

Gördülőelemes hajtómű elektromos járművekben történő alkalmazásának kutatása (témabemutató)

Óri Péter* Nagy András.**

*Széchenyi István University, 9026 Győr, Egyetem tér 1. Hungary
(Tel: 06 96 503-311; e-mail: ori.peter@sze.hu)

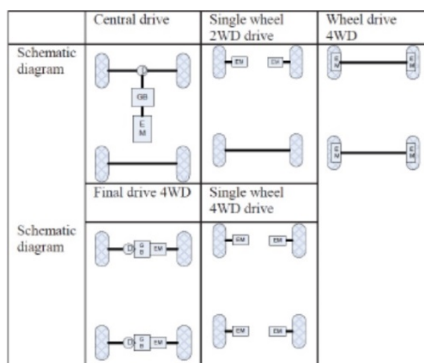
**Széchenyi István University, 9026 Győr, Egyetem tér 1. Hungary
(Tel: 06 96 503-311; e-mail: nagyandras914@gmail.com)

Abstract: A fenntartható közúti közlekedés egyik legnagyobb kutatási alapja az elektromos járművek további fejlesztési lehetőségei. Egy magyar szabadalomnak köszönhetően az elektromotorok és a járműkerekek fordulatszáma közötti különbség kompenzálására alkalmas, gördülőelemes hajtómű kutatására nyílt lehetőségünk. A gördülőelemes hajtómű geometriailag bármely tengelyelrendezésre és áttétel megvalósítására alkalmas, de gyakorlati alkalmazására még nem került sor. A Járműipari Kutató Központ és a Széchenyi István Egyetem kompetenciáinak, valamint az új hajtómű előnyeinek megfelelően elektromos jármű kerékagymotoros hajtásának lehetőségeit kutatjuk. A kezdeti eredmények arról tanúskodnak, hogy geometriai és szilárdságtani szempontból a hajtómű megfelel a vele szemben támasztott követelményeknek, így érdemes további kutatást végezni a témakörben. A szimulációs eredményeket és az elméleti összefüggéseket felhasználva egy olyan modellt kell felépíteni, mely felhasználható többcélú optimalizációs keretrendszerben. Mivel jelenleg nem állnak rendelkezésre olyan összefüggések, melyek ezt lehetővé tennék, ezért a kutatást a kinematikai és kinetikai modell elemeinek felépítésre és a modell validációja szeretnénk fordítani.

1. 1. INTRODUCTION

1.1 Elektromos hajtású járművek

Az elektromos járművekben alkalmazott hajtáselrendezések (1. ábra) között még nem alakult ki egy meghatározó trend, egyrészt az elektromos hajtású járművek lassú terjedése, másrészt az alkalmazások sokszínűsége miatt.

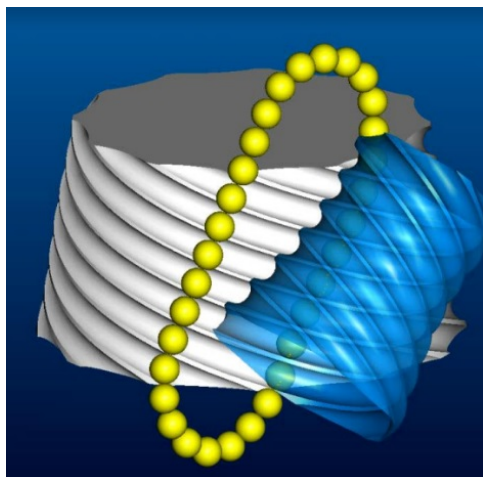


Ábra 1: elektromos járművekben alkalmazott hajtáselrendezések

A villamos forgógépek kétség kívül ideálisak a közúti járművek hajtására, de a motor és a hajtómű elrendezése, az áttételezés megválasztása nem evidens. Mindegyik elrendezés rendelkezik előnyökkel és hátrányokkal, ezért csak többcélú optimalizálás útján lehet az alkalmazáshoz legjobban illő elrendezést és motor-hajtómű párost kiválasztani.

1.2 Sincroll hajtóművek

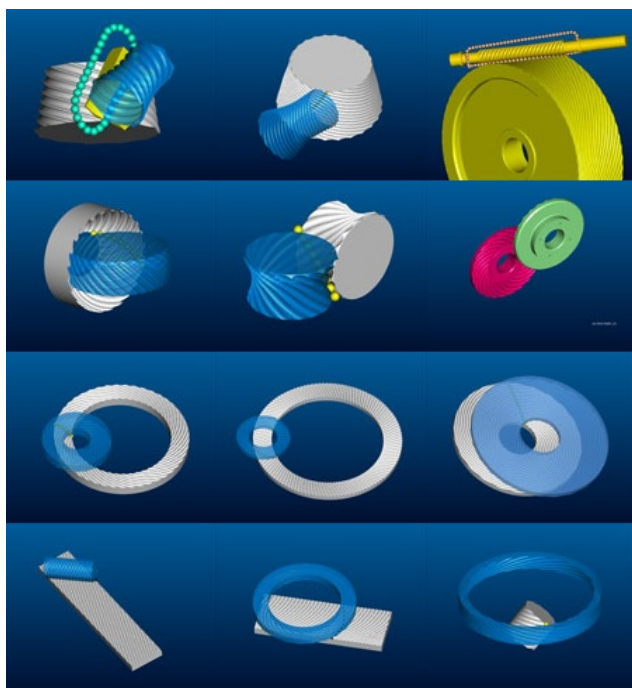
A Sincroll hajtóművek elméleti alapjait egy magyar fizikus, Bogár Pál fektette le, aki a mai napig a szabadalom tulajdonosa. A fogaskerekes hajtással ellentétben az új módszerrel gördülőelemes hajtást lehet biztosítani, ami jobb hatásfokot, kisebb ellenállást ígér. Működése leginkább a golyós orsós rendszerekhez hasonlít. Mind a hajtó és a hajtott oldalon található golyópályák, melyek együttesen determinálják a két pályában egyszerre jelen lévő golyó helyzetét és mozgását.



Ábra 2: a gördülőelemes hajtómű egy lehetséges elrendezése

A Sincroll hajtóművek a hagyományos, jelenleg elterjedt hajtóművekkel ellentétben nem tisztán geometria feladat eredményeként nyerik el végleges formájukat, ugyanis az igényelt áttételnek és tengelytávnak megfelelő geometria meghatározásához differenciál-egyenletrendszer megoldása vezet. A differenciál-egyenletrendszer egy adott problémára több megoldást is lehetővé tesz.

Szinte bármilyen tengelyelrendezés és tengelytáv megvalósítható a Sincroll hajtóművekkel, ráadásul az elméletben megvalósítható áttételek skálája végtelen.



Ábra 3: megvalósítható elrendezések, áttételezések

ezért minden olyan megoldás előrendelhető a fejlődésüket és elfogadottságukat, mellyel a hatótávolság növelhető. A gördülő kapcsolatnak köszönhetően a Sincroll hajtóművek elméleti hatásfoka jobb, mint a jelenleg alkalmazott megoldásoké.

A másik előnye, ami járműhajtásra alkalmassá és előnyössé teszi az, hogy egy lépcsőben nagy áttétel valósítható meg vele. Az elektromos forgógép és a jármű kerekének fordulatszámja közötti áttétel 7-12:1-hez is lehet, melyet fogaskerékes hajtóművek esetén csak két lépcsőben lehet megoldani a geometriai korlátok miatt.

Jelenleg nincs a technológiának járműhajtásokra alkalmazott kész megoldása, valamint a kinetikai leírás, a modell és a szilárdságtani elemzés sem áll rendelkezésre, ezért az alkalmazhatóságához kinetikai és szilárdságtani kutatást kellett végezni.

2. KERÉKAGYMOTOROS HAJTÁSELRENDEZÉS

2.1 Városi járművek

A Sincroll hajtóművek korábban felsorolt előnyeiket leginkább a kerékagymotor-hajtásban lehet kamatoztatni, ezért ezt a területet vizsgáltuk. A kerékagymotoros hajtás előnyös az utastér elrendezése és a csomagter használata szempontjából, viszont hátrányos a rugózatlan tömegek tekintetében. A jelenleg rendelkezésre álló akkumulátor-energiasűrűségeket figyelembe véve az elektromos autózás jelenleg a városokra és elővárosokra koncentrálódik, mely területeken a járműdinamikai megfontolásokban nem elsőrendű a jármű nagy sebességnél való viselkedése. A gondolatmenetet igazolja, hogy a piacon leginkább elterjedt elektromos járművek is ebben a szegmensben találhatók (Nissan Leaf, BMW i3, Fiat 500e, VW e-Up! stb.).

Az alkalmazás megválasztásakor figyelembe vettük a jelenleg elérhető kerékagymotoros hajtásokat is.

2.2 Egyszerű járműmodell

Az elektromos forgógép és a hajtómű együttes előtervezéséhez egy egyszerű járműmodellt építettünk fel, mely egy városi, hátsókerék-hajtású, kerékagymotoros járművet feltételez. A bemenő paramétereket, és a hozzájuk tartozó kimenő (kívánt) paramétereket az 1. táblázatban foglaltuk össze.

Mivel jelenleg az elektromos autók elterjedésének egyik akadálya a kis hatótávolság és az energiátartás problémája

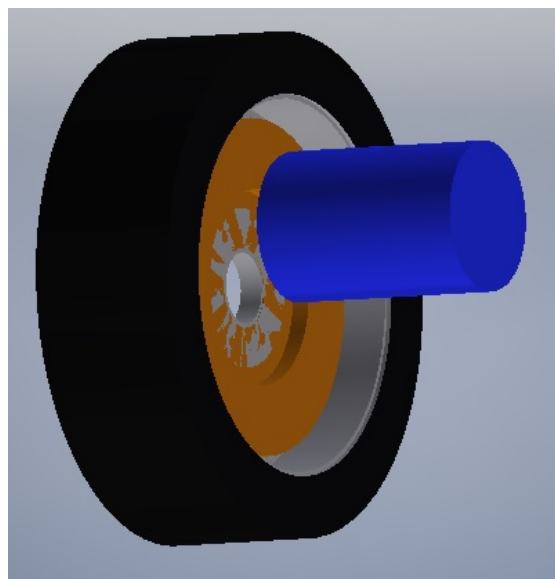
Táblázat 1. Egyszerű járműmodell paraméterei

Tulajdonság	Mennyiség	Mértékegység
Jármű tömeg	1700	kg
Kívánt gyorsulás	1	$m*s^{-2}$
Kívánt maximális sebesség	150	km/h
Motorok száma	2	-
Keréktárcsa átmérő	16	coll
Gumiméret	195/65 R16	-
Hajtómű áttétel	8	-
Motor kívánt nyomaték	44,4	Nm
Motor kívánt teljesítmény	47,2	kW
Motor max. fordulatszám	10160	min^{-1}

2.3 Tengelyelrendezési lehetőségek

Mivel a differenciál-egyenleteknek egy adott problémára végtelen sok megoldásuk van, ezért a vizsgálatokhoz készült modell elkészítéséhez le kellett szűkíteni a tengelyelrendezési lehetőségek számát, és a geometriai befoglaló méreteket meg kellett adni. Az értelmezhetőség szempontjából a golyók síkban való mozgásával előnyös, és az iparban is megszokott elrendezésnek számító párhuzamos tengelyek mellett döntöttünk.

Felmerült lehetőségként a kiterő tengelyek vagy merőleges tengelyek alkalmazása is, mivel ezek geometriailag megfelelőek a kerékgymotoros elrendezéshez, viszont a problémakör elemzése és a modell felépítése miatt előnyösebbnek tartottuk a síktárcsákat.



Ábra 4: a hajtómű párhuzamos tengelyű elrendezése

3. SZILÁRDSÁGTANI ELEMZÉS

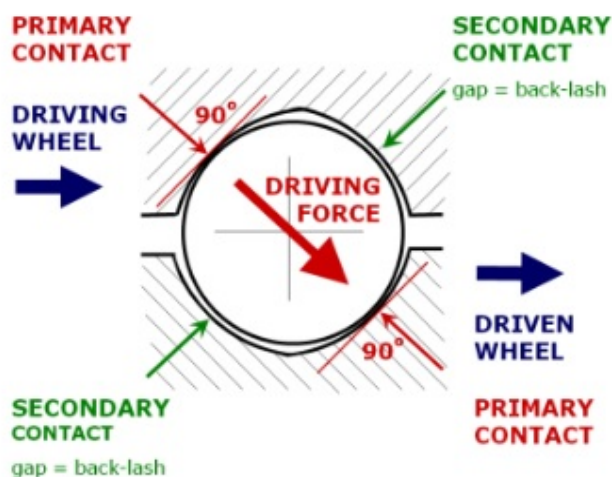
3.1 Szilárdságtani megállapítások

A Sincroll hajtóművek szilárdságtani tulajdonságait sok geometriai- és anyagjellemző befolyásolja. Ezek az alábbiak:

- tárcsák átmérője
- tárcsák anyaga
- golyópálya falvastagsága
- golyópálya geometriája
- golyók átmérője
- egyszerre működő golyók száma

A számításokhoz tartozó terhelést az egyszerű járműmodellből számolt paraméterekkel határoztuk meg.

A golyót érő erők a golyópályákból érkeznek, egyik tárcsából a golyón keresztül a másik tárcsára adódik az erőfolyam. A geometriából adódóan az erő mindig a golyó középpontján halad át.



Ábra 5: a golyót terhelő, a tárcsa hajtását végző erő

Az ábrából jól kivehető, hogy pontszerű érintkezés lép fel a golyó és a golyópálya között, ezért a szilárdságtani elemzés alapja a Hertz-feszültség számítása volt.

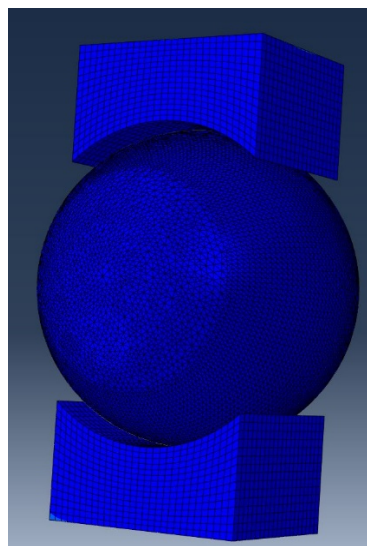
Egy modell felépítéséhez elengedhetetlenek az analitikus összefüggések, ezért először az elméleti számításokat végeztük el, majd azokat véges elem módszerrel is ellenőriztük.

3.2 Golyóméret meghatározása

A vizsgálathoz nem csak a tárcsák geometriai méretét volt szükséges meghatározni, hanem fel kellett venni egy referencia golyóátmérőt is, mellyel a számításokat el tudjuk végezni. A gépelemeknél szokásos Hertz-feszültség felső korlátot alkalmaztunk, így 6 mm átmérőjű golyókat vettünk alapul a modellben.

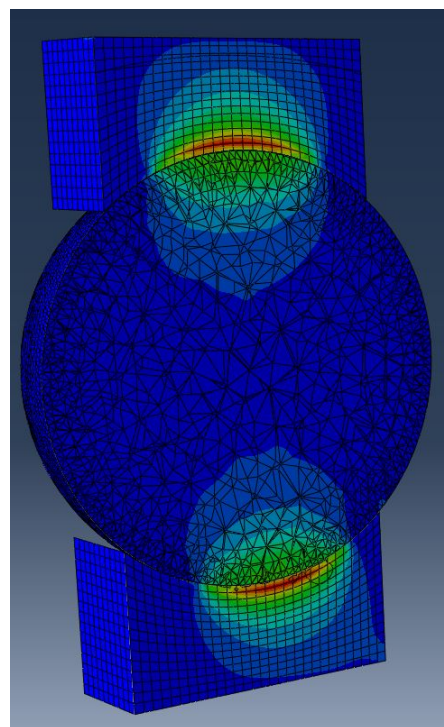
3.1 VEM-analízis a Hertz-feszültség ellenőrzésére

A Hertz-feszültség szimulálásához először egy megfelelő finomságú hálót kellett generálni. Így az első tesztek a megfelelő átlagos elemélméretre irányultak. Egy golyót két íves felületű hasáb közé helyeztünk, és ismert erővel terheltük.



Ábra 6: elemélméret teszt.

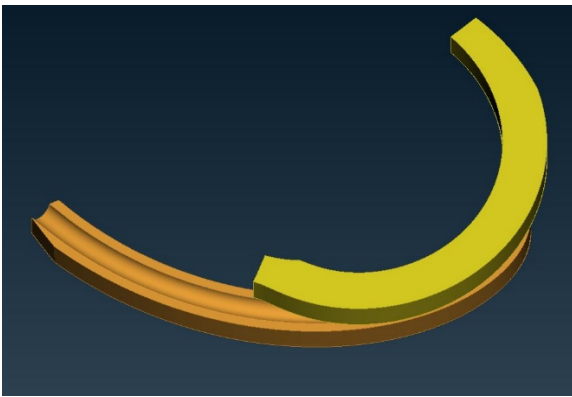
Sok elemélmérettel végzett szimuláció következtében meg lehetett határozni, egy olyan átlagos elemélméretet, amellyel már kellően pontosan tudtuk szimulálni a terhelés hatására létrejövő Hertz-feszültséget. Különös problémát okozott az íves felületek közötti kontaktok definiálása. Végül a könnyebb kontakt keresés érdekében egy shell hálóval borítottuk be a solid elemeket a kontaktfelületeknél. Ennek vastagsága és mechanikai szilárdsága is elenyészően kicsire lett állítva.



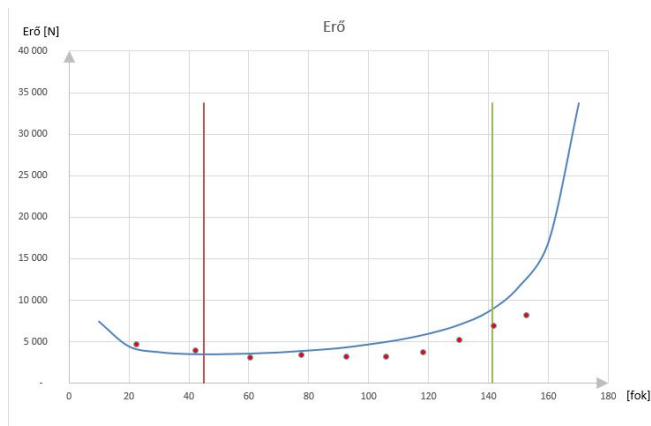
Ábra 7: Hertz-feszültség szimuláció

4. VEM ANALÍZIS A GOLYÓPÁLYÁN FELVETT ERŐ VÁLTOZÁSÁNAK VIZSGÁLATÁRA

Első lépésként egy golyóra ható erőket vizsgáltuk. A működés közbeni erők szimulálására nem egy teljes működési szakaszt szimuláltunk, hanem működés közben 10 pillanatnyi helyzetet kiragadtunk, majd ezeket az időpillanatokat statikus helyzetként kezeltük. A modellt is így építettük meg, de a terhelő nyomatékot explicit módon lineárisan adtuk rá. Az így létrejött kontakt erő-diagramból olvastuk le a golyóra ható átlagos erőt. Ezeket a diagramokból vett átlagos erőértékeket összehasonlítottuk egy elméleti erőgörbével, melyet a számolt erőkarból és a terhelő nyomatékból számítottunk ki.



Ábra 8: golyópálya modellezése a szimulációhoz.



Ábra 9: a szimulált és az elméleti erőgörbe összehasonlítása

Az összehasonlítás során látható, hogy a szimulált erőértékekből származó diagram görbéje nagyságrendileg és jellegét tekintve is jól közelíti az elméleti számolásból származó erőgörbét.

Ezek alapján elmondható, hogy a számított erőkarból származtatott elméleti erőgörbe a valóságnak megfelel, a későbbiekben ezt a görbét lehet a számolás alapjául használni.

5. KONKLÚZIÓK

Az első vizsgálatok alapján a Sincroll hajtás (geometriailag és szilárdságtanilag) alkalmas lehet elektromos járművek kerékagymotoros hajtásához, viszont részletes kinetikai modellje nélkül nem illeszhető be a rendelkezésre álló motor-hajtómű párost többcélúan, teljeskörű jármű üzemet is figyelembe vevő, Lakatos et, al (2014), (2005, 2004, 2001) optimalizáló keretrendszerbe. Mivel a technológia új, és eltér a jelenleg alkalmazott módszerektől, ezért a vizsgálata során nagyon fontos a felépítésében, működésében és működési paraméereiben értelmezhető összefüggések összegyűjtése, értelmezése, hogy olyan modellt tudjunk felépíteni a szerkezetéről, amely optimalizáló keretrendszerbe építhető.

6. FORRÁSOK

- Zsáry Árpád (1989) - Gépelemek I. kötet, Tankönyvkiadó, Budapest, 1989, 36. oldal
- Barabás Péter – Golyósorsó visszavezetésének vizsgálata, Msc értekezés, Miskolc, 2015 81. oldal
- R. S.Dwyer-Joyce (1997) - Tribological Design Data, Part 3: ContactMechanics, University of Sheffield, 1997, page 14, Figure 10.
- Zsáry Árpád (1989) - Gépelemek I. kötet, Tankönyvkiadó, Budapest, 1989, 36-49. oldal
- NASA - Ball Bearing Mechanics (1981), NASA Technical Memorandum 1981, page 9, (3.13)-(3.14).
- Pál Bogár (2015) - Bearings for Gearings presentation, International Conference on Gears, 2015
- István Lakatos; Péter Kőrös; Viktor Nagy (2014)- Operation and applicability issues of powertrain models in electric vehicle development
10th IEEE/ASME International Conference on Mechatronic and Embedded Systems and Applications. Konferencia helye, ideje: Senigallia, Olaszország, 2014.09.10-2014.09.12. (IEEE) New York: IEEE, 2014. Paper CD. (ISBN:978-1-4799-2772-2)
- Lakatos István (2005)- Járműmotorok, járműdiagnosztika. Győr: Minerva-Sop Bt., 2005.
- Lakatos István (2004)-Effect of timing on the efficiency and exhaust of four-stroke, uncharged SOHC Otto-engines, MicroCAD International Scientific Conference. Miskolci Egyetem, 2004.03.18-2004.03.19. pp. 77-83. In: Lehoczky László; and Kalmár László
- Lakatos István (2001)-Modern emission test of diesel engines in Europe, Symposium on Euroconform Complex Retraining of Specialists in Road Transport. Budapest, BME, 2001.06.09-2001.06.15. 2001. pp. 147-153. (Szerk. Péter T.)