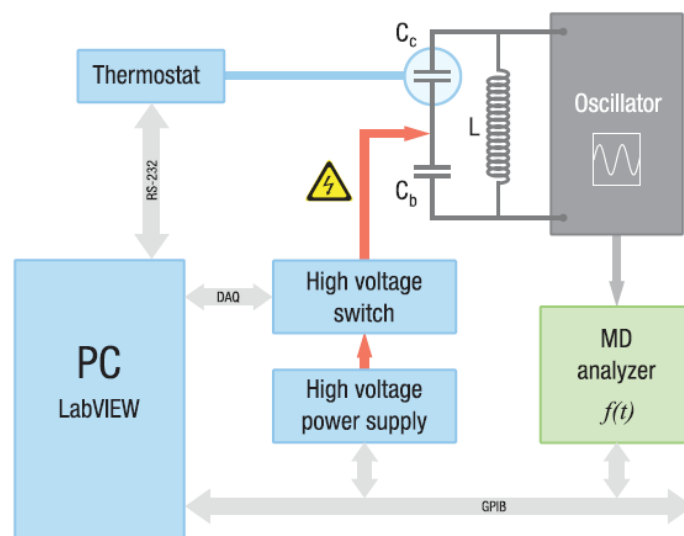


2. ábra Tian és munkatársai által alkalmazott mérési elrendezés elve [2]

Y. Tian és munkatársai egy másik elrendezésben mérték az ER folyadék láncában ható erőt [2]. Mérési elrendezésük sematikus ábráját mutatja a 2. ábra. Az elektromos erőter jelenlétében helyezett ER fluidum alatt és felett elhelyezett elektródák egyike mozgatható, míg a másik egy erőmérőn keresztül csatlakozik a vázhoz, így közvetlenül mérhető az erő.

Egy harmadik, elvi lehetőség lenne az erő mérésére, ha az ER folyadék elektronmikroszkópi megfigyelése során a láncot alkotó egyik részecskét meghatározott energiájú fénnyel besugároznánk (lézer). Ekkor a besugárzott energia és a részecske kitérésének mértékéből számítható a láncban ható erő.

A dielektromos állandó változása Horváth B. és Szalai I. által kidolgozott mérési módszerrel mérhető [3]. A mérési elrendezés elvét a mutatja. A dielektromos állandó változását egy LC oszcillátor frekvenciájának megváltozása alapján lehet számítani. A mintát a C_c -vel jelölt tárcsa tartalmazza, mely L induktivitással együtt alkot egy oszcillátort. A minta dielektromos állandójának változása a frekvencia változásával jár, ami így mérhető lesz.



3. ábra Dielektromos állandó változásának mérési elve [3]

2.) Talán túl messzire vezet a kérdés, de mit gondol a jelölt, milyen következményei lennének az eredményekre annak, ha a részecskéknek permanens dipólusmomentuma is lenne?

Permanens dipólusmomentummal rendelkező részecskék esetén a láncban ható erőt az arra felírt energiaegyenlet negatív távolság szerinti deriválásával kapható meg [4]. Az energiaegyenlet:

$$U_c(N) \sim -2 \frac{m^2}{d^3} \left(\zeta(3)N - \frac{\pi^2}{6} \right),$$

ami a monodiszperz láncban ható erőre általunk alkalmazott eredménnyel megegyezik. Így a permanens dipólusláncban lévő egyetlen részecskére ható erő egyenlő a polarizált láncban lévő megfelelő erővel, ha a dipólusmomentumok azonosak.

Amennyiben a permanens és indukált dipólusmomentummal is rendelkező részecskéket tekintünk, az indukált dipólusmomentum a permanenshez adódik, így alkotva a teljes dipólusmomentumot. Szélsőséges esetben, ha egyik dipólusmomentum sokkal kisebb a másiknál, elhanyagolható a hatása.

2. fejezet

1) A fent említett paraméterek a jelölt szerint mennyire univerzálisak? Hogyan használhatja ezeket a paramétereket egy olyan személy, aki más elektoreológiai folyadékot használ? Tud ezekből valamire következtetni, vagy az ő folyadékára el kell végeznie egy új mérésorozatot?

A disszertációban bemutatott mérések alapján a formula jól használható az elektoreológiai folyadék viszkozitásának leírására (a formulák matematikai alapjai fizikai alapokon nyugszik) a hőmérséklet és a térerősség függvényében. Az így nyert paraméterek a vizsgált folyadékokra (három különböző koncentráció, melyeknek a paraméterei már eltérnek egymástól) vonatkozik, más folyadékokra a méréseket ismételten el kell végezni a paraméterek megismeréséhez.

2) A külső tér által bekövetkező viszkozitás növekedése nem tűnik túl nagynak. Mit gondol a szerző, alkalmas lehet ez az effektus arra, hogy valóban tengelykapcsolókban használhassák?

Igen, a megfelelő folyadékkal és tengelykapcsoló kialakítással alkalmas lehet tengelykapcsolókban való alkalmazásra az elektoreológiai folyadék, mint ahogy azt több

kutatás is jelzi [5,6]. A mérésekben alkalmazott rendszer egy modell rendszer, ipari körülmények esetén nagyobb hatást eredményező ER folyadék alkalmazható (pl.: [7]).

3. fejezet

1) Miért van ekkora különbség az időállandók között az egy- és többtárcsás esetben? Vajon milyen eredményt kapott volna a jelölt, ha az egytárcsánál is rámpafüggvényt használ gerjesztésnek?

A többtárcsás tengelykapcsoló nagyobb nyomatékátviteli időállandója több mechanizmusból tevődik össze. Annak ellenére, hogy a mérés statikusan történt, a rendszer tökéletlenségének (tengelycsavarodás, szíj megfeszülése, csapágysúrlódás megváltozása) hatására kis mértékű rotáció történik, így a tárcsák nagy tehetetlensége növeli az időállandót (mechanikus időállandó), valamint a forgó rész tehetetlensége is szerepet játszik az időállandó növelésében. Az eddig említetteken kívül még a jelen lévő folyadékrétegek és tárcsák átmágneseződése több időt vesz igénybe, mint egyetlen folyadékréteg esetén.

2) Feltételezhető, hogy a nagyobb nyomatékátvitel kedvéért a többtárcsás technológia az előnyösebb. Ez esetben nem túl nagy a néhány másodperces kapcsolási idő?

A kapcsolási időállandó néhány másodperces nagyságrendje a felhasználási céltól függően elfogadható lehet, amennyiben a változtatható nyomatékátvitel nem követeli meg a gyors reagálást. Ez az ipari berendezéseknél lehet jellemző, míg gyors reagálást igénylő rendszerek, pl. járműipar esetén már hátrányt jelenthet a túl hosszú kapcsolási idő. A többtárcsás tengelykapcsoló tervezésének célja az átvihető nyomaték növelése volt, a robosztus kivitel azonban az időállandót sajnos negatív irányba befolyásolta.

Zalaegerszeg, 2023. május 25.

Mester Sándor
tanársegéd
PE-MKKI

Irodalmi hivatkozások

- [1] C.W. Wu, Y. Shen, X. Tang, H. Conrad, Conductivity and force between particles in a model electrorheological fluid II: interaction force, *Int. J. Mod. Phys. B.* 10 (1996) 3327–3334.
- [2] Y. Tian, Y. Meng, H. Mao, S. Wen, Electrorheological fluid under elongation, compression, and shearing, *Phys. Rev. E - Stat. Physics, Plasmas, Fluids, Relat. Interdiscip. Top.* 65 (2002) 2–6. <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.65.031507>.
- [3] B. Horváth, I. Szalai, Structure of electrorheological fluids: A dielectric study of chain formation, *Phys. Rev. E - Stat. Nonlinear, Soft Matter Phys.* 86 (2012) 1–5. <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.86.061403>.
- [4] T.A. Prokopieva, V.A. Danilov, S.S. Kantorovich, Ground state microstructure of a ferrofluid thin layer, *J. Exp. Theor. Phys.* 113 (2011) 435–449. <https://doi.org/10.1134/S1063776111100062>.
- [5] The electrorheological friction clutch, *Ind. Lubr. Tribol.* 43 (1991) 3–4. <https://doi.org/10.1108/EB053412/FULL/XML>.
- [6] I. Musiałek, M. Migus, A. Olszak, K. Osowski, Z. Kęsy, A. Kęsy, G.W. Kim, S.B. Choi, Analysis of a combined clutch with an electrorheological fluid, *Smart Mater. Struct.* 29 (2020) 087006. <https://doi.org/10.1088/1361-665X/AB9FD7>.
- [7] Smart Technology Limited - Electro-Rheological (ER) fluid - Page 2, (n.d.). <https://www.smarttec.co.uk/erf2.htm> (accessed February 6, 2023).